



umweltbundesamt^U

LUFTGÜTEMESSUNGEN UND METEOROLOGISCHE MESSUNGEN

Jahresbericht Hintergrundmessnetz
Umweltbundesamt 2006

Wolfgang Spangl
Christian Nagl
Lorenz Moosmann

Report
REP-0103
Wien, 2007



Projektleitung

Wolfgang Spangl

Autoren

Wolfgang Spangl
Christian Nagl
Lorenz Moosmann

Daten

Umweltbundesamt

Lektorat

Maria Deweis

Satz/Layout

Ute Kutschera

Titelbild

Luftgütemessstelle Enzenkirchen

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Gedruckt auf Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2007
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-901-2



INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
1 EINLEITUNG	11
1.1 Rechtliche Grundlagen	11
1.2 Das Luftgütemessnetz des Umweltbundesamtes	12
2 ERGEBNISSE UND INTERPRETATION DER IMMISSIONSMESSUNGEN	15
2.1 Allgemeines	15
2.2 Ozon	15
2.2.1 Die Ozonbelastung im Jahr 2006	15
2.2.2 Trend der Ozonbelastung	16
2.3 PM10	20
2.3.1 Die PM10-Belastung im Jahr 2006	20
2.3.2 Trend der PM10-Belastung	23
2.3.3 PM10-Messkampagne in Niederbrunnern bei Steyr	25
2.3.4 PM10-Ferntransport	27
2.4 PM2,5 und PM1	29
2.4.1 Trend 2001 bis 2006	31
2.5 Stickstoffoxide	32
2.5.1 Die NO ₂ - und NO _x -Belastung im Jahr 2006	32
2.5.2 Messung von NO _y auf dem Sonnblick	34
2.5.3 Ferntransport von NO ₂	36
2.5.4 Trend der Belastung durch Stickstoffoxide	36
2.6 Schwefeldioxid	39
2.6.1 Die Schwefeldioxid-Belastung im Jahr 2006	39
2.6.2 Ferntransport von SO ₂	40
2.6.3 Trend der Schwefeldioxidbelastung	41
2.7 Kohlenmonoxid	43
2.7.1 Die CO-Belastung im Jahr 2006	43
2.7.2 Trend der CO-Belastung	43
2.8 Schwermetalle im PM10	45
2.8.1 Blei im PM10	45
2.8.2 Cadmium im PM10	46
2.8.3 Arsen im PM10	47
2.8.4 Nickel im PM10	48
2.9 Benzol, Toluol, Xylole und Ethylenbenzol	48
2.9.1 Konzentration von Benzol, Toluol und Xylolen im Jahr 2006	48
2.9.2 Trend der Benzol-, Toluol- und Xylolbelastung	49
2.10 Flüchtige organische Verbindungen	51
2.11 Nasse Deposition	53



2.12	Partikuläres Sulfat, oxidierte und reduzierte Stickstoffverbindungen	55
2.13	Treibhausgase	57
2.13.1	Kohlendioxid	57
2.13.2	Methan	58
3	METEOROLOGISCHE MESSUNGEN	59
3.1	Meteorologische Einflussgrößen auf die Schadstoffbelastung	59
3.2	Die Witterung in Österreich im Jahr 2006 – Überblick	60
3.3	Wind	65
3.4	Temperatur	66
3.5	Globalstrahlung	67
3.6	Sonnenscheindauer	68
3.7	Niederschlag	69
4	LITERATURVERZEICHNIS	71
	ANHANG 1: GLOSSAR, ABKÜRZUNGEN UND INFORMATIONEN	73
	ANHANG 2: EINHEITEN UND UMRECHNUNGSFAKTOREN	74
	ANHANG 3: MITTELWERTDEFINITIONEN	75
	ANHANG 4: IMMISSIONSGRENZWERTE UND IMMISSIONSZIELWERTE	76
	ANHANG 5: MESSGERÄTE	79
	ANHANG 6: ANGABEN ZUR QUALITÄTSSICHERUNG	84
	ANHANG 7: VERFÜGBARKEIT DER MESSDATEN	86
	ANHANG 8: SCHADSTOFFWINDROSEN	87
	ANHANG 9: VOC – MONATSMITTELWERTE	92



ZUSAMMENFASSUNG

Das Umweltbundesamt betreibt gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft und Ozongesetz sowie im Rahmen des Global Atmosphere Watch-Messprogramms (GAW)¹ der World Meteorological Organization (WMO²) insgesamt acht Messstellen in Österreich, an welchen die Luftschadstoffe

- Ozon,
- PM10, PM2,5 und PM1,
- Stickstoffoxide (NO_x),
- Schwefeldioxid (SO₂),
- Kohlenmonoxid (CO),
- Schwermetalle im PM10
- Benzol, Toluol, Xylol und Ethylenbenzol,
- nasse Deposition und deren Inhaltsstoffe,
- partikuläres Sulfat, oxidierte und reduzierte Stickstoffverbindungen

gemessen werden, wobei nicht jeder der aufgelisteten Schadstoffe an allen Standorten bestimmt wird. An den Hintergrundmessstellen werden auch verschiedene meteorologische Parameter erfasst. Drei dieser Messstellen (Illmitz, Vorhegg und Zöbelboden) werden im Rahmen des EMEP-Messnetzes³ der UNECE betrieben.

Darüber hinaus führt das Umweltbundesamt Konzentrationsmessungen der Treibhausgase Kohlendioxid auf dem Sonnblick und Methan auf dem Zöbelboden durch.

Zusätzlich zu den Hintergrundmessstellen wurden in Schwechat und Wien Lobau Messungen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) als Ozonvorläufersubstanzen gemäß Ozongesetz bzw. Ozonrichtlinie der EU durchgeführt.

Ozon

Im Jahr 2006 wurde an den Hintergrundmessstellen Illmitz, Pillersdorf, Enzenkirchen, Vorhegg und Zöbelboden die Informationsschwelle gemäß Ozongesetz an mehreren Tagen überschritten, nicht hingegen in St. Sigmund und auf dem Sonnblick. Während die meisten Messstellen eine im Vergleich der letzten zehn bis 15 Jahre durchschnittliche Belastung aufwiesen, war sie in Oberösterreich (Enzenkirchen, Zöbelboden) ungewöhnlich hoch.

Die Zielwerte gemäß Ozongesetz zum Schutz der menschlichen Gesundheit (täglich maximaler Achtstundenmittelwert über 120 µg/m³, Mittelwert 2004–2006) und zum Schutz der Vegetation (AOT40-Wert Mai–Juli über 18.000 µg/m³.h, Mittelwert 2002–2006) wurden an allen Messstellen des Umweltbundesamtes in erheblichem Ausmaß überschritten.

¹ Messstelle Sonnblick

² <http://www.wmo.ch>

³ Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe, <http://www.emep.int/>

Die Überschreitungen des Achtstundenmittelwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wiesen 2006 ein durchschnittliches Niveau auf; die AOT40-Werte zum Schutz der Vegetation waren 2006 die zweithöchsten nach 2003, da im Berechnungszeitraum Mai–Juli der extrem hoch belastete Juli 2006 zum Tragen kam.

PM10, PM2,5 und PM1

Die PM10-Konzentration überschritt im Jahr 2006 an den Messstellen Illmitz und Pillersdorf mit mehr als 30 Tagesmittelwerten über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den Grenzwert gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft. In Illmitz wurden 36, in Pillersdorf 32 TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beobachtet. In Enzenkirchen lag die Belastung mit 26 Tagen über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ etwas unter dem Grenzwert, an den im Mittelgebirge gelegenen Messstellen Vorhegg und Zöbelboden traten keine TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

Illmitz und Pillersdorf registrierten mit $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die höchsten Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration, gefolgt von Enzenkirchen mit $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, während Vorhegg und Zöbelboden jeweils $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert erfassten.

Im Vergleich der letzten Jahre wies 2006 an den meisten Messstellen eine durchschnittliche Belastung auf, lediglich in Enzenkirchen war 2006 das am höchsten belastete Jahr seit Beginn der Messung 2004. Die ersten Monate des Jahres 2006 wiesen eine außerordentlich hohe PM10-Belastung auf; in Illmitz wurde mit $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jänner 2006 der höchste Monatsmittelwert seit Beginn der Messung registriert. Demgegenüber war die Belastung im Winter 2006/07 sehr niedrig. Der wesentliche Einflussfaktor für die zeitliche Variation der PM10-Belastung ist die Witterung; der Winter 2005/06 war ungewöhnlich kalt und zeichnete sich durch sehr ungünstige Ausbreitungsbedingungen mit lang anhaltenden Hochdruckwetterlagen aus, wohingegen der Winter 2006/07 von häufigen Westwetterlagen und vergleichsweise milden Temperaturen gekennzeichnet war.

Der Jahresmittelwert der PM2,5-Konzentration betrug in Illmitz $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jener der PM1-Konzentration $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Das PM2,5/PM10-Verhältnis betrug im Jahresmittel 2006 78 %, das PM1/PM10-Verhältnis 58 %. Die Anteile der PM2,5- und der PM1-Fraktion an der PM10-Konzentration zeigen damit nur eine sehr geringe Variabilität von Jahr zu Jahr. Tendenziell ist der Anteil der feineren PM-Fraktionen im Winter höher als im Sommer. Überdurchschnittlich hohe PM2,5-Anteile am PM10 fallen mit erhöhten PM10-Konzentrationen zusammen, während der PM1-Anteil keinen Zusammenhang mit der PM10-Konzentration zeigt.

Stickstoffoxide

An allen Messstellen des Umweltbundesamtes wurden 2006 die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit sowie zum Schutz der Vegetation eingehalten. In Enzenkirchen wurde erstmals (am 3.2.2006) der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit sowie zum Schutz der Vegetation ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ als Tagesmittelwert) überschritten.

Die außeralpinen Hintergrundmessstellen weisen deutlich höhere mittlere NO_2 - und NO_x -Konzentrationen auf als jene im Mittel- und Hochgebirge. Die NO_2 -Jahresmittelwerte umfassen einen Konzentrationsbereich von $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in St. Sigmund im Sellrain bis $13,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Enzenkirchen im Sauwald.



Die NO₂- und die NO_x-Belastung weisen in den letzten Jahren an den Hintergrundmessstellen unregelmäßige Verläufe auf. Bis etwa 2000 war tendenziell ein Rückgang zu verzeichnen, der in Pillersdorf v. a. auf Emissionsminderungen in Tschechien zurückgeführt werden kann. Seit 2000 steigen die NO₂- und NO_x-Konzentrationen zumeist an, mit besonders hohen Belastungen 2003 und 2006; in Enzenkirchen, Illmitz und Vorhegg wurden 2006 die höchsten NO₂- und NO_x-Jahresmittelwerte seit Beginn der Messung registriert.

Die Hintergrundbelastung durch NO₂ wird – in Hinblick auf die relativ geringe atmosphärische Lebensdauer von NO₂ von deutlich unter einem Tag – durch regionale Quellen dominiert. Der seit etwa 2000 beobachtete Anstieg der Hintergrundbelastung durch NO₂ und NO_x dürfte einen Anstieg der NO_x-Emissionen im ländlichen Raum widerspiegeln, wohingegen in den Großstädten weiterhin ein leicht abnehmender bis stagnierender Trend der NO_x-Belastung zu beobachten ist.

Auf dem Sonnblick wurde im November 2005 die Messung von NO_y (Summe aller oxidierten N-Verbindungen) begonnen. Der Jahresmittelwert 2006 betrug 1,0 ppb, verglichen mit 8,3 ppb in Enzenkirchen.

Schwefeldioxid

An allen Messstellen des Umweltbundesamtes wurden 2006 die Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit sowie zum Schutz der Ökosysteme eingehalten. Mit einem Jahresmittelwert von 3,5 µg/m³ lag die SO₂-Belastung an der am höchsten belasteten Messstelle Pillersdorf sehr deutlich unter dem Grenzwert zum Schutz der Ökosysteme von 20 µg/m³, der maximale Halbstundenmittelwert betrug 73 µg/m³. Demgegenüber erfassten die alpinen Messstellen Jahresmittelwerte unter 0,5 µg/m³.

Die SO₂-Hintergrundbelastung wird durch Emissionen von großen Punktquellen v. a. in Tschechien, Polen, Ungarn und Slowenien bestimmt. Die Raffinerie Schwechat als größter SO₂-Einzelemittent Österreichs dürfte einen nennenswerten Beitrag zur SO₂-Hintergrundbelastung in Nordostösterreich liefern.

Nachdem die SO₂-Hintergrundbelastung im Lauf der Neunzigerjahre um ca. 80 % abgenommen hat – im wesentlichen durch drastische Emissionsminderungen in den nördlichen und östlichen Nachbarstaaten Österreichs verursacht – stagniert sie etwa seit 2000. In den Jahren nach 2004 ist tendenziell wieder ein leichter Anstieg der SO₂-Hintergrundbelastung zu beobachten.

Kohlenmonoxid

Die CO-Belastung lag an allen Hintergrundmessstellen deutlich unter dem Grenzwert des Immissionsschutzgesetzes-Luft (10 mg/m³ als Achtstundenmittelwert). Der maximale MW8 betrug an der am höchsten belasteten Messstelle Illmitz 1,4 mg/m³, am Sonnblick 0,5 µg/m³. Die CO-Jahresmittelwerte liegen in einem Bereich zwischen 0,21 mg/m³ am Sonnblick und 0,32 mg/m³ in Illmitz.

Die CO-Konzentration zeigt nur eine geringe Abhängigkeit von der Windrichtung und im Gebirge nur eine geringe jahreszeitliche Variation. Regionale Quellen spielen vor allem wegen der hohen atmosphärischen Lebensdauer von CO und der damit verbundenen erheblichen Transportdistanz in Relation zur großräumigen Hintergrundbelastung nur eine untergeordnete Rolle.

Nach einer tendenziellen Abnahme der CO-Belastung in den Neunzigerjahren steigt sie seit etwa 2001 wieder an. Diese Zunahme korrespondiert nicht mit der weiterhin beobachteten Abnahme der österreichischen wie der europäischen CO-Emissionen.

Schwermetalle im PM10

Die Blei-Konzentration im PM10 lag 2006 an allen Messstellen des Umweltbundesamtes deutlich unter dem Grenzwert gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft von $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert. In Illmitz wurde ein Blei-Jahresmittelwert von $0,010 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registriert, im Mittelgebirge (Vorhegg, Zöbelboden) um $0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Blei-Belastung nahm in den letzten Jahren tendenziell ab.

Die Konzentration von Cadmium, Arsen und Nickel im PM10 lag an allen Messstellen deutlich unter den Zielwerten gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (Cadmium $5 \text{ ng}/\text{m}^3$, Arsen $6 \text{ ng}/\text{m}^3$, Nickel $20 \text{ ng}/\text{m}^3$). Die Cadmium-Konzentration betrug in Illmitz 2006 $0,31 \text{ ng}/\text{m}^3$, im Mittelgebirge um $0,1 \text{ ng}/\text{m}^3$, die Arsen-Konzentration betrug in Illmitz $1,2 \text{ ng}/\text{m}^3$, im Mittelgebirge um $0,9 \text{ ng}/\text{m}^3$, die Nickel-Konzentration betrug in Illmitz $1,6 \text{ ng}/\text{m}^3$, im Mittelgebirge $1,0 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Die Belastung durch Cadmium, Arsen und Nickel nahm in den letzten Jahren tendenziell ab.

Benzol

Die Benzol-Konzentration lag an allen Hintergrundmessstellen im Jahr 2006 unter dem Grenzwert gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert.

In Illmitz lag der Benzol-Jahresmittelwert bei $1,27 \mu\text{g}/\text{m}^3$, im Mittelgebirge (Vorhegg, Zöbelboden) bei $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Benzolkonzentration zeigt in den letzten Jahren keine wesentliche Veränderung.

Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Im Juli 2006 wurde an den Messstellen Schwechat und Lobau die Messung einer Reihe von VOC-Spezies, die als Ozonvorläufer von Relevanz sind, mittels aktiver Probenahme (Tagesproben) gestartet. Beide Messstellen weisen bei den meisten VOC relativ ähnliche Konzentrationen auf; lediglich bei iso-Pentan zeichnet sich die Lobau durch höhere Mittlere Konzentrationen aus, wobei an einzelnen Tagen extrem hohe iso-Pentan-Spitzen beobachtet wurden.

Nasse Deposition

In Illmitz, Vorhegg und auf dem Zöbelboden⁴ erfolgt die Messung des nassen Eintrags oxidierter Schwefel- sowie oxidierter und reduzierter Stickstoffverbindungen im Rahmen des EMEP-Messprogramms.

⁴ ersetzt Anfang 2004 den EMEP-Standort St. Koloman



Der Eintrag versauernder Verbindungen wird in Illmitz von Schwefel, in Vorhegg und auf dem Zöbelboden von reduziertem Stickstoff dominiert. Bei der Eutrophierung überwiegt der Beitrag reduzierter Stickstoffverbindungen leicht jenen der oxidierten Stickstoffverbindungen.

Der Eintrag versauernder Schwefelverbindungen nahm an allen Messstellen seit den frühen Neunzigerjahren stark ab, in Illmitz um ca. 50 %, im Mittelgebirge um ca. 70 %.

Auch bei den oxidierten und reduzierten Stickstoffverbindungen ist seit den frühen Neunzigerjahren ein Rückgang festzustellen, der in Illmitz, nicht aber im Mittelgebirge statistische Signifikanz aufweist.

Partikuläres Sulfat, Nitrat und Ammonium

In Illmitz werden im Rahmen des EMEP-Programms die Konzentration von partikulärem Sulfat sowie die Summe oxidierten und reduzierter Stickstoffverbindungen in der Gas- und Partikelphase gemessen.

Die Konzentration des partikulären Sulfats betrug 2006 $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jene der oxidierten N-Verbindungen $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jene der reduzierten N-Verbindungen $2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Konzentration des partikulären Sulfats ging in Illmitz in den Neunzigerjahren massiv zurück, seit etwa 2000 ist keine wesentliche Veränderung mehr festzustellen.

Bei den oxidierten Stickstoffverbindungen ist zwischen 2000 und 2005 etwa eine Verdoppelung zu beobachten, die reduzierten Stickstoffverbindungen zeigen seit 2000 keine signifikante Veränderung.

Treibhausgase

Die Konzentration von CO_2 wird auf dem Sonnblick gemessen, die Daten spiegeln in den letzten Jahren den global beobachteten Anstieg der CO_2 -Konzentration im Jahresmittel wider. Die CO_2 -Konzentration zeigt einen markanten Jahresgang mit um 375 ppm im Sommer und um 385 ppm im Winter. Der Jahresmittelwert 2005 betrug 381 ppm, für 2006 lässt sich aufgrund messtechnisch bedingter Ausfälle kein Jahresmittelwert angeben.

Die auf dem Zöbelboden gemessene CH_4 -Konzentration betrug im Jahresmittel 2006 1,82 ppm.



1 EINLEITUNG

1.1 Rechtliche Grundlagen

Das Umweltbundesamt betrieb im Jahr 2006 gemäß Immissionsschutzgesetz Luft und gemäß Ozongesetz in Österreich insgesamt acht Luftgütemessstellen (siehe Abbildung 1 und Tabelle 1).

Die Messstellen des Umweltbundesamtes bilden das österreichische Hintergrundmessnetz. Diese Messungen sind u. a. notwendig, um über

- die Höhe der großflächigen Hintergrundbelastung und deren Trend sowie
- den Ferntransport von Luftschadstoffen

Aussagen treffen zu können. Dadurch wird es u. a. ermöglicht, den Anteil der Vorbelastung an den Immissionen in Ballungsgebieten abzuschätzen.

Drei der Hintergrundmessstellen (Illmitz, Zöbelboden und Vorhegg) sind zudem Teil eines europaweiten Schadstoffmessnetzes (EMEP – Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe⁵), welches innerhalb der Konvention über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigung⁶ betrieben wird und der Ermittlung von großräumigem, grenzüberschreitendem Schadstofftransport dient. Der Zöbelboden ist in das „Integrated Monitoring“-Messprogramm der UNECE zur langfristigen Ökosystembeobachtung eingebunden.

Um diesen Aufgaben gerecht werden zu können, wurden die Messstellen so situiert, dass sie nicht im unmittelbaren Einflussbereich von Schadstoffemittenten liegen. Dies bedeutet, dass die auftretenden Schadstoffkonzentrationen im Normalfall unter der Belastung liegen, welche üblicherweise in städtischen Gebieten gemessen wird. Dies hat zur Folge, dass vor allem bei den Schadstoffen SO₂, NO_x und CO an die Messtechnik besonders hohe Anforderungen gestellt werden. Mit Überschreitungen von Grenz-, Ziel und Schwellenwerten ist in der Regel nur bei den Komponenten PM10 und Ozon zu rechnen.

Die Hintergrundmessstellen dienen zudem der Überwachung der in der Verordnung zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation festgelegten Grenzwerte.

Auf dem Sonnblick werden Messungen von CO₂, Ozon und CO, im Rahmen des Global Atmosphere Watch (GAW) Programms der World Meteorological Organisation (WMO⁷) durchgeführt. Darüber hinaus misst das Umweltbundesamt die Konzentration des Treibhausgases Methan (CH₄) auf dem Zöbelboden.

Gemäß der Messkonzept-Verordnung zum Ozongesetz werden auch flüchtige organische Verbindungen (VOC) gemessen. Im Jahr 2006 wurden derartige Messungen in Schwechat sowie in Wien Lobau durchgeführt.

In der Messkonzept-Verordnung zum IG-L ist festgelegt, dass alle Messnetzbetreiber und somit auch das Umweltbundesamt längstens im ersten Halbjahr des Folgejahres einen Jahresbericht zu veröffentlichen haben. Dieser Bericht enthält für die gemessenen Luftschadstoffe einschließlich der nassen Deposition und für die

⁵ <http://www.emep.int>

⁶ <http://www.unece.org/env/lrtap/>

⁷ <http://www.wmo.ch>

meteorologischen Parameter Informationen über die Verfügbarkeit der Messdaten, die Jahres- und Monatsmittelwerte, die maximalen Mittelwerte und die Überschreitungen von Grenz- und Zielwerten.

Die Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte des IG-L, welche eine wesentliche Grundlage der Auswertungen und Interpretationen darstellen, sind in Anhang 4 angegeben.

1.2 Das Luftgütemessnetz des Umweltbundesamtes

Insgesamt betrieb das Umweltbundesamt gemäß IG-L und Ozongesetz im Jahr 2006 acht Messstellen, die auf alle Bundesländer mit Ausnahme von Vorarlberg und Wien verteilt sind.

In Tabelle 1 sind jene Komponenten zusammengestellt, die an den Messstellen des Umweltbundesamtes im Jahre 2006 laut Messkonzept-VO erhoben wurden. Abbildung 1 zeigt die Lage der Messstellen des Umweltbundesamtes. Eine genauere Lagebeschreibung der Messstellen ist im Bericht „Luftgütemessstellen in Österreich“ (UMWELTBUNDESAMT 2007a) zu finden.

Zusätzlich wurden im Rahmen zeitlich beschränkter Messkampagnen in Wien Lobau und Schwechat VOC als Ozonvorläufersubstanzen erfasst.

Tabelle 1: Immissionsmessungen an den Messstellen des Umweltbundesamtes 2006.

Messstelle	Ozon (O ₃)	Schwefeldioxid (SO ₂)	PM10	PM2,5/PM1	Stickstoffoxide (NO, NO ₂)	Kohlenmonoxid (CO)	Pb, Cd, As, Ni im PM10	Benzol (C ₆ H ₆)
Enzenkirchen (ENK)	x	x	x		x			
Illmitz (ILL)	x	x	x	x/x	x	x	x	x
Klöch (KLH)			x		x			
Pillersdorf (PIL)	x	x	x		x			
St. Sigmund (SIG)	x	x			x			
Sonnblick (SON)	x				⁸	x		
Stolzalpe (STO) ⁹	x	x			x			
Vorhegg (VOR)	x	x	x		x	x	x	x
Zöbelboden (ZOE)	x	x	x		x		x	x

In Klöch werden außerdem Ozon und Schwefeldioxid durch das Amt der Steiermärkischen Landesregierung gemessen.

⁸ NO_x

⁹ Ende der Messung auf der Stolzalpe 30.4.2006

Neben den in Tabelle 1 angeführten Komponenten werden weitere Messungen von Regeninhaltsstoffen und partikulärem Sulfat, Nitrat und Ammonium sowie Salpetersäure und Ammoniak (d. h. von oxidierten und reduzierten Stickstoffverbindungen) im Rahmen des oben zitierten EMEP-Messprogramms durchgeführt. Ziel dieses internationalen Messprogramms ist unter anderem die Ermittlung des weiträumigen, grenzüberschreitenden Schadstofftransports. Die entsprechenden Standorte und Komponenten sind in Tabelle 2 angeführt.

Messstelle	Partikuläres Sulfat, Nitrat und Ammonium; Salpetersäure und Ammoniak	pH, H ⁺ , Cl ⁻ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺ , NH ₄ ⁺ , SO ₄ ²⁻ und NO ₃ ⁻ im Niederschlag
Illmitz	x	x
Zöbelboden		x
Vorhegg		x

Tabelle 2:
Messstellen, die im Rahmen des EMEP-Programms betrieben werden.

Darüber hinaus misst das Umweltbundesamt die Konzentration der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂) auf dem Sonnblick und Methan (CH₄) auf dem Zöbelboden.

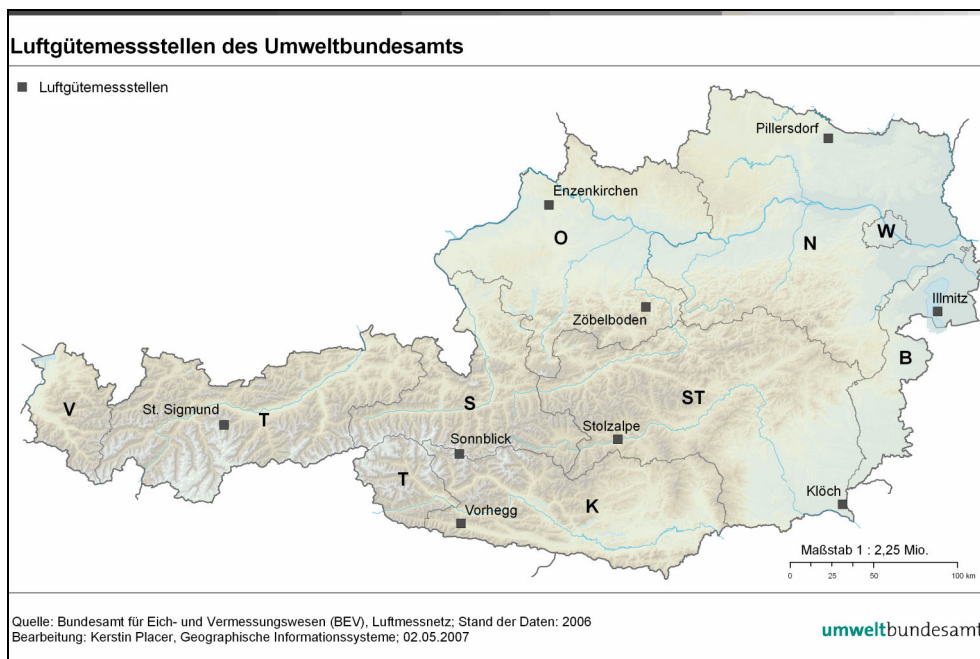


Abbildung 1:
Lage der Messstellen des Umweltbundesamtes.
Ende der Messung auf der Stolzalpe 30.4.2006,
Beginn der Messung in Klösch am 13.6.2006.

Zur Interpretation von Immissionsdaten ist die Kenntnis meteorologischer Größen notwendig. Deshalb sind die Messstationen des Umweltbundesamtes mit entsprechenden Messgeräten ausgerüstet. Die Ausstattung der einzelnen Stationen ist Tabelle 3 zu entnehmen.

Tabelle 3: Meteorologische Messungen an den Messstellen des Umweltbundesamtes.

Messstelle	Wind	Temperatur	Rel. Feuchte	Sonnenscheindauer	Globalstrahlung	Strahlungsbilanz	Niederschlag	Luftdruck
Enzenkirchen (ENK)	x	x	x	x	x		x	x
Illmitz (ILL)	x	x	x	x	x		x	x
Pillersdorf (PIL)	x	x	x	x	x		x	x
St. Sigmund (SIG)	x	x	x	x	x			x
Stolzalpe (STO) ¹⁾	x	x	x	x	x			
Vorhegg (VOR)	x	x	x	x	x		x	x
Zöbelboden (ZOE)	x	x	x	x	x	x	x	x

¹⁾ Ende der Messung auf der Stolzalpe 30.4.2006.

Auf dem Sonnblick erfolgen die meteorologischen Messungen durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, in Klösch durch das Amt der Steiermärkischen Landesregierung.

Die Geräteausstattung der Messstellen sowie technische Angaben zu den Messgeräten sind in Anhang 5 dargestellt.



2 ERGEBNISSE UND INTERPRETATION DER IMMISSIONSMESSUNGEN

2.1 Allgemeines

Zur Sicherstellung der Qualität der Messdaten wurde ein Qualitätssicherungs-System installiert, welches im Anhang 6 beschrieben wird. Der vorliegende Jahresbericht wird aus endgültig kontrollierten Daten (diese entsprechen der letzten von vier Kontrollstufen) erstellt. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass die in den Monatsberichten des Umweltbundesamtes veröffentlichten Messdaten der dritten Kontrollstufe entsprechen. Dadurch sind in Einzelfällen (geringfügige) Abweichungen der im Jahresbericht veröffentlichten Werte von jenen der Monatsberichte möglich.

Alle Daten, die mit kontinuierlich registrierenden Messgeräten ermittelt werden, werden in einem vor Ort befindlichen Stationsrechner als Halbstundenmittelwerte gespeichert, halbstündlich an die Messnetzzentrale im Umweltbundesamt übermittelt und in einer Datenbank archiviert.

Die Verfügbarkeit der gültigen Messwerte ist in Anhang 7 angegeben.

Die Angabe der Konzentration erfolgt i. A. gemäß IG-L für Luftschadstoffe in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (die Konzentration von CO in mg/m^3), die Werte der Regenanalysen in mg/l , jene der nassen Deposition in $\text{kg}/\text{ha}^*\text{Jahr}$.

Die Genauigkeit der angegebenen Konzentrationen ist vom jeweiligen Messgerät abhängig; die Konzentrationswerte werden mit maximal einer Kommastelle genauer als der Grenzwert angegeben (Ausnahme CO: zwei Kommastellen).

Die Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte des IG-L, welche eine wesentliche Grundlage der Auswertungen und Interpretationen darstellen, sind in Anhang 4 angegeben.

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Schadstoffmessungen nach Komponenten geordnet zusammengefasst, dargestellt und interpretiert. Am Anfang steht dabei eine Darstellung der Belastung in Relation zu den Grenz- und Zielwerten des IG-L und des Ozongesetzes, dann eine allgemeine Beschreibung der Immissionssituation, gefolgt von einer kurzen Trendanalyse. Weiterführende Informationen wie etwa die Verfügbarkeiten, Schadstoffwindrosen etc. finden sich in den Anhängen.

2.2 Ozon

2.2.1 Die Ozonbelastung im Jahr 2006

In Tabelle 4 sind die maximalen (stündlich gleitenden) Einstundenmittelwerte der Ozonkonzentration, die Anzahl der Tage mit (stündlich gleitenden) Achtstundenmittelwerten über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2006 sowie im Mittel über die Jahre 2004–2006, die AOT40-Werte Mai–Juli 2006 sowie im Mittel über die Jahre 2002–2006 und die AOT40-Werte April–Sept. 2006 an den Messstellen des Umweltbundesamtes angegeben. Tabelle 5 gibt die Monats- und Jahresmittelwerte der Ozonkonzentration im Jahr 2006 an.

Tabelle 4: Ozon, maximaler Einstundenmittelwert, Anzahl der Tage mit Achtstundenmittelwerten über 120 µg/m³ 2006 sowie im Mittel über die Jahre 2004–2006, AOT40-Wert Mai–Juli 2006 sowie im Mittel über die Jahre 2002–2006; AOT40-Wert April–Sept. 2006.

Station	max. MW1 (µg/m ³)	Anzahl Tage MW8max. > 120 µg/m ³ 2006	durchschnittliche Anzahl Tage MW8max > 120 µg/m ³ 2004–2006	AOT40 Mai–Juli 2006 (µg/m ³ .h)	AOT40 Mai–Juli Mittel 2002–2006 (µg/m ³ .h)	AOT40 April–Sept. 2006 (µg/m ³ .h)
ENK	201	43	34	29.141	24.577	37.632
ILL	201	48	48	32.172	31.179	45.262
PIL	214	38	45	29.097	27.611	40.503
SIG	177	40	31	30.968	24.081	42.811
SON	168	90	87	41.570	37.365	66.006
VOR	198	55	45	32.477	26.705	45.136
ZOE	191	41	42	29.321	25.188	40.190

Tabelle 5:
Monats- und Jahres-
mittelwerte der Ozon-
konzentration 2006
(in µg/m³).

	ENK	ILL	PIL	SIG	SON	VOR	ZOE
Jän.	41	39	47	90	91	68	73
Feb.	55	57	61	86	97	75	76
Mär.	85	77	83	98	104	86	96
Apr.	82	85	86	97	115	92	97
Mai.	85	83	86	90	115	87	99
Jun.	89	87	87	94	116	101	99
Jul.	104	95	102	98	131	103	113
Aug.	63	68	68	70	98	66	82
Sep.	65	61	71	64	96	67	74
Okt.	39	45	50	55	88	52	66
Nov.	31	35	37	67	88	62	60
Dez.	25	26	29	74	90	56	63
JMW	64	63	67	82	103	76	83

Überschreitungen der Informationsschwelle wurden im Jahr 2006 an den Messstellen Illmitz (sieben Tage), Vorhegg und Zöbelboden (je drei Tage), sowie Pillersdorf und Enzenkirchen (je zwei Tage) registriert.

2.2.2 Trend der Ozonbelastung

Spitzenbelastung

Tabelle 6 gibt die Anzahl der Tage mit Überschreitungen der Informationsschwelle seit 1990 an. An den meisten Messstellen wies das Jahr 2006 eine etwa durchschnittliche Überschreitungshäufigkeit auf, ungewöhnlich hoch war sie in Oberösterreich (Zöbelboden, Enzenkirchen).

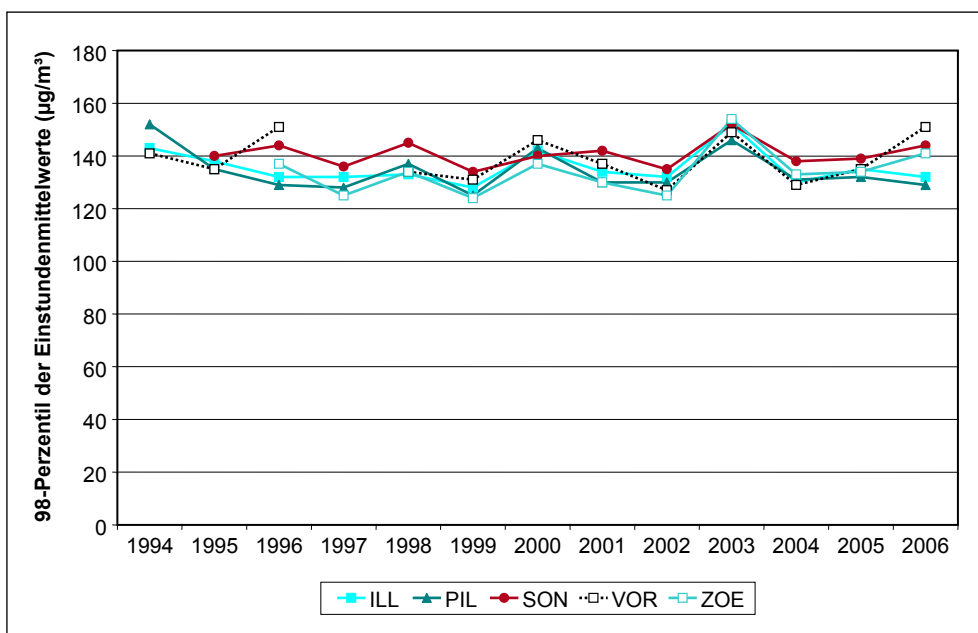
Tabelle 6: Ozon, Anzahl der Tage mit MW1 > 180 µg/m³ in den Jahren 1990 bis 2006.

Messstelle/Jahr	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
ENK								0	2	0	1	0	0	2	0	1	2
ILL	11	2	7	0	3	3	3	0	5	0	7	0	1	9	0	0	7
PIL			8	0	10	1	0	0	1	0	6	1	1	5	1	4	2
SON	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0
SIG									0	0	0	0	0	1	0	0	0
VOR		0	2	0	3	1	8	0	1	1	6	2	1	7	1	1	3
ZOE							0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3

Bei der Bewertung der Spitzenbelastung anhand des 98-Perzentils der MW1 des Jahres (für die seit Mitte der Neunzigerjahre betriebenen Messstellen in Tabelle 7 und Abbildung 2 angegeben) zeigt sich an keiner Messstelle ein statistisch signifikanter Trend. Das über das Jahr berechnete 98-Perzentil der MW1 zeigt über den genannten Zeitraum Veränderungen zwischen $-0,3$ und $+1,0$ µg/m³ pro Jahr.

Tabelle 7: 98-Perzentil der Einstundenmittelwerte in den Jahren 1993 bis 2006 (in µg/m³) an den seit 1996 oder früher betriebenen Ozonmessstellen des Umweltbundesamtes.

Messstelle/Jahr	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
ILL	140	143	138	132	132	133	128	142	134	132	152	130	135	132
PIL	132	152	135	129	128	137	125	143	130	130	146	131	132	129
SON			140	144	136	145	134	140	142	135	152	138	139	144
VOR	140	141	135	151		134	131	146	137	127	149	129	135	151
ZOE				137	125	134	124	137	130	125	154	133	134	141

Abbildung 2:
98-Perzentil der
Einstundenmittelwerte
von Ozon, 1994–2006.

Überschreitung des Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit (MW8 > 120 µg/m³)

Der Trend der jährlichen Überschreitungen des Achtstundenmittelwertes von 120 µg/m³ ist in Abbildung 3 dargestellt. Ausschließlich Sonnblick und Zöbelboden weisen statistisch signifikante zunehmende Trends auf: Sonnblick (90 %-Konfidenzniveau) um 2,0 Tage pro Jahr, Zöbelboden (95 %-Konfidenzniveau) um 1,8 Tage pro Jahr.

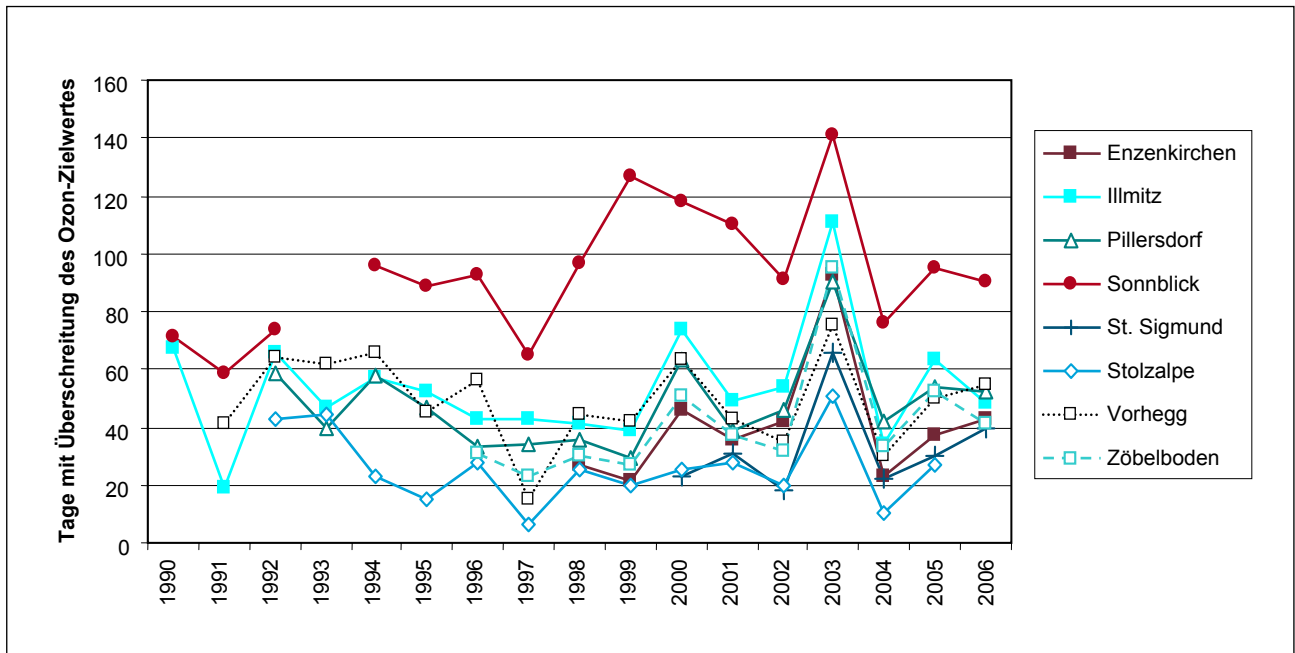


Abbildung 3: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit (MW8 > 120 µg/m³) pro Jahr, 1990–2006.

Trend des Vegetationsschwellenwertes

Der Trend der AOT40-Werte gemäß Ozonrichtlinie – die in den meisten Jahren den Zielwert zum Schutz der Vegetation von 18.000 µg/m³.h an allen Messstellen überschreiten – ist für den Zeitraum 1992 bis 2006 in Abbildung 4 dargestellt. Keine Messstelle zeigt einen statistisch signifikanten Trend. Wie bei den anderen Belastungsparametern wies 2003 die höchsten AOT40-Werte auf, gefolgt von 2000 und 2006. Im Jahr 2006 wirkte sich der warme Juli deutlich auf die erhöhten AOT40-Werte aus, während der kühle August in die Berechnung über die Monate Mai bis Juli nicht einfließt.

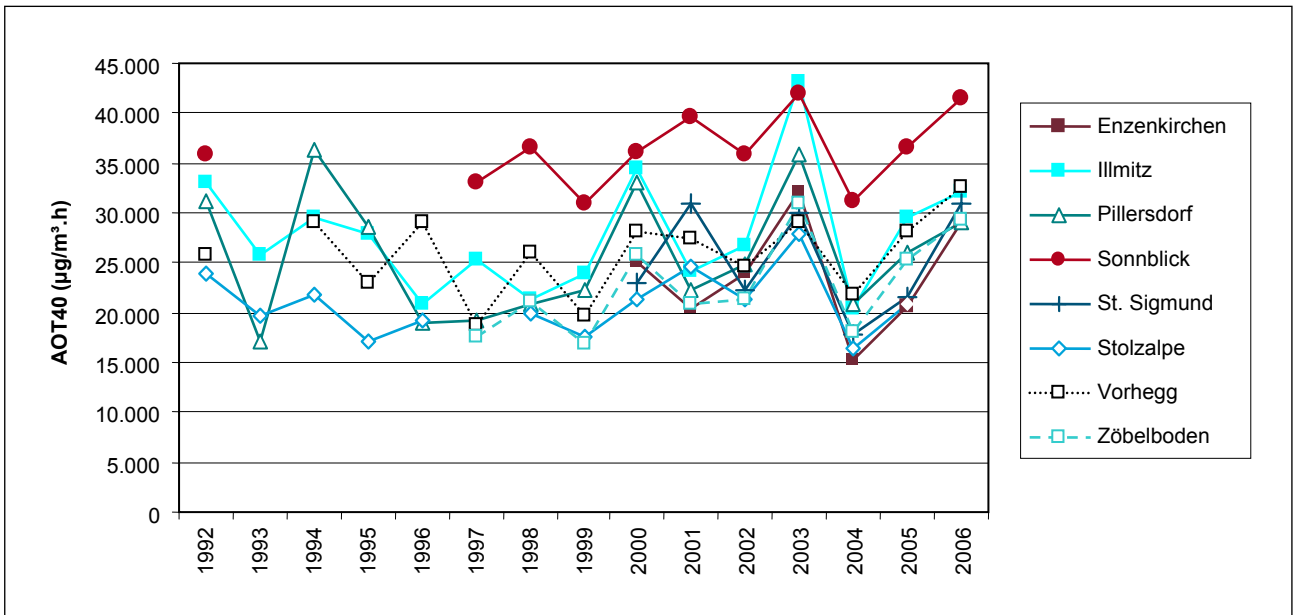


Abbildung 4: AOT40-Werte gemäß Ozonrichtlinie pro Jahr, 1992–2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$).

Trend der Jahresmittelwerte

In Abbildung 5 und Tabelle 8 werden die Jahresmittelwerte der Ozonmessstellen des Umweltbundesamtes für den Zeitraum 1990 bis 2006 dargestellt.

Die Messstellen Illmitz und Sonnblick weisen einen statistisch hoch signifikanten zunehmenden Trend (99 %-Konfidenzniveau) mit einer Zunahme von je $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr auf, die Messstellen Zöbelboden (Zunahme um $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr) eine statistische Signifikanz auf einem Konfidenzniveau von 95 % und Pillersdorf ($+0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr) auf einem Konfidenzniveau von 90 %.

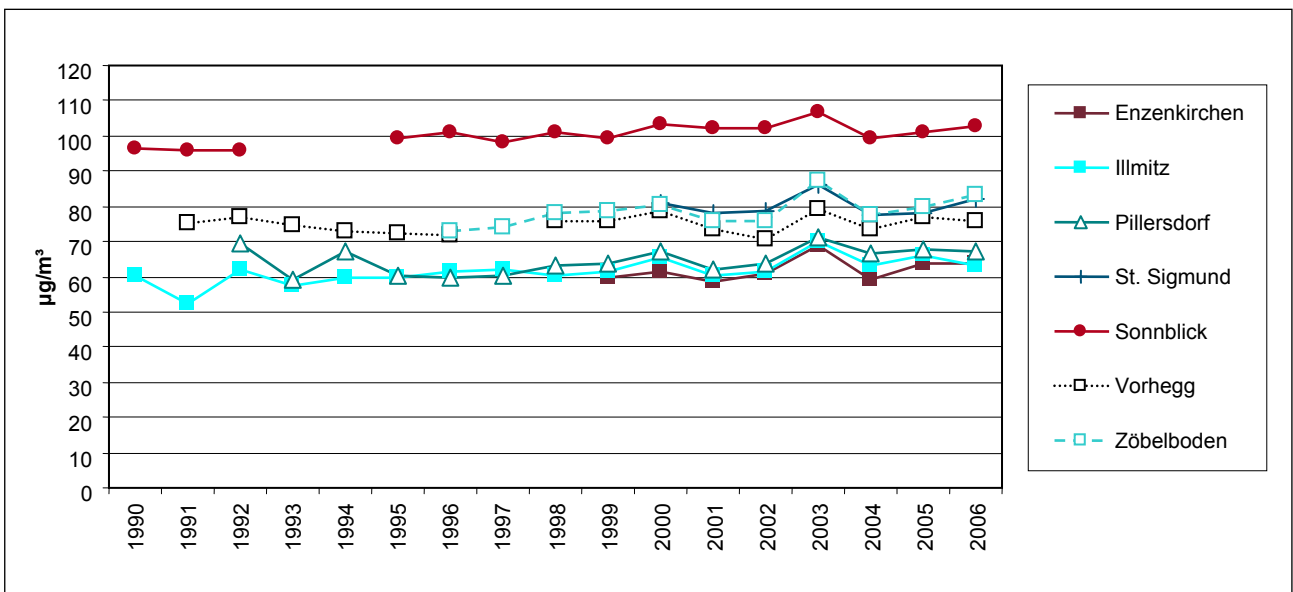


Abbildung 5: Ozon, Jahresmittelwerte 1990 bis 2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 8: Ozon, Jahresmittelwerte 1990 bis 2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Messstelle/Jahr	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06
ACH					53	57	56	55	61	60	61	60	57				
ENK										60	61	59	61	69	59	64	64
ILL	60	52	62	58	60	60	61	62	60	62	66	61	61	70	63	66	63
PIL			69	59	67	61	60	61	63	64	67	62	64	71	67	68	67
KOL		75	77	75	78	77	72	77	82	82	83	79	80	88	80		
SIG											81	78	79	86	87	78	82
SON	96	96	96			99	101	98	101	99	104	102	102	107	99	101	103
STO			77	71	66	67	70		74	75	75	74	70	79	71	70	
VOR		75	77	74	73	72	72		76	76	79	74	70	79	74	77	76
ZOE							73	74	78	79	80	76	76	87	78	80	83

Die statistisch signifikante Zunahme der mittleren Ozonbelastung, nicht hingegen der Kurzzeitspitzenbelastung, dürfte einen Anstieg der großräumigen Hintergrundkonzentration widerspiegeln. Eine ausführlichere Darstellung der Trends der Ozonkonzentration in ganz Österreich findet sich in UMWELTBUNDESAMT (2007).

2.3 PM10

2.3.1 Die PM10-Belastung im Jahr 2006

Die PM10-Konzentration wurde im Jahr 2006 an den Messstellen Enzenkirchen, Illmitz, Klösch (ab 13.6.), Pillersdorf, Vorhegg und Zöbelboden gemessen.

Tabelle 9 gibt die Monatsmittelwerte, den Jahresmittelwert, die Anzahl der Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie den maximalen Tagesmittelwert des Jahres 2006 an. Abbildung 6 zeigt den Verlauf der Tagesmittelwerte der PM10-Konzentration.

 Tabelle 9: Monats- und Jahresmittelwerte und maximaler TMW der PM10-Konzentration (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sowie Anzahl der Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2006.

	ENK	ILL	KLH ¹⁾	PIL	VOR	ZOE
Jän.	38,5	57,2		53,2	8,4	7,6
Feb.	35,2	33,7		36,0	9,0	13,4
Mär.	25,8	30,3		28,8	14,7	12,7
Apr.	16,7	18,0		19,4	8,1	11,0
Mai.	16,3	16,0		21,0	11,8	10,0
Jun.	20,8	17,9		19,6	16,0	13,6
Jul.	20,1	22,7	21,8	27,0	12,2	14,6
Aug.	11,7	10,5	11,5	11,9	5,5	6,4
Sep.	19,0	23,3	26,0	25,5	11,9	12,7
Okt.	27,2	25,1	22,7	29,8	9,8	9,4
Nov.	16,2	23,4	18,9	21,7	6,1	5,1
Dez.	18,5	29,1	26,9	19,7	4,8	4,2
TMW > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	26	36	2	32	0	0
JMW	22,1	25,6		26,2	10,0	10,0
Max. TMW	108	122	61	119	43	40

¹⁾ Klösch: PM10-Messung ab 13.6.2006



Der Grenzwert gemäß IG-L – mehr als 30 Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Kalenderjahr – wurde im Jahr 2006 damit an den Messstellen Illmitz (36 TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Pillersdorf (32 TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) überschritten. In Enzenkirchen wurden 26 TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beobachtet, in Vorhegg und auf dem Zöbelboden keine. In Klösch, wo die Messung am 13.6.2006 begonnen wurde, traten zwei TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf (siehe Abbildung 6).

Besonders hohe PM10-Konzentrationen und häufige TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ traten im Jänner 2006 auf. In Illmitz wurde mit einem PM10-Monatsmittelwert von $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ der höchste Monatsmittelwert seit Beginn der Messung 1999 erreicht, er lag noch über den extremen Konzentrationen des Winters 2002/03 ($54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Dez. 2002, je $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Februar und März 2003). TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurden in Illmitz und Pillersdorf an den meisten Tagen zwischen 7.1. und 3.2. beobachtet, in Enzenkirchen erst zwischen 24.1. und 6.2.

Die Belastungsepisoden in Illmitz und Pillersdorf vom 7.1. bis 20.1. fielen mit wind-schwachen Hochdruckwetterlagen zusammen, wobei großflächig erhöhte NO_2 - und NO -Belastungen auftraten. Regionale Schadstoffakkumulation dürfte die wichtigste Rolle beim Auftreten der erhöhten PM10-Konzentrationen gespielt haben.

Ab 24.1. wehte in Nordostösterreich überwiegend nördlicher Wind und die hohen PM10-Belastungen, die parallel zu erhöhter SO_2 -Belastung auftraten, lassen sich auf Ferntransport von Norden (Tschechien, Südpolen) im Zusammenspiel mit regionaler Schadstoffakkumulation zurückführen. Diese hoch belasteten Luftmassen erreichten bei Ostwind im Alpenvorland auch Enzenkirchen.

Weitere Belastungsepisoden traten vom 14.2. bis 16.2. sowie zwischen dem 16.3. und 23.3. während Hochdruckwetterlagen mit großräumig ungünstigen Ausbreitungsbedingungen auf.

Für die erhöhten PM10-Belastungen vom 12.10. bis 15.10. in Illmitz und Pillersdorf lassen sich Ferntransport von Nordosten (Mähren, Südpolen) zusammen mit regionaler Schadstoffakkumulation verantwortlich machen. In Enzenkirchen traten vom 19.10. bis 21.10. TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf, die sich überwiegend auf regionale Schadstoffakkumulation im Alpenvorland zurückführen lassen.

Vergleichsweise niedrig war die PM10-Belastung im November und Dezember 2006, was auf die relativ warme Witterung bei häufigen Westwetterlagen zurückgeführt werden kann.

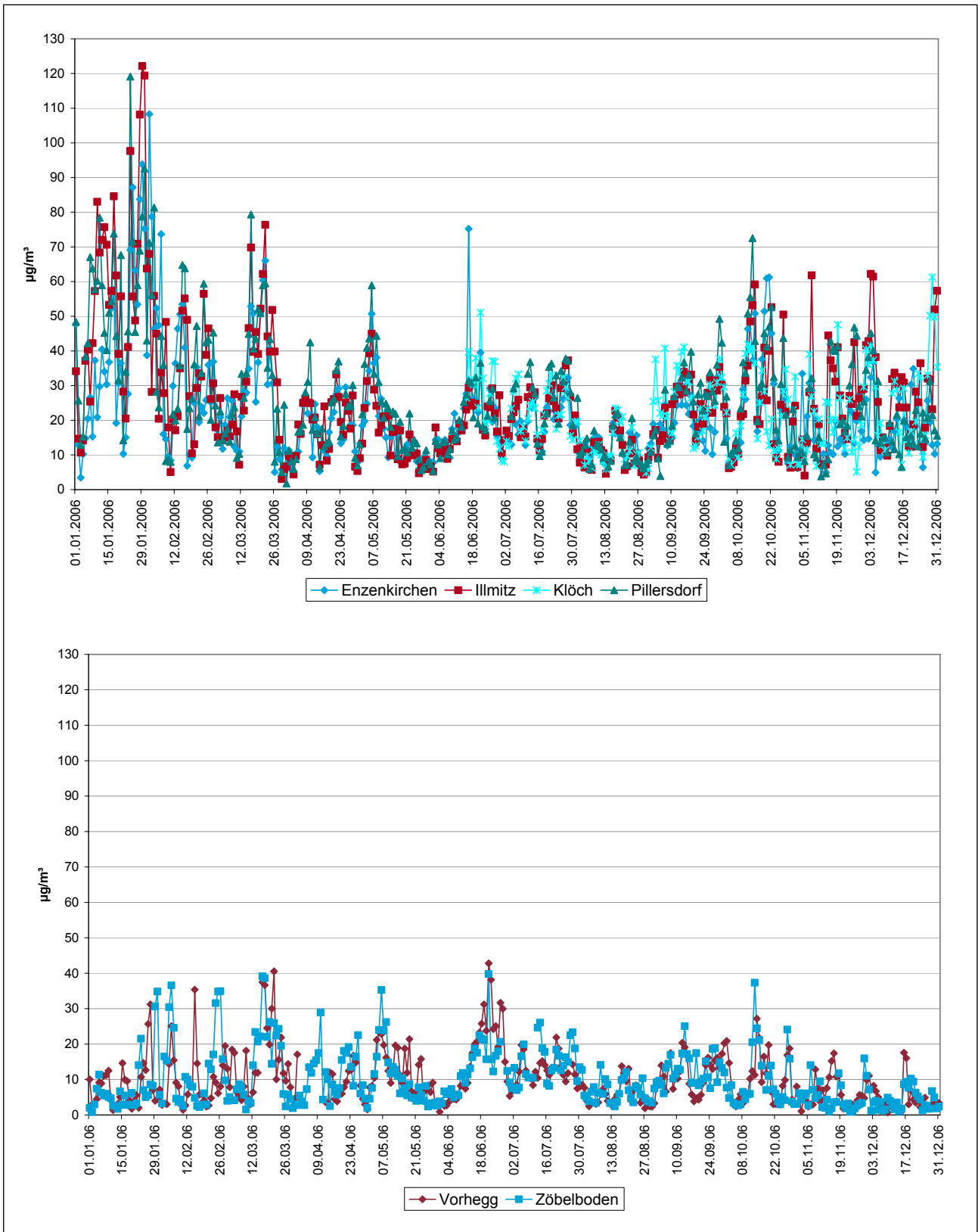


Abbildung 6: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration an den Messstellen Enzenkirchen, Illmitz, Klösch und Pillersdorf (oben) sowie Vorhegg und Zöbelboden (unten) im Jahr 2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Parallel zur gravimetrischen PM₁₀-Messung wird die PM₁₀-Konzentration in Illmitz, Enzenkirchen, Klösch, Pillersdorf und Zöbelboden mittels kontinuierlich registrierender Geräte (β -Absorption, Type in Enzenkirchen und Pillersdorf FH62I-N, in Illmitz und Klösch FH62I-R; auf dem Zöbelboden TEOM) erfasst. Diese Parallelmessung erlaubt anhand der Analyse des Zeitverlaufs sowie von Schadstoffwindrosen und mittleren Tagesgängen detailliertere Aussagen über die Herkunft der Schadstoffbelastung, als dies bei täglicher Auflösung möglich ist, und dient zudem dem Vergleich zweier unterschiedlicher Messverfahren. Im Anhang 8 sind Schadstoffwindrosen für PM₁₀, gemessen mit kontinuierlichen Geräten, abgebildet. In Hinblick auf die Unterschiede der kontinuierlich erfassten PM₁₀-Konzentrationen und der gravimetrisch erfassten Werte geben die dort dargestellten Konzentrationswerte eine qualitative Information über die Herkunft der PM₁₀-Belastung bei bestimmten Windrichtungen, nicht aber über das absolute Konzentrationsniveau.

2.3.2 Trend der PM₁₀-Belastung

Die PM₁₀-Messung wurde in Illmitz im Sommer 1999, in Vorhegg 2000, auf dem Zöbelboden und in Pillersdorf im Mai 2003 und in Enzenkirchen Ende Jänner 2004 begonnen, so dass Aussagen über einen Trend der PM₁₀-Belastung an den meisten Messstellen nur eingeschränkt möglich sind. Die Jahresmittelwerte (siehe Abbildung 7) zeigen im Zeitraum von 2000 bis 2006, über den Daten von Illmitz verfügbar sind, keinen Trend. In Illmitz nahm die mittlere PM₁₀-Konzentration zwischen 2001 und 2003 zu, ebenso die Anzahl der TMW über 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr (siehe Abbildung 8), wohingegen die Jahre 2004 einen markanten Rückgang der PM₁₀-Belastung und 2005 einen neuerlichen leichten Anstieg mit sich brachten.

Die anderen Messstellen (mit kürzeren Messreihen) zeigen grundsätzlich einen ähnlichen Verlauf der Jahresmittelwerte mit den höchsten Konzentrationen 2003 und den niedrigsten 2004, wobei in Pillersdorf die Konzentration von 2004 auf 2005 deutlicher anstieg als in Illmitz, vor allem, was die Anzahl der TMW über 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ betrifft.

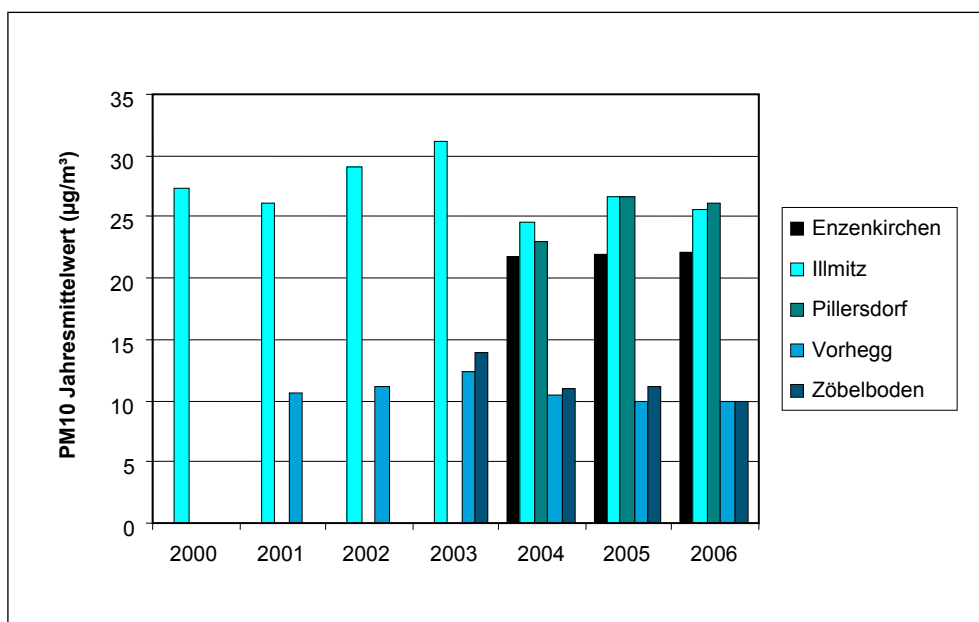
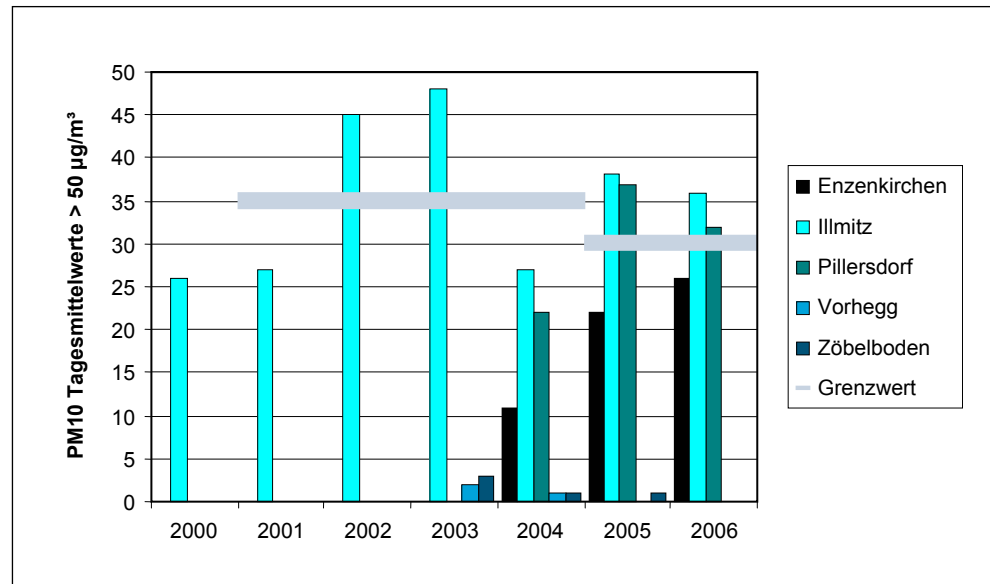


Abbildung 7:
Jahresmittelwerte der
PM₁₀-Konzentration,
2000–2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die Anzahl der Tage über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (siehe Abbildung 8) weist noch stärkere Variationen von Jahr zu Jahr auf als der Jahresmittelwert, wobei die sehr seltenen Überschreitungen an den alpinen Messstellen wenig aussagekräftig sind. In Illmitz wurden 2003 die meisten Überschreitungen (48 Tage) registriert, die wenigsten (26 Tage) im Jahr 2000.

Abbildung 8:
Anzahl der
Tagesmittelwerte der
PM10-Konzentration
über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$,
2000–2006
(Enzenkirchen 2004
erst ab 29.1.).



Die Unterschiede der PM10-Belastung von Jahr zu Jahr sind im Wesentlichen auf meteorologische Faktoren zurückzuführen: Das Auftreten bzw. die Häufigkeit von Hochdruck- oder Tiefdruckwetterlagen und von Strömungslagen mit West- oder Ostwind beeinflussen sowohl die Ausbreitungsbedingungen als auch das Ausmaß von (Fern)Transport aus bestimmten Regionen. Dabei sind vor allem die meteorologischen Bedingungen in den Wintermonaten von Bedeutung, speziell, was die Überschreitungshäufigkeit von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als TMW betrifft, da diese Überschreitungen ganz überwiegend im Winterhalbjahr auftreten. Häufige Hochdruckgebiete mit Advektion kontinentaler Kaltluft, die einerseits mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen verbunden ist, andererseits aus Regionen mit hohen Emissionen von PM10 und von Vorläufersubstanzen sekundärer anorganischer Aerosole kommen kann, waren u. a. im Winter 2005/06 für sehr hohe PM10-Belastungen verantwortlich. Demgegenüber war der Winter 2006/07 von sehr häufigen Westwetterlagen gekennzeichnet, die mit Advektion ozeanischer Luftmassen, günstigen Ausbreitungsbedingungen und geringem Ausmaß von Ferntransport verbunden sind.

Wie der Verlauf der Monatsmittelwerte in Illmitz (siehe Abbildung 9) zeigt, wurde die sehr hohe PM10-Konzentration des Jahres 2003 wesentlich von den extrem hoch belasteten Monaten Februar und März bestimmt, wobei der Winter 2002/2003 bereits dank des sehr hoch belasteten Dezember 2002 eine auffällig hohe PM10-Belastung aufwies. Eine vergleichbar hohe PM10-Konzentration wiesen im Monatsmittel der Jänner 2006 (mit dem höchsten bisher gemessenen Monatsmittelwert) und der Februar 2005 auf, während der Dezember 2005 sich durch eine für den Hochwinter ungewöhnlich niedrige PM10-Belastung auszeichnete.

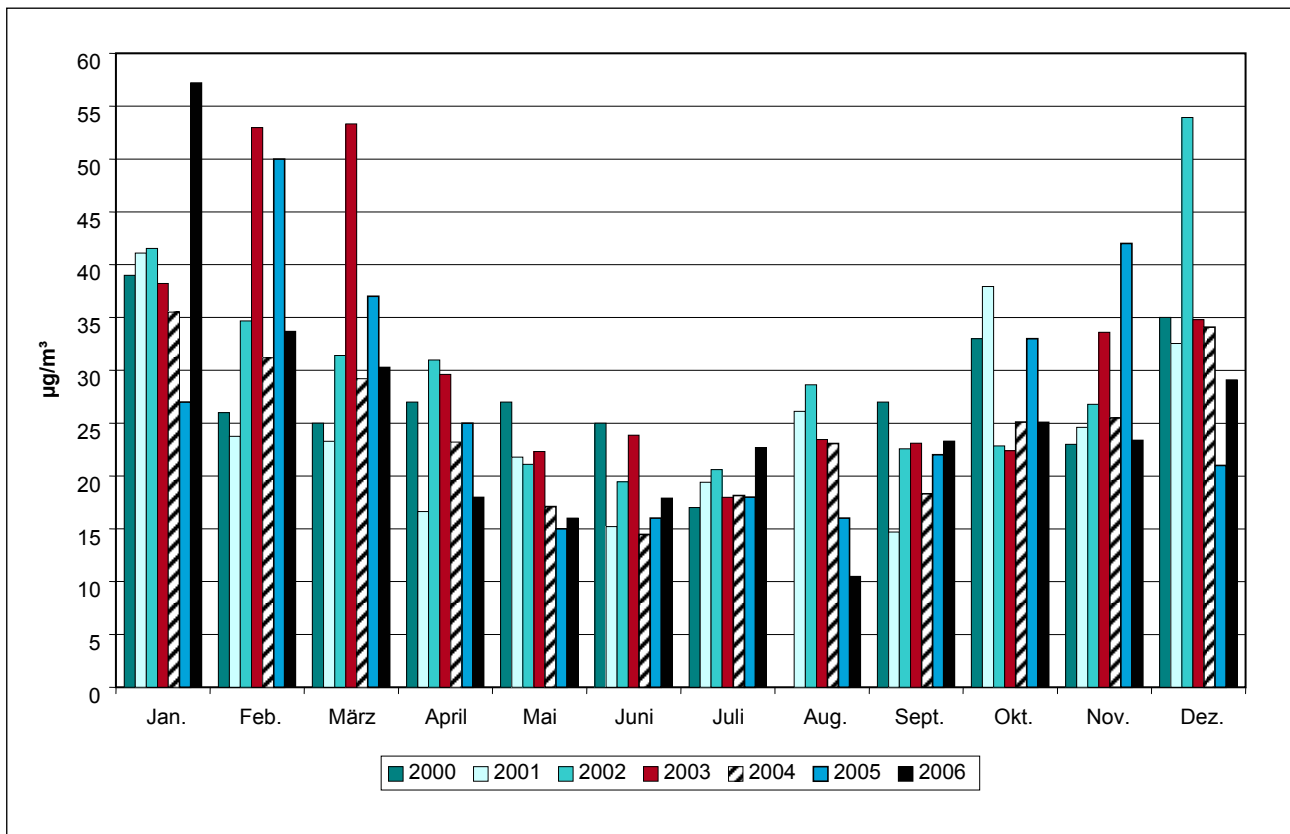


Abbildung 9: Monatsmittelwerte der PM₁₀-Konzentration in Illmitz, 2000–2006 (in µg/m³).

2.3.3 PM₁₀-Messkampagne in Niederbrunnern bei Steyr

Zwischen 24.2. und 17.5.2006 wurde in Niederbrunnern, einem Dorf im Oberösterreichischen Alpenvorland nordwestlich von Steyr, eine PM₁₀-Messkampagne durchgeführt, deren Zielsetzung die Erfassung der ländlichen PM₁₀-Hintergrundbelastung im Nördlichen Alpenvorland war. Sie diente auch der Beantwortung der Fragestellung, wie weit die im außeralpinen Raum Nordösterreichs gelegenen PM₁₀-Hintergrundmessstellen Enzenkirchen (nordwestliches Oberösterreichisches Alpenvorland) und Pillersdorf (nördliches Weinviertel) – deren Distanz ca. 250 km beträgt – für den mittleren Bereich des Alpenvorlands (wo dieses einen relativ schmalen Streifen zwischen der Böhmisches Masse und den Alpen bildet) repräsentativ sind.

Mit Niederbrunnern wurde ein Standort gewählt, der etwa auf halber Strecke zwischen den beiden IG-L-Messstellen liegt und aufgrund der dörflichen Umgebung die Standortkriterien für eine Hintergrundmessung annähernd erfüllt. Im Vergleich zu den IG-L-Messstellen ist die Entfernung zu den größeren Städten Steyr und Linz vergleichsweise gering, aber diese Städte liegen nicht direkt in den Hauptwindrichtungen von Niederbrunnern (Ost und West).

Pillersdorf erfasst eine deutlich höhere PM₁₀-Belastung als Enzenkirchen (JMW 2006 in Enzenkirchen 22 µg/m³, in Pillersdorf 26 µg/m³; in Enzenkirchen 26 TMW über 50 µg/m³, in Pillersdorf 32 TMW über 50 µg/m³; siehe Tabelle 9 und Abbildung 7).

Anhand der PM10-Messung in Niederbrunnern sollte die Frage geklärt werden

- ob die in Enzenkirchen und Pillersdorf gemessene PM10-Belastung im dazwischen liegenden Alpenvorland (linear) interpoliert werden kann,
- ob der „schmale“ Bereich des Alpenvorlands zwischen Linz und St. Pölten eine PM10-Belastung aufweist, die eher jener in Enzenkirchen oder in Pillersdorf entspricht, oder
- ob hier eine noch höhere PM10-Belastung als in Pillersdorf oder eine niedrigere als in Enzenkirchen auftritt.

Nachdem Pillersdorf – in mehreren der letzten Jahre – eine PM10-Belastung deutlich über dem aktuellen IG-L-Grenzwert erfasst hat, ist die Frage nach der Höhe der ländlichen PM10-Hintergrundbelastung im westlichen Niederösterreichischen und im östlichen Oberösterreichischen Alpenvorland auch von erheblicher Relevanz für die Beurteilung der Belastungssituation in Hinblick auf die IG-L-Grenzwerte.

Die Auswertung der Messungen in Niederbrunnern ergab als Mittelwert über 83 Mess-tage eine PM10-Konzentration (grav.) von 27 µg/m³.

Tabelle 10 stellt die Mittelwerte sowie die Anzahl der TMW über 50 µg/m³, die parallel in Enzenkirchen, Niederbrunnern und Pillersdorf gemessen wurden, zusammen (insgesamt 83 Tage). Abbildung 10 zeigt den Verlauf der TMW der PM10-Konzentration in Enzenkirchen, Illmitz, Niederbrunnern und Pillersdorf.

Tabelle 10: Mittelwerte (µg/m³) und Anzahl der TMW über 50 µg/m³, die parallel in Enzenkirchen, Niederbrunnern und Pillersdorf gemessen wurden (Februar–Mai 2006).

	Enzenkirchen	Niederbrunnern	Pillersdorf
Mittelwert (µg/m ³)	22	27	26
TMW > 50 µg/m ³	4	7	6

Von den sieben TMW über 50 µg/m³ in Niederbrunnern ist die Überschreitung am 24.4. – wie der Zeitverlauf der HMW von PM10 und NO sowie der Vergleich mit anderen Messstellen in der Umgebung zeigen – auf lokale Emissionen zurückzuführen.

Die verbleibenden sechs TMW über 50 µg/m³ entsprechen der Anzahl in Pillersdorf. Auch wenn nicht alle Überschreitungen in Pillersdorf und Niederbrunnern auf dieselben Tage fallen, zeigen beide Messstellen doch einen sehr ähnlichen Belastungsverlauf. Alle TMW über 50 µg/m³, die in dieser Periode auftraten, traten bei Ostströmung auf und sind wesentlich von Ferntransport von Osten (mit)bestimmt.

Die Messungen in Niederbrunnern von Februar bis Mai 2006 legen den Schluss nahe, dass die PM10-Belastung in Niederbrunnern – und damit im westlichen Niederösterreichischen und im östlichen Oberösterreichischen Alpenvorland – jener in Pillersdorf wesentlich ähnlicher ist als jener in Enzenkirchen.

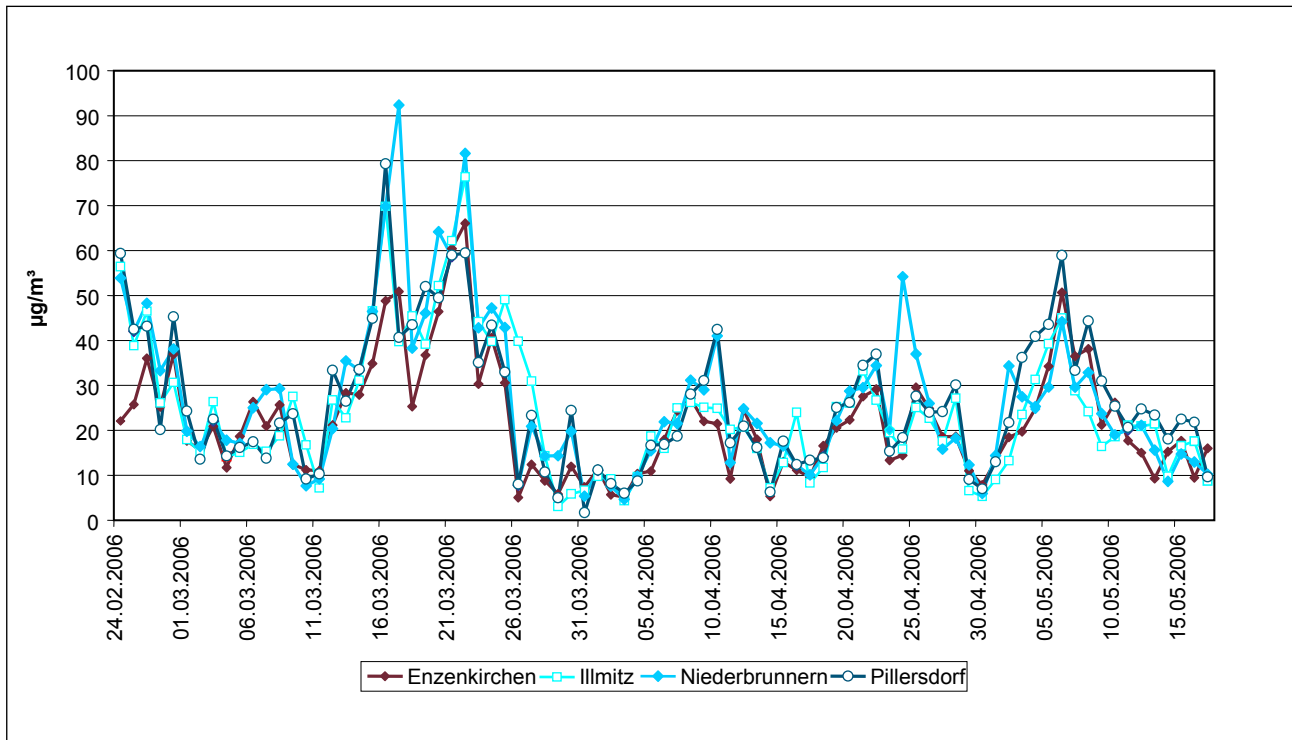


Abbildung 10: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Konzentration in Enzenkirchen, Illmitz, Niederbrunnern und Pillersdorf, 24.2. bis 17.5.2006 (in µg/m³).

Die relativ geringe Anzahl von hohen PM₁₀-Werten (sechs TMW über 50 µg/m³) lassen die vorliegenden Messungen in Niederbrunnern allerdings nur als eingeschränkt repräsentativ erscheinen, um eine endgültige Beurteilung der PM₁₀-Hintergrundbelastung im westlichen Niederösterreichischen und im östlichen Oberösterreichischen Alpenvorland zu ermöglichen. Weitere Messungen sind daher im Winter 2007/08 geplant.

2.3.4 PM₁₀-Ferntransport

Im ostösterreichischen außeralpinen Raum stellen Ferntransport und – bei lang anhaltenden windschwachen Wetterlagen – regionale Schadstoffakkumulation (lange Verweilzeit der Luft im Umkreis von ~ 100 km) einen wesentlichen Faktor für erhöhte PM₁₀-Belastungen dar, in abgeschwächtem Ausmaß auch im Oberösterreichischen Alpenvorland (siehe u. a. UMWELTBUNDESAMT 2006b). Als Instrumentarium für die Untersuchung von Ferntransport und regionaler Schadstoffakkumulation werden Rückwärtstrajektorien herangezogen, welche von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) auf der Basis von Winddaten des Europäischen Zentrums für mittelfristige Wettervorhersage (ECMWF) berechnet wurden (UMWELTBUNDESAMT 2006b). Eine Trajektorie ist der Weg, den die Luft (genau genommen: ein infinitesimal kleiner Luftpartikel) in einem gegebenen Zeitraum zurücklegt.

Anhand der Trajektorien ist eine Aufgliederung der Herkunft erhöhter PM10-Belastung in „Ferntransport“ und „regionale Schadstoffakkumulation“ möglich. Ferntransport erfolgt bei – in den meisten Fällen über einen ganzen Tag sehr einheitlichem – mäßig starkem Wind; durch Kombination der Trajektorienbahnen mit der räumlichen Verteilung der Emissionen (UMWELTBUNDESAMT 2006b) ist die – wenngleich nicht immer eindeutige – Eingrenzung von Herkunftsgebieten möglich.

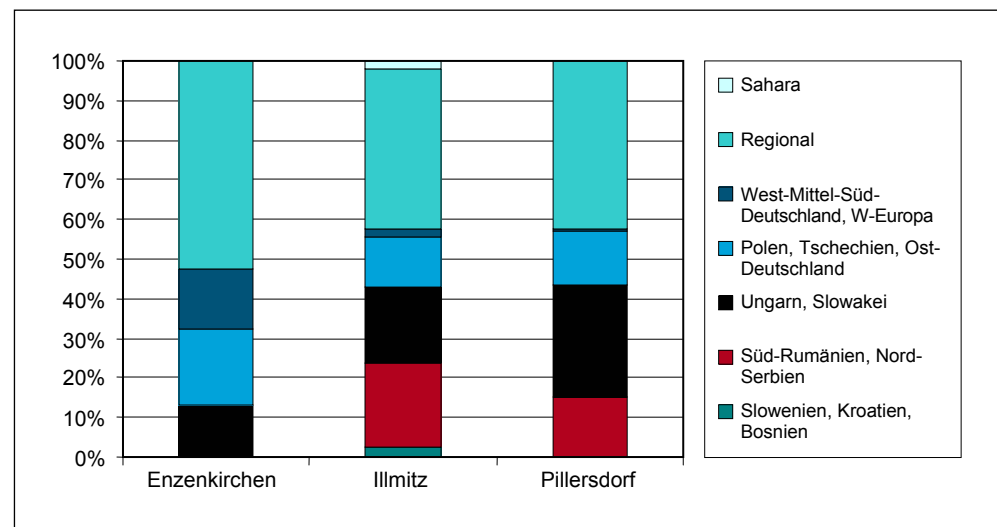
Als „regionale Schadstoffakkumulation“ werden windschwache Situationen bezeichnet, in denen sich die Luft längere Zeit im Umkreis der Messstelle aufhielt; die Trajektorien zeigen häufig Schleifenbewegungen der Luft im Nahbereich der Messstelle. Anhand der Trajektorien lässt sich der „Einzugsbereich“ regionaler Schadstoffakkumulation auf einen Umkreis von ca. 100 bis 150 km eingrenzen.

Die außeralpinen ländlichen Hintergrundstandorte Enzenkirchen (Oberösterreichisches Alpenvorland), Pillersdorf (Weinviertel) und Illmitz (Nordburgenland) sind in Hinblick auf ihre Lage in großräumig wenig strukturiertem Gelände allseitig und großräumig frei anströmbar; da die Emissionsdichten im Umkreis einiger 10 km um diese Hintergrundmessstellen einheitlich niedrig sind, sind die gemessenen PM10-Konzentrationen großräumig repräsentativ. Die Hintergrundmessstellen erfassen damit die PM10-Belastung auf einer regionalen Skala (~ 100 km), die auch der räumlichen Auflösung der für die Herkunftsanalyse verwendeten Rückwärtstrajektorien entspricht.

Abbildung 11 gibt die relativen Beiträge verschiedener Herkunftsregionen zur erhöhten PM10-Belastung (Tagesmittelwerte > 45 µg/m³) in Enzenkirchen, Illmitz und Pillersdorf an. Aufgrund des Beginns der Messung in Enzenkirchen im Jänner 2004, in Pillersdorf im Mai 2003 und in Illmitz im Juni 1999 stehen unterschiedlich lange Messreihen zur Verfügung, so dass für Illmitz und Pillersdorf eine genauere Auftrennung verschiedener Herkunftsregionen möglich ist als für Enzenkirchen. Längere Messreihen bedeuten zudem auch besser abgesicherte Ergebnisse, da kurze Messzeiträume u. U. nicht für mehrere Jahre repräsentativ sind.

Die regionalen Emissionen sind – anhand der Trajektorienbahnen – einem Umkreis von ca. 100 km zuzuordnen.

*Abbildung 11:
Abgeschätzte relative
Anteile verschiedener
Herkunftsregionen zur
PM10-Belastung in
Enzenkirchen, Illmitz
und Pillersdorf
(Tage über 45 µg/m³).*





Mittels Rückwärtstrajektorien und einem einfachen Lagrange-Modell wurde von der ZAMG der Beitrag einzelner Großemittenten in Ostmitteleuropa auf die Belastung von PM₁₀, NO₂ und SO₂ in Österreich abgeschätzt (UMWELTBUNDESAMT 2006). Auch die Bildung sekundärer anorganischer Aerosole wurde in dieser Studie abgeschätzt, allerdings unterliegen die Ergebnisse gewissen Unsicherheiten.

Die bedeutendste Einzelquelle, welche die PM₁₀-Belastung in Enzenkirchen, Pilersdorf, Klösch und Illmitz beeinflusst, ist das Stahlwerk Kostolac bei Belgrad, das mit primären PM₁₀-Emissionen von 13,6 kt im Jahr 2004 der zweitgrößte PM₁₀-Einzelemittent in Europa – nach dem tschechischen Kraftwerk Ledvice – ist (UMWELTBUNDESAMT 2006).

2.4 PM_{2,5} und PM₁

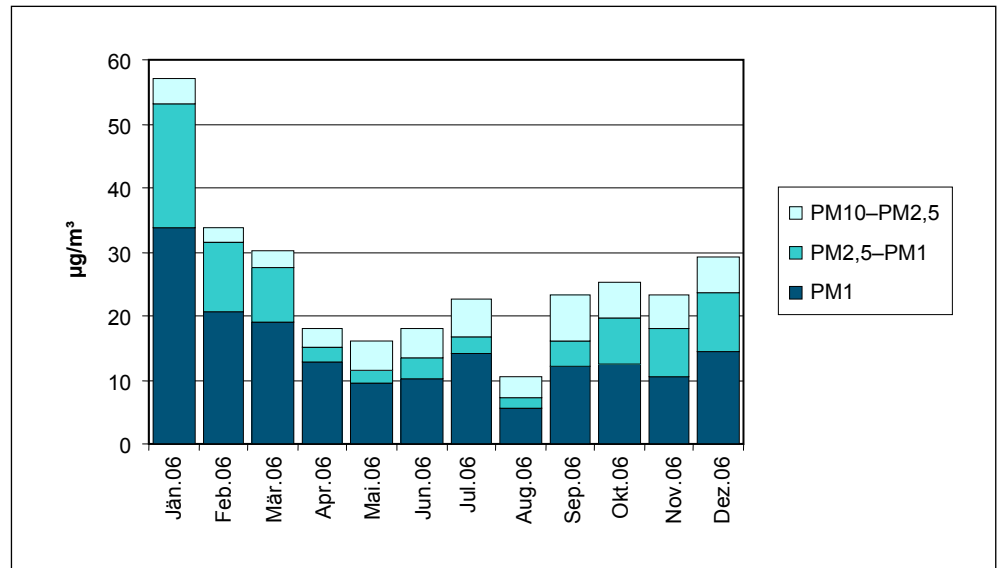
Die Konzentration von PM_{2,5} und PM₁ wird in Illmitz erfasst. Die Monats- und Jahresmittelwerte der Konzentration von PM₁₀, PM_{2,5} und PM₁ sowie des Verhältnisses der Konzentrationen der PM-Fractionen in Illmitz sind in Tabelle 11 zusammengestellt.

	PM₁₀	PM_{2,5}	PM₁	PM_{2,5}/PM₁₀	PM₁/PM₁₀
Jän.	57,2	53,2	33,7	0,87	0,61
Feb.	33,7	31,6	20,6	0,93	0,64
Mär.	30,3	27,7	18,9	0,88	0,64
Apr.	18,0	15,0	12,7	0,80	0,71
Mai.	16,0	11,4	9,6	0,70	0,59
Jun.	17,9	13,3	10,3	0,75	0,57
Jul.	22,7	16,7	14,2	0,74	0,62
Aug.	10,5	7,1	5,6	0,68	0,55
Sep.	23,3	16,2	12,2	0,69	0,52
Okt.	25,1	19,7	12,3	0,78	0,50
Nov.	23,4	17,9	10,4	0,76	0,47
Dez.	29,1	23,6	14,5	0,80	0,50
JMW	25,6	20,8	14,6	0,78	0,58

*Tabelle 11:
Monats- und
Jahresmittelwerte der
Konzentration von
PM₁₀, PM_{2,5} und PM₁
sowie Verhältnis der
Konzentrationen der
PM-Fractionen in Illmitz,
2006 (in µg/m³).*

Abbildung 12 zeigt die Monatsmittelwerte der Konzentration der einzelnen PM-Fractionen in Illmitz im Jahr 2006, Abbildung 13 den Verlauf der Tagesmittelwerte.

Abbildung 12:
Monatsmittelwerte der
Konzentrationen der
PM-Fractionen in Illmitz,
2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Die hoch belasteten Monate zu Beginn des Jahres 2006 wiesen deutlich überdurchschnittliche PM_{2,5}-Anteile auf. Der verregnete, kühle und niedrig belastete August 2006 zeichnete sich demgegenüber durch stark unterdurchschnittliche PM_{2,5}-Anteile aus. Die PM₁-Anteile wiesen in diesen Monaten eine durchschnittliche Höhe auf.

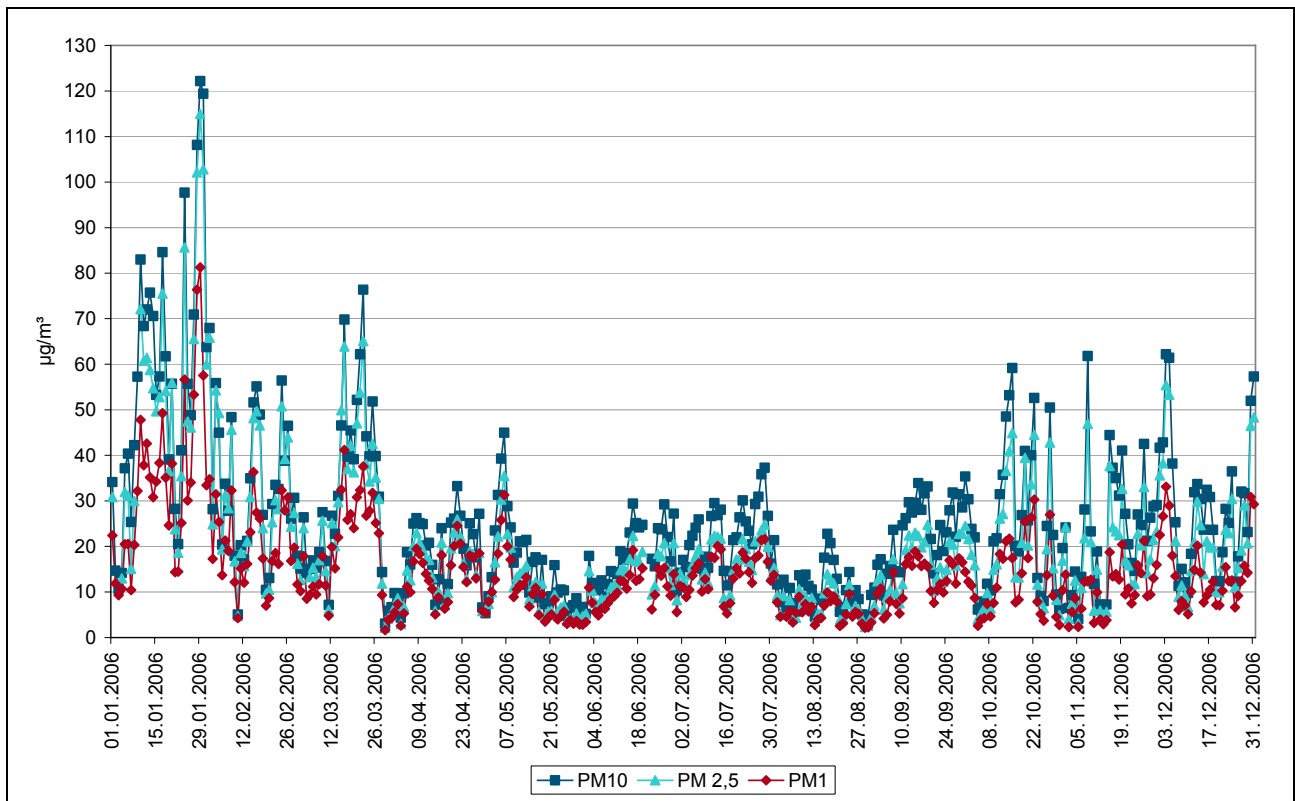


Abbildung 13: Verlauf der Tagesmittelwerte der Konzentration von PM₁₀, PM_{2,5} und PM₁ in Illmitz, 2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Wie Abbildung 14 zeigt, nimmt der PM_{2,5}-Anteil am PM₁₀ mit zunehmender PM₁₀-Konzentration tendenziell zu. Im Mittel über die Tage mit PM₁₀-Tagesmittelwerten unter 20 µg/m³ beträgt der PM_{2,5}-Anteil 75 %, für PM₁₀-TMW zwischen 20 und 50 µg/m³ 79 %, für PM₁₀-TMW über 50 µg/m³ 88 %. Aufgrund der großen Variabilität der PM_{2,5}/PM₁₀-Anteile weist die Regressionsgerade der PM_{2,5}/PM₁₀-Anteile in Abhängigkeit von der PM₁₀-Konzentration allerdings ein äußerst geringes Bestimmtheitsmaß von 0,15 auf.

Der PM₁-Anteil am PM₁₀ zeigt dagegen keine derartige Abhängigkeit von der PM₁₀-Konzentration, die PM₁-Anteile am PM₁₀ betragen für die drei o. g. Klassen 58 %, 57 % bzw. 55 %.

Unter Berücksichtigung der großen Variabilität der Relativanteile der PM-Fractionen lässt sich dennoch der Schluss ziehen, dass erhöhte PM₁₀-Konzentrationen mit einem überdurchschnittlichen Anteil der Größenfraktion zwischen PM_{2,5} und PM₁₀ verbunden sind.

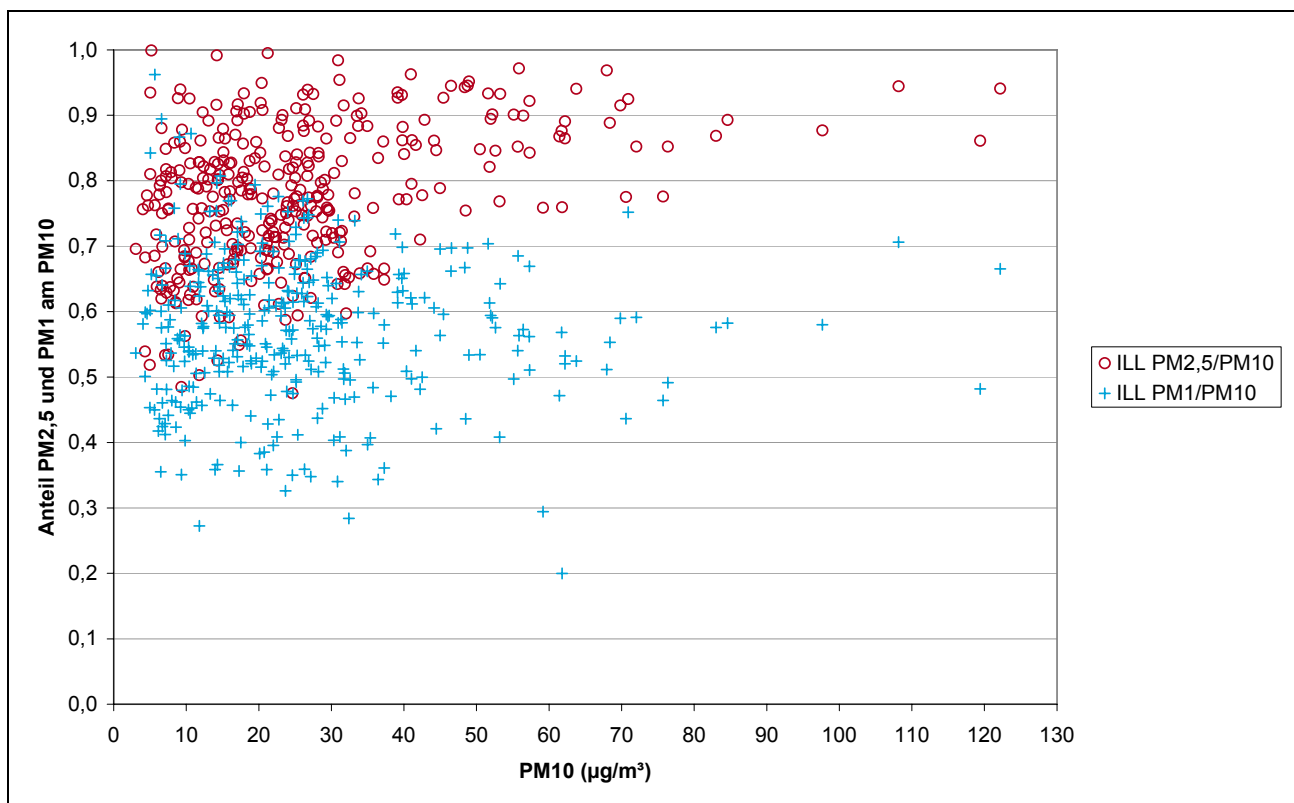


Abbildung 14: Anteil von PM_{2,5} bzw. PM₁ am PM₁₀ in Abhängigkeit von der PM₁₀-Konzentration in Illmitz, 2006.

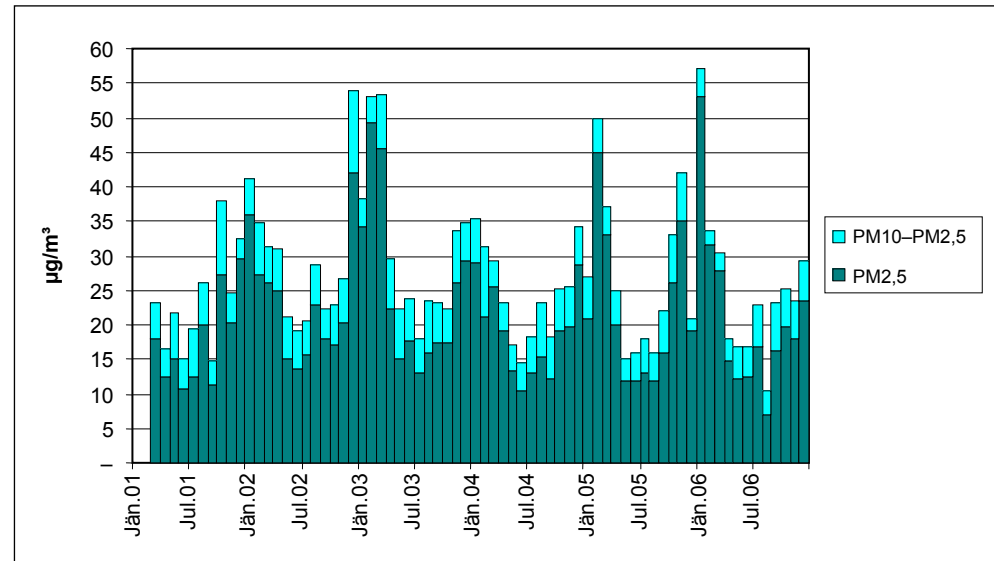
2.4.1 Trend 2001 bis 2006

Die Entwicklung des Jahresmittelwertes des PM_{2,5}/PM₁₀- bzw. PM₁/PM₁₀-Anteils in Illmitz ist in Tabelle 12 dargestellt. Diese Verhältniszahlen weisen über die Jahre praktisch keine Variation auf, der PM_{2,5}-Anteil am PM₁₀ variiert im Jahresmittel zwischen 77 und 80 %, der PM₁-Anteil zwischen 58 und 61 %. Abbildung 15 zeigt die Monatsmittelwerte der Konzentration von PM_{2,5} sowie der Fraktion PM₁₀ – PM_{2,5} von 2001 bis 2006.

Tabelle 12:
Jahresmittelwerte des
PM_{2,5}/PM₁₀- bzw.
PM₁/PM₁₀-Verhältnisses
in Illmitz, 2001 bis 2006.

	PM _{2,5} /PM ₁₀	PM ₁ /PM ₁₀
2001	78 %	
2003	79 %	
2003	77 %	58 %
2004	77 %	59 %
2005	80 %	61 %
2006	78 %	58 %

Abbildung 15:
Monatsmittelwerte der
Konzentration von
PM_{2,5} sowie der Fraktion
PM₁₀ – PM_{2,5} in Illmitz,
2001 bis 2006 (in µg/m³).



2.5 Stickstoffoxide

2.5.1 Die NO₂- und NO_x-Belastung im Jahr 2006

Die Grenzwerte des IG-L für NO₂ zum Schutz der menschlichen Gesundheit (HMW 200 µg/m³, JMW 30 µg/m³) sowie der Grenzwert für NO_x zum Schutz der Vegetation (30 µg/m³) wurden im Jahr 2006 an allen Messstellen des Umweltbundesamtes eingehalten.

Der Zielwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit gemäß IG-L sowie der Zielwert zum Schutz der Vegetation (jeweils TMW 80 µg/m³) wurde in Enzenkirchen am 3.2.2006 (erstmalig) überschritten, wofür großräumig ungünstige Ausbreitungsbedingungen mit verantwortlich waren. An den anderen Hintergrundmessstellen wurde der Zielwert eingehalten.

Die Monats- und Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration, die JMW für NO und NO_x sowie die maximalen Halbstunden- und Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration des Jahres 2006 sind in Tabelle 13 angegeben.



	ENK	ILL	KLH	PIL	SIG	STO	VOR	ZOE
Jän.06	28,7	22,5		21,8	1,3	3,3	6,2	5,1
Feb.06	28,1	16,1		16,9	5,0	4,1	7,1	9,9
Mär.06	12,7	11,6		9,8	4,4	4,4	7,0	6,7
Apr.06	7,4	7,9		7,3	2,8	3,4	4,6	
Mai.06	6,5	5,6		6,2	2,7		3,7	4,2
Jun.06	5,4	5,4		5,0	3,0		3,5	3,9
Jul.06	4,2	5,4	5,3	4,8	2,7		3,3	3,6
Aug.06	6,5	3,9	5,5	4,2	2,3			3,2
Sep.06	9,2	6,3	6,5	6,7	2,4		3,1	4,3
Okt.06	17,0	7,9	10,4	11,6	1,8			5,1
Nov.06	16,2	12,8	14,4	11,7	1,8		3,4	5,1
Dez.06	19,0	13,9	15,0	14,5	1,4			4,0
NO₂ JMW	13,3	9,9		10,0	2,6		4,3	5,0
NO JMW	1,6	1,0		1,2	0,4		0,3	0,3
NO_x JMW	15,8	11,4		11,8	3,2		4,8	5,5
Max. HMW	116,4	85,1	58,8	89,5	59,8	19,7	59,6	81,6
Max. TMW	84,1	58,4	32,9	63,2	20,4	9,5	21,6	34,4

*Tabelle 13:
Monats- und
Jahresmittelwerte der
NO₂-Konzentration,
Jahresmittelwert der
NO-Konzentration
(in µg/m³),
Jahresmittelwert der
NO_x-Konzentration
(angegeben in µg NO₂/m³)
sowie maximale
Halbstundenmittelwerte
und maximaler
Tagesmittelwert der
NO₂-Konzentration (in
µg/m³) für das Jahr 2006.*

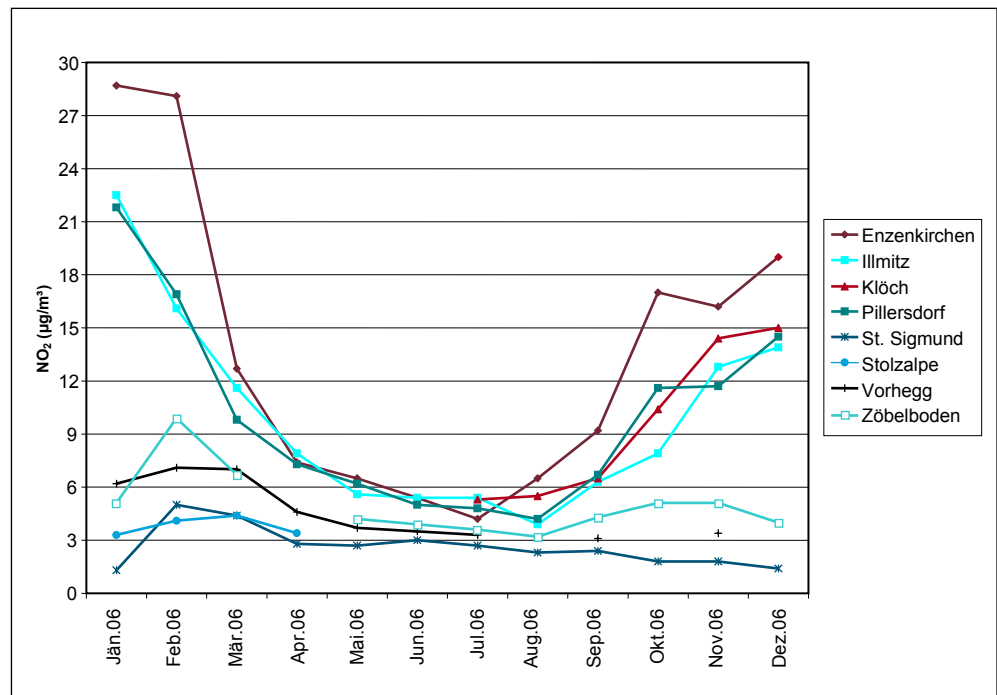
Im Jahresmittel 2006 wurde in Enzenkirchen mit 13,3 µg/m³ die höchste NO₂-Konzentration gemessen, in St. Sigmund mit 2,6 µg/m³ die niedrigste. Auch bei NO_x wies Enzenkirchen mit 15,8 µg/m³ (angegeben als NO₂) den höchsten, St. Sigmund mit 3,2 µg/m³ den niedrigsten Jahresmittelwert auf.

An den außeralpinen Messstellen zeigt die NO₂-Konzentration einen ausgeprägten Jahresgang mit erhöhten Werten im Winter, verursacht durch die ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen. An den höher gelegenen Messstellen ist der Jahresgang weniger ausgeprägt, da den günstigeren Ausbreitungsbedingungen im Sommer verstärkter Vertikaltransport aus den Tälern bzw. aus dem Alpenvorland entgegenwirkt.

In Hinblick auf die – etwa verglichen mit PM₁₀, SO₂ und v. a. CO – relativ geringe atmosphärische Lebensdauer von NO₂, die deutlich unter einem Tag liegt (SEINFELD & PANDIS 1998), spielt bei NO₂ Ferntransport nur eine sehr geringe Rolle; die NO₂-Hintergrundbelastung wird von regionalen Quellen dominiert.

Im außeralpinen Raum weist die NO₂-Hintergrundkonzentration eine geringere Abhängigkeit von der Windrichtung auf als an den höher gelegenen Messstellen, wo Wind aus dem Tal bzw. aus dem Alpenvorland mit deutlich höheren NO₂-Konzentrationen verbunden ist als Wind aus dem praktisch emissionsfreien hochalpinen Raum.

Abbildung 16:
Monatsmittelwerte der
NO₂-Konzentration an den
Hintergrundmessstellen
des Umweltbundesamtes
im Jahr 2006 (in µg/m³).



Die Schadstoffwindrosen der NO₂-Konzentration (sowie von NO_y am Sonnblick) sind in Anhang 8 angegeben.

In Enzenkirchen sind, wie in den vorangegangenen Jahren, die Hauptwindrichtungen Westnordwest und Ost mit den höchsten NO₂-Konzentrationen verbunden.

In Illmitz fallen die höchsten NO₂-Konzentrationen mit (seltenem) Nordostwind zusammen und lassen sich dem Ballungsraum Bratislava zuordnen. Die Hauptwindrichtung Nordwest – d. h. Advektion aus dem Ballungsraum Wien – ist mit höheren mittleren NO₂-Konzentrationen verbunden als Südostwind.

In Pillersdorf treten wie in den früheren Jahren die höchsten NO₂-Konzentrationen bei den Hauptwindrichtungen Nordost und Südsüdwest auf; sie lassen sich einerseits (Fern)Transport aus Mähren, zum anderen Emissionen im Niederösterreichischen Zentralraum zuordnen.

An den alpinen Messstellen wird die Windrichtungsabhängigkeit der NO₂-Konzentration von Advektion aus den nächstgelegenen Tälern bzw. aus dem Alpenvorland dominiert: In St. Sigmund bei Nordnordwestwind aus dem Inntal, in Vorhegg bei Ostnordostwind aus dem Gailtal und auf dem Zöbelboden bei nördlichem Wind aus dem Oberösterreichischen Alpenvorland.

2.5.2 Messung von NO_y auf dem Sonnblick

Auf dem Sonnblick wird seit 24.11.2005 die Konzentration von NO_y (Summe aller oxidierten Stickstoffverbindungen) gemessen. Eine spezifische Messung von NO₂ bzw. NO_x (Summe aus NO und NO₂) ist hier mit einem kontinuierlichen Messgerät nicht möglich; die erfassten oxidierten Stickstoffverbindungen umfassen neben NO und NO₂ u. a. auch Salpetersäure, Peroxyacetylnitrat (PAN) und N₂O₅, d. h. Verbindungen, welche durch fortschreitende Oxidation von NO₂ in der Atmosphäre gebildet werden. Messkampagnen 1997 auf dem Jungfraujoch (3.500 m) in der



Schweiz legen nahe, dass in dieser Höhe NO_x nur etwa ein Viertel der Summe oxidierteter Stickstoffverbindungen ausmacht, während PAN einen wesentlich größeren Anteil hat (ZELLWEGER et al. 2000).

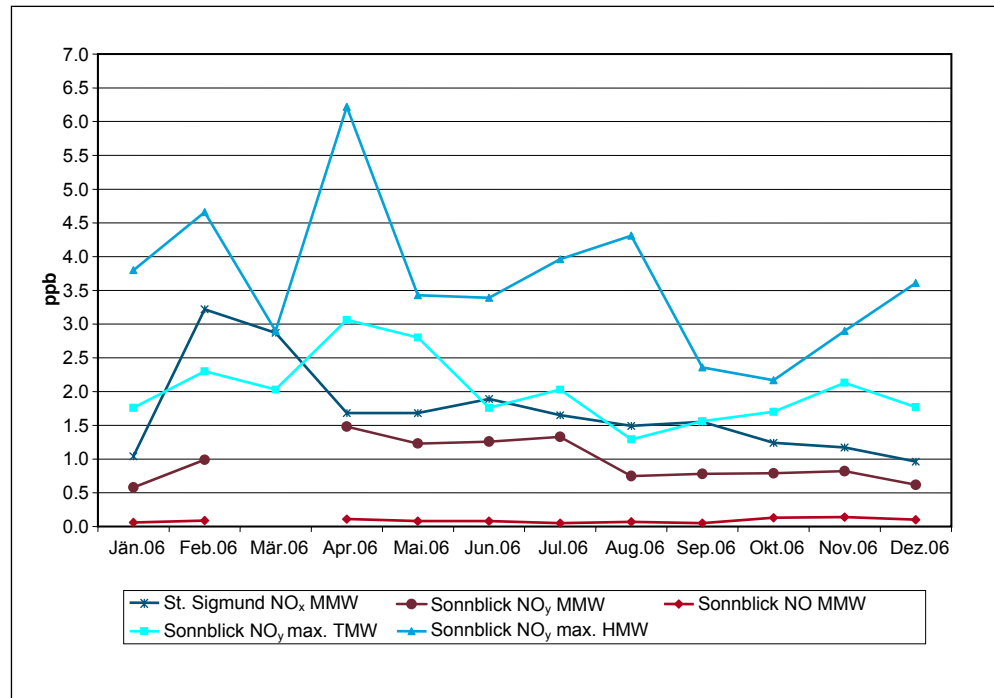
Tabelle 14 gibt die Monatsmittelwerte sowie den Jahresmittelwert 2006 der NO_x -Konzentration an den Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamtes sowie von NO_y am Sonnblick an. Abbildung 17 zeigt die Monatsmittelwerte der NO - und NO_y -Konzentration am Sonnblick sowie die maximalen Tages- und Halbstundenmittelwerte von NO_y pro Monat gemeinsam mit den NO_x -Monatsmittelwerten von St. Sigmund.

Auf dem Sonnblick (3.106 m) liegt die gesamte NO_y -Konzentration noch unter der NO_x -Belastung von St. Sigmund (1.666 m) und weist meist einen ähnlichen monatlichen Verlauf wie diese auf, wobei im Hochwinter (Februar) am Sonnblick vergleichsweise niedrigere NO_y -Werte auftraten.

	ENK	ILL	KLH	PIL	SIG	SON (NO_y)	STO	VOR	ZOE
Jän.06	17,2	13,8		13,1	1,0	0,6	2,1	3,6	2,8
Feb.06	18,1	9,4		10,3	3,2	1,0	2,5	4,0	5,5
Mär.06	7,2	6,7		5,9	2,9		2,6	3,9	3,7
Apr.06	4,1	4,6		4,5	1,7	1,5	2,0	2,5	
Mai.06	3,7	3,4		4,0	1,7	1,2		2,1	2,3
Jun.06	3,3	3,2		3,3	1,9	1,3		2,0	2,2
Jul.06	2,5	3,2	3,3	3,2	1,7	1,3		1,9	2,1
Aug.06	4,0	2,5	3,5	2,9	1,5	0,8			1,9
Sep.06	5,7	3,9	4,1	4,2	1,6	0,8		1,8	2,5
Okt.06	10,5	4,8	6,5	7,1	1,2	0,8			2,9
Nov.06	10,5	7,9	9,1	7,2	1,2	0,8		2,0	3,0
Dez.06	12,9	8,8	10,2	9,2	1,0	0,6			2,3
NO_x JMW	8,3	6,0		6,2	1,7	1,0		2,6	2,8

Tabelle 14:
Monatsmittelwerte sowie
Jahresmittelwert 2006
der Konzentration von
 NO_x an den
Hintergrundmessstellen
bzw. NO_y (Sonnblick),
2006 (in ppb).

Abbildung 17:
NO und NO_y, Sonnblick:
Monatsmittelwerte,
maximale Tagesmittelwerte
und maximale
Halbstundenmittelwerte
NO_y pro Monat, sowie
Monatsmittelwerte von
NO_x in St. Sigmund,
2006, in ppb.



2.5.3 Ferntransport von NO₂

Mittels Rückwärtstrajektorien und einem einfachen Lagrange-Modell wurde von der ZAMG der Beitrag von Ferntransport auf die Belastung von PM₁₀, NO₂ und SO₂ in Österreich abgeschätzt, wobei das Hauptaugenmerk auf Großemittenten in Ostmitteleuropa liegt (UMWELTBUNDESAMT 2006).

In Hinblick auf die atmosphärische Lebensdauer von NO₂, die deutlich unter einem Tag liegt (SEINFELD&PANDIS 1998) wird die NO₂-Belastung von Quellen im regionalen Umkreis dominiert. Die Auswertung ergab für Enzenkirchen, dass 99 % der Beiträge zum Jahresmittelwert Emissionen im Alpenvorland Oberösterreichs, Salzburgs und des östlichen Bayern zuzuordnen sind. Der NO₂-Jahresmittelwert in Illmitz wird fast vollständig von Emissionen in Wien, im Burgenland, im östlichen und südlichen Niederösterreich, im Ballungsraum Bratislava, in Westungarn sowie in Graz bestimmt. Die NO₂-Belastung in Klöch wird von NO_x-Emissionen im außeralpinen Teil der Steiermark, in Südwestungarn, in Nordwestkroatien und Slowenien dominiert, wobei Beiträge der slowenischen Kraftwerke Šoštanj und Trobovlje erkennbar sind. In Pillersdorf ist ein sehr hoher Beitrag von Emissionen des Ballungsraums Wiens zur mittleren NO₂-Belastung identifizierbar; darüber hinaus tragen NO_x-Emissionen in ganz Niederösterreich sowie in Südmähren fast vollständig zur mittleren NO₂-Konzentration bei.

2.5.4 Trend der Belastung durch Stickstoffoxide

Abbildung 18 zeigt den Verlauf der Jahresmittelwerte der Konzentration von NO₂ sowie von NO_x (berechnet als NO₂) an den Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamtes sowie die jährlichen NO_x-Emissionen Österreichs (UMWELTBUNDESAMT 2007b); Tabelle 15 gibt die Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration an.

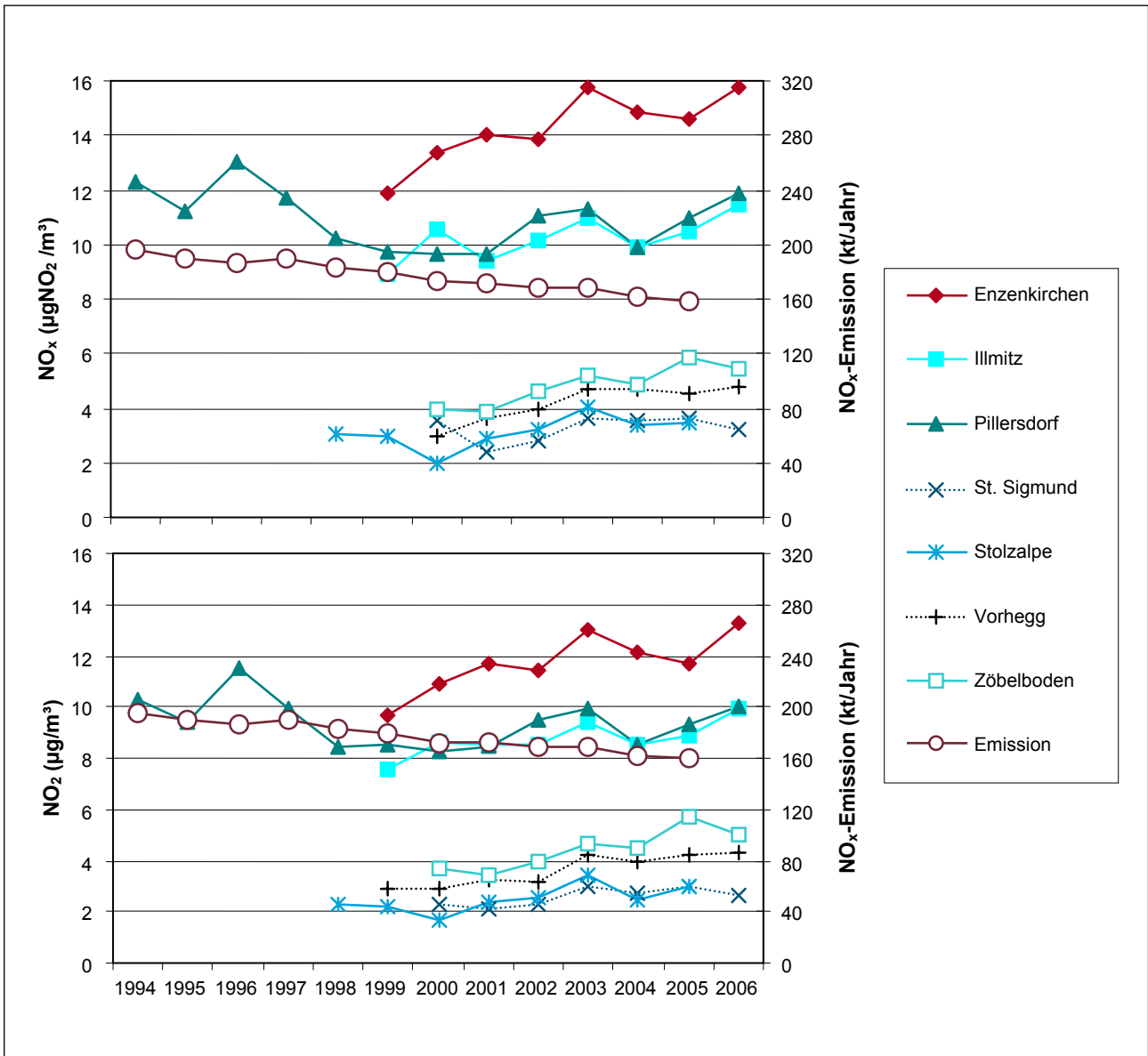


Abbildung 18: Jahresmittelwerte der NO_x- (oben) und der NO₂-Konzentration (unten) sowie jährliche NO_x-Emissionen Österreichs (ohne Tanktourismus) (in µg/m³).

Tabelle 15:
 Jahresmittelwerte der
 NO₂-Konzentration an den
 Hintergrundmessstellen,
 1994–2006 (in µg/m³).

	ENK	ILL	PIL	SIG	STO	SUL	VOR	ZOE
1994			10,3					
1995			9,4					
1996			11,5					
1997			9,9					
1998			8,4		2,3			
1999	9,7	7,6	8,5		2,2	4,6	2,9	
2000	10,9	8,6	8,3	2,3	1,7	4,9	2,9	3,7
2001	11,7	8,6	8,4	2,1	2,4	5,8	3,3	3,4
2002	11,4	8,5	9,5	2,3	2,6	5,3	3,2	4,0
2003	13,0	9,4	9,9	3,0	3,4	6,1	4,2	4,7
2004	12,1	8,5	8,5	2,7	2,5		4,0	4,5
2005	11,7	8,9	9,3	3,0	3,0		4,2	5,7
2006	13,3	9,9	10,0	2,6			4,3	5,6

Die Trends der NO₂- und NO_x-Jahresmittelwerte folgen insgesamt nicht dem kontinuierlich leicht abnehmenden Trend der (gegenüber Tanktourismus bereinigten) NO_x-Emissionen Österreichs (siehe auch UMWELTBUNDESAMT 2006a), sondern zeigen ein zeitlich unterschiedliches Verhalten:

- In den Neunzigerjahren ging die NO₂- bzw. NO_x-Belastung in Pillersdorf – bei starken Variationen von Jahr zu Jahr – tendenziell zurück. Dies ist vor allem auf eine Abnahme des Schadstofftransports aus Tschechien zurückzuführen, wie windrichtungsabhängige Auswertungen zeigen (UMWELTBUNDESAMT 2006a).
- Seit etwa 2000 stieg die NO₂- bzw. NO_x-Belastung überall (ungleichmäßig) an.
- Nach einem Rückgang 2004 – verglichen mit 2003 – nahm die NO₂- bzw. NO_x-Belastung an den meisten Hintergrundmessstellen wieder zu.
- Die Messstellen Enzenkirchen, Illmitz und Vorhegg wiesen 2006 den höchsten Jahresmittelwert seit Beginn der Messreihe auf, Pillersdorf seit 1996 (einem Jahr mit sehr ungünstigen Ausbreitungsbedingungen im Winter und noch starkem Ferntransport v. a. aus Tschechien).

Die Immissionsentwicklung an allen ländlichen Messstellen deutet darauf hin, dass seit den späten Neunzigerjahren v. a. im ländlichen Raum die NO_x-Emissionen zugenommen haben. Der Anstieg der NO_x-Belastung im ländlichen Raum ist nicht durch eine Zunahme der Emissionen in den Großstädten zu erklären, da z. B. in Wien alle Messstellen weiterhin einen leicht abnehmenden Trend zeigen.



2.6 Schwefeldioxid

2.6.1 Die Schwefeldioxid-Belastung im Jahr 2006

Die Grenzwerte gem. Anlage 1 IG-L zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Schwefeldioxid sowie die Grenzwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation wurden 2006 an allen Messstellen des Umweltbundesamtes eingehalten.

Die Monats- und Jahresmittelwerte für 2006, der Wintermittelwert (Oktober 2005 bis März 2006) sowie die maximalen Halbstundenmittelwerte und maximalen Tagesmittelwerte 2006 sind in Tabelle 16 zusammengestellt.

Den höchsten Jahresmittelwert erfasste Pillersdorf mit $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, den niedrigsten St. Sigmund mit $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Auch bei den Wintermittelwerten, den maximalen Tagesmittelwert und dem maximalen Halbstundenmittelwert des Jahres steht Pillersdorf an der Spitze, während St. Sigmund meist die niedrigsten Belastungen aufwies.

	ENK	ILL	PIL	SIG	STO	VOR	ZOE
Jän.06	7,4	9,8	14,8	0,4	0,9	1,1	1,7
Feb.06	3,3	5,0	5,8	0,5	0,8	1,1	1,8
Mär.06	3,6	4,1	4,1	0,4	0,7	1,2	1,7
Apr.06	0,8	1,6	1,4	0,2	0,2	0,5	0,5
Mai.06	1,1	1,0	1,4	0,2		0,5	0,4
Jun.06	1,2	2,0	1,6	0,2		0,5	0,5
Jul.06	1,2	2,1	2,0	0,2		0,5	0,5
Aug.06	0,6	0,6	0,6	0,2		0,2	0,2
Sep.06	1,6	2,1	3,1	0,3		0,6	0,8
Okt.06	1,6	1,5	3,1	0,2		0,5	0,8
Nov.06	1,1	1,1	2,0	0,1		0,4	0,7
Dez.06	1,4	2,1	2,3	0,2		0,3	0,7
JMW 2006	2,1	2,7	3,5	0,3		0,6	0,9
WMW 05/06	3,2	4,2	5,7	0,4	0,7	0,9	1,3
Max. TMW	22,4	42,2	52,6	2,0	2,7	4,8	7,2
Max. HMW	42,9	70,7	73,0	15,7	7,8	13,8	17,1

Tabelle 16:
Monats- und
Jahresmittelwerte der
 SO_2 -Konzentration an den
Hintergrundmessstellen
2006, Wintermittelwert
2005/06 sowie maximaler
Halbstundenmittelwert
und maximaler Tages-
mittelwert 2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die Schadstoffwindrosen (siehe Anhang 8) zeigen in Enzenkirchen wie in den früheren Jahren dominierenden Schadstofftransport von Osten. In Illmitz treten die höchsten SO_2 -Konzentrationen bei nördlichem Wind auf; dafür können neben Ferntransport aus Tschechien und Südpolen auch die relativ hohen SO_2 -Emissionen im Raum Wien (Raffinerie Schwechat) verantwortlich sein; direkte Advektion aus Bratislava ist sehr selten. In Pillersdorf sind die höchsten SO_2 -Belastungen mit der Hauptwindrichtung Nordost und damit mit Ferntransport aus Mähren und Südpolen verbunden, daneben treten erhöhte Belastungen bei Südostwind (Wien, Bratislava) auf.

Die alpinen Messstellen weisen vergleichsweise sehr niedrige SO_2 -Belastungen auf, wobei die Schadstoffwindrosen erhöhte Belastungen bei Wind aus den jeweils nahe gelegenen Tälern bzw. aus dem außeralpinen Raum ausweisen.

2.6.2 Ferntransport von SO₂

Mittels Rückwärtstrajektorien und einem einfachen Lagrange-Modell wurde von der ZAMG der Beitrag von Ferntransport auf die Belastung von PM₁₀, NO₂ und SO₂ in Österreich abgeschätzt, wobei das Hauptaugenmerk auf Großemittenten in Ostmitteleuropa liegt (UMWELTBUNDESAMT 2006).

Die an den Hintergrundmessstellen erfasste mittlere SO₂-Belastung geht auf Emissionen in einem sehr weiten Gebiet zurück, das große Teile v. a. des östlichen Mitteleuropa umfasst, wobei die relativen Beiträge einzelner (Groß)Emittenten zum gemessenen Jahresmittelwert meist unter 0,5 % liegen.

Die in Enzenkirchen gemessene mittlere SO₂-Belastung wird von Emissionen in Oberösterreich dominiert; Ferntransport lässt sich in geringem Ausmaß aus dem gesamten süddeutschen Raum und aus Nordwestböhmen identifizieren.

Die bedeutendsten SO₂-Quellen, welche die mittlere SO₂-Belastung in Illmitz beeinflussen, sind das nordungarische Kraftwerk Oroszlány bei Tatabánya und die Raffinerie Schwechat, darüber hinaus sind Beiträge aus den slowenischen Kraftwerken Šoštanj und Troblje sowie aus Südpolen (Region Katowice) zu erkennen.

Den größten Einzelbeitrag zu der in Pillersdorf (siehe Abbildung 19) gemessenen SO₂-Belastung steuern Emissionen in Südpolen (Region Katowice) bei, gefolgt von der Raffinerie Schwechat, Kraftwerken in Nordwestböhmen, dem Kraftwerk Oroszlány sowie den slowenischen Kraftwerken Šoštanj und Troblje.

Die in Klöch (vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung) gemessene SO₂-Belastung wird am stärksten von Emissionen der slowenischen Kraftwerke Šoštanj und Troblje bestimmt.

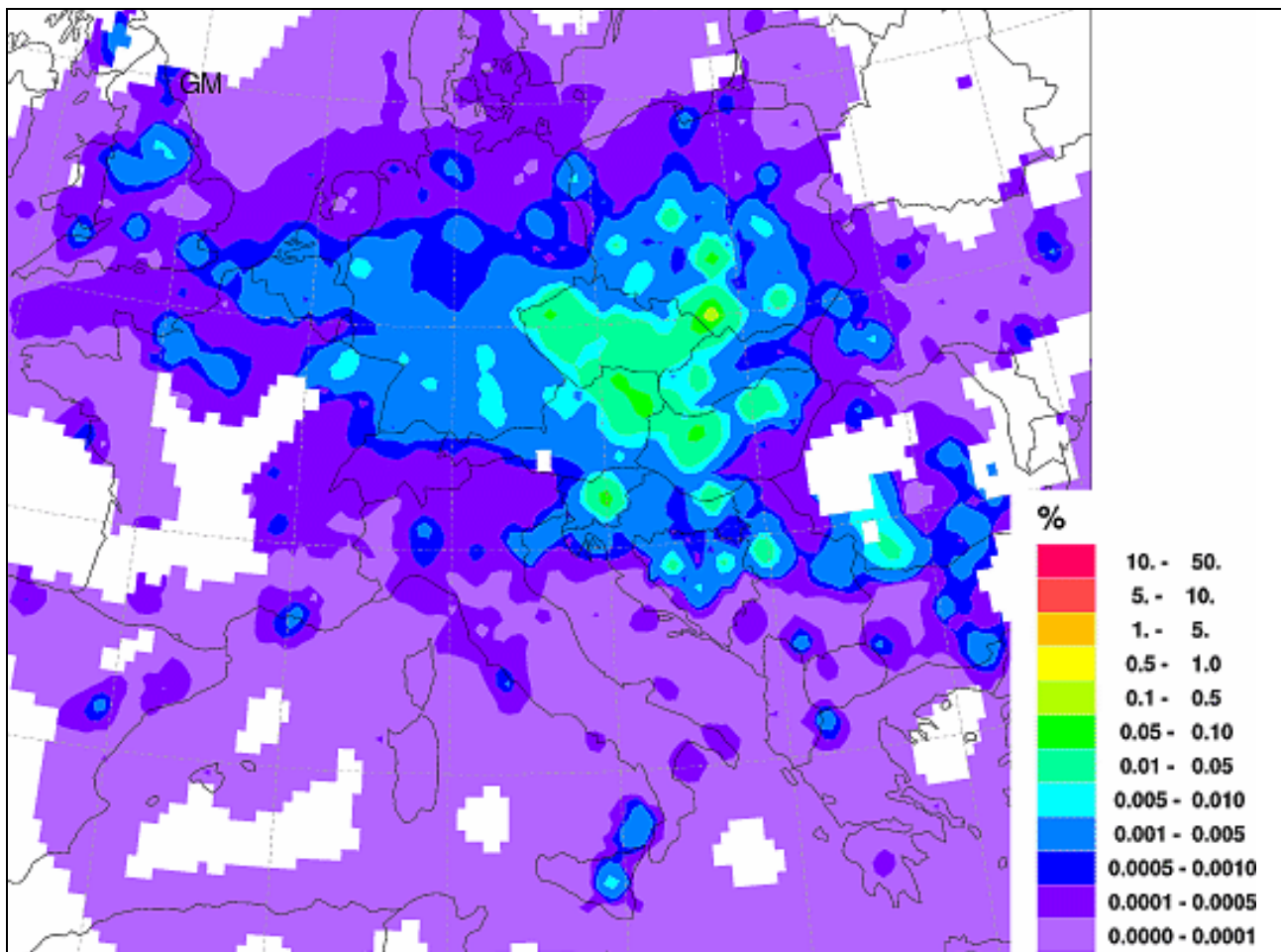


Abbildung 19: Relativer Anteil der SO₂-Emissionen zum SO₂-Jahresmittelwert in Pillersdorf (in Prozent).

2.6.3 Trend der Schwefeldioxidbelastung

Die SO₂-Belastung nahm an den österreichischen Hintergrundmessstellen zwischen 1990 und 2000 stark ab, wie Tabelle 17 und Abbildung 20 zeigen.

Von Beginn der SO₂-Messung in Illmitz 1978 bis in die frühen Neunzigerjahre blieb die SO₂-Belastung – bei starken Variationen von Jahr zu Jahr – auf einem hohen Niveau von 15 bis 25 µg/m³ als Jahresmittelwert. Im Verlauf der Neunzigerjahre war – bei weiterhin starken Schwankungen von Jahr zu Jahr, welche im Wesentlichen durch die meteorologischen Verhältnisse bedingt waren – bis Ende der Neunzigerjahre ein Rückgang der SO₂-Jahresmittelwerte auf etwa ein Fünftel jenes Niveaus zu beobachten, das um 1990 gemessen wurde. Seit 2000 ist die SO₂-Belastung an den Hintergrundmessstellen relativ konstant; die Variation von Jahr zu Jahr mit relativ hohen Werten 2003 und relativ niedriger Belastung 2004 ist vor allem auf die unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen zurückzuführen.

Tabelle 17:
Jahresmittelwerte der
SO₂-Konzentration,
1989–2006 (in µg/m³)
sowie SO₂-Emission
Österreichs (in kt/Jahr).

	ENK	ILL	PIL	SIG	STO	VOR	ZOE	Emission
1989		17,2						92
1990		21,4						74
1991		24,8						71
1992		19,2			2,1	5,2		55
1993		17,0	18,6		2,8	3,8		53
1994			12,0		1,9	3,3		48
1995			9,3			2,9		47
1996			16,2					45
1997			10,4					40
1998			5,3		1,0			36
1999	1,8	3,2	4,3		0,9	1,4		34
2000	1,6	3,0	3,4	0,6	0,7	0,7	0,7	31
2001	1,9	3,1	3,0	0,3	0,5	0,6	0,6	33
2002	1,9	2,9	3,3	0,3	0,5	0,6	0,5	32
2003	2,3	3,3	3,5	0,3	0,6	0,8	1,1	33
2004	1,4	2,1	2,4	0,3	0,7	0,6	0,6	27
2005	1,7	2,3	3,0	0,3	0,5	0,6	0,9	26
2006	2,1	2,7	3,5	0,3		0,6	0,9	

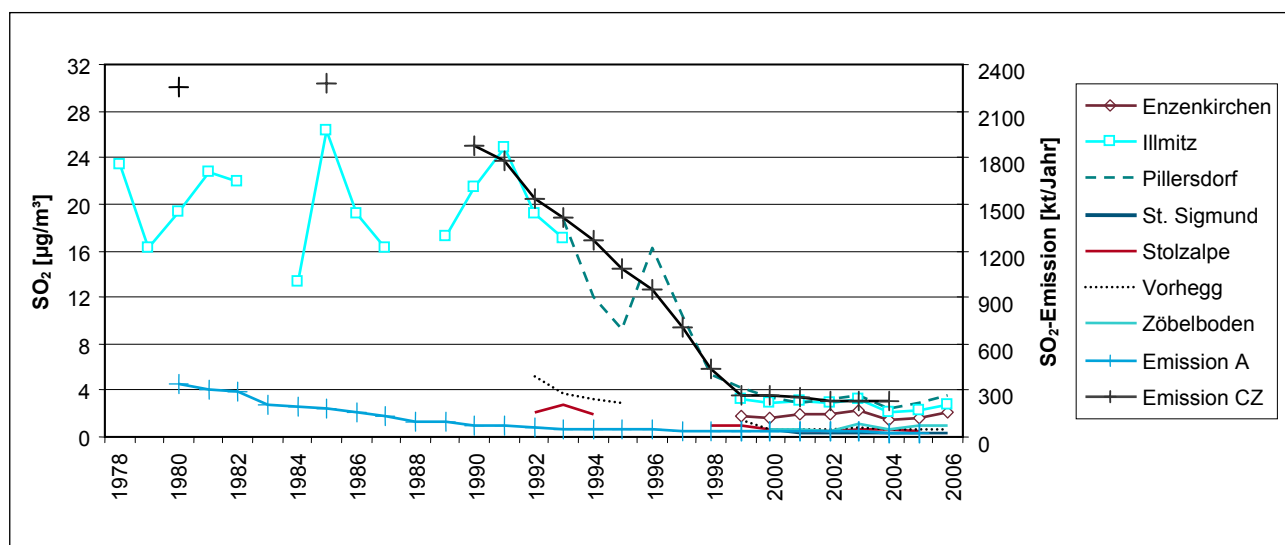


Abbildung 20: Jahresmittelwerte der SO₂-Konzentration an den Hintergrundmessstellen sowie SO₂-Emission Österreichs und Tschechiens (in µg/m³).

Wie der Vergleich mit den Emissionsdaten Österreichs und seines Nachbarstaates Tschechien zeigt, folgte der deutliche Rückgang der SO₂-Belastung an den österreichischen Hintergrundmessstellen in den Neunzigerjahren – soweit die teilweise lückenhaften Messreihen Aussagen erlauben – der starken Abnahme der SO₂-Emissionen v. a. in Tschechien und im östlichen Deutschland, aber auch in Österreich. Seit Ende der Neunzigerjahre verändern sich die Emissionen Österreichs, Tschechiens und Deutschlands kaum noch, allerdings gingen die Emissionen in der Slowakei, in Slowenien und Ungarn weiter zurück.



2.7 Kohlenmonoxid

2.7.1 Die CO-Belastung im Jahr 2006

Der Grenzwert für Kohlenmonoxid (10 mg/m^3 als Achtstundenmittelwert) wurde im Jahr 2006 an allen Messstellen des Umweltbundesamtes eingehalten.

Die Monats- und Jahresmittelwerte der CO-Konzentration sowie die maximalen Achtstundenmittelwerte des Jahres 2006 sind in Tabelle 18 zusammengestellt.

Der höchste Achtstundenmittelwert wurde mit $1,4 \text{ mg/m}^3$ in Illmitz registriert, in Vorhegg und auf dem Sonnblick lagen die maximalen MW8 unter 1 mg/m^3 .

Während Illmitz einen ausgeprägten Jahresgang aufweist, bei dem die Monatsmittel im Winter ca. doppelt so hoch sind wie im Sommer, ist der Jahresgang im Gebirge flacher. Verursachen ungünstigere Ausbreitungsbedingungen und höhere Emissionen v. a. im Flachland im Winter höhere CO-Konzentrationen als im Sommer, so werden diese Faktoren im Gebirge durch stärkeren vertikalen Austausch teilweise kompensiert.

	Illmitz	Sonnblick	Vorhegg
Jän.06	0,67	0,23	0,30
Feb.06	0,50	0,25	0,32
Mär.06	0,39	0,25	0,32
Apr.06	0,27	0,24	0,24
Mai.06	0,23	0,22	0,23
Jun.06	0,20	0,19	0,21
Jul.06	0,20	0,19	0,20
Aug.06	0,17	0,18	0,18
Sep.06	0,21	0,18	0,21
Okt.06	0,25	0,17	0,20
Nov.06	0,34	0,18	0,21
Dez.06	0,46	0,20	0,24
JMW	0,32	0,21	0,24
max. MW8	1,38	0,46	0,90

Tabelle 18:
Monats- und Jahresmittelwerte sowie maximale Achtstundenmittelwerte der CO-Konzentration, 2006 (in mg/m^3).

2.7.2 Trend der CO-Belastung

Tabelle 19 und Abbildung 21 geben den Trend der CO-Konzentration (Jahresmittelwerte) an den Hintergrundmessstellen zwischen 1993 und 2006 sowie die Entwicklung der Österreichischen CO-Emissionen an.

Tabelle 19:
Jahresmittelwerte der
CO-Konzentration,
1993 bis 2006 (in mg/m³).

	Illmitz	Sonnblick	Vorhegg
1993			0,27
1994			0,24
1995			
1996			0,25
1997			0,23
1998			
1999	0,34		0,18
2000	0,29		0,19
2001	0,27		0,21
2002	0,28		0,22
2003	0,30	0,21	0,23
2004	0,29	0,19	0,20
2005	0,32	0,21	0,21
2006	0,32	0,21	0,24

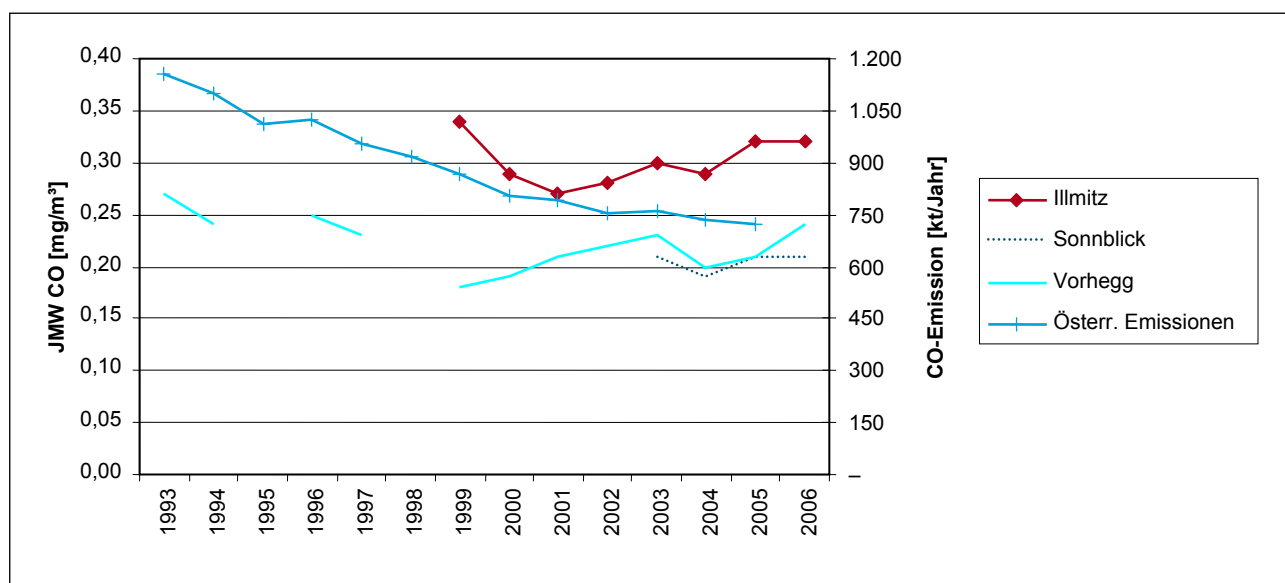


Abbildung 21: Jahresmittelwerte der CO-Konzentration sowie CO-Emissionen Österreichs, 1993 bis 2006 (in mg/m³).

Die CO-Konzentration nahm an den Hintergrundmessstellen in den Neunzigerjahren tendenziell ab – soweit die etwas lückenhaften Messreihen entsprechende Aussagen zulassen – und steigt seit 2001 bzw. 2004 wieder an. Dies entspricht nicht dem Verlauf der weiterhin leicht abnehmenden CO-Emissionen Österreichs, die im Zeitraum von 1993 bis 2005 um 38 % zurückgegangen sind, und auch nicht der Entwicklung der CO-Emissionen der gesamten Europäischen Union, welche zwischen 1993 und 2004 um 42 % abgenommen haben.



2.8 Schwermetalle im PM10

2.8.1 Blei im PM10

2.8.1.1 Die Blei-Belastung im Jahr 2006

Blei im PM10 wird in Illmitz, Zöbelboden und Vorhegg jeden sechsten Tag erfasst. In Illmitz und in Vorhegg liegen 61 Tagesproben, auf dem Zöbelboden 60 Tagesproben vor; damit beträgt die Verfügbarkeit in Illmitz und Vorhegg 100 %, auf dem Zöbelboden 99 %.

Tabelle 20 gibt Jahresmittelwert und maximalen Tagesmittelwert der Blei-Konzentration an den Messstellen Illmitz, Vorhegg und Zöbelboden im Jahr 2006 an. Zahlreiche Tagesmittelwerte lagen an allen Messstellen unter der Bestimmungsgrenze von 0,85 ng/m³.

Der Grenzwert gemäß IG-L von 0,5 µg/m³ wird an allen Messstellen deutlich unterschritten. In Illmitz betrug der Pb-Jahresmittelwert 2 % des Grenzwertes.

	Illmitz	Vorhegg	Zöbelboden
JMW	0,010	0,004	0,003
Max. TMW	0,032	0,026	0,020

*Tabelle 20:
Blei im PM10, Jahresmittelwert und maximaler Tagesmittelwert 2006 (in µg/m³).*

2.8.1.2 Trend der Bleibelastung

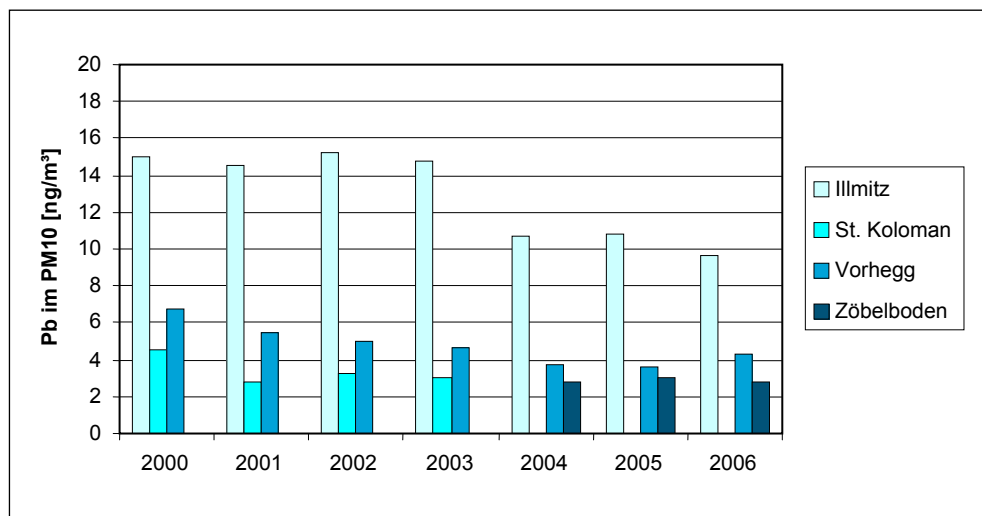
Die Entwicklung der Konzentration von Blei im PM10 an den Messstellen des Umweltbundesamtes in den Jahren 2000 bis 2006 ist in Tabelle 21 und Abbildung 22 dargestellt.

In Illmitz wies die Bleikonzentration zwischen 2000 und 2003 keine wesentliche Veränderung auf, ging von 2003 auf 2004 deutlich zurück und liegt seitdem auf einem Niveau von etwa 10 ng/m³. Vorhegg zeigt bis 2004 einen kontinuierlichen Rückgang auf 4 ng/m³, danach konstante Konzentrationen auf ähnlich niedrigem Niveau wie am Zöbelboden.

	Illmitz	Vorhegg	Zöbelboden
2000	15	7	
2001	15	6	
2002	15	5	
2003	15	5	
2004	11	4	3
2005	11	4	3
2006	10	4	3

*Tabelle 21:
Verlauf der Konzentration von Blei im PM10, 2000 bis 2006 (in ng/m³).*

Abbildung 22:
Verlauf der
Konzentration von
Blei im PM10 an den
Messstellen des
Umweltbundesamtes,
2000 bis 2006
(in ng/m³).¹⁰



2.8.2 Cadmium im PM10

2.8.2.1 Die Cadmium-Belastung im Jahr 2006

Die Proben von Cadmium im PM10 an den Messstellen Illmitz, Vorhegg und Zöbelboden weisen die gleiche Verfügbarkeit wie Blei auf.

Der Jahresmittelwert 2006 sowie der maximale Tagesmittelwert der Cadmium-Konzentration sind in Tabelle 22 zusammengestellt. Zahlreiche Tagesmittelwerte lagen an allen Messstellen unter der Bestimmungsgrenze von 0,85 ng/m³.

Die Cadmium-Belastung lag somit deutlich unter dem Zielwert des IG-L von 5 ng/m³ als Jahresmittelwert, in Illmitz bei 6 % des Zielwertes.

Tabelle 22:
Cadmium im PM10,
Jahresmittelwert und
maximaler Tages-
mittelwert 2006 (in ng/m³).

	Illmitz	Vorhegg	Zöbelboden
JMW	0,31	0,13	0,10
Max TMW	1,00	0,67	0,49

2.8.2.2 Trend der Cadmium-Belastung

Die Entwicklung der Cadmium-Konzentration an den Messstellen des Umweltbundesamtes in den Jahren 2001 bis 2006 ist in Tabelle 23 und Abbildung 23 zusammengestellt. In Illmitz nahm die Cadmium-Konzentration bis 2003 zu und von 2003 auf 2004 markant ab, um nachher relativ konstant zu bleiben. In Vorhegg zeigt die Cadmium-Konzentration eine langsame, ungleichmäßige Abnahme.

¹⁰ Verlegung der EMEP-Messstelle von St. Koloman auf den Zöbelboden Anfang 2004

	Illmitz	Vorhegg	Zöbelboden
2001	0,42	0,21	
2002	0,52	0,22	
2003	0,56	0,17	
2004	0,34	0,15	0,11
2005	0,35	0,14	0,14
2006	0,31	0,13	0,10

Tabelle 23:
Verlauf der
Konzentration von
Cadmium im PM10,
2001 bis 2006
(in ng/m³).

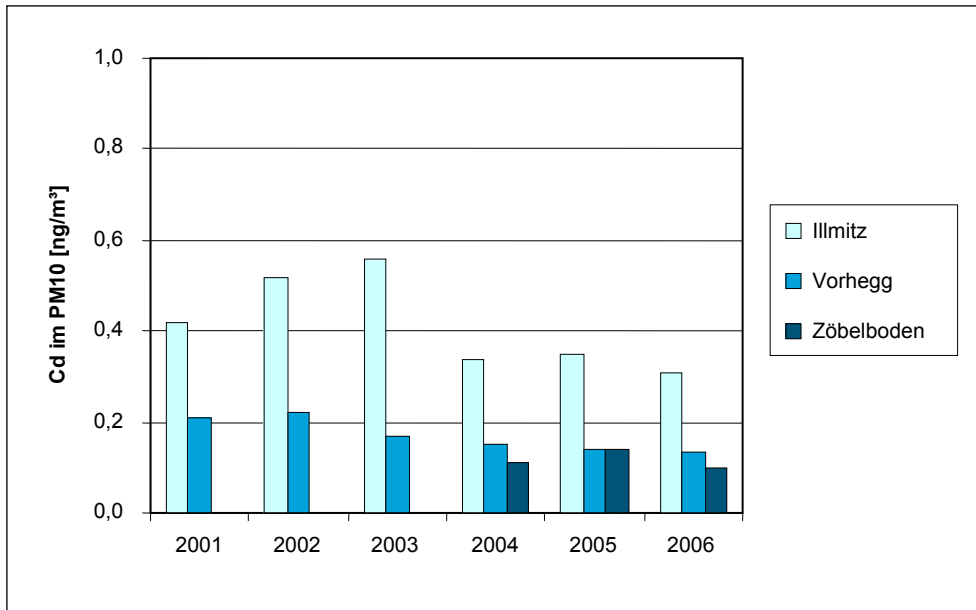


Abbildung 23:
Verlauf der
Konzentration von
Cadmium im PM10
an den Messstellen des
Umweltbundesamtes,
2001 bis 2006
(in ng/m³).

2.8.3 Arsen im PM10

Die Proben von Arsen im PM10 an den Messstellen Illmitz, Vorhegg und Zöbelboden weisen die gleiche Verfügbarkeit wie Blei auf.

Der Jahresmittelwert 2006 sowie der maximale Tagesmittelwert der Arsen-Konzentration sind in Tabelle 24 zusammengestellt. Zahlreiche Tagesmittelwerte lagen an allen Messstellen unter der Bestimmungsgrenze von 0,085 ng/m³.

Die Arsen-Belastung lag somit deutlich unter dem Zielwert des IG-L von 6 ng/m³ als Jahresmittelwert, in Illmitz bei 21 % des Zielwertes.

	Illmitz	Vorhegg	Zöbelboden
JMW	1,24	0,85	0,87
Max TMW	3,53	0,91	1,63

Tabelle 24:
Arsen im PM10,
Jahresmittelwert und
maximaler Tagesmittelwert,
2006 (in ng/m³).

Die Entwicklung der Arsen-Konzentration an den Messstellen des Umweltbundesamtes in den Jahren 2003 bis 2006 ist in Tabelle 25 zusammengestellt. In Illmitz nahm die Arsen-Konzentration seit 2004 markant ab.

Tabelle 25:
Verlauf der Konzentration
von Arsen im PM10,
2003 bis 2006 (in ng/m³).

	Illmitz	Vorhegg
2003	1,50	0,90
2004	1,50	
2005		
2006	1,24	0,85

2.8.4 Nickel im PM10

Die Proben von Nickel im PM10 an den Messstellen Illmitz, Vorhegg und Zöbelboden weisen die gleiche Verfügbarkeit wie Blei auf.

Der Jahresmittelwert 2006 sowie der maximale Tagesmittelwert der Nickel-Konzentration sind in Tabelle 26 zusammengestellt. Zahlreiche Tagesmittelwerte lagen an allen Messstellen unter der Bestimmungsgrenze von 0,85 ng/m³.

Die Nickel-Belastung lag somit deutlich unter dem Zielwert des IG-L von 20 ng/m³ als Jahresmittelwert, in Illmitz bei 8 % des Zielwertes.

Tabelle 26:
Nickel im PM10,
Jahresmittelwert und maxi-
maler Tagesmittelwert,
2006 (in ng/m³).

	Illmitz	Vorhegg	Zöbelboden
JMW	1,60	1,19	1,00
Max. TMW	6,03	3,47	2,80

Die Entwicklung der Nickel-Konzentration an den Messstellen des Umweltbundesamtes in den Jahren 2003 bis 2006 ist in Tabelle 27 zusammengestellt. In Illmitz und Vorhegg nahm die Nickel-Konzentration seit 2004 markant ab.

Tabelle 27:
Verlauf der
Konzentration von
Nickel im PM10,
2003 bis 2006 (in ng/m³).

	Illmitz	Vorhegg
2003	2,9	2,1
2004	2,8	
2005		
2006	1,6	1,2

2.9 Benzol, Toluol, Xylol und Ethylenbenzol

2.9.1 Konzentration von Benzol, Toluol und Xylole im Jahr 2006

Benzol (sowie Toluol, Xylol und Ethylenbenzol) werden in Illmitz, Zöbelboden und Vorhegg mit Diffusionssammlern über ca. vier Wochen und anschließender Analyse mittels Gaschromatographie gemessen. Die Verfügbarkeit beträgt an allen Messstellen 100 %.

In Tabelle 28 sind die Jahresmittelwerte 2006 der Konzentration von Benzol, Toluol, m-, p-Xylol sowie Ethylenbenzol an den Messstellen des Umweltbundesamtes zusammengestellt; die Konzentration von o-Xylol lag in den meisten Probenahmeperioden unter der Nachweisgrenze.



Die Benzolkonzentration lag an allen Messstellen deutlich unter dem Grenzwert des IG-L von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert; in Illmitz bei 25 % des Grenzwertes, in Vorhegg und auf dem Zöbelboden bei je 10 %.

Die Periodenwerte der Benzolkonzentration weisen in Illmitz einen deutlichen Jahresgang auf, sie liegen im Sommer um $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, im Winter bei bis zu $3,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Jänner 2006), wobei der Winter 2005/06 deutlich höhere Konzentrationen aufwies als der Winter 2006/07 ($1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Dezember 2006). Ähnliche Jahresgänge weisen auch Toluol und die Xylole auf.

Schwächer ausgeprägt ist der Jahresgang im Mittelgebirge mit Benzol-Werten um $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Sommer und $0,7$ bis $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Winter. Verantwortlich für diesen Jahresgang sind die ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen im Winter sowie die raschere Umwandlung in andere Verbindungen im Sommer.

	Illmitz	Vorhegg	Zöbelboden
Benzol	1,27	0,52	0,50
Toluol	1,19	0,70	0,56
m-, p-Xylol	0,45	0,23	0,24
Ethylenbenzol	0,25	0,21	0,20

*Tabelle 28:
Jahresmittelwerte der
Konzentration von
Benzol, Toluol, m-, p-
Xylol und Ethylenbenzol,
2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).*

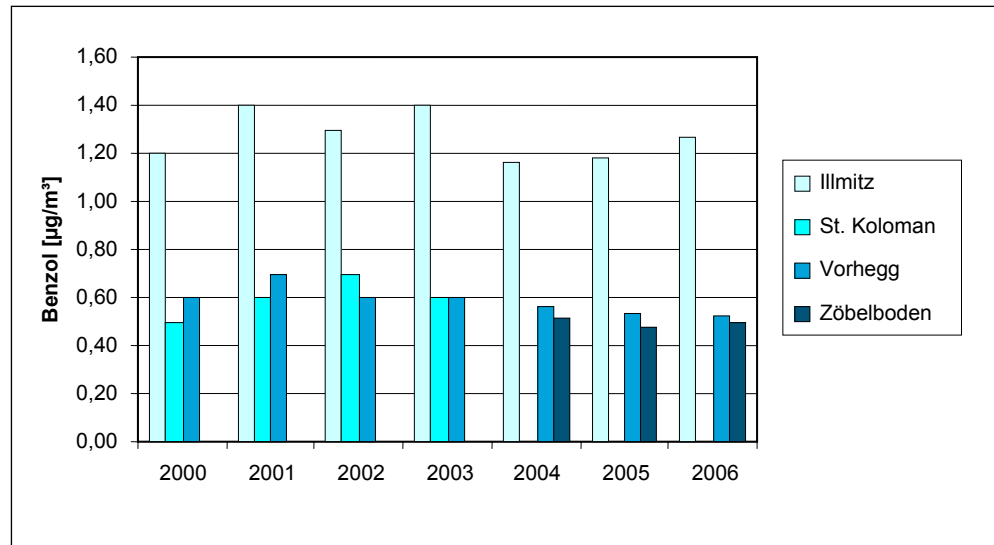
2.9.2 Trend der Benzol-, Toluol- und Xylolbelastung

Die Jahresmittelwerte der Benzolkonzentration weisen an den Hintergrundmessstellen zwischen 2000 und 2006 keinerlei klare Tendenz auf, wie Tabelle 29 und Abbildung 24 zeigen. In Illmitz traten 2001 und 2003 überdurchschnittliche Werte auf, in Vorhegg 2001.

	Illmitz	Vorhegg	Zöbelboden
2000	1,2	0,6	
2001	1,4	0,7	
2002	1,3	0,6	
2003	1,4	0,6	
2004	1,2	0,6	0,5
2005	1,2	0,5	0,5
2006	1,3	0,5	0,5

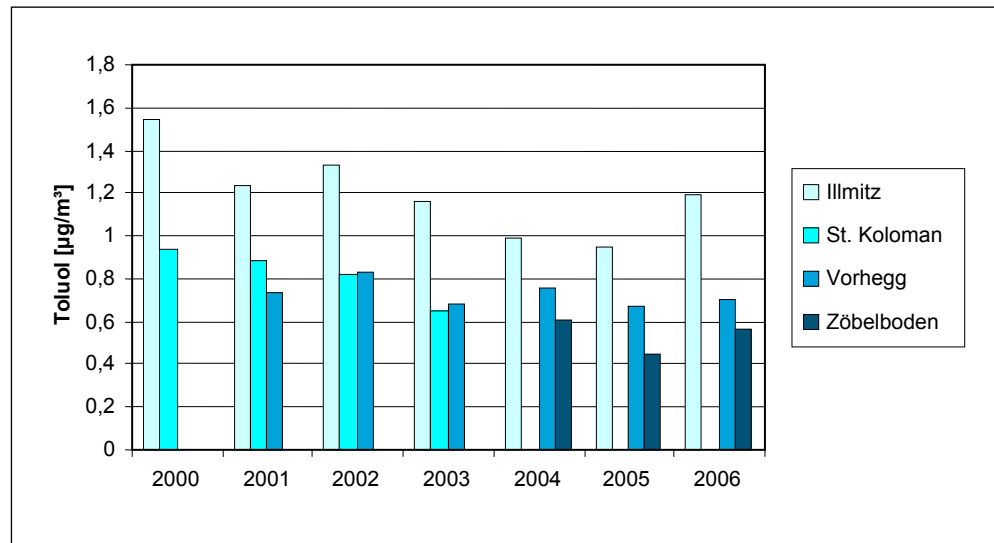
*Tabelle 29:
Verlauf der
Benzolkonzentration,
2000 bis 2005
(in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).*

Abbildung 24:
Verlauf der
Benzolkonzentration,
2000 bis 2006
(in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).¹¹



Die Toluolkonzentration nahm, wie Abbildung 25 zeigt, in Illmitz zwischen 2000 und 2005 ungleichmäßig ab, stieg aber 2006 wieder deutlich an. In Vorhegg zeichnet sich kein klarer Trend ab.

Abbildung 25:
Verlauf der
Toluolkonzentration,
2000 bis 2006
(in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Die Xylol-Konzentration (siehe Abbildung 26) nahm in Illmitz seit 2000 tendenziell ab, sprunghaft von 2003 auf 2004. In Vorhegg ist von 2001 auf 2002 eine sprunghafte Abnahme zu verzeichnen, danach ein weiterer leichter Rückgang.

¹¹ Verlegung der EMEP-Messstelle St. Koloman auf den Zöbelboden Anfang 2004

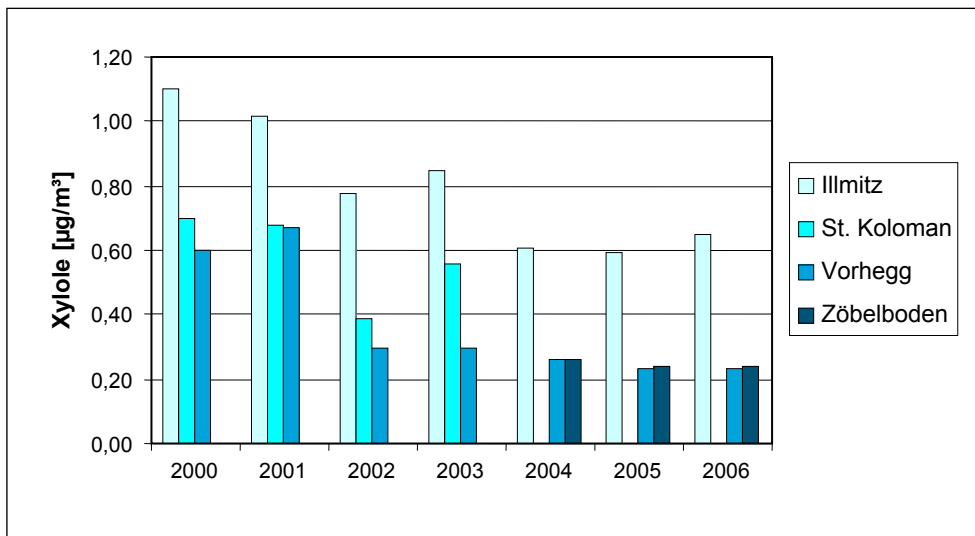


Abbildung 26:
Verlauf der Xylole-
konzentration, 2000 bis
2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) (in Illmitz
m-, *p*- und *o*-Xylole, in
Vorhegg und Zöbelboden
nur *m*-, *p*-Xylole, da *o*-Xylole
meist unter der
Nachweisgrenze).

2.10 Flüchtige organische Verbindungen

Auf Grund der Vorgaben der 3. Luftqualitätstochterrichtlinie (Ozonrichtlinie) über den Ozongehalt der Luft ist jeder Mitgliedstaat verpflichtet, neben der Vorläufersubstanz NO_x auch flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC)¹² zu messen. Dem wird auf nationaler Ebene in der Novelle zur Messkonzept-Verordnung zum Ozongesetz Rechnung getragen, in der die Messung von Ozonvorläufersubstanzen an mindestens einer Messstelle gefordert wird. Diese Messungen werden vom Umweltbundesamt durchgeführt.

VOC können in zweierlei Hinsicht auf den menschlichen Organismus einwirken: auf direktem Wege, wenn sie vom Menschen inhaliert werden (z. B. kanzerogene Wirkung von Benzol), sowie indirekt über die beim photochemischen Abbau dieser Vorläufersubstanzen in der Atmosphäre gebildeten Reizgase wie Ozon, den Peroxyacetylnitrat und einer Reihe von Aldehyden sowie der Bildung von sekundären organischen Aerosolen.

Im Jahr 2006 wurden an den zwei Messstellen Schwechat und Wien Lobau in der Umgebung von Wien – d. h. nicht an Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamtes – die Konzentrationen von 17 VOC-Spezies gemessen, die sich durch hohe Kurzzeitspitzenwerte der Ozonkonzentration auszeichnen und in der Nähe der potenziell relevanter VOC-Quelle liegen.

Die Messstelle Schwechat befindet sich etwas außerhalb des Stadtzentrums von Schwechat in locker verbautem Siedlungsgebiet abseits stärker befahrener Straßen. Die Messstelle Lobau liegt im Bereich von Wald und Wiesen. Eine genaue Standortbeschreibung findet sich in UMWELTBUNDESAMT (2007a); die Messergebnisse von SO_2 , NO_2 , PM10 und Ozon an diesen Messstellen sind in UMWELTBUNDESAMT (2007) dokumentiert.

¹² Nicht eingeschlossen in der Bezeichnung VOC ist Methan, welches in erster Linie als Treibhausgas bedeutend ist und aufgrund seiner geringen Reaktivität bei der Ozonbildung auf regionaler Ebene eine geringe Rolle spielt.

Die VOC-Probenahme begann im Juli 2006 und wurde im Jahr 2007 weitergeführt. Die Proben wurden jeden zweiten Tag über jeweils 24 Stunden mit aktiver Probenahme gesammelt und anschließend gaschromatographisch analysiert. Die analysierten Spezies sind in Tabelle 30 angegeben.

Tabelle 30:
VOC-Messprogramm
2006, Schwechat
und Lobau.

Alkane	Alkene	Aromaten
iso-Pentan	1-Penten	Benzol
n-Pentan	2-Penten	Toluol
iso-Hexan		Ethylbenzol
n-Hexan		m-,p-Xylol
n-Heptan		o-Xylol
iso-Oktan		1,3,5-Trimethylbenzol
n-Oktan		1,2,4-Trimethylbenzol
		1,2,3-Trimethylbenzol

Abbildung 27 zeigt die Monatsmittelwerte ausgewählter VOC an den beiden Messstellen.

In der Lobau fallen ungewöhnlich hohe iso-Pentan-Konzentrationen auf (Monatsmittelwerte zwischen 2 und 7,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), während in Schwechat alle Monatsmittelwerte unter 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. In Schwechat sind die Konzentrationen in den Monaten Oktober–Dezember meist höher als in den Sommermonaten. Die relativ hohen Monatsmittelwerte bei iso-Pentan in der Lobau sind auf einzelne Tage mit extrem hohen Konzentrationen zurückzuführen. An acht Tagen traten dort Konzentrationen über 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ auf; der Spitzenwert lag bei 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (jeweils Mittelwert über 24 Stunden). In Schwechat betrug dagegen die höchste über 24 Stunden gemessene iso-Pentan-Konzentration 11,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Bei den anderen Spezies lagen alle gemessenen Konzentrationen jeweils unter 6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. An sechs (4.8., 8.8., 5.9., 27.9., 2.11., 10.11. 2006) der acht Tage mit iso-Pentan-Werten über 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Lobau wehte beständiger Nordwestwind, an einem Tag (10.8.), zumeist Nordwestwind; Advektion vom Tanklager Lobau ist somit wahrscheinlich. An einem Tag (16.11.) wehte unbeständiger Wind meist aus Südost.

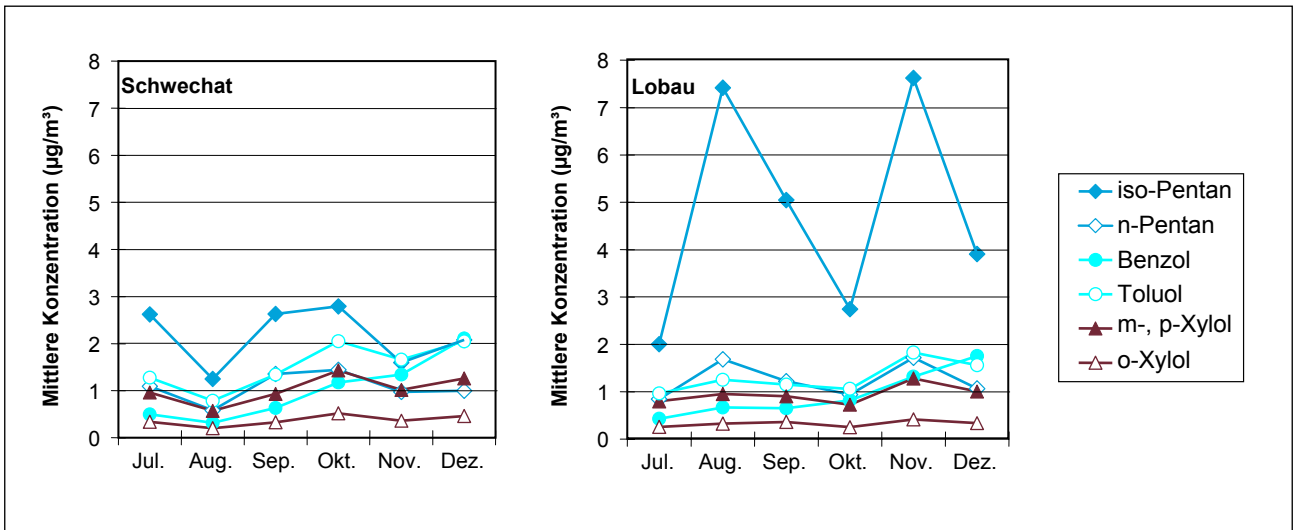


Abbildung 27: Monatsmittelwerte ausgewählter VOC an den Messstellen Schwechat (links) und Lobau (rechts) (in µg/m³).

2.11 Nasse Deposition

Wie in Kapitel 1.2 ausgeführt, sind die drei Messstellen Illmitz, Zöbelboden und Vorhegg Teil des internationalen EMEP-Messnetzes, dessen Ziel die Erfassung der weiträumigen, grenzüberschreitenden Luftverunreinigung ist. An diesen Standorten werden neben den klassischen Luftschadstoffen auch die Konzentrationen von Regeninhaltsstoffen bestimmt. Aus diesen kann der Eintrag von Schadstoffen, die zur Versauerung und Eutrophierung von Ökosystemen führen können, berechnet werden.

Tabelle 31 gibt einen Überblick über die 2006 gemessenen Ionenkonzentrationen von ausgesuchten Inhaltsstoffen im Regenwasser in mg pro Liter und den daraus berechneten Schadstoffeinträgen in kg pro Hektar und Jahr an den Messstellen Illmitz, Vorhegg und Zöbelboden.

In Tabelle 32 sind die Beiträge der verschiedenen Schadstoffgruppen zum Gesamteintrag versauernder bzw. eutrophierender Schadstoffe durch die nasse Deposition an den genannten Standorten angegeben. Der höchste Beitrag stammt jeweils von Ammonium. Allerdings ist auch darauf hinzuweisen, dass neben der nassen Deposition auch die trockene und die okkulte Deposition wesentlich zum Eintrag der genannten Schadstoffe in Ökosysteme beitragen.

Abbildung 28 gibt die Jahressummen der nassen Deposition von Sulfat-S, Nitrat-N und Ammonium-N an den Messstellen Illmitz, St. Koloman (bis 2002), Zöbelboden und Vorhegg in den Jahren 1984 bis 2006 an.

Tabelle 31:
Niederschlag, pH-Wert,
Leitfähigkeit und
Ionenkonzentrationen
(in mg pro Liter) und
Schadstoffeinträge
(in kg pro Hektar und
Jahr) im Jahr 2006.

	Illmitz		Vorhegg		Zöbelboden	
Niederschlag ¹⁾	385 mm		850 mm		1.396 mm	
pH-Wert ²⁾	5,4		5,7		5,5	
Leitfähigkeit	15,0 µS/cm		8,5 µS/cm		10,3 µS/cm	
	mg/l	kg/ha*a	mg/l	kg/ha*a	mg/l	kg/ha*a
SO ₄ ²⁻ -S	0,54	2,08	0,27	2,30	0,29	4,07
NO ₃ ⁻ -N	0,42	1,61	0,30	2,52	0,36	4,98
NH ₄ ⁺ -N	0,49	1,90	0,37	3,10	0,49	6,84
Na ⁺	0,13	0,51	0,10	0,83	0,07	1,00
Mg ²⁺	0,07	0,27	0,04	0,37	0,03	0,36
Ca ²⁺	0,31	1,21	0,25	2,16	0,14	2,02
Cl ⁻	0,16	0,62	0,13	1,13	0,10	1,44
K ⁺	0,08	0,30	0,07	0,56	0,03	0,42

¹⁾ Diese Menge gibt nicht die Gesamtniederschlagsmenge wieder, sondern jenen Anteil, der für chemische Analysen des Niederschlagswassers verwendet wurde.

²⁾ pH-Wert und Leitfähigkeit: Niederschlagsgewichteter Durchschnitt über alle Proben

Tabelle 32:
Beitrag verschiedener
Schadstoffgruppen an der
nassen Deposition an
Versauerungs- bzw.
Eutrophierungsäqui-
valenten in Illmitz, Vorhegg
und Zöbelboden, 2006
(in Prozent).

Standort	Versauerung			Eutrophierung	
	Sulfat	Nitrat	Ammonium	Nitrat	Ammonium
Illmitz	37	29	34	46	54
Vorhegg	29	32	39	45	55
Zöbelboden	26	31	43	42	58

Der Eintrag oxidierter Stickstoffverbindungen (NO₃⁻-N) nahm in Illmitz und St. Koloman seit 1984 tendenziell leicht ab, wobei in St. Koloman starke Variationen im Verlauf der Achtzigerjahre eine Bewertung des Trends erschweren. In Illmitz ist seit den Achtzigerjahren ein Rückgang des oxidierten N-Eintrags um fast die Hälfte festzustellen. Der abnehmende Trend bei NO₃⁻-N weist in Illmitz ein Signifikanzniveau¹³ von 99,9 % auf (im Mittel -0,07 kg/ha*a), an den anderen Messstellen liegt es unter 90 %.

Der Eintrag von reduzierten Stickstoffverbindungen (NH₄⁺-N) zeigt in Illmitz und St. Koloman (dort bei starken Variationen von Jahr zu Jahr) tendenziell einen Rückgang. Der abnehmende Trend weist in Illmitz ein Signifikanzniveau von 99,9 % auf (im Mittel -0,12 kg/ha*a), an den anderen Messstellen liegt es unter 90 %.

Der Eintrag von Schwefel (SO₄²⁻-S) nahm in Illmitz und St. Koloman zu Beginn der Neunzigerjahre deutlich ab, seitdem ist ein relativ gleichmäßiger leichter Rückgang zu beobachten. An beiden Messstellen (sowie bei der kombinierten Messreihe von St. Koloman und Zöbelboden) ist der abnehmende Trend statistisch hoch signifikant (99,9 %-Konfidenzniveau), wobei die mittlere Abnahme pro Jahr in Illmitz -0,27 kg/ha*a, bei der kombinierten Messreihe von St. Koloman und Zöbelboden -0,52 kg/ha*a beträgt. Gegenüber den Achtzigerjahren nahm der Schwefeleintrag in Illmitz um ca. 50 %, in St. Koloman um ca. 70 % ab. In Vorhegg weist der Trend des Sulfat-Eintrags bei einer mittleren Abnahme von -0,34 kg/ha*a ein Signifikanzniveau von 95 % auf.

¹³ berechnet mit Mann-Kendall-Test

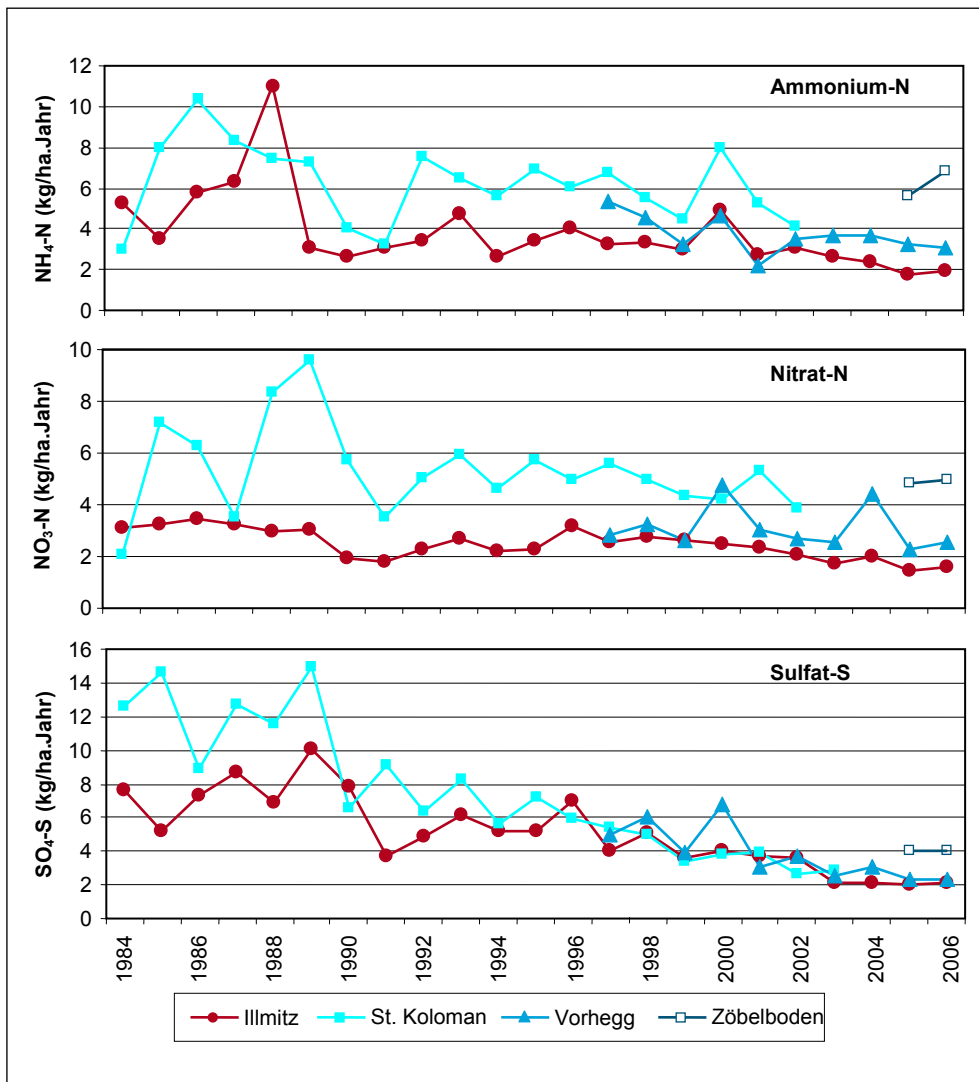


Abbildung 28:
Trend der nassen
Deposition von
Sulfat-S, Nitrat-N
und Ammonium-N,
1984 bis 2006
(in kg/ha*a).

2.12 Partikuläres Sulfat, oxidierte und reduzierte Stickstoffverbindungen

In Illmitz werden im Rahmen des EMEP-Messprogramms mittels Filterstacks Tagesproben zur Ermittlung der Konzentration partikulärer und gasförmiger Schwefel- und Stickstoffkomponenten genommen. Die Messergebnisse liegen als Konzentrationswerte von partikulärem Sulfat, SO_2 , Summe von oxidiertem Stickstoff (ox. N: Salpetersäure, gasförmig und Nitrat, partikulär) und Summe von reduziertem Stickstoff (red. N: Ammoniak, gasförmig und Ammonium, partikulär) vor¹⁴.

Die Kenntnis der partikulär vorkommenden S- und N-Verbindungen ist deswegen von Relevanz, da sie Bestandteile des atmosphärischen Aerosols (PM₁₀, siehe Kapitel 2.3) sind; sie werden nicht direkt emittiert, sondern entstehen in der Atmosphäre aus SO_2 , NO_x und NH_3 .

¹⁴ Im Hinblick auf die Phasenübergänge zwischen gasförmigen und partikulären Stickstoffverbindungen ist die gesonderte Angabe der Einzelkomponenten nicht möglich.

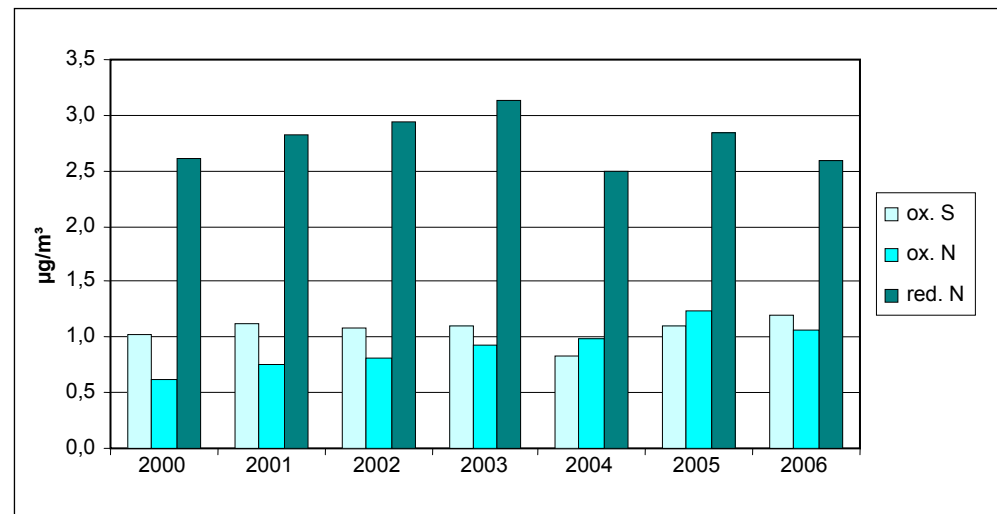
Tabelle 33 und Abbildung 29 zeigen die Entwicklung der Jahresmittelwerte der Konzentration von Schwefel im partikulären Sulfat sowie von oxidiertem und reduziertem Stickstoff im Zeitraum von 2000 bis 2006.

Tabelle 33:
 Jahresmittelwerte der Konzentration von Schwefel im partikulären Sulfat sowie von oxidiertem und reduziertem Stickstoff, 2000 bis 2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Sulfat-S ($\mu\text{gS}/\text{m}^3$)	ox. N ($\mu\text{gN}/\text{m}^3$)	red. N ($\mu\text{gN}/\text{m}^3$)
2000	1,02	0,61	2,61
2001	1,13	0,76	2,82
2002	1,08	0,82	2,94
2003	1,11	0,92	3,13
2004	0,84	0,98	2,50
2005	1,09	1,24	2,85
2006	1,19	1,07	2,60

Während Schwefel und reduzierter Stickstoff seit 2000 keinen Trend aufweisen zeigt der oxidierte Stickstoff eine kontinuierliche Zunahme mit einem statistischen Signifikanzniveau¹³ von 99 % (+0,08 $\mu\text{gN}/\text{m}^3$ pro Jahr); zwischen 2000 und 2005 hat sich die Konzentration des oxidierten Stickstoffs etwas mehr als verdoppelt und ging 2006 etwas zurück. Wodurch dieser Trend verursacht wird, ist vorerst unklar.

Abbildung 29:
 Jahresmittelwerte der Konzentration von Schwefel im partikulären Sulfat und von oxidiertem und reduziertem Stickstoff, 2000 bis 2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).



Der langjährige Trend der Konzentration von Schwefel im partikulären Sulfat wird für den Zeitraum von 1978 bis 2006 in Abbildung 30 dargestellt. Eine drastische Abnahme der Sulfat-Konzentration ist in den frühen Neunzigerjahren zu beobachten, danach ein weiterer leichter Rückgang. Seit den späten Neunzigerjahren liegt die Konzentration von Schwefel im partikulären Sulfat relativ konstant etwas oberhalb von $1 \mu\text{gS}/\text{m}^3$. Wegen der hohen Variabilität von Jahr zu Jahr bis in die Neunzigerjahre weist der Verlauf der Sulfat-Konzentration keinen statistisch signifikanten Trend auf.

Ausschlaggebend für den deutlichen Rückgang seit den frühen Neunzigerjahren sind die starken Emissionsreduktionen bei Schwefeldioxid in den nördlichen Nachbarstaaten Österreichs, v. a. in Tschechien und Ostdeutschland, später auch in Polen, der Slowakei und Ungarn.

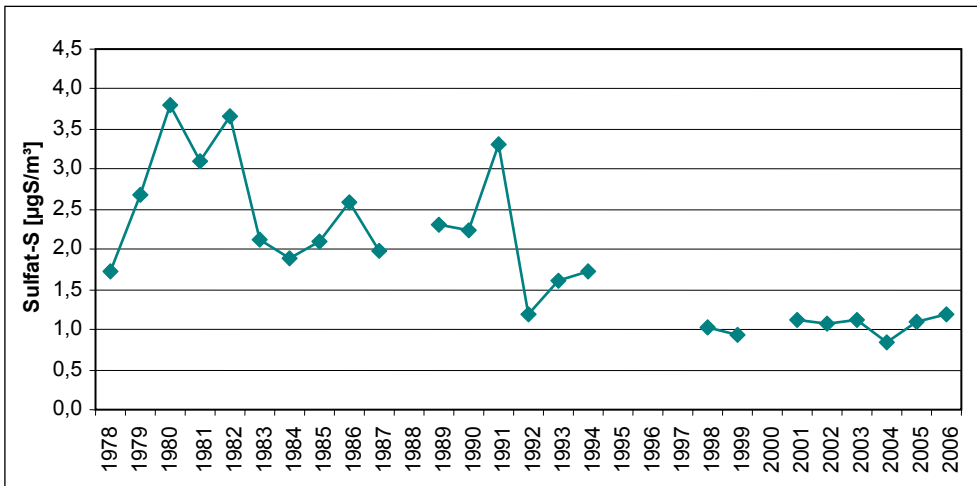


Abbildung 30:
Trend der Konzentration
von Schwefel im
partikulären Sulfat, 1978
bis 2006 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

2.13 Treibhausgase

2.13.1 Kohlendioxid

Die Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid (CO_2) wird auf dem Sonnblick im Rahmen des Global Atmosphere Watch (GAW)-Programmes der WMO gemessen. Kohlendioxid stellt das wichtigste Treibhausgas dar, dessen Konzentration infolge anthropogener Emissionen (Verbrennung fossiler Energieträger) in den letzten zwei Jahrhunderten deutlich zugenommen hat. Die CO_2 -Konzentration liegt mit 381 ppm (JMW 2005) erheblich über dem vorindustriellen Wert von ca. 280 ppm (IPCC 2001).

Abbildung 31 gibt die Monatsmittelwerte der CO_2 -Konzentration auf dem Sonnblick seit 1999 an. Die Konzentration ist im Winter aufgrund höherer Emissionen und geringerer Aufnahme durch Pflanzen höher als im Sommer. Tabelle 34 zeigt die Jahresmittelwerte der CO_2 -Konzentration zwischen 2001 und 2005¹⁵.

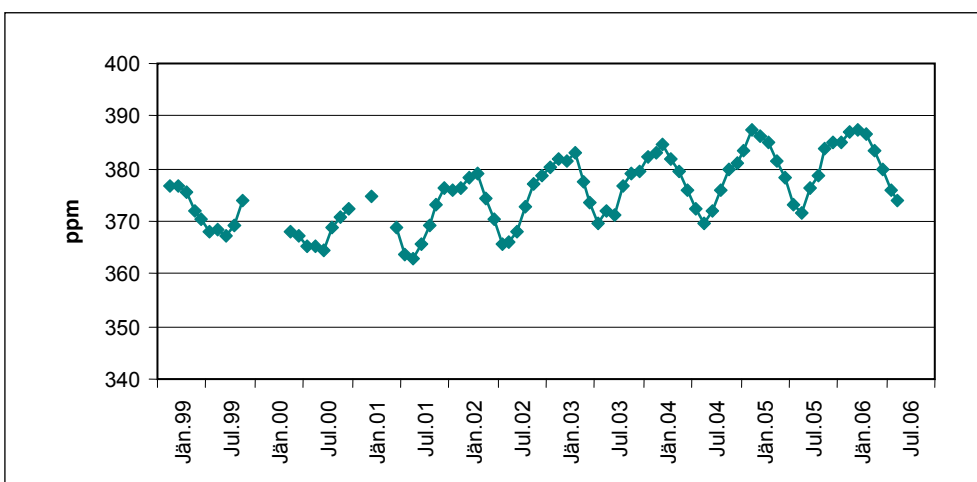


Abbildung 31:
Monatsmittelwerte der
 CO_2 -Konzentration
(in ppm).

¹⁵ 1999, 2000 und 2006 keine ausreichende Verfügbarkeit

*Tabelle 34:
Jahresmittelwerte der
CO₂-Konzentration,
2001 bis 2006 (in ppm).*

	CO₂
2001	369
2002	374
2003	377
2004	378
2005	381
2006	¹⁶

2.13.2 Methan

Die Konzentration des Treibhausgases Methan (CH₄) wird seit Februar 2003 auf dem Zöbelboden gemessen. Der Jahresmittelwert beträgt 2006 1,82 ppm. Dies entspricht ungefähr den Konzentrationen, die an anderen Europäischen Hintergrundstationen gemessen werden.

¹⁶ Ausfall der CO₂-Messung von 29.9.2006 bis 16.1.2007



3 METEOROLOGISCHE MESSUNGEN

Die Messung meteorologischer Größen liefert Information, die zur Interpretation des Immissionsgeschehens benötigt wird. Dies betrifft insbesondere die Frage nach der Herkunft der gemessenen Schadstoffe und ihrer Verfrachtung an den Ort der Messung. Hierfür sind Windrichtung und Windgeschwindigkeit von unmittelbarer Relevanz; darüber hinaus liefern Temperaturmessungen in verschiedenen Höhen sowie Daten über Strahlung und Sonnenschein Informationen über das Ausmaß der vertikalen Durchmischung. Diese Parameter sind entscheidend für die Verdünnung emittierter Schadstoffe und den vertikalen Schadstofftransport. Temperatur, Strahlung und Sonnenscheindauer sind zudem von Bedeutung für die Beurteilung des Ozonbildungspotenzials und notwendige Eingangsgrößen für die mathematische Modellierung der Schadstoffausbreitung.

3.1 Meteorologische Einflussgrößen auf die Schadstoffbelastung

Die meteorologischen Verhältnisse beeinflussen – zusammen mit den Emissionen von Luftschadstoffen – entscheidend die Immissionskonzentration, deren Tages- und Jahresgang sowie die Variation von Jahr zu Jahr. Die Verdünnung und der Transport von Schadstoffen, aber auch die chemische Umwandlung und die Entfernung von Schadstoffen aus der Atmosphäre werden unmittelbar von verschiedenen meteorologischen Einflussfaktoren bestimmt.

Bei primär emittierten Schadstoffen – NO, SO₂, CO, teilweise PM₁₀ – entscheiden die Ausbreitungsbedingungen wesentlich über die Immissionskonzentration; ungünstige Ausbreitungsbedingungen (stabile Temperaturschichtung, niedrige Windgeschwindigkeit) sorgen für hohe Konzentrationen am Boden. Da nachts und im Winter tendenziell ungünstigere Ausbreitungsbedingungen herrschen als tagsüber bzw. im Sommer (generell führt stärkere Sonneneinstrahlung zu einer stärkeren Durchmischung der bodennahen Atmosphäre und damit zu einer rascheren Schadstoffverdünnung) werden nachts bzw. im Winter tendenziell höhere Konzentrationen der genannten Schadstoffe beobachtet als tagsüber bzw. im Sommer.

Ein wesentlicher Einflussfaktor für die Konzentration bodennah emittierter Schadstoffe, deren Jahresgang und deren Variation von Jahr zu Jahr, ist die Häufigkeit winterlicher Hochdruckwetterlagen bzw. von Westwetterlagen. Hochdruckwetterlagen sind im Winter mit besonders ungünstigen Ausbreitungsbedingungen verbunden, vor allem dann, wenn sie mit Antransport kontinentaler Kaltluft zusammentreffen; zudem überstreichen derartige kontinentale Luftmassen häufig Gebiete mit hohen Emissionen in Ostmittel- und Osteuropa, die zu Ferntransport beitragen. Demgegenüber sind ozeanische Luftmassen mit günstigen Ausbreitungsbedingungen verbunden und nehmen daher, auch wenn sie Regionen mit hohen Emissionen in West- und Mitteleuropa überqueren, vergleichsweise wenig Schadstoffe auf, wodurch Westwetterlagen auch mit deutlich geringeren Beiträgen von Ferntransport verbunden sind.

Die Konzentration sekundärer Luftschadstoffe wird wesentlich von jenen meteorologischen Bedingungen beeinflusst, die für ihre atmosphärische Bildung eine Rolle spielen. Da die Ozonbildung ein photochemischer Prozess mit starker Abhängigkeit von Temperatur und Globalstrahlung ist, ist die Ozonbelastung im Sommer deutlich höher als im Winter.

Die Abhängigkeit der Umwandlung (Oxidation) von NO in NO₂ von der Ozonkonzentration führt dazu, dass das NO₂/NO_x-Verhältnis im Sommer höher ist als im Winter. Dies hat zur Folge, dass an Standorten mit sehr hoher NO_x-Konzentration die NO₂-Konzentration im Sommer höher ist als im Winter, wenn das Ausmaß der Oxidation von NO durch Ozon einen stärkeren Einfluss auf den Jahresgang ausübt als die Schadstoffanreicherung in Bodennähe durch ungünstige Ausbreitungsbedingungen im Winter. Dies kann z. B. an der Messstelle Wien Hietzinger Kai auftreten.

Für die Konzentration sekundärer Luftschadstoffe – sowohl bei Ozon wie bei sekundären Partikeln – spielen der Zeitraum, der für ihre Bildung zur Verfügung steht, sowie Akkumulation eine wesentliche Rolle. Lang anhaltende, windschwache und großräumige Hochdruckgebiete sind daher im Sommer mit großflächig erhöhter Ozonbelastung, im Winter mit großflächig erhöhter Belastung sekundärer Aerosole verbunden.

3.2 Die Witterung in Österreich im Jahr 2006 – Überblick

Das Jahr 2006 war von einem sehr wechselhaften Witterungsverlauf gekennzeichnet. Die Monate Jänner bis März waren im Großteil Österreichs ungewöhnlich kalt mit Monatsmitteltemperaturen, die bis 3 °C unter dem Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 lagen. Vor allem im Nordalpenbereich, aber auch im außeralpinen Raum Nord- und Nordostösterreichs fielen überdurchschnittliche Schneemengen. Die Niederschlagsmengen insgesamt waren allerdings nicht besonders hoch, vor allem der Süden, aber auch der Westen Österreichs waren relativ niederschlagsarm.

Auf die ungewöhnlich regenreichen Monate April und Mai mit zumeist etwa durchschnittlichen Temperaturen folgten der sehr warme Juni und Juli 2006, wobei der Juli an den meisten meteorologischen Messstellen Österreichs die höchste Monatsmitteltemperatur seit Beginn der Messungen aufwies (der teilweise mehr als 200 Jahre zurückliegt).

Der August 2006 zeichnete sich durch extrem hohe Niederschlagsmengen und niedrige Temperaturen aus; die Monatssumme des Niederschlags lag zwischen 140 mm in der Südsteiermark und über 300 mm in Vorarlberg, damit war der August der niederschlagsreichste Monat des Jahres.

Es folgten von September bis Dezember fast in ganz Österreich zu warme und relativ niederschlagsarme Monate.

Im Jahresmittel wies 2006 im Großteil Österreichs Temperaturen über dem langjährigen Mittel auf, lediglich in den Nordalpen von Salzburg bis Niederösterreich wurden etwa durchschnittliche oder zu niedrige Temperaturen gemessen. Die Abweichung vom Klimamittelwert weist allerdings ein relativ uneinheitliches Muster auf, wie Abbildung 32 zeigt.

Die Niederschlagsmengen lagen nördlich des Alpenhauptkamms, ausgenommen das Tiroler Inntal, über dem langjährigen Mittel, während der Süden Österreichs von Osttirol bis ins Südburgenland vergleichsweise trocken war (siehe Abbildung 33). Besonders hohe Niederschlagsmengen traten im Innviertel, Mühlviertel, Waldviertel, Weinviertel und in den Niederösterreichischen Alpen auf.

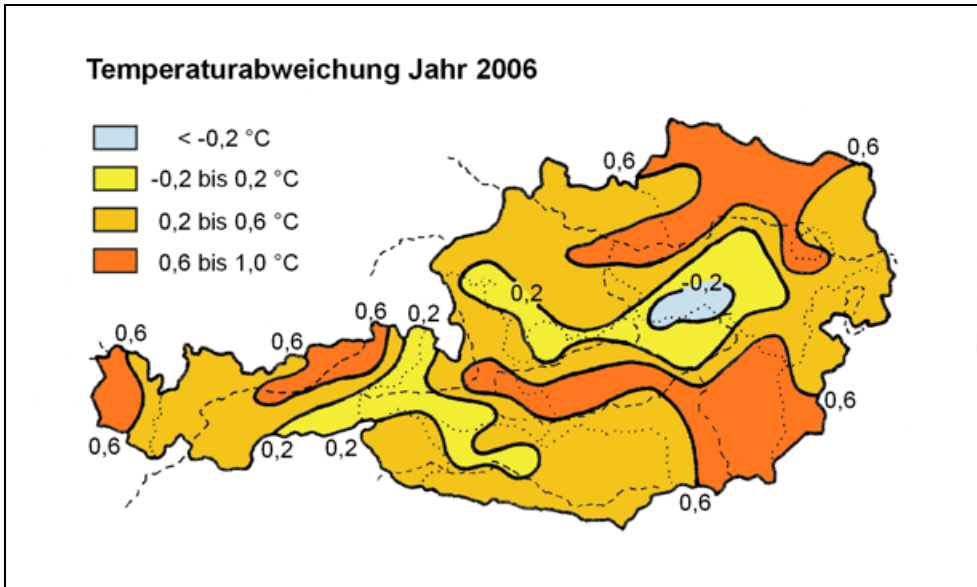


Abbildung 32:
Abweichung der Jahresmitteltemperatur 2006 vom Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 (ZAMG¹⁷).

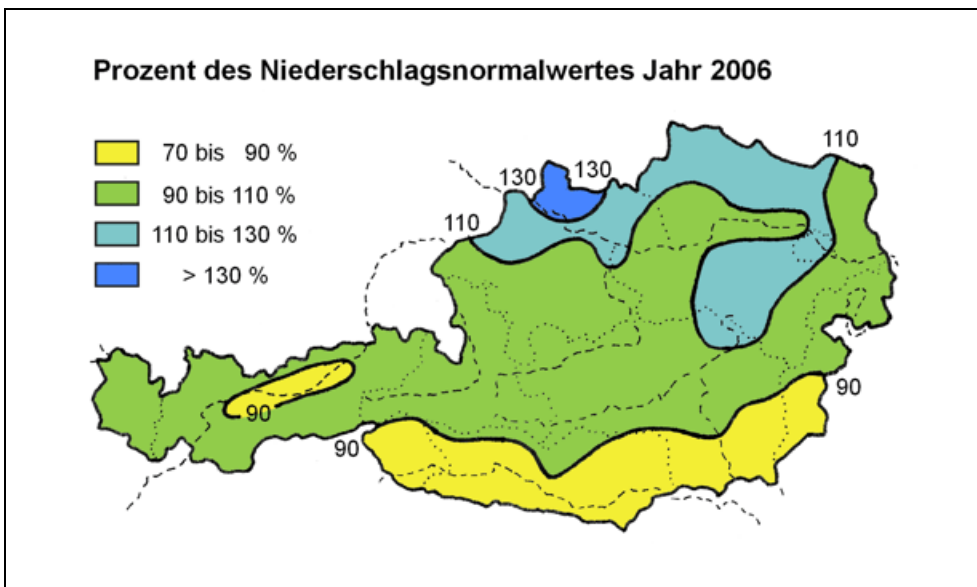


Abbildung 33:
Abweichung der Jahressumme des Niederschlags 2006 vom Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 (ZAMG¹⁷).

Immissionsseitig wirkte sich der Witterungsverlauf der ersten drei Monate – sehr tiefe Temperaturen, Abschirmung des Südostens Österreichs von den häufigen West- bis Nordwinden – durch eine sehr hohe PM₁₀-, aber auch NO_x-Belastung aus. Lediglich der vergleichsweise sehr warme Herbst 2006 (und Winter 2006/07)

¹⁷ www.zamg.ac.at

verhinderte, dass 2006 eine noch höhere PM10-Belastung als 2003 erreicht wurde. Nahezu alle PM10-Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ des Jahres 2006 traten im Zeitraum von Jänner bis März 2006 auf.

Der sehr warme Juni und vor allem der Juli 2006 wiesen eine sehr hohe Ozonbelastung auf. Dank des verregneten und extrem ozonarmen August erreichte das Jahr 2006 allerdings nur eine durchschnittliche Ozonbelastung.

Der **Jänner 2006** wies in ganz Österreich ungewöhnlich tiefe Temperaturen auf; im Osten sowie nördlich des Alpenhauptkamms lag die Temperatur im Monatsmittel um 2 bis 3 °C unter dem langjährigen Mittel (Klimaperiode 1961–1990), südlich des Alpenhauptkamms um 1,5 bis 2 °C. Die Niederschlagsmengen lagen im Großteil Österreichs im Bereich des langjährigen Durchschnitts; besonders schneereich war der Jänner allerdings in Wien und Niederösterreich, nördlich der Donau fielen mehr als 175 % der durchschnittlichen Niederschlagsmenge. Demgegenüber waren Oberkärnten und Osttirol mit weniger als 25 % des Durchschnittsniederschlags extrem trocken.

Der Witterungsverlauf war Anfang Jänner von mehreren Tiefdrucklagen gekennzeichnet, ehe vom 8.1. bis 17.1. sowie ab 22.1. stabile Hochdruckwetterlagen die Witterung bestimmten.

Entsprechend dem lang anhaltenden Auftreten von Hochdrucklagen mit großflächig ungünstigen Ausbreitungsbedingungen und tiefen Temperaturen lagen die Konzentrationen von PM10, NO₂ und SO₂ an den meisten Messstellen des Umweltbundesamtes weit über dem langjährigen Durchschnitt, vielfach wurden die höchsten Monatsmittelwerte seit Beginn der Messungen beobachtet.

Im **Februar 2006** wurden vor allem im nördlichen außeralpinen Raum, aber auch im Klagenfurter Becken außerordentlich niedrige Temperaturen registriert, im Monatsmittel lag dort die Temperatur um ca. 2 °C unter dem langjährigen Mittel (Klimaperiode 1961–1990). Unterdurchschnittliche Temperaturen traten aber fast im gesamten Bereich nördlich des Alpenhauptkamms, in weiten Teilen Kärntens sowie in Ostösterreich auf.

Die Niederschlagsmengen wiesen im Großteil Österreichs etwa ein durchschnittliches Niveau auf; besonders schneereich war der Februar 2006 in einem Gebiet zwischen dem Mühlviertel und den Niederösterreichischen Alpen sowie im südwestlichen Kärnten, relativ trocken dagegen Ostkärnten, weite Teile der Steiermark sowie der Niederösterreichische Donauraum.

Im Witterungsverlauf folgten auf eine extrem kalte Periode, die bis 7.2. anhielt, ungefähr durchschnittliche Temperaturen, ehe ab 24.2. die Temperatur wieder unter den langjährigen Durchschnitt fiel.

Der **März 2006** war in fast ganz Österreich von unterdurchschnittlichen Temperaturen gekennzeichnet, wobei es nördlich des Alpenhauptkamms besonders kalt war. Die größten negativen Abweichungen vom langjährigen Mittelwert der Temperatur (Klimaperiode 1961–1990) wurden zwischen dem nördlichen Salzburg und dem Waldviertel registriert (3 °C weniger).



Regional sehr ungleich verteilt waren die Niederschlagsmengen; im Norden Österreichs – vom nördlichen Innviertel bis zum Weinviertel – fiel mehr als das Doppelte des Durchschnittsniederschlags, ungewöhnlich schneereich war auch der gesamte Bereich nördlich des Alpenhauptkamms. Niederschlagsarm mit weniger als 75 % des Klimawertes war der Südosten Österreichs.

Der Witterungsverlauf war von häufigen West- und Nordwestlagen gekennzeichnet, welche für die hohen Niederschlagsmengen nördlich des Alpenhauptkamms verantwortlich waren.

Der **April 2006** war im Großteil Österreichs von überdurchschnittlichen Temperaturen gekennzeichnet, im Osten war es um mehr 2 °C wärmer als im Mittel der Klimaperiode 1961–1990. Die Niederschlagsmengen lagen in fast ganz Österreich über dem langjährigen Mittel, vor allem im Norden und im Südosten. Im Mühlviertel sowie in der östlichen Obersteiermark fiel weit mehr als das Doppelte der durchschnittlichen Niederschlagsmenge.

Die Witterung wurde in der ersten Monatshälfte von häufigen Südwest- bis Nordwest- sowie Tiefdruckwetterlagen geprägt, ab 19.4. von Hochdruck- bzw. gradientenschwachen Wetterlagen. Hohe Regenmengen fielen im Zusammenhang mit heftigen Gewittern v. a. zwischen 27.4. und 30.4.

Der **Mai 2006** wies im Großteil Österreichs leicht überdurchschnittliche Temperaturen (verglichen mit der Klimaperiode 1961–1990) und zumeist überdurchschnittliche Niederschlagsmengen auf. Besonders regenreich war es im Mühlviertel, wo gebietsweise mehr als das Eineinhalbfache des durchschnittlichen Niederschlags fiel.

Der **Juni 2006** zeichnete sich in ganz Österreich durch deutlich überdurchschnittliche Temperaturen aus, die Monatsmitteltemperatur lag um 1 °C bis über 2 °C über dem Juni-Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990. Die Niederschlagsmengen erreichten in weiten Teilen Österreichs überdurchschnittliche Werte, wobei es im nordöstlichen Alpenraum am regenreichsten war. Im südöstlichen Niederösterreich wurde weit mehr als das Doppelte der üblichen Niederschlagsmenge registriert. Unterdurchschnittliche Regenmengen fielen dagegen in Vorarlberg, in Kärnten und der Südsteiermark sowie im westlichen Oberösterreich.

Der **Juli 2006** war in ganz Österreich außerordentlich warm und trocken. Die Monatsmitteltemperatur lag fast überall um 3,5 °C bis 4,5 °C über dem Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990; am wärmsten, mit Abweichungen bis 5 °C, war es im Unterinntal, im westlichen Oberösterreich und im nördlichen Salzburg, während im Südosten Österreichs die Temperatur „nur“ 3 °C bis 3,5 °C über dem langjährigen Mittel lag. Im Juli 2006 wurde in fast ganz Österreich die höchste Monatsmitteltemperatur seit Beginn der meteorologischen Messungen registriert (d. h. in Wien seit 1775), die bisherigen Rekordwerte von 1994 und 2003 wurden noch übertroffen.

Das Witterungsgeschehen war fast durchgehend von Hochdruck- und gradientenschwachen Wetterlagen geprägt.

Die Niederschlagsmengen lagen in fast ganz Österreich unter 75 % des langjährigen Mittels, wobei es in Nordostösterreich mit gebietsweise unter 25 % am regenärmsten war. Lediglich im westlichen Mühlviertel wurden überdurchschnittliche Regenmengen registriert, im westlichen Zentralalpenbereich annähernd durchschnittliche Werte.

Entsprechend den außerordentlich hohen Temperaturen und der lang anhaltenden Hochdruckwetterlage war der Juli 2006 in ganz Österreich von deutlich überdurchschnittlichen Ozonkonzentrationen geprägt.

Der **August 2006** war österreichweit sehr kühl und niederschlagsreich. Die Monatsmitteltemperatur lag zumeist 0,5 °C bis 1,5 °C unter dem Mittel der Klimaperiode 1961–1990, wobei es zwischen Vorarlberg und dem westlichen Oberösterreich mit Abweichungen um mehr als –1,5 °C am „kühlsten“ war.

Die Niederschlagsmengen lagen im Zentralalpenbereich und im Südosten Österreichs in einem durchschnittlichen Bereich; demgegenüber waren v. a. der Nordosten Österreichs, aber auch das südliche Kärnten von außerordentlich hohen Regenmengen betroffen. In großen Teilen Niederösterreichs und des Nordburgenlandes sowie in Wien fiel mehr als das Doppelte der durchschnittlichen Niederschlagsmenge, gebietsweise sogar das Dreieinhalbfache.

Der **September 2006** war ein außerordentlich warmer und trockener Monat. Im Vergleich zur Klimaperiode 1960–1991 lag die Monatsmitteltemperatur in fast ganz Österreich um mehr als 2 °C über dem langjährigen Mittel, in Teilen Nordtirols, Salzburgs und Salzburg herrschten Temperaturen von weit über 30 °C.

Die Niederschlagsmengen lagen im Großteil Österreichs zwischen 25 und 75 % des Klimamittelwertes, besonders trocken mit weniger als 25 % war es im Osten und Norden Niederösterreichs.

Der **Oktober 2006** war österreichweit außergewöhnlich warm, die Monatsmitteltemperatur lag um 2,5 °C bis 3,5 °C über dem Mittel der Klimaperiode 1961–1990. Damit war der Oktober 2006 – regional unterschiedlich – der zweit- bis drittwärmste der letzten 100 Jahre.

In Nord- und Ostösterreich sowie im äußersten Süden fielen deutlich unterdurchschnittliche Regenmengen, in Wien und weiten Teilen Niederösterreichs weniger als die Hälfte des langjährigen Mittelwerts. Durchschnittliche Niederschlagsmengen wurden im zentralen und westlichen Alpenbereich beobachtet, die höchsten im Lungau und der westlichen Obersteiermark. Die Niederschläge konzentrierten sich fast ausschließlich auf die erste Oktoberwoche, im Südosten fielen die höchsten Regenmengen am 24.10.

Der **November 2006** war ebenfalls in ganz Österreich außergewöhnlich warm; die Monatsmitteltemperatur lag zumeist um 2 °C bis über 3 °C über dem Klimamittelwert 1961–1990, im Westen Tirols und in Vorarlberg bis 4 °C darüber. Föhn verursachte in Tälern an der Alpennordseite Temperaturspitzen bis über 22 °C, was einen absoluten Rekord darstellt.



Im Großteil Österreichs lag die Niederschlagsmenge unter dem langjährigen Mittelwert, besonders trocken waren Osttirol und Westkärnten, wo weniger als 25 % der langjährigen Niederschlagssumme fielen. Überdurchschnittliche Niederschlagsmengen wurden nur an der Alpennordseite von Nordtirol bis Niederösterreich registriert.

Der Witterungsablauf war von Hochdruck- und Westwetterlagen geprägt, welche für das sehr milde Wetter mit überwiegend ozeanischen Luftmassen verantwortlich waren.

Der **Dezember 2006** war ungewöhnlich warm, die Monatsmitteltemperatur lag in ganz Österreich um 2 °C bis über 3,5 °C über dem langjährigen Mittelwert (Klimaperiode 1961–1990), allerdings wurden noch keine Rekord-Temperaturen erreicht. Im ersten Drittel des Monats lagen die Temperaturen bis 10 °C über den Klimawerten für diese Jahreszeit. Gleichzeitig war der Dezember 2006 im größten Teil Österreichs sehr trocken, in weiten Teilen Niederösterreichs, im südlichen Oberösterreich und in der Südoststeiermark fiel weniger als ein Viertel des durchschnittlichen Niederschlags. Nur Oberkärnten war relativ kleinräumig von deutlich überdurchschnittlichen Regenmengen betroffen. Der meiste Regen fiel am 9.12., der in der östlichen Hälfte Österreichs – vor dem Eintreffen einer Kaltfront – der wärmste des Monats war. Aufgrund der hohen Temperatur fiel sehr wenig Schnee, der außeralpine Raum blieb fast gänzlich schneefrei.

Der Witterungsablauf war sehr wechselhaft mit häufigem Einfließen ozeanischer Luftmassen; dagegen traten kaum Hochdruckwetterlagen mit östlicher Strömung – welche im Winter i. d. R. mit den tiefsten Temperaturen verbunden sind – auf.

3.3 Wind

Die Windrichtungsverteilungen der Stationen Enzenkirchen, Illmitz, Pillersdorf, St. Sigmund, Vorhegg und Zöbelboden für das Jahr 2006 sind in den Schadstoffwindrosen im Anhang 8 dargestellt.

Tabelle 35 gibt die Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit im Jahr 2006 an.

Die höchsten mittleren Windgeschwindigkeiten treten natürlich am exponierten Hochgebirgsstandort Sonnblick auf. Die Messstellen Enzenkirchen, Illmitz und Pillersdorf im außeralpinen Flachland weisen mittlere Windgeschwindigkeiten um 3 m/s auf, in diesem Bereich liegt auch die Windgeschwindigkeit am Messturm auf dem Zöbelboden, 45 m über Boden. Die niedrigsten Windgeschwindigkeiten (im Mittel um 1 m/s) treten in St. Sigmund, in einem relativ schmalen hochalpinen Tal, sowie am Zöbelboden auf der Wildwiese (10 m über Boden) und in Vorhegg auf.

Tabelle 35:
Monatsmittelwerte der
Windgeschwindigkeit
2006 (in m/s).

	ENK	ILL	PIL	SIG	SON	STO	VOR	ZOE Wildwiese	ZOE Messturm
Jän.06	3,1	2,6	3,0	1,2	9,5	1,1	0,8	1,2	3,0
Feb.06	2,8	2,7	3,3	1,1	8,5	1,1	1,1	1,1	2,4
Mär.06	2,6	3,6	3,4	1,0	8,6	1,3	1,4	1,2	2,5
Apr.06	2,2	3,2	3,2	1,1	7,2	1,5	1,0	0,9	2,1
Mai.06	3,4	2,4	3,3	1,3	6,8		1,2	1,1	3,0
Jun.06	2,1	2,9	2,7	1,2	7,2		1,2	0,8	2,6
Jul.06	2,0	1,9	2,5	1,1	4,7		1,3	0,5	2,1
Aug.06	2,8	3,0	3,5	1,0	6,7			1,0	3,4
Sep.06	2,9	1,9	3,1	1,1	6,1		1,1	0,6	2,7
Okt.06	2,9	2,2	2,5	1,0	8,1		1,2	0,6	2,6
Nov.06	4,0	2,6	3,6	1,3	9,7		1,0		3,4
Dez.06	2,3	2,3	2,6	1,2	9,3		0,8	0,8	1,8

3.4 Temperatur

Tabelle 36 gibt die Jahresmittelwerte der Temperatur an den Messstellen des Umweltbundesamtes in den Jahren 1991 bis 2006 an, Tabelle 37 die Monatsmittelwerte für 2006.

Tabelle 36:
Jahresmittelwerte der
Temperatur, 1991 bis
2006 (in °C).

	ENK	ILL	PIL	KOL	SIG	SON	STO	VOR	ZOE
1990						-4,9			
1991		10,1		7,0		-5,5			
1992		11,3		8,7		-4,5	6,1	8,6	
1993		10,1	9,2	7,6		-5,1	5,2	6,3	
1994		11,5	10,8	6,5		-4,4	6,1	8,1	
1995		10,4	9,4	7,0		-5,6	4,7	7,0	
1996		9,2	7,7	6,1		-5,9	4,0	5,5	5,8
1997		10,2	9,0	7,6		-5,0	3,9	7,5	7,0
1998		10,7	9,7	7,3		-5,0	4,8	7,4	7,8
1999	9,3	11,2	9,8	7,6		-4,6	4,7	7,6	7,3
2000	10,1	12,3	10,6	8,5	3,5	-4,4	5,5	8,3	8,2
2001	8,2	10,7	9,5	7,3	2,7	-5,4	4,7	7,2	7,0
2002	8,9	11,4	10,3	8,4	3,5	-4,2	5,7	7,7	7,9
2003	8,7	11,1	10,7	8,3	3,3	-3,6	5,3	7,5	8,2
2004	8,0	10,3	9,6		2,6	-5,1	4,6	6,7	6,9
2005	7,8	10,3	9,2		2,3	-5,6	4,1	6,7	6,6
2006	8,3	10,8	9,7		3,2	-4,4		7,3	7,6

Im Vergleich der letzten 10 bis 15 Jahre war 2006 ein durchschnittliches Jahr. Besonders kalt waren 2006 im langjährigen Vergleich die Monate Jänner, Februar und August, besonders warm waren der Juli sowie die Monate ab September.

	ENK	IIL	PIL	SIG	SON	STO	VOR	ZOE
Jän.06	-5,8	-3,2	-5,2	-7,7	-12,4	-5,9	-4,2	-3,0
Feb.06	-2,9	-0,2	-2,0	-6,6	-13,4	-3,5	-1,8	-2,7
Mär.06	0,4	4,0	2,1	-4,7	-12,0	-2,0	0,4	-0,4
Apr.06	8,6	12,1	10,6	1,2	-6,9	3,8	6,6	6,3
Mai.06	12,6	15,3	14,2	6,4	-3,4		11,0	10,7
Jun.06	16,8	19,2	18,1	10,4	0,2		15,4	14,3
Jul.06	21,4	23,4	22,9	14,4	5,2		19,1	18,8
Aug.06	14,6	18,4	16,6	8,3	-0,8			12,6
Sep.06	16,1	17,5	17,1	10,8	2,8		14,2	14,8
Okt.06	10,8	12,6	11,6	6,5	-0,4		9,9	11,0
Nov.06	4,7	7,3	6,9	1,1	-5,7		5,1	
Dez.06	1,2	3,2	2,4	-2,5	-7,0		0,7	2,4

Tabelle 37:
Monatsmittelwerte
der Temperatur 2006
(in °C).

3.5 Globalstrahlung

Tabelle 38 gibt die Monats- und Jahressummen der Globalstrahlung für das Jahr 2006 in MJ/m² an, Tabelle 39 die Jahressummen im Zeitraum von 1993 bis 2006.

	ENK	ILL	PIL	SIG	STO	VOR	ZOE
Jän.06	146	118	141	109	182	177	127
Feb.06	207	188	222	197	251	259	170
Mär.06	325	315	332	306	379	395	249
Apr.06	422	451	462	389	455	428	367
Mai.06	530	543	569	406		528	475
Jun.06	649	628	639	493		669	533
Jul.06	739	653	706	478		682	606
Aug.06	421	419	445	301		450	357
Sep.06	449	437	475	321		451	396
Okt.06	268	292	287	203		305	245
Nov.06	106	114	111	114		207	103
Dez.06	87	82	82	79		153	94
2006	4348	4238	4472	3397		4704	3721

Tabelle 38:
Monats- und
Jahressummen der
Globalstrahlung 2006
in MJ/m².

*Tabelle 39:
Jahressummen
der Globalstrahlung,
1993 bis 2006,
in MJ/m².*

	ENK	ILL	PIL	SIG	VOR	ZOE
1993		3.855				
1994		3.805	4.156			
1995		3.738	4.416		4.513	
1996		3.687	4.268			3.316
1997		3.888	4.177		4.537	3.696
1998		3.967	4.133		4.681	3.408
1999	3.469	3.744	3.596		3.822	3.060
2000	4.080	4.514	4.284	3.091	4.788	4.080
2001	3.912	4.450	4.015	3.341	4.495	3.465
2002	4.016	4.081	4.078	3.270	4.156	
2003	4.691	4.501	4.620	3.656	4.898	3.850
2004	4.189	3.734	4.268	3.490	4.461	3.523
2005	4.217	4.359	4.325	3.350	4.645	3.678
2006	4.348	4.238	4.472	3.397	4.704	3.721

3.6 Sonnenscheindauer

Tabelle 40 gibt die Monats- und Jahressummen der Sonnenscheindauer für das Jahr 2006 in Stunden an, Tabelle 41 die Jahressummen im Zeitraum von 1992 bis 2006. Das Jahr 2006 wies an allen Messstellen überdurchschnittliche Sonnenscheindauer auf, zumeist nur übertroffen vom Jahr 2003.

*Tabelle 40:
Monats- und
Jahressummen der
Sonnenscheindauer
2006 (in Stunden).*

	ENK	ILL	PIL	SIG	SON	STO	VOR	ZOE
Jän.06	92	81	95	50	88	140	120	118
Feb.06	70	69	105	57	65	113	125	64
Mär.06	102	138	138	75	73	160	176	75
Apr.06	164	181	189	94	73	144	163	106
Mai.06	197	216	220	108	70		193	144
Jun.06	235	241	254	144	79		257	156
Jul.06	330	297	330	159	103		279	209
Aug.06	149	157	181	65	33		83	95
Sep.06	247	229	262	118	102		228	154
Okt.06	169	195	180	92	100		177	126
Nov.06	58	67	55	45	75		152	55
Dez.06	68	52	55	40	84		119	101
2006	1.881	1.922	2.065	1.047	945		2.073	1.404

	ENK	ILL	PIL	SIG	SON	VOR	ZOE
1992		1.995			1.635	1.828	
1993		1.774	1.866			1.551	
1994		1.957	1.901		1.752	1.767	
1995		1.811	1.800			1.924	
1996		1.820	1.714		1.694	1.687	1.019
1997		1.995	1.949		1.810	2.059	1.098
1998		1.832	1.801		1.810	2.035	951
1999	1.662	1.882	1.723		1.577	1.930	1.030
2000	1.785	2.090	1.929	973		2.062	1.195
2001	1.746	1.926	1.734	952			1.074
2002	1.581	1.994	1.834	991	1.635	1.908	
2003	2.185	2.262	2.150	1.199	2.102	2.294	1.501
2004	1.751	1.656	1.809	985	1.752	1.924	1.309
2005	1.739	2.034	1.999	1.017		2.016	1.355
2006	1.881	1.922	2.065	1.047	945	2.073	1.404

Tabelle 41:
Jahressummen der
Sonnenscheindauer
1992 bis 2006
(in Stunden).

3.7 Niederschlag

Tabelle 42 gibt die Monats- und Jahressummen des Niederschlags 2006 in mm an. In Tabelle 43 sind die Jahressummen des Niederschlags an den Umweltbundesamt-Messstellen von 1993 bis 2006 zusammengestellt. Deutlich überdurchschnittlich war die Niederschlagsmenge 2006 auf dem Zöbelboden, während Vorhegg eine relativ niedrige Niederschlagsmenge verzeichnete; die anderen Messstellen wiesen 2006 annähernd durchschnittliche Niederschläge auf.

	ENK	ILL	PIL	VOR	ZOE
Jän.06	17	47	19	23	245
Feb.06	21	23	15	71	79
Mär.06	139	25	49	85	183
Apr.06	66	58	51	162	137
Mai.06	138	59	51	42	240
Jun.06	120	77	92	47	256
Jul.06	57	28	3	73	80
Aug.06	160	117	119	138	405
Sep.06	63	10	23	141	66
Okt.06	42	27	10	82	79
Nov.06	47	29	6	13	134
Dez.06	28	13	6	116	41
2006	899	513	444	993	1.945

Tabelle 42:
Monats- und
Jahressummen des
Niederschlags 2006
(in mm).

*Tabelle 43:
Jahressummen
des Niederschlags,
1993 bis 2006
(in mm).*

	ENK	ILL	PIL	VOR	ZOE
1993		373	354		
1994		538	145	721	
1995		594	404	859	
1996		642	287	1.345	1.612
1997		563	391	1.024	1.528
1998		552	303	1.278	1.531
1999	779	589	424	1.471	1.295
2000	977	489	382	712	1.553
2001	941	484	363	368	1.480
2002	1.420	537	554	2.084	1.907
2003	472	323	392	1.316	921
2004	762	372	387	1.752	1.244
2005	777	525	498	872	1.969
2006	899	513	444	993	1.945



4 LITERATURVERZEICHNIS

- IPCC (2001): Climate Change 2001: Synthesis Report, Summary for Policymakers. (<http://www.ipcc.ch/pub/un/syren/spm.pdf>).
- SEINFELD, J. H. & PANDIS, S. N. (1998): Atmospheric Chemistry and Physics, John Wiley & Sons, New York.
- UMWELTBUNDESAMT (2006): Nagl, C., Böhmer, S., Gugele, B., Kaiser, A., Petz E., Scheifinger, H., Spangl, W., Schneider, J. & Wappel, D.: Einfluss von Punktquellen auf die Luftqualität in Nordostösterreich – Endbericht. Im Auftrag der OMV AG. Report, Bd. REP-0105. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2006a): Spangl, W., Anderl, M., Lichtblau, G., Nagl, C. & Schneider, J.: Trends von NO_x-Emissionen und -Immissionen in Österreich, 1990–2004. Report, Bd. REP-0056. Umweltbundesamt, Wien. (in Vorbereitung).
- UMWELTBUNDESAMT (2006b): Spangl, W., Kaiser, A., Nagl, C. & Schneider, J.: Herkunftsanalyse der PM10-Belastung in Österreich, Ferntransport und regionale Beiträge. Report, Bd. REP-0034. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007): Spangl, W., Nagl, C. & Moosmann, L.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2006. Report, Bd. REP-0104. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007a): Spangl, W.: Luftgütemessstellen in Österreich. Stand Jänner 2007. Report, Bd. REP-0102. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007b): Anderl, M.; Kappel, E.; Köther, T.; Muik, B.; Schodl, B.; Poupá, S. & Wieser, M.: Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2007. Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Reports, Bd. REP-0082. Umweltbundesamt, Wien.
- ZELLWEGER, C.; AMMANN, M.; BUCHMANN, B.; HOFER, P.; LUGAUER, M.; RÜTTIMANN, R.; STREIT, N.; WEINGARTNER, E. & BALTENSBERGER, U. (2000): Summertime NO_y speciation at the Jungfrauoch, 3580 m above sea level, Switzerland. Journal of Geophysical Research, Volume 105, Issue D5. pp. 6655–6668.

Rechtsnormen und Leitlinien

- Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L; BGBl. I Nr. 115/97 i. d. g. F.): 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) i. d. F.: BGBl. I Nr. 34/2006.
- Messkonzept-VO zum Ozongesetz (BGBl. II Nr. 99/2004): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Messkonzept zum Ozongesetz (Ozon-Messkonzept-VO).
- Messkonzept-VO zum IG-L (BGBl. II Nr. 358/98 i. d. g. F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Verordnung über das Messkonzept zum Immissionsschutzgesetz – Luft geändert wird.
- ÖNORM EN 12341: Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebestaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode.



ÖVE/ÖNORM EN ISO/IEC 17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.

ÖNORM M 5866: Luftreinhaltung – Bildung von Immissionsmessdaten und daraus abgeleiteten Immissionskennwerten.

Ozongesetz (BGBl. 210/92, i. d. g. F.): 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 (BGBl. I Nr. 34/2003).

Ozonrichtlinie (RL 2002/3/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12.2.2003 über den Ozongehalt der Luft.

Richtlinie 14 (BGBl. I Nr. 115/1997): Österreichweit einheitliche Vorgangsweise zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Immissionsmessdaten, Leitfaden zur Immissionsmessung nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft.

RL 1999/30/EG: Richtlinie des Rates vom 22.4.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffoxid, Partikel und Blei in der Luft.

Verordnung zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation (BGBl. II Nr. 298/2001): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation.

Die Texte der EU-Richtlinien sind auf dem Gesetzesportal der EU abrufbar.

<http://europa.eu.int/eur-lex/en/index.html>.

Die österreichischen Gesetze sind auf dem Rechtsinformationssystem des Bundeskanzleramtes einsehbar. <http://www.ris.bka.gv.at/>.



ANHANG 1: GLOSSAR, ABKÜRZUNGEN UND INFORMATIONEN

CH ₄	Methan
CO.....	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
NO.....	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickstoffoxide (Summe aus NO und NO ₂)
O ₃	Ozon
PM1.....	Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 1 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist
PM10.....	Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist
PM2,5.....	Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist
SO ₂	Schwefeldioxid

Luftmessstationen des Umweltbundesamtes:

ACH.....	Achenkirch
ENK.....	Enzenkirchen
ILL.....	Illmitz
KLH.....	Klöch
PIL.....	Pillersdorf
SIG.....	St. Sigmund
STO.....	Stolzalpe
SON.....	Sonnblick
VOR.....	Vorhegg
ZOE.....	Zöbelboden

EMEP.....	Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe (http://www.emep.int/)
EU-RL.....	EU-Richtlinie
WMO.....	World Meteorological Organisation (http://www.wmo.ch)
GAW.....	Global atmosphere watch
ZAMG.....	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

ANHANG 2: EINHEITEN UND UMRECHNUNGSFAKTOREN

Einheiten

mg/m ³	Milligramm pro Kubikmeter
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter
ppb	parts per billion
ppm	parts per million

$$1 \text{ mg/m}^3 = 1.000 \text{ µg/m}^3$$

Umrechnungsfaktoren zwischen Mischungsverhältnis, angegeben in ppb, und Konzentration in µg/m³ bei 1.013 hPa und 293 K (Normbedingungen):

SO ₂	1 µg/m ³ = 0,37528 ppb	1 ppb = 2,6647 µg/m ³
NO	1 µg/m ³ = 0,80186 ppb	1 ppb = 1,2471 µg/m ³
NO ₂	1 µg/m ³ = 0,52293 ppb	1 ppb = 1,9123 µg/m ³
CO	1 mg/m ³ = 859,11 ppb	1 ppb = 0,0011640 mg/m ³
Benzol	1 µg/m ³ = 0,308 ppb	1 ppb = 3,247 µg/m ³
O ₃	1 µg/m ³ = 0,50115 ppb	1 ppb = 1,9954 µg/m ³



ANHANG 3: MITTELWERTDEFINITIONEN

Die entsprechende Zeitangabe bezieht sich stets auf das Ende des jeweiligen Mittelungszeitraumes. Alle Zeitangaben erfolgen in Mitteleuropäischer Zeit (MEZ). Die Mindestzahl der Halbstundenmittelwerte zur Mittelwertbildung ist im IG-L bzw. in der ÖNORM M 5866, April 2000, festgelegt.

	Definition	Mindestzahl der HMW für gültigen Mittelwert
HMW	Halbstundenmittelwert (48 Werte pro Tag zu jeder halben Stunde)	
MW1	Einstundenmittelwert mit stündlicher Fortschreibung (24 Werte pro Tag zu jeder vollen Stunde)	2
MW3	gleitender Dreistundenmittelwert (48 Werte pro Tag zu jeder halben Stunde)	4
MW8g	gleitender Achtstundenmittelwert (48 Werte pro Tag zu jeder halben Stunde)	12
MW8	stündlich gleitender Achtstundenmittelwert (48 Werte pro Tag zu jeder vollen Stunde)	12
TMW	Tagesmittelwert	40
MMW	Monatsmittelwert	75 %
JMW	Jahresmittelwert	75 % sowohl im Winter- als auch im Sommerhalbjahr
WMW	Wintermittelwert (Oktober–März)	75 % in jeder Hälfte der Beurteilungsperiode

ANHANG 4: IMMISSIONSGRENZWERTE UND IMMISSIONSZIELWERTE

Immissionsgrenzwerte gemäß IG-L, Anlage 1 zum langfristigen Schutz der menschlichen Gesundheit.

Schadstoff	Konzentration	Mittelwertart
SO ₂	120 µg/m ³	Tagesmittelwert
SO ₂	200 µg/m ³	Halbstundenmittelwert; bis zu drei Halbstundenmittelwerte pro Tag, jedoch maximal 48 Halbstundenmittelwerte im Kalenderjahr bis zu 350 µg/m ³ gelten nicht als Überschreitung.
PM10	50 µg/m ³	Tagesmittelwert; pro Kalenderjahr ist die folgende Zahl von Überschreitungen zulässig: bis 2004: 35, von 2005 bis 2009: 30, ab 2010: 25.
PM10	40 µg/m ³	Jahresmittelwert
CO	10 mg/m ³	Gleitender Achtstundenmittelwert
NO ₂	200 µg/m ³	Halbstundenmittelwert
NO ₂	30 µg/m ³ (40 µg/m ³ inkl. Toleranzmarge im Jahr 2005)	Jahresmittelwert. Dieser Grenzwert ist ab 2012 einzuhalten. Die Toleranzmarge beträgt 30 µg/m ³ bei Inkrafttreten des Gesetzes und wird am 1.1. jedes Jahres bis 1.1. 2005 um 5 µg/m ³ verringert. Die Toleranzmarge von 10 µg/m ³ gilt gleich bleibend vom 1.1. 2005 bis 31.12.2009. Die Toleranzmarge von 5 µg/m ³ gilt gleich bleibend vom 1.1. 2010 bis 31.12.2011.
Blei im PM10	0,5 µg/m ³	Jahresmittelwert
Benzol	5 µg/m ³	Jahresmittelwert

Zielwerte für PM10 und NO₂ gemäß IG-L, Anlage 5.

Schadstoff	Konzentration	Mittelwertart
PM10	50 µg/m ³	Tagesmittelwert, darf nicht öfter als 7-mal im Kalenderjahr überschritten werden
PM10	20 µg/m ³	Jahresmittelwert
NO ₂	80 µg/m ³	Tagesmittelwert

Zielwerte für Schwermetalle und PAHs im PM10 gemäß IG-L, Anlage 5b (Jahresmittelwerte).

Schadstoff	Zielwert
Arsen	6 ng/m ³
Nickel	20 ng/m ³
Cadmium	5 ng/m ³
Benzo(a)pyren	1 ng/m ³

Darüber hinaus sind in Anlage 2 des IG-L Grenzwerte für die Deposition von Staubniederschlag und die Inhaltsstoffe Pb und Cd festgelegt. Derartige Messungen wurden 2005 vom Umweltbundesamt jedoch nicht durchgeführt.



Grenzwerte der Verordnung zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation.

Schadstoff	Konzentration	Mittelwertart
SO ₂	20 µg/m ³	Jahresmittelwert
NO _x	30 µg/m ³	Jahresmittelwert. NO _x ist als Summe von NO und NO ₂ in µg/m ³ zu berechnen

Zielwerte der Verordnung zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation.

Schadstoff	Konzentration	Mittelwertart
SO ₂	50 µg/m ³	Tagesmittelwert
NO ₂	80 µg/m ³	Tagesmittelwert

Informations- und Warnwerte für Ozon gemäß Ozongesetz, Anlage 1.

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

Zielwerte für Ozon gemäß Ozongesetz, Anlage 2.

Gesundheitsschutz	120 µg/m ³	Höchster Achtstundenmittelwert des Tages, darf an höchstens 25 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden, gemittelt über 3 Jahre
Schutz der Vegetation	18.000 µg/m ³ .h	AOT40, Mai–Juli, 8:00–20:00 MEZ gemittelt über 5 Jahre

Langfristige Ziele für Ozon gemäß Ozongesetz, Anlage 3.

Gesundheitsschutz	120 µg/m ³	Höchster Achtstundenmittelwert des Kalenderjahres
Schutz der Vegetation	6.000 µg/m ³ .h	AOT40, Mai–Juli, 8:00–20:00 MEZ

Im Rahmen der **UNECE** wurden „**Critical Levels**“ für Ozon zum Schutz von **Pflanzen** ausgearbeitet, welche die Ozonbelastung als AOT40-Wert¹⁸ bewerten. Zur Berechnung des AOT40 wird die Ozonkonzentration minus 40 ppb über einen bestimmten Zeitraum aufsummiert, sofern der MW1 40 ppb überschreitet. Unterschiedliche Referenzzeiträume (jeweils über Tageslichtstunden) werden für die Bewertung der Ozonbelastung für Wald einerseits, für landwirtschaftliche Pflanzen, Weiden und natürliche Vegetation andererseits herangezogen. In der folgenden Tabelle sind die jeweiligen Berechnungszeiträume und die Critical Levels angeführt.

¹⁸ AOT40: Accumulated exposure Over Threshold of 40 ppb.



	Zeitfenster	Zielwert, Critical Level
UNECE, Schutz des Waldes	April–September, Tageslichtstunden	10 ppm.h
UNECE, Schutz landwirtschaftlicher Pflanzen	Mai–Juli, Tageslichtstunden	3 ppm.h
Ozonrichtlinie, Zielwert zum Schutz der Vegetation	Mai–Juli, 8:00–20:00	9 ppm.h ¹⁹ , gemittelt über 5 Jahre
Ozonrichtlinie, langfristiges Ziel zum Schutz der Vegetation	Mai–Juli, 8:00–20:00	3 ppm.h

In der neuen Ozonrichtlinie der EU wurde das Konzept des AOT40 als Zielwert zum Schutz der Vegetation übernommen, wobei der – strengere – AOT40-Wert für den Schutz landwirtschaftlicher Pflanzen herangezogen, der Berechnungszeitraum aber von „Tageslichtstunden“ auf das europaweit einheitliche Zeitfenster von 8:00 bis 20:00 MEZ leicht verändert wurde.

¹⁹ Im Richtlinientext als 18.000 µg/m³.h angegeben



ANHANG 5: MESSGERÄTE

Eingesetzte Messgerätetypen für die Immissionsmessung

Messstelle, Komponente	Gerätetype
Enzenkirchen	
O ₃	Horiba APOA-360E
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
PM10 kontinuierlich	FH 62 IN
SO ₂	TEI 43CTL
NO, NO ₂	Horiba APNA-360E
Illmitz	
O ₃	Horiba APOA-360E
PM10 kontinuierlich	FH 62 IR
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
PM2,5 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
PM1 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
SO ₂	TEI 43CTL
NO, NO ₂	Horiba APNA-360
CO	Horiba APMA-360CE
Partikuläres Sulfat, Nitrat, Ammonium, Salpetersäure, Ammoniak	Low Volume Sampler DPA 96, Analyse mittels Ionenchromatographie
Nasse Deposition	WADOS mit automatischem Probenwechsler
Klösch	
PM10 kontinuierlich	FH 62 IR
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
NO, NO ₂	Horiba APNA-360
Pillersdorf	
O ₃	Horiba APOA-350E
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
PM10 kontinuierlich	FH 62 IN
SO ₂	bis 31.5. TEI 43S, ab 31.5. TEI 43 CTL
NO, NO ₂	bis 5.12. Horiba APNA-360E, ab 5.12. TEI 42 CTL
St. Sigmund	
O ₃	Horiba APOA-360E
SO ₂	TEI 43CTL
NO, NO ₂	bis 30.3. Horiba APNA-360E, ab 30.3. TEI 42 CTL
Sonnblick	
O ₃	TEI 49C
CO	Horiba APMA-360CE
CO ₂	URAS-14
NO _y	TEI 42CTL

Messstelle, Komponente	Gerätetype
Stolzalpe	
O ₃	Horiba APOA-360E
SO ₂	TEI 43CTL
NO, NO ₂	Horiba APNA-360E
Vorhegg	
O ₃	bis 5.7. Horiba APOA-350E, ab 5.7. TEI 49C
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
SO ₂	TEI 43CTL
NO, NO ₂	TEI 42CTL
CO	Horiba APMA-360CE
Nasse Deposition	WADOS mit automatischem Probenwechsler
Zöbelboden	
O ₃	Horiba APOA-350E
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
PM10 kontinuierlich	TEOM
SO ₂	TEI 43CTL
NO, NO ₂	TEI42CTL
CH ₄	TEI 55C
Nasse Deposition	WADOS mit automatischem Probenwechsler

Technische Angaben zu den Messgeräten

Immissionsmessgeräte

	Nachweisgrenze	Messprinzipien
SO₂		
TEI 43S	0,3 µg/m ³ (0,1 ppb)	UV-Fluoreszenz
TEI 43CTL	0,13 µg/m ³ (0,05 ppb)	UV-Fluoreszenz
PM10, PM2,5, PM1		
DHA80, Gravi- metrie	1 µg/m ³	Probenahme mittels Digital High-Volume-Sampler DHA80 mit PM10-Kopf (Tagesproben, Durchfluss 720 m ³ /d) und gravimetrische Massenbestimmung gemäß EN 12341
FH62I-N	10 µg/m ³	Radiometrisch (β-Absorption)
FH62I-R	3 µg/m ³	Radiometrisch (β-Absorption)
NO+NO₂		
TEI 42CTL	NO: 0,06 µg/m ³ (0,05 ppb) NO ₂ : 0,2 µg/m ³ (0,1 ppb)	Chemilumineszenz. NO ₂ wird als Differenz von NO _x und NO bestimmt.
APNA-360E	NO: 0,4 µg/m ³ (0,3 ppb) NO ₂ : 1,7 µg/m ³ (0,9 ppb)	Chemilumineszenz. NO ₂ wird als Differenz von NO _x und NO bestimmt.
CO		
APMA-360CE	0,05 mg/m ³ (0,05 ppm)	Nichtdispersive Infrarot-Absorption



	Nachweisgrenze	Messprinzipien
O₃		
APOA-350E	4 µg/m ³ (2 ppb)	Ultraviolett-Absorption
APOA-360E	0,8 µg/m ³ (0,4 ppb)	Ultraviolett-Absorption
TEI 49C	0,8 µg/m ³ (0,4 ppb)	Ultraviolett-Absorption
CO₂		
URAS-14	Empfindlichkeit 0,1 ppm	Infrarot-Absorption (mit strömendem Vergleichsgas)
CH₄		
TEI 55C	Empfindlichkeit 0,1 ppm	Flammenionisationsdetektor

Die Konzentration aller gasförmigen Komponenten ist auf Normbedingungen (1.013 hPa, 20 °C) bezogen, jene von PM10, PM2,5 und PM1 (Gravimetrie und kontinuierliche Messung) sowie der Inhaltsstoffe auf Umgebungsbedingungen.

Probenahme- und Analysemethoden

Komponente	Probenahme	Analyse	Bestimmungsgrenze
Schwermetalle im PM10	Besaugung von Filtern (PM10 Tagesproben) mit Digital High-Volume-Sampler, 720 m ³ /d	Mikrowellenunterstützter Säureaufschluss (HNO ₃ /HCl); Analyse mit GFAAS in Anlehnung an As: VDI 2267 Blatt 1 (Modifizierung) Cd: DIN EN ISO 5961 (Modifizierung) Ni: VDI 2267 Blatt 1 (Modifizierung) Pb: DIN 38406-6 (Modifizierung)	As: 0,82 ng/m ³ Cd: 0,082 ng/m ³ Ni: 1,6 ng/m ³ Pb: 0,82 ng/m ³
Benzol	Diffusionssammler (Aktivkohle)	Elution mit CS ₂ , Analyse mit GC (in Anlehnung an VDI 3482, Bl. 4)	0,4 µg/m ³ (bei einer Expositionsdauer von 28 Tagen)
Regeninhaltsstoffe	Wet-and-dry only sampler (WADOS)	Ionenchromatographie mit Leitfähigkeitsdetektor	Nitrat-N: 0,002 mg/l, Magnesium: 0,010 mg/l, Sulfat: 0,018 mg/l, Kalzium: 0,013 mg/l, Kalium: 0,018 mg/l, Natrium: 0,010 mg/l; Ammonium-N: 0,023 mg/l, Chlorid: 0,034 mg/l
Partikuläres Sulfat, Nitrat, Ammonium, Salpetersäure, Ammoniak	Besaugung von Filtern (für partikuläre Komponenten Teflonfilter, für HNO ₃ und SO ₂ KOH-beschichtete Filter, für NH ₃ Citrat-beschichtete Filter) mit DPA 96 Digital Low-Volume-Sampler, 2 l/min	Ionenchromatographie mit Leitfähigkeitsdetektor	Part. Nitrat-N: 0,02 µg/Nm ³ , Part. Sulfat-S: 0,05 µg/m ³ , Part. Ammonium-N: 0,02 µg/m ³ , HNO ₃ -N: 0,02 µg/m ³ , SO ₂ -S: 0,13 µg/m ³ , NH ₃ -N: 0,25 µg/m ³

VOC – Aktive Probenahme, Lösemitteldesorption im Labor, gaschromatographische Analyse

Probenahme:

Adsorptionsröhrchen: ORBO 32 S Aktivkohleröhrchen bzw. Dräger Typ B/G Aktivkohleröhrchen

Probenahmezeit: 24 Stunden

Probenahmefluss: 800 ml/min

Probenaufarbeitung:

mittels ternärem Gemisch (60 % Dichlormethan, 35 % Schwefelkohlenstoff, 5 % Methanol) oder Schwefelkohlenstoff

Lösungsmittelmenge: 2 ml

Interner Standard: n-Hexan d14, Benzol d6, Chlorbenzol

Desorptionsdauer: mindestens 30 Minuten

Gaschromatographische Analyse mit massenselektivem Detektor:

Trärgas: Helium

Trennsäule: HP-5 (60 m x 0,32 mm x 1 µm)

Temperaturprogramm: 35 °C für 7 min
10 °C/min auf 180 °C
180 °C für 2 min
20 °C/min auf 250 °C
250 °C für 3 min

Zeitprogramm: 30 min

Injektortemperatur: 240 °C

Einspritzvolumen: 1 µl/split

Detektortemperatur: 280 °C

Acquisition Mode: SIM

VOC – Kontinuierliche Gaschromatographie

Hersteller: Airmotec

2 Gaschromatographen mit Flammenionisationsdetektoren (1 GC für C₂–C₆ – Modul 1, 1 GC für C₆–C₁₂ – Modul 2)

Probensammelzeit: 10 min

Probenfluss: Modul 1 (C₂–C₆): 12 ml/min
Modul 2 (C₆–C₁₂): 60 ml/min

Massenflussregler: kritische Düse

Kühlung durch VORTEX-Effekt

Trennsäulen:

Modul 1 (C₂–C₆): PLOT Kapillarsäule [Phase Na₂SO₄/Al₂O₃]
Länge: 25 m
Innendurchmesser: 0,53 mm
Filmdicke: 10 µm



Modul 2 (C₆–C₁₂): Metall-Kapillarsäule [Phase MXT-30CE]
 Länge: 30 m
 Innendurchmesser: 0,28 mm
 Filmdicke: 1,0 µm

Rauschabstand (slope): 10 Einheiten/sec

Basissteigung (drift): Modul 1: 100 Einheiten/sec
 Modul 2: 50 Einheiten/sec

Minimale Integrationsfläche: 50 Flächeneinheiten (bei Außenluft)

Trärgas: H₂

Temperaturprogrammierung:

C₂–C₆: 38 °C 2 °C/min 40 °C
 40 °C 15 °C/min 195 °C
 9 min isotherm bei 195 °C

C₆–C₁₂: 38 °C 2 °C/min 40 °C
 40 °C 2 °C/min 50 °C
 50 °C 10 °C/min 80 °C
 80 °C 15 °C/min 195 °C
 7 min isotherm bei 195 °C

Trap:

Modul 1 (C₂–C₆): Länge: 8 cm, Innendurchmesser: 1,5 mm
 (Carboxen: 30 mm, Carboxpack B: 10 mm, Carbotrap C: 10 mm)

Modul 2 (C₆–C₁₂): Länge: 8 cm, Innendurchmesser: 1,5 mm
 (Carbotrap C)

Detektor: FID

Kalibration mit zertifizierten Primärstandards der Firma NPL

Meteorologische Messgeräte

An allen Messstellen wurden während des gesamten Jahres die genannten meteorologischen Messgeräte eingesetzt.

Komponente	Gerät	Messprinzip
Windrichtung und Windgeschwindigkeit	Kroneis 263 PRH	Windfahne, Schalenkreuz
Temperatur	Kroneis NTC-Netzwerk	NTC-Widerstand
Relative Feuchte	Pernix Haarhygrometer 800L100	Haarhygrometer
Globalstrahlung	Schenk Sternpyranometer 8101	Differenzielle Erwärmung schwarzer und weißer Flächen
Strahlungsbilanz	Schenk Strahlungsbilanzmesser 8110	Differenzielle Erwärmung schwarzer und weißer Flächen, Differenz oben–unten
Sonnenscheindauer	HAENNI Solar 111	Strahlungsdifferenz zwischen Himmels- und Direktstrahlung
Luftdruck	Kroneis Barogeber 317S	Vakuumdrukdose
Niederschlag	AP23, Fa. Paar	Beheizter Trichter (500 mm ² Durchmesser), Registrierung mittels Wippe (1 Wippenimpuls = 0,1 mm Niederschlag)

ANHANG 6: ANGABEN ZUR QUALITÄTSSICHERUNG

Immissionsmessung

Routinemäßige Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Die in den Messstellen eingesetzten Geräte für SO₂, NO_x, CO und O₃ werden einmal jährlich getauscht, die Überprüfung der Richtigkeit und Kalibration erfolgt für die Komponenten SO₂, NO_x und CO zumindest zweimal jährlich, für O₃ dreimal jährlich. Vor dem Einsatz in der Messstelle werden die Geräte kalibriert und die Linearität überprüft.

Das routinemäßige Wartungsintervall der Messstellen beträgt zwei Wochen.

Zur Funktionskontrolle der Messgeräte wird im Abstand von 23 Stunden automatisch Zero- und Spangas aufgegeben.

Der Durchfluss der kontinuierlichen Schwebstaubmessgeräte und der für die PM10-Probenahme verwendeten Digital High Volume Sampler DHA80 wird einmal jährlich überprüft. Die Reinigung der PM10-Köpfe erfolgt im Rahmen der Stationsbetreuung.

Die kontinuierlichen Schwebstaubmessgeräte, die nach dem Prinzip der beta-Absorption arbeiten, werden einmal jährlich mittels Kalibrierfoliensatz überprüft.

Die Konditionierung und Wägung der Filter für die PM10-, PM2,5- und PM1-Messung erfolgt gemäß der ÖNORM EN 12341.

Rückführbarkeiten

Alle gasförmigen Komponenten werden am Umweltbundesamt auf primäre Methoden zurückgeführt. Detailliertere Angaben zu den Rückführbarkeiten findet man im Jahresbericht der Luftgütemessungen des Umweltbundesamtes 2001 (auf <http://www.umweltbundesamt.at/jahresberichte/>). Eine Veränderung gab es nur für Ozon: Das Umweltbundesamt besitzt seit Dezember 2001 ein eigenes NIST-Standard-Referenzphotometer (NIST SRP #26), auf welches die Ozonmessung seitdem zurückgeführt wird.

Als externe qualitätssichernde Maßnahme erfolgt die regelmäßige Teilnahme an nationalen und internationalen Ringversuchen, insbesondere an Ringversuchen für nationale Referenzlaboratorien der EU.

Messunsicherheit

Da die europäischen Normen zur Vereinheitlichung der Berechnung der Messunsicherheit entsprechend den Anforderungen der Tochterrichtlinien erst erarbeitet werden, wurde gemäß der Richtlinie 14 „Österreichweit einheitliche Vorgangsweise zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Immissionsmessdaten, Leitfaden zur Immissionsmessung nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft (BGBl. I Nr. 115/1997)“ die so genannte erweiterte kombinierte Messunsicherheit berechnet.

Die Messunsicherheit für einen Luftschadstoff in einem Messnetz zur Luftüberwachung nach IG-L berechnet sich aus folgenden Unsicherheitskomponenten:

- Probenahme,
- zeitliche Stabilität,
- Kalibration.



Für die einzelnen Komponenten ergibt sich im Mittel über alle Stationen:

Komponente	erweiterte kombinierte Messunsicherheit (%)	Zahl der Stationen
O ₃	6,2	7
NO	10,9	8
SO ₂	13,8	6
CO	12,2	3

Qualitätssichernde Maßnahmen im Bereich der Laboranalysen

Basis des QS-Systems ist die ÖNORM EN ISO 17025.

Sämtliche Analysengeräte werden mindestens einmal jährlich einer Wartung durch die Herstellerfirma unterzogen. Die Funktionskontrollen erfolgen regelmäßig und werden mittels Regelkarten bzw. Messmittelkarten dokumentiert.

Die Kalibrationen erfolgen jeweils täglich bzw. vor einer Messserie und werden im Laufe der Messserie durch Kontrollstandards überprüft. Weiters erfolgen regelmäßige Blindwertkontrollen (Reagenzien-, Analysen-, Filter-, Röhrchen- und Feldblindwerte).

Bei der BTX-Analytik werden zur Kontrolle der Probenahme Parallelexpositionen durchgeführt. Bei allen anderen Parametern erfolgen regelmäßige Doppelbestimmungen.

Die Wiederfindungen der eingesetzten Verfahren inkl. Aufarbeitung wird regelmäßig kontrolliert. Bei der BTX-Analytik erfolgt eine zusätzliche Kontrolle durch Analyse von zertifiziertem Kalibriergas. Bei der Bleibestimmung wird zertifiziertes Referenzmaterial für diesen Zweck eingesetzt. Bei der Regenanalytik erfolgt die Kontrolle über die Berechnung von Ionenbilanzen.

Als externe qualitätssichernde Maßnahme erfolgen regelmäßige Teilnahmen an nationalen und internationalen Ringversuchen.

Meteorologische Messgeräte

Die Globalstrahlungs- und Strahlungsbilanzmessgeräte werden einmal jährlich mittels eines von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (Wien) abgeglichenen Referenzgerätes kalibriert.

Die Temperatur- und Feuchtemessgeräte werden einmal jährlich mittels Aspirationspsychrometer überprüft.

Bei den Messgeräten für Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Sonnenscheindauer und Niederschlag erfolgt eine jährliche Funktionskontrolle. Bei Funktionsuntüchtigkeit werden diese Geräte sowie jene für Temperatur und relative Feuchte ersetzt.

ANHANG 7: VERFÜGBARKEIT DER MESSDATEN

Die folgende Tabelle gibt den Prozentanteil der gültigen Halbstundenmittelwerte an der Gesamtzahl der HMW des Jahres 2006 (d. h. 17.568) an, bei PM10, PM2,5 und PM1 den Anteil der gültigen TMW.

	SO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM10	PM2,5	PM1
Enzenkirchen	97,0	96,7		96,6	99,2		
Illmitz	97,0	95,9	97,2	96,8	99,5	97,8	99,2
Klöch		47,7			54,0		
Pillersdorf	96,8	97,0		97,5	96,7		
St. Sigmund	97,6	97,3		97,5			
Sonnblick		93,0 ²⁰	97,7	94,2			
Stolzalpe	30,7	30,6		27,8			
Vorhegg	96,2	88,0	97,5	96,0	94,5		
Zöbelboden	96,7	93,7		96,3	98,9		

²⁰ NO_y

ANHANG 8: SCHADSTOFFWINDROSEN

Windrosen stellen Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung dar, dargestellt in einem Kreisdiagramm. Im vorliegenden Bericht werden Windrichtungshäufigkeiten für Sektoren von 10° angegeben, wobei Fälle mit Windgeschwindigkeiten unter 0,5 m/s nicht berücksichtigt werden. Wind aus 90° entspricht Ost, 180° Süd, 270° West und 360° Nord. Schadstoffwindrosen geben für jeden Windrichtungssektor die mittlere Schadstoffkonzentration an. Den Mittelungszeitraum stellt dabei die Gesamtheit jener Fälle dar, in denen der Wind aus dem betreffenden Sektor wehte.

PM10

Der Radius der Windrosen entspricht einer Windrichtungshäufigkeit von 20 % (.....) bzw. einem HMW von 50 µg/m³ (—).

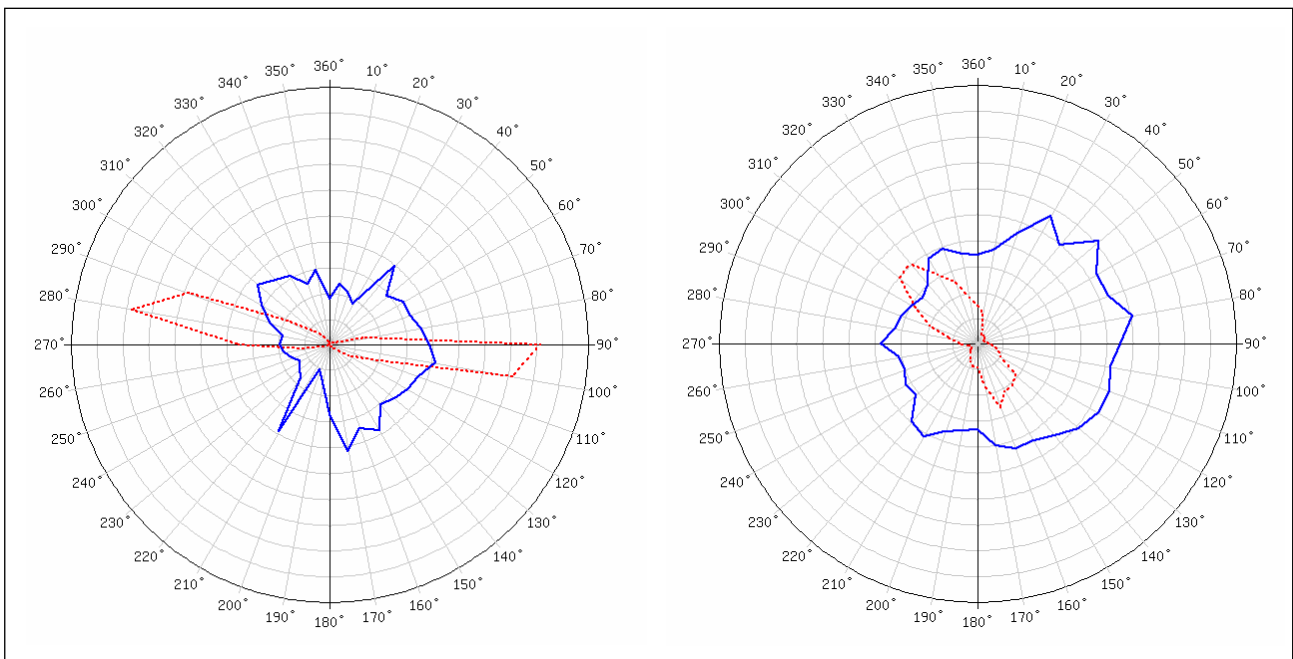


Abbildung 34: Schadstoffwindrosen für Enzenkirchen (FH 62 IN) und Illmitz (FH 62 IR), PM10, 2006, Rohdaten.

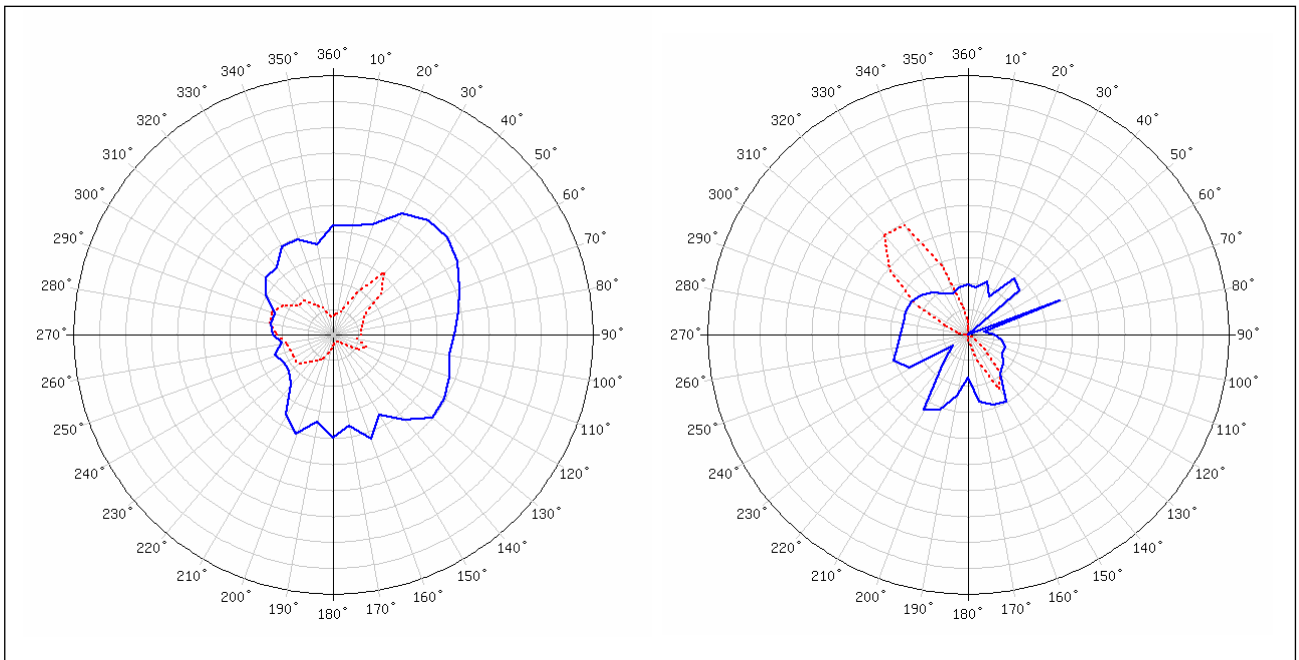


Abbildung 35: Schadstoffwindrosen für Pillersdorf (FH 62 IN) und Zöbelboden (TEOM; Wind Messturm), PM10, 2006, Rohdaten.

Stickstoffdioxid

Der Radius der Windrosen entspricht einer Windrichtungshäufigkeit von 20 % (-----) bzw. einem HMW von 20 µg/m³ (——).

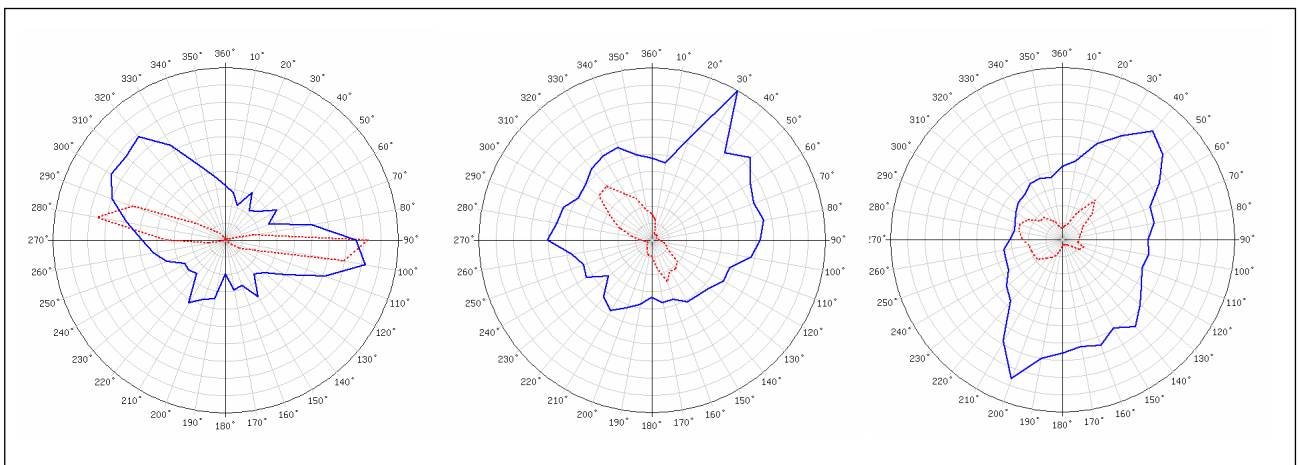


Abbildung 36: Schadstoffwindrosen für Enzenkirchen, Illmitz und Pillersdorf, NO₂, 2006.

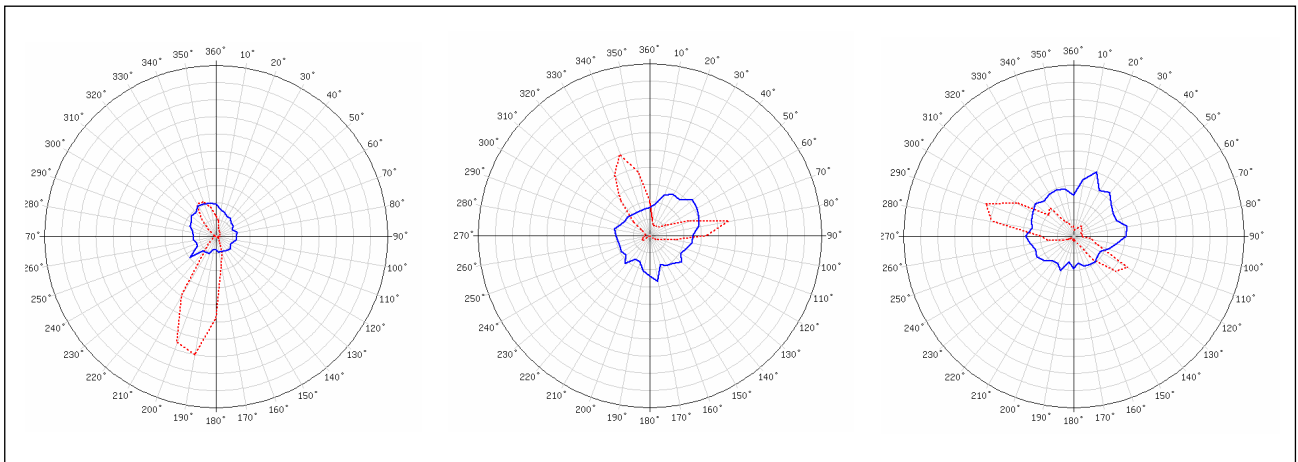


Abbildung 37: Schadstoffwindrosen für St. Sigmund, Vorhegg und Zöbelboden (Wind Messturm), NO_2 , 2006.

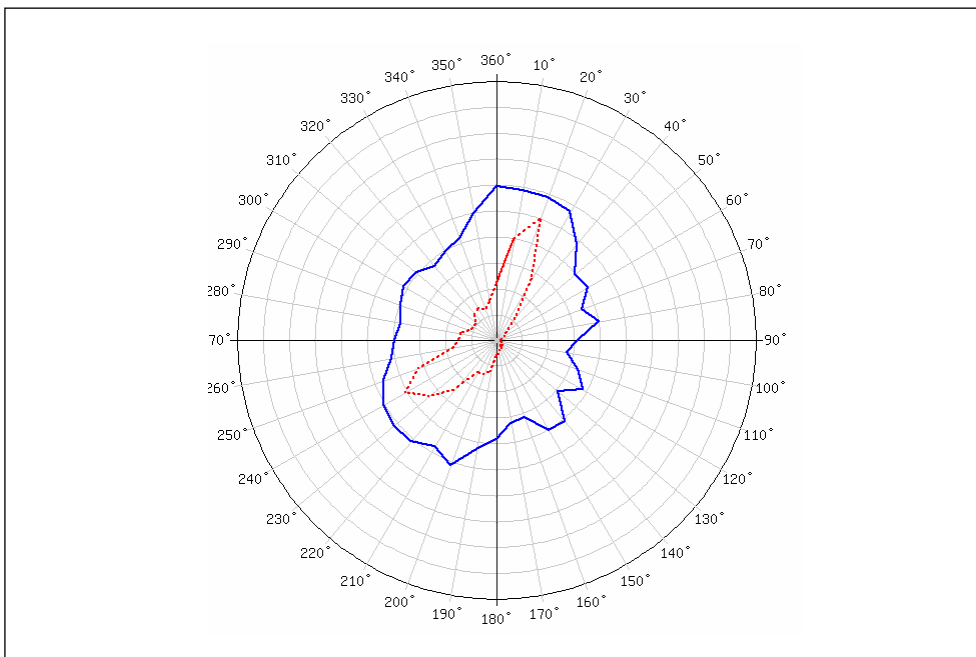


Abbildung 38:
Schadstoffwindrose für
Sonnblick, NO_y , 2006
(Radius entspricht 2 ppb).

Schwefeldioxid

Der Radius der SO_2 -Windrosen entspricht einer Windrichtungshäufigkeit von 20 % (-----) bzw. einem HMW von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (—).

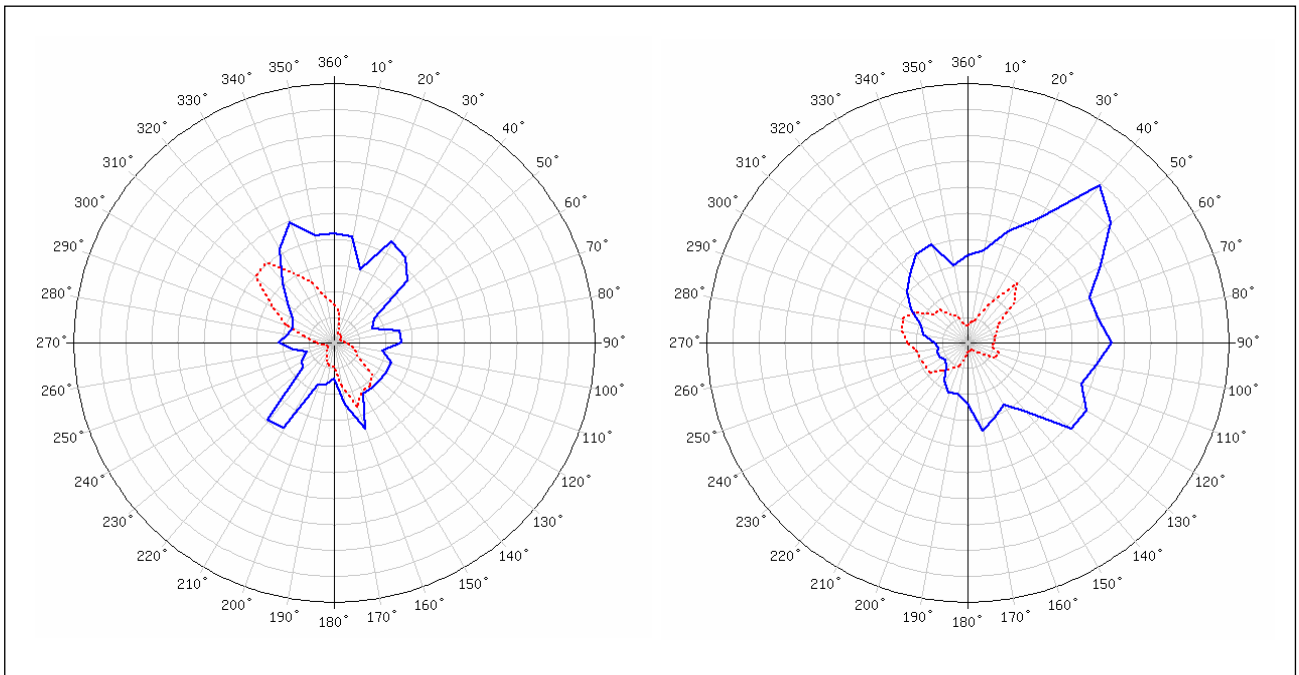


Abbildung 39: Schadstoffwindrosen für Enzenkirchen, Illmitz und Pillersdorf, SO₂, 2006.

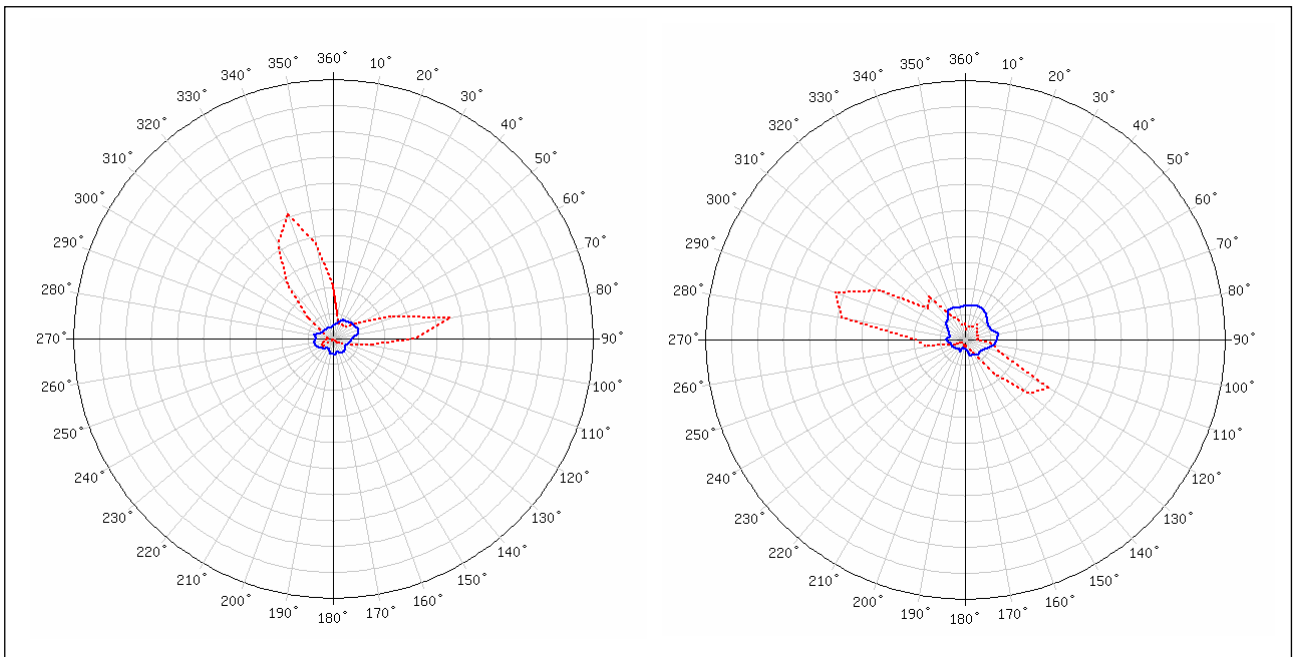


Abbildung 40: Schadstoffwindrosen für Vorhegg und Zöbelboden (Wind Messturm), SO₂, 2006.

Kohlenmonoxid

Der Radius der Windrosen entspricht einer Windrichtungshäufigkeit von 20 % (- - - - -) bzw. einem HMW von $0,4 \text{ mg/m}^3$ (———).

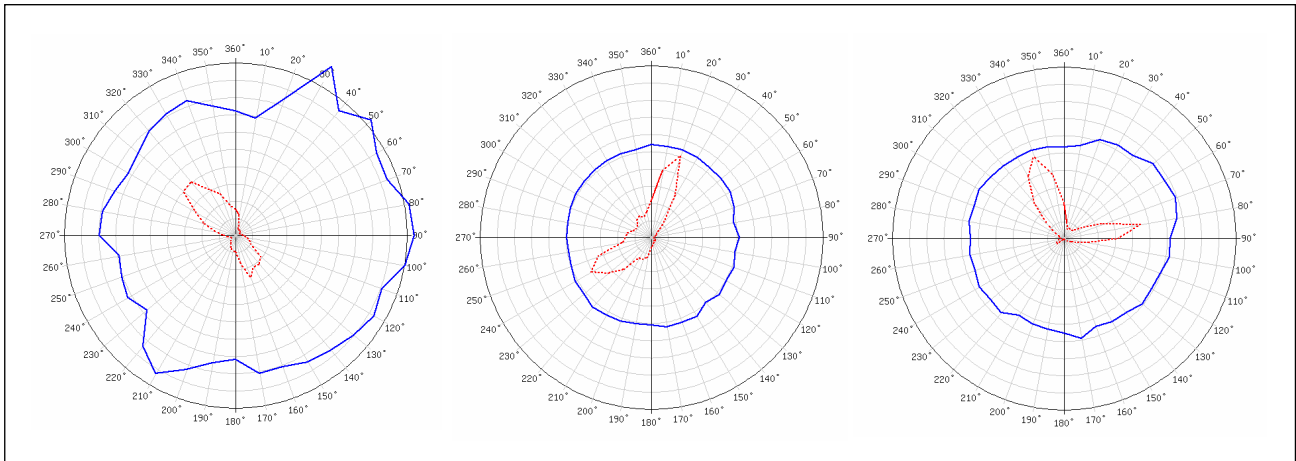


Abbildung 41: Schadstoffwindrose für Illmitz, Vorhegg und Sonnblick, CO, 2006.

ANHANG 9: VOC – MONATSMITTELWERTE

Die folgende Tabelle gibt die Monatsmittelwerte für die gemessenen VOC-Spezies an den Messstellen Schwechat und Wien Lobau wieder. Bei den Konzentrationsangaben in $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ ist das Probenahmevolumen auf eine Temperatur von 293 K und einen Druck von 101,3 kPa normiert.

Monatsmittelwerte der VOC-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) von Juli bis Dezember 2006, Messstellen Schwechat und Wien Lobau.

Substanz	Schwechat						Wien Lobau					
	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jul.	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.
iso-Pentan	2,62	1,25	2,63	2,79	1,60	2,08	2,00	7,42	5,05	2,75	7,63	3,90
1-Penten	0,02	0,00	0,02	0,07	0,02	0,01	0,02	0,15	0,12	0,06	0,17	0,05
n-Pentan	1,09	0,58	1,35	1,44	0,98	1,00	0,84	1,68	1,22	0,94	1,72	1,07
2-Penten	0,05	0,03	0,11	0,20	0,06	0,09	0,09	0,47	0,37	0,17	0,55	0,22
iso-Hexan	0,69	0,32	0,66	0,66	0,45	0,51	0,94	1,52	1,00	0,56	1,32	0,72
n-Hexan	0,33	0,13	0,36	0,35	0,28	0,38	0,47	0,82	0,45	0,58	1,29	0,49
Benzol	0,50	0,32	0,63	1,17	1,34	2,11	0,43	0,67	0,65	0,82	1,32	1,75
iso-Oktan	0,12	0,01	0,10	0,11	0,07	0,08	0,21	0,58	0,18	0,17	0,16	0,11
n-Heptan	0,27	0,12	0,25	0,37	0,29	0,36	0,23	0,28	0,20	0,17	0,37	0,25
Toluol	1,28	0,78	1,34	2,05	1,66	2,05	0,96	1,25	1,15	1,06	1,83	1,56
n-Oktan	0,10	0,01	0,09	0,16	0,10	0,15	0,07	0,11	0,08	0,07	0,18	0,12
Ethylbenzol	0,37	0,22	0,36	0,55	0,41	0,53	0,30	0,35	0,34	0,30	0,48	0,42
m-, p-Xylol	0,96	0,57	0,93	1,43	1,02	1,26	0,80	0,95	0,90	0,73	1,28	1,00
o-Xylol	0,34	0,20	0,33	0,52	0,36	0,46	0,26	0,33	0,36	0,25	0,42	0,34
1,3,5-Trimethylbenzol	0,12	0,03	0,10	0,20	0,11	0,14	0,04	0,07	0,08	0,08	0,13	0,07
1,2,4-Trimethylbenzol	0,48	0,27	0,42	0,69	0,40	0,53	0,31	0,37	0,33	0,31	0,46	0,32
1,2,3-Trimethylbenzol	0,10	0,03	0,08	0,16	0,09	0,11	0,03	0,07	0,07	0,07	0,11	0,08