



Luftgütemessungen und
meteorologische Messungen

Jahresbericht Hintergrundmessnetz
Umweltbundesamt 2009

LUFTGÜTEMESSUNGEN UND METEOROLOGISCHE MESSUNGEN

Jahresbericht Hintergrundmessnetz
Umweltbundesamt
2009

Wolfgang Spangl
Lorenz Moosmann

REPORT
REP-0262

Wien, 2010

Projektleitung

Berichterstellung: Wolfgang Spangl
Messung: Marina Fröhlich

Autoren

Wolfgang Spangl
Lorenz Moosmann

Messung

Thomas Eckl
Claudia Leeb
Franz Rokop
Wolfgang Sarny
Erich Singer
Andreas Wolf
Franz Zimmerl

Lektorat

Maria Deweis

Satz/Layout

Ute Kutschera

Umschlagfoto

Messstelle Sonnblick: Ansaugkopf, © F. Rokop

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

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

Eigenvervielfältigung

Gedruckt auf CO₂-neutralem 100 % Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2010
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 978-3-99004-063-8

INHALTSVERZEICHNIS

ZUSAMMENFASSUNG	5
1 EINLEITUNG.....	13
2 DAS VOM UMWELTBUNDESAMT BETRIEBENE LUFTGÜTEMESSNETZ.....	15
3 ERGEBNISSE UND INTERPRETATION DER IMMISSIONSMESSUNGEN.....	21
3.1 Einleitung	21
3.2 Ozon	22
3.2.1 Ozonbelastung im Jahr 2009	22
3.2.2 Trend der Ozonbelastung	23
3.3 PM10	28
3.3.1 PM10-Belastung im Jahr 2009.....	28
3.3.2 Trend der PM10-Belastung	31
3.3.3 Temporäre PM10-Messungen in Niederbrunnern	33
3.3.4 Die PM10-Messungen im Zillertal im regionalen Kontext	36
3.4 PM2,5 und PM1	40
3.4.1 Trend der PM2,5- und PM1-Konzentration in Illmitz.....	41
3.5 Stickstoffoxide.....	42
3.5.1 NO _y auf dem Sonnblick	45
3.5.2 Ried im Zillertal im Kontext der Nordtiroler Messstellen	45
3.5.3 Trend der Belastung durch Stickstoffoxide	48
3.6 Schwefeldioxid	53
3.6.1 Trend der Schwefeldioxidbelastung	54
3.7 Kohlenmonoxid	57
3.7.1 Trend der CO-Belastung	58
3.8 Schwermetalle im PM10	59
3.8.1 Deposition von Schwermetallen.....	60
3.9 Benzol, Toluol und Xylole	61
3.10 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH).....	62
3.10.1 PAH im PM10.....	62
3.10.2 Deposition von PAH	64
3.11 Nasse Deposition	64
3.12 Partikuläres Sulfat, oxidierte und reduzierte Stickstoffverbindungen	69
3.13 Treibhausgase	72
3.13.1 Kohlendioxid.....	72
3.13.2 Methan	73

4	METEOROLOGISCHE MESSUNGEN	74
4.1	Meteorologische Einflussgrößen auf die Schadstoffbelastung.....	74
4.2	Die Witterung und deren Einfluss auf die Immissionssituation in Österreich im Jahr 2009	75
4.3	Wind.....	82
4.4	Temperatur.....	83
4.5	Globalstrahlung.....	84
4.6	Sonnenscheindauer	85
4.7	Niederschlag.....	87
5	LITERATURVERZEICHNIS	89
	ANHANG 1: DEFINITIONEN UND ABKÜRZUNGEN	92
	ANHANG 2: EINHEITEN UND UMRECHNUNGSFAKTOREN	94
	ANHANG 3: MITTELWERTDEFINITIONEN	95
	ANHANG 4: IMMISSIONSGRENZWERTE UND IMMISSIONSZIELWERTE	96
	ANHANG 5: MESSGERÄTE	99
	ANHANG 6: ANGABEN ZUR QUALITÄTSSICHERUNG	104
	ANHANG 7: VERFÜGBARKEIT DER MESSDATEN	106
	ANHANG 8: SCHADSTOFFWINDROSEN	107

ZUSAMMENFASSUNG

Luftschadstoffmessungen

Das Umweltbundesamt betreibt gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) und Ozongesetz sowie im Rahmen des Global Atmosphere Watch-Messprogramms (GAW¹) der World Meteorological Organization (WMO²) insgesamt acht Messstellen in Österreich, an welchen die in der nachfolgenden Tabelle angeführten Luftschadstoffe gemessen werden.

Tabelle: Immissionsmessungen an den Umweltbundesamt-Messstellen im Jahr 2009.

Messstelle	Ozon (O ₃)	Schwefeldioxid (SO ₂)	PM10	PM2,5, PM1	Stickstoff-oxide (NO, NO ₂)	Kohlenmonoxid (CO)	nasse Deposition
Enzenkirchen (ENK)	x	x	x		x		
Illmitz (ILL)	x	x	x	x	x	x	x
Klöch (KLH)			x		x		
Pillersdorf (PIL)	x	x	x		x		
Ried im Zillertal (ZIL)	x		x		x		
Sonnblick (SON)	x				x ¹	x	
Vorhegg (VOR)	x	x	x		x	x	x
Zöbelboden (ZOE)	x	x	x		x		x

¹ NO_x: Summe aller oxidierten Stickstoffverbindungen

In der nassen Deposition werden die Ionen Sulfat, Nitrat, Ammonium, Chlorid, Natrium, Kalium, Magnesium und Kalzium analysiert.

Darüber hinaus werden in Illmitz

- Benzol, Toluol und Xylol,
- Blei, Cadmium, Arsen und Nickel im PM10,
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) im PM10,
- die Deposition von Blei, Cadmium, Arsen und Nickel,
- die Deposition von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen,
- partikuläres Sulfat sowie
- oxidierte und reduzierte Stickstoffverbindungen

gemessen.

Drei dieser Messstellen (Illmitz, Vorhegg und Zöbelboden) sind Teil des EMEP-Messnetzes³ der UNECE.

Neben diesen Schadstoffen führt das Umweltbundesamt Konzentrationsmessungen der Treibhausgase Kohlendioxid (CO₂) auf dem Sonnblick und Methan (CH₄) auf dem Zöbelboden durch.

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/>

An den Hintergrundmessstellen (ausgenommen Klösch⁴ und Sonnblick⁵) werden darüber hinaus die meteorologischen Parameter Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, relative Feuchte, Globalstrahlung, Sonnenscheindauer, Niederschlag und Luftdruck erfasst.

Die meteorologischen Verhältnisse im Jahr 2009

Das Jahr 2009 wies im Großteil Österreichs leicht überdurchschnittliche Jahresmitteltemperaturen auf, die zumeist um 0,8 bis 1,1 °C über dem Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 lagen. 2009 lag damit im Trend der letzten – insgesamt relativ warmen – 15 Jahre. Gegenüber dem langjährigen Mittel war die Temperaturabweichung in den Zentralalpen Westösterreichs am geringsten.

Die Niederschlagsmengen hingegen lagen im Großteil Österreichs deutlich über dem langjährigen Mittel, wobei die östliche Hälfte Österreichs besonders regenreich war. In Wien sowie im Großteil Niederösterreichs, des Burgenlandes und der Steiermark wurden mehr als 125 % der üblichen Niederschlagsmenge erreicht, im zentralen Niederösterreich zwischen dem Kampthal, Wien und St. Pölten sowie im Raum Graz über 150 %. Besonders hohe Niederschlagsmengen wurden im Raum Wien in den Monaten März, Juni und Juli registriert, in weiten Teilen des östlichen und nördlichen Österreichs war Juni der mit Abstand regenreichste Monat.

Im Großteil Österreichs zeichneten sich der Februar und der März durch extrem hohe Schneemengen aus; es folgte ein extrem trockener und warmer April.

Der Witterungsverlauf war insgesamt für relativ geringe Schadstoffbelastungen verantwortlich. Die hohen Regenmengen im Hochsommer trugen zu einer sehr niedrigen Ozonbelastung bei. Auf der anderen Seite war der Winter von sehr häufigen West- und Nordwestwetterlagen mit hohen Niederschlagsmengen, aber relativ selten von Hochdruckwetterlagen geprägt; dies führte insgesamt zu relativ niedrigen Belastungen bei PM₁₀, NO₂ und SO₂.

Ergebnisse der Messungen nach Schadstoffen

Ozon

Die Ozonbelastung lag im Jahr 2009 deutlich unter dem Durchschnitt der letzten Jahre.

Die Ozon-Informationsschwelle wurde 2009 an keiner Hintergrundmessstelle überschritten.

⁴ Meteorologische Messungen durch das Amt der Steiermärkischen Landesregierung.

⁵ Meteorologische Messungen durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurde im aktuellen Bezugszeitraum (Mittelwert 2007–2009) an den Messstellen Illmitz, Pillersdorf, Vorhegg und Zöbelboden (sowie auf dem Sonnblick) überschritten; der Zielwert zum Schutz der Vegetation wurde im Bezugszeitraum 2005–2009 an allen Hintergrundmessstellen überschritten.

Der sehr regenreiche Sommer 2009 führte zu einer vergleichsweise niedrigen Ozonbelastung. Besonders hohe Niederschlagsmengen traten im Norden und Nordosten Österreichs auf, d. h. in jenen Regionen, die in der Regel die höchsten Ozonspitzenbelastungen aufweisen.

Bei allen Belastungsparametern liegt das Jahr 2009 deutlich unter dem Durchschnitt und gehört zusammen mit 2008 zu den am niedrigsten belasteten Jahren seit Beginn der Messung. Lediglich Vorhegg (Kärnten) war weniger von den ungünstigen Witterungsbedingungen des Sommers 2009 betroffen.

Innerhalb der letzten 15 bis 20 Jahre zeigen alle Belastungsparameter einen relativ unregelmäßigen, stark von der Witterung beeinflussten Verlauf, wobei die meisten Messstellen in den Jahren 2000, 2003 und 2006 die höchsten Belastungen aufwiesen. Die Spitzenbelastung ging seit den frühen Neunzigerjahren tendenziell zurück, allerdings weist z. B. das 98-Perzentil der Einstundenmittelwerte nur in Illmitz und Pillersdorf eine statistisch signifikante – quantitativ sehr geringe – Abnahme auf.

Die statistisch signifikant steigenden Trends der Jahresmittelwerte, die über den Zeitraum von den frühen Neunzigerjahren bis 2006 beobachtet wurden, haben durch die Abnahme der mittleren Ozonkonzentration zwischen 2006 und 2008 mittlerweile ihre Signifikanz verloren. Die meisten Hintergrundmessstellen zeigen über den gesamten Messzeitraum nach wie vor eine (nicht signifikante) Zunahme der Jahresmittelwerte.

PM10, PM2,5 und PM1

Die Grenzwerte des IG-L für PM10 (maximal 30 Tagesmittelwerte pro Kalenderjahr über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert) wurden im Jahr 2009 an allen Hintergrundmessstellen eingehalten.

Die meisten Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (23 Tage) wurden in Illmitz gemessen, wo mit $21,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auch der höchste Jahresmittelwert registriert wurde. An zweiter Stelle findet sich bei beiden Belastungsparametern Pillersdorf, wo 21 Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auftraten; Klösch registrierte 13 TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Enzenkirchen und Ried i. Z. wiesen jeweils sieben, Vorhegg und Zöbelboden keine TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

Im langjährigen Vergleich war 2009 ein unterdurchschnittlich belastetes Jahr. An allen Messstellen wiesen die Jahre 2007 bis 2009 eine relativ ähnliche und niedrige PM10-Belastung auf; 2009 war die Belastung etwas höher als im bisher am niedrigsten belasteten Jahr 2007. Ausschlaggebend für die niedrige PM10-Belastung der Jahre 2007, 2008 und 2009 war das relativ warme und wechselhafte Wetter in den Wintermonaten. Kontinentale Hochdruckwetterlagen, die mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen, tiefen Temperaturen und Ferntransport aus Ostmitteleuropa verbunden sind, waren vergleichsweise selten.

Die österreichischen PM₁₀-Emissionen veränderten sich zwischen 2000 und 2008 praktisch nicht, die starke Variabilität der beobachteten PM₁₀-Belastung ist weitestgehend auf meteorologische Einflussfaktoren – einschließlich Ferntransport – zurückzuführen.

Der Jahresmittelwert von PM_{2,5} betrug in Illmitz im Jahr 2009 17,2 µg/m³, der Jahresmittelwert von PM₁ 11,5 µg/m³.

Der Anteil von PM_{2,5} und PM₁ am PM₁₀ lag 2009 innerhalb der langjährig beobachteten Variationsbreite – für PM_{2,5} zwischen 76 und 80 %, für PM₁ zwischen 54 und 61 %.

Stickstoffoxide

Die Grenzwerte und Zielwerte für NO₂ zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurden im Jahr 2009 an allen Hintergrundmessstellen eingehalten.

Der Grenzwert zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation für NO_x (30 µg/m³ als Jahresmittelwert) wurde in Ried im Zillertal mit 34 µg/m³ überschritten; an den anderen Hintergrundmessstellen wurde er eingehalten.

Die höchsten NO₂- und NO_x-Jahresmittelwerte (18 bzw. 34 µg/m³) des Hintergrundmessnetzes sowie die höchsten Tages- und Halbstundenmittelwerte registrierte die im August 2008 in Betrieb genommene Messstelle Ried im Zillertal. Insbesondere im Winter lag hier die NO₂- bzw. NO_x-Belastung deutlich über dem Niveau, das an den außeralpinen Hintergrundmessstellen beobachtet wird. Besonders hohe NO₂- bzw. NO_x-Konzentrationen traten in den Morgenstunden auf, wenn hohe Emissionen aus Straßenverkehr und Hausbrand mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen zusammenfallen.

Unter den außeralpinen Messstellen war, wie in den letzten Jahren, Enzenkirchen mit einem NO₂-JMW von 13 µg/m³ die am höchsten belastete, gefolgt von Pillersdorf (NO₂-JMW 10 µg/m³), Klösch und Illmitz (je 9 µg/m³). Deutlich niedriger, mit JMW zwischen 4 und 6 µg/m³, war die NO₂-Belastung in Vorhegg und auf dem Zöbelboden im Mittelgebirge.

Die NO_x- und die NO₂-Belastung nahmen in den Neunzigerjahren, parallel zum Rückgang der NO_x-Emissionen, an allen Hintergrundmessstellen ab; in den Jahren zwischen 1999 und 2005 stiegen – bei stagnierenden gesamtösterreichischen NO_x-Emissionen – die Konzentrationen von NO₂ und NO_x wieder deutlich an. In den letzten Jahren wird der Verlauf der NO₂- bzw. NO_x-Konzentrationen wesentlich vom Witterungsverlauf bestimmt, wobei 2009 eine relativ hohe Belastung aufwies. Die statistisch signifikanteste Zunahme der NO₂- bzw. NO_x-Belastung seit 1999 weist die Messstelle Zöbelboden auf.

Schwefeldioxid

Die SO₂-Belastung lag 2009 an allen Hintergrundmessstellen weit unter den Grenzwerten des IG-L.

Der höchste SO₂-Jahresmittelwert wurde 2009 mit 2,1 µg/m³ in Pillersdorf gemessen, der niedrigste mit 0,4 µg/m³ in Vorhegg.

Pillersdorf registrierte mit $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den höchsten Halbstundenmittelwert, der höchste Tagesmittelwert im Hintergrundmessnetz trat mit $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Illmitz auf.

Die außeralpinen Hintergrundmessstellen zeigen, dass nach wie vor Ferntransport aus Ostmitteleuropa die SO_2 -Hintergrundbelastung bestimmt. Die dominierenden SO_2 -Quellen sind in Nordmähren und Südpolen, in Bratislava und in Südosteuropa zu lokalisieren.

Der in den Neunzigerjahren beobachtete deutliche Rückgang der SO_2 -Hintergrundbelastung hat sich seit 2000 verflacht. In den Jahren zwischen 2000 und 2006 lag die Hintergrundbelastung an den außeralpinen Messstellen um $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$; von 2006 auf 2007 ging sie nochmals auf etwa $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zurück. 2009 war an den meisten Messstellen das Jahr mit der zweitniedrigsten SO_2 -Belastung (nach 2008).

Kohlenmonoxid

Die CO-Belastung lag 2009 an allen Hintergrundmessstellen weit unter dem Grenzwert des IG-L. Der Jahresmittelwert betrug 2009 in Illmitz $0,29 \text{ mg}/\text{m}^3$, in Vorhegg $0,21 \text{ mg}/\text{m}^3$ und auf dem Sonnblick $0,17 \text{ mg}/\text{m}^3$. Der höchste Achtstundenmittelwert wurde mit $0,95 \text{ mg}/\text{m}^3$ in Illmitz gemessen.

Nach einem Rückgang in den Neunzigerjahren, parallel zur Abnahme der österreichischen CO-Emissionen, wies die CO-Belastung an den Hintergrundmessstellen bis 2006 einen Anstieg auf, der sich einer Interpretation entzieht. In den letzten Jahren nahm die CO-Belastung wieder ab.

Schwermetalle im PM10

Die Konzentrationen von Blei, Cadmium, Arsen und Nickel lagen in Illmitz deutlich unter den Grenz- bzw. Zielwerten des IG-L. Die Blei-Konzentration betrug in Illmitz im Jahresmittel für 2009 $0,006 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die Cadmium-Konzentration $0,3 \text{ ng}/\text{m}^3$, die Arsen-Konzentration $1,0 \text{ ng}/\text{m}^3$, die Nickel-Konzentration $1,4 \text{ ng}/\text{m}^3$.

Die Konzentration aller Schwermetalle zeigt seit Beginn der Messung (2000) eine ungleichmäßige Abnahme, die bei Blei (um 60 %) und Nickel (um 50 %) am stärksten ausfiel, die Arsen- und Cadmium-Konzentrationen gingen etwa um ein Drittel zurück.

Seit 2008 wird in Illmitz auch die Deposition von Schwermetallen erfasst. Die Messwerte liegen sehr deutlich unter den Grenzwerten des IG-L für die Deposition von Blei und Cadmium.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

In Illmitz werden die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(j)fluoranthen, Dibenz(a,h)anthracen und Indeno(1,2,3)pyren im PM10 sowie in der Staubdeposition analysiert.

Die Konzentration von Benzo(a)pyren betrug im Jahresmittel 2009 in Illmitz $0,63 \text{ ng/m}^3$ (63 % des Zielwertes), die TEF⁶-gewichtete PAH-Summe $1,0 \text{ ng/m}^3$.

In Ried im Zillertal betrug die Benzo(a)pyren-Konzentration im Jahresmittel 2009 $1,06 \text{ ng/m}^3$.

Die B(a)P-Konzentration war in Illmitz damit 2009 höher als 2007 ($0,51 \text{ ng/m}^3$) und 2008 ($0,46 \text{ ng/m}^3$).

Die Deposition von Benzo(a)pyren war 2009 mit $12,8 \text{ ng/(m}^2\text{-Tag)}$ deutlich höher als 2007 ($7,1 \text{ ng/(m}^2\text{-Tag)}$) und 2008 ($7,9 \text{ ng/(m}^2\text{-Tag)}$).

Benzol

Die Benzolkonzentration lag in Illmitz im Jahr 2009 mit einem Jahresmittelwert von $1,1 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ deutlich unter dem Grenzwert des IG-L.

Die Benzolbelastung zeigt in Illmitz in den letzten Jahren einen leicht abnehmenden Trend.

Nasse Deposition

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

Die Deposition oxidierten Schwefels betrug im Jahr 2009 in Illmitz $2,7 \text{ kg/(ha}\cdot\text{Jahr)}$, in Vorhegg $2,2 \text{ kg/(ha}\cdot\text{Jahr)}$, auf dem Zöbelboden $3,9 \text{ kg/(ha}\cdot\text{Jahr)}$; die Deposition oxidierten Stickstoffs belief sich in Illmitz auf $2,5 \text{ kg/(ha}\cdot\text{Jahr)}$, in Vorhegg auf $2,4 \text{ kg/(ha}\cdot\text{Jahr)}$ und auf dem Zöbelboden auf $5,2 \text{ kg/(ha}\cdot\text{Jahr)}$, die Deposition reduzierten Stickstoffs ergab in Illmitz $5,3 \text{ kg/(ha}\cdot\text{Jahr)}$, in Vorhegg $3,2 \text{ kg/(ha}\cdot\text{Jahr)}$ und auf dem Zöbelboden $7,4 \text{ kg/(ha}\cdot\text{Jahr)}$.

Bei den Äquivalenten für Versauerung und Eutrophierung sind an allen drei Messstellen die Anteile der reduzierten Stickstoffverbindungen höher als jene der oxidierten.

Die Deposition oxidierter Schwefel- sowie oxidierter und reduzierter Stickstoffverbindungen nahm in den letzten 20 Jahren an allen Hintergrundmessstellen tendenziell ab, teilweise allerdings mit großen Variationen von Jahr zu Jahr.

Der Eintrag oxidierter Schwefelverbindungen zeigt an allen Messstellen einen statistisch hoch signifikant abnehmenden Trend.

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen ist an den Hintergrundmessstellen seit etwa 2003 allerdings wieder ein Anstieg der Deposition festzustellen, in Illmitz besonders markant seit 2008.

⁶ Toxizitätsäquivalenzfaktoren.

Partikuläres Sulfat, Nitrat und Ammonium

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

Der Jahresmittelwert der Konzentration von oxidiertem partikulärem Schwefel betrug 2009 in Illmitz $0,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$, von oxidiertem Stickstoff $0,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und von reduziertem Stickstoff $2,59 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Konzentration partikulärer Schwefelverbindungen nahm bis Mitte der Neunzigerjahre stark ab und verharrt seitdem auf einem relativ konstanten Niveau zwischen $0,8$ und $1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In den Jahren zwischen 2000 und 2005 nahm die Konzentration der partikulären Schwefel- und oxidierten Stickstoffverbindungen in Illmitz zu, danach wieder ab. Es ist allerdings kein langjähriger Trend erkennbar.

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. 2009 wurde ein Jahresmittelwert von 388 ppm registriert.

1 EINLEITUNG

Das Umweltbundesamt betrieb im Jahr 2009 gemäß Immissionsschutzgesetz Luft (IG-L) und gemäß Ozongesetz in Österreich insgesamt acht Luftgütemessstellen⁷ (siehe Abbildung 1 und Tabelle 1). Diese Messstellen 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 Europe⁸), welches innerhalb der Konvention über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigungen⁹ betrieben wird und der Ermittlung von großräumigem, grenzüberschreitendem Schadstofftransport dient. Der Standort 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. Das 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 Konzentrationen der anderen Schadstoffe liegen im regionalen Hintergrund durchwegs unter den Grenzwerten bzw. Zielwerten.

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 (WMO¹⁰) durchgeführt. Darüber hinaus misst das Umweltbundesamt die Konzentration des Treibhausgases Methan (CH₄) auf dem Zöbelboden.

⁷ Die Messstelle St. Sigmund wurde durch die Messstelle Ried im Zillertal ersetzt.

⁸ <http://www.emep.int>

⁹ <http://www.unece.org/env/lrtap/>

¹⁰ <http://www.wmo.ch>

Der vorliegende Jahresbericht für 2009 enthält für die gemessenen Luftschadstoffe einschließlich der nassen Deposition und für die 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.

2 DAS VOM UMWELTBUNDESAMT BETRIEBENE LUFTGÜTEMESSTNETZ

Insgesamt betrieb das Umweltbundesamt gemäß IG-L und Ozongesetz im Jahr 2009 acht Messstellen, die auf alle Bundesländer mit Ausnahme von Vorarlberg und Wien verteilt sind.

In Tabelle 1 sind jene Komponenten zusammengestellt, die an diesen Messstellen im Jahre 2009 laut Messkonzept-VO erhoben wurden.

Tabelle 1: Immissionsmessungen an den Umweltbundesamt-Messstellen im Jahr 2009.

Messstelle	Ozon (O ₃)	Schwefel-dioxid (SO ₂)	PM10	PM2,5, PM1	Stickstoff-oxide (NO, NO ₂)	Kohlenmon-oxid (CO)	Pb, Cd, As, Ni im PM10	Benzol (C ₆ H ₆)	PAH
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				
Ried im Zillertal (ZIL)	x		x		x				x ²⁾
Sonnblick (SON)	x				x ¹⁾	x			
Vorhegg (VOR)	x	x	x		x	x			
Zöbelboden (ZOE)	x	x	x		x				

¹⁾ NO_y: Summe aller oxidierten Stickstoffverbindungen

²⁾ ohne gesetzliche Verpflichtung gemäß IG-L

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

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 in Kapitel 1 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.

Tabelle 2: Messstellen, an denen Messungen im Rahmen des EMEP-Programms durchgeführt werden.

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

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

Abbildung 1 zeigt die Lage der Messstellen. Eine genauere Lagebeschreibung ist im Bericht „Luftgütemessstellen in Österreich“ (UMWELTBUNDESAMT 2010a) zu finden.

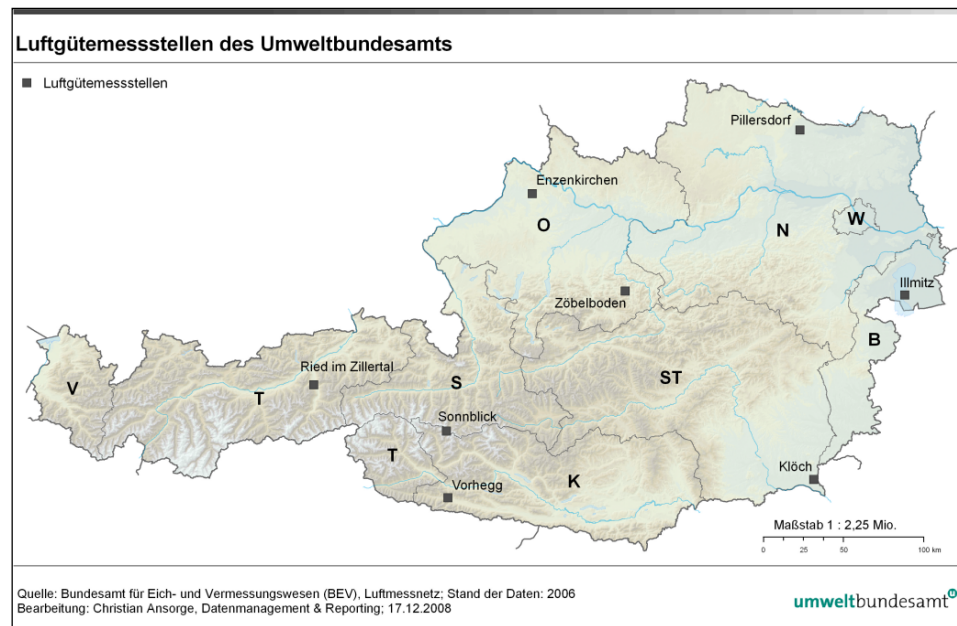


Abbildung 1: Lage der Umweltbundesamt-Messstellen.

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

Tabelle 3: Meteorologische Messungen an den Umweltbundesamt-Messstellen.

Messstelle	Wind	Temperatur	rel. Feuchte	Sonnenscheindauer	Globalstrahlung	Strahlungsbilanz	Niederschlag	Luftdruck
ENK	x	x	x	x	x		x	x
ILL	x	x	x	x	x		x	x
PIL	x	x	x	x	x		x	x
ZIL	x	x	x	x	x		x	x
VOR	x	x	x	x	x		x	x
ZOE	x	x	x	x	x	x	x	x

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

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

Die Messstellen sind in Abbildung 2 bis Abbildung 9 dargestellt.



Abbildung 2: Messstelle Enzenkirchen von Norden. (© Zimmerl/Umweltbundesamt)



Abbildung 3: Messstelle Illmitz von Süden. (© Abt. Luftqualität & Energie/Umweltbundesamt)



Abbildung 4: Messstelle Klöch von Südwesten. (© Sarny/Umweltbundesamt)



Abbildung 5: Messstelle Pillersdorf von Süden. (© Eckl/Umweltbundesamt)



Abbildung 6: Messstelle Ried im Zillertal von Süden. (© Rokop/Umweltbundesamt)



Abbildung 7: Messstelle Sonnblick von Süden. (© Staudinger/ZAMG)



Abbildung 8: Messstelle Vorhegg von Nordosten. (© Singer/Umweltbundesamt)



Abbildung 9: Messstelle Zöbelboden (Wildwiese) von Osten. Im Vordergrund stehen Niederschlags- und Stauniederschlagssammler, rechts WADOS für die nasse Deposition. (© Rokop/Umweltbundesamt)

3 ERGEBNISSE UND INTERPRETATION DER IMMISSIONSMESSUNGEN

3.1 Einleitung

Zur Sicherstellung der Qualität der Messdaten verfügt das Umweltbundesamt über ein Qualitätssicherungs- und Qualitätskontroll-System. Abläufe zur Qualitätssicherung der Messdaten sind in Anhang 6 beschrieben.

Die Qualitätskontrolle der Messdaten erfolgt in mehreren Schritten. 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 Umweltbundesamt 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 dargestellt.

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 , PAH, Cd, As und Ni in ng/m^3), die Werte der Regenganalysen in mg/l , jene der nassen Deposition in $\text{kg}/(\text{ha}\cdot\text{Jahr})$.

Die Genauigkeit der angegebenen Konzentrationen ist vom jeweiligen Messgerät abhängig; die Konzentrationswerte werden mit maximal einer Kommastelle genauer als der Grenzwert angegeben (Ausnahme CO und Schwermetalle im PM10: 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.

3.2 Ozon

3.2.1 Ozonbelastung im Jahr 2009

Im Jahr 2009 wurde die Informationsschwelle ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Einstundenmittelwert) an keiner Hintergrundmessstelle überschritten.

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit (nicht mehr als 25 Tage mit Achtstundenmittelwerten über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde im Mittel über den Zeitraum 2007–2009 an den Messstellen Illmitz, Pillersdorf, Vorhegg und Zöbelboden (sowie auf dem Sonnblick, der allerdings für die Exposition der Menschen nicht repräsentativ ist) überschritten. Im Jahr 2009 traten an den Messstellen Illmitz, Vorhegg, Zöbelboden und Sonnblick Achtstundenmittelwerte über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an mehr als 25 Tagen auf.

Der Zielwert zum Schutz der Vegetation (AOT40-Wert¹¹ Mai–Juli, $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$) wurde im Mittel über die Jahre 2005–2009 an allen Hintergrundmessstellen überschritten. Im Jahr 2009 lag lediglich an den Messstellen Illmitz und Vorhegg (sowie auf dem Sonnblick, der allerdings für die Exposition der Vegetation nicht repräsentativ ist) der AOT40-Wert über $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$.

Der AOT40-Wert zum Schutz des Waldes ($20.000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$), definiert über den Zeitraum von April bis September, wurde 2009 an allen Messstellen außer Ried im Zillertal überschritten.

In Tabelle 4 sind die maximalen (stündlich gleitenden) Einstundenmittelwerte (MW1) der Ozonkonzentration, die Anzahl der Tage mit (stündlich gleitenden) Achtstundenmittelwerten (MW8) über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2009 sowie im Mittel über die Jahre 2007–2009, die AOT40-Werte Mai–Juli 2009 sowie im Mittel über die Jahre 2005–2009 und die AOT40-Werte April–September 2009 an den Messstellen des Umweltbundesamt dargestellt. Tabelle 5 zeigt die Monats- und Jahresmittelwerte der Ozonkonzentration im Jahr 2009.

Tabelle 4: Ozon, maximaler Einstundenmittelwert, Anzahl der Tage mit Achtstundenmittelwerten über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2009 sowie im Mittel über die Jahre 2007–2009, AOT40-Wert Mai–Juli 2009 sowie im Mittel über die Jahre 2005–2009; AOT40-Wert April–Sept. 2009.

Mess- stelle	max. MW1 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Anzahl Tage MW8 > $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2009	durchschnitt- liche Anzahl Tage MW8 > $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 2007–2009	AOT40 Mai–Juli 2009 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)	AOT40 Mai – Juli Mittel 2005–2009 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)	AOT40 April–Sept. 2009 ($\mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$)
ENK	158	20	25	12.977	20.595	29.445
ILL	155	37	33	20.337	26.137	38.858
PIL	179	22	34	15.454	23.577	32.183
ZIL	141	5		6.117		13.451
SON	155	67	77	27.900	33.901	55.445
VOR	171	36	34	20.486	24.475	34.562
ZOE	167	36	33	14.289	21.086	28.851

¹¹ Accumulated Exposure over Threshold of 40 ppb

Tabelle 5: Ozon, Monats- und Jahresmittelwerte im Jahr 2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	ENK	ILL	PIL	ZIL	SON	VOR	ZOE
Jän. 09	31	33	37	14	90	59	56
Feb. 09	44	50	49	32	84	71	65
Mär. 09	62	65	65	46	99	88	80
Apr. 09	100	85	90	71	118	88	105
Mai 09	84	82	81	58	110	90	87
Jun. 09	69	77	75	47	107	82	86
Jul. 09	65	80	77	45	104	80	84
Aug. 09	68	75	79	44	105	77	81
Sep. 09	60	61	67	33	97	60	68
Okt. 09	35	40	40	23	84	50	54
Nov. 09	24	27	26	12	84	45	55
Dez. 09	27	31	26	15	83	v	58
JMW	56	59	59	37	97	71	74

v..... unzureichende Verfügbarkeit

Bemerkenswert sind die hohen mittleren Ozonkonzentrationen im April 2009; an den meisten Messstellen wurde im April der höchste Monatsmittelwert im Jahr 2009 registriert. Diese stehen mit dem außerordentlich warmen und sonnigen Wetter im April in Verbindung (siehe Abbildung 39). Demgegenüber war der Sommer 2009 ziemlich verregnet (siehe Kapitel 4.2 und Abbildung 40) – besonders im Gebiet nördlich der Alpen – und von eher wechselhaftem Wetter gekennzeichnet, was zu einer vergleichsweise niedrigen Ozonbelastung führte.

Im räumlichen Kontext weist Ried im Zillertal bei allen Belastungsparametern die niedrigsten Werte auf. Ried liegt als einzige Hintergrundmessstelle in einem alpinen TalM; diese topographische Situation führt zu einem markanten Tagesgang mit sehr niedrigen Ozonbelastungen in der Nacht. Verantwortlich dafür ist starker Ozonabbau durch Reaktion mit allen Oberflächen, vor allem Pflanzen, der unterhalb einer bodennahen Inversion nicht durch Austausch mit höheren Luftschichten oder horizontalen Transport ausgeglichen werden kann. Tagsüber steigt die Ozonbelastung in der Regel erst vormittags nach Auflösung der Inversion an. Auf der anderen Seite führten die klimatischen Bedingungen in den Tiroler Tälern nicht zu erhöhter regionaler Ozonbildung, wie sie an den außeralpinen Messstellen, v. a. im Nordosten Österreichs, beobachtet wird.

3.2.2 Trend der Ozonbelastung

Spitzenbelastung

Tabelle 6 gibt die Anzahl der Tage mit Überschreitungen der Informationsschwelle seit 1990 an.

Die Informationsschwelle wurde in den Jahren 2008 und 2009 an keiner Messstelle überschritten. Das Jahr 2009 wies damit, wie 2008, eine deutlich unterdurchschnittliche Belastung auf; dies hängt v. a. mit dem sehr regenreichen und

wechselhaften Wetter in den Sommermonaten zusammen, wobei vor allem der nördliche außeralpine Raum Österreichs – der in der Regel von den höchsten Ozonspitzenkonzentrationen betroffen ist – besonders hohe Niederschlagsmengen aufwies. Den höchsten Einstundenmittelwert erreichte 2009 die Messstelle Pillersdorf mit $179 \mu\text{g}/\text{m}^3$; Illmitz wies einen maximalen MW1 von nur $155 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

Eine robustere Größe als der maximale MW1 ist das 98-Perzentil aller MW1 des Jahres. Bei der Bewertung der Spitzenbelastung anhand des 98-Perzentils der MW1 des Jahres – für die seit Mitte der Neunzigerjahre betriebenen Messstellen in Tabelle 7 angegeben – zeigt sich an allen Messstellen ein abnehmender Trend, der allerdings nur an den Messstellen Illmitz (Konfidenzniveau 95 %, Abnahme – $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr) und Pillersdorf (Konfidenzniveau 90 %, Abnahme – $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr) statistisch signifikant ist.

Das höchste 98-Perzentil der MW1 wurde an den meisten Messstellen 2003 registriert, in Pillersdorf 1994, in Vorhegg 1996 und 2006; deutlich über dem Durchschnitt lag die Belastung an den meisten Messstellen auch 1994, 1995, 2000 und 2006.

Die niedrigsten 98-Perzentile wurden an fast allen Messstellen 2008 registriert, in Pillersdorf 2009 – verantwortlich dafür waren jeweils verregnete und kühle Sommer (siehe Kapitel 4.2). Unter dem Durchschnitt lag die Spitzenbelastung an den meisten Messstellen auch in den Jahren 1997, 1999, 2002, 2004, 2007 und 2009.

Tabelle 6: Ozon, Anzahl der Tage mit Überschreitung der Informationsschwelle ($\text{MW1} > 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$), 1990–2009.

	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
ENK								0	2	0	1	0	0	2	0	1	2	1	0	0
ILL	11	2	7	0	3	3	3	0	5	0	7	0	1	9	0	0	7	4	0	0
PIL			8	0	10	1	0	0	1	0	6	1	1	5	1	4	2	3	0	0
SON	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
VOR		0	2	0	3	1	8	0	1	1	6	2	1	7	1	1	3	1	0	0
ZOE							0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	3	0	0	0

Tabelle 7: Ozon, 98-Perzentil der Einstundenmittelwerte (Spitzenbelastung), 1993–2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
ENK							123	137	130	130	150	124	129	139	129	120	123
ILL	140	143	138	132	132	133	128	142	134	132	152	130	135	132	130	121	127
PIL	132	152	135	129	128	137	125	143	130	130	146	131	132	129	130	124	122
SON			140	144	136	145	134	140	142	135	152	138	139	144	137	132	135
VOR	140	141	135	151		134	131	146	137	127	149	129	135	151	131	120	128
ZOE				137	125	134	124	137	130	125	154	133	134	141	130	123	124

Überschreitung des Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit ($\text{MW8} > 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$)

Der Trend der jährlichen Überschreitungen des Achtstundenmittelwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist in Abbildung 10 dargestellt.

Im Jahr 2009 wiesen alle Messstellen außer Vorhegg eine deutlich unterdurchschnittliche Überschreitungshäufigkeit von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Achtstundenmittelwert auf. Die geringste Belastung wurde in Enzenkirchen, in Illmitz und auf dem Sonnblick im Jahr 2008 registriert, in Pillersdorf 2009, in Vorhegg und auf dem Zöbelboden 1997. Unter dem Durchschnitt lag die Belastung an den meisten Messstellen auch 1991, 1997 und 2004.

Das Jahr mit den meisten Überschreitungen war an allen Messstellen 2003, deutlich überdurchschnittlich belastet waren auch 1992, 1994 und 2000.

Keine Messstelle zeigt einen statistisch signifikanten Trend. Im Mittel über den gesamten Messzeitraum nimmt die Überschreitungshäufigkeit auf dem Sonnblick und dem Zöbelboden zu, in Enzenkirchen, Illmitz, Pillersdorf und Vorhegg ab.

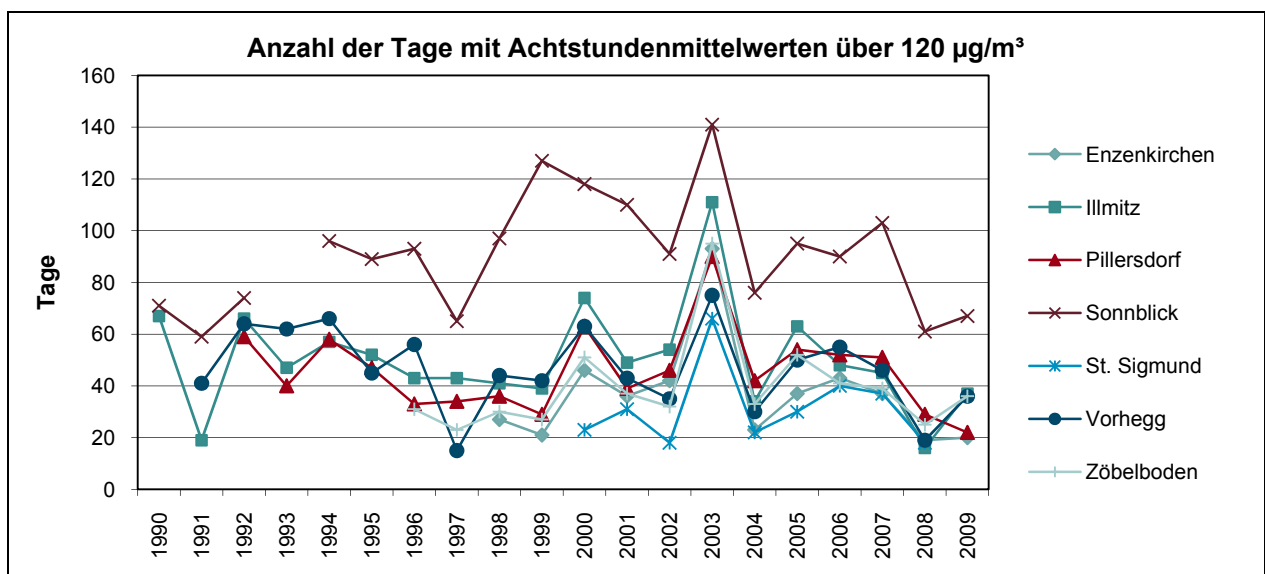


Abbildung 10: Ozon, Anzahl der Tage mit Überschreitung des Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit ($\text{MW8} > 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pro Jahr, 1990–2009.

Trend des AOT40 Mai–Juli

Der Trend der AOT40-Werte gemäß Ozonrichtlinie – die in den meisten Jahren den Zielwert zum Schutz der Vegetation von $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3\cdot\text{h}$ an allen Messstellen überschritten – ist für den Zeitraum 1991–2009 in Abbildung 11 dargestellt.

Die AOT40-Werte des Jahres 2009 lagen an allen Messstellen außer Vorhegg deutlich unter dem Durchschnitt; in Enzenkirchen, in Pillersdorf, auf dem Sonnblick und auf dem Zöbelboden waren es die niedrigsten seit Beginn der Messung. Ausschlaggebend für die ungewöhnlich niedrigen AOT40-Werte des Jahres 2009 waren die für die Ozonbildung sehr ungünstigen Witterungsbedingungen – sehr hohe Regenmengen und kaum Hochdruckwetterlagen – im Sommer 2009 nördlich des Alpenhauptkamms, von denen Vorhegg nicht betroffen war.

In Illmitz und Vorhegg wurde der niedrigste AOT40-Wert 1991 gemessen. Unterdurchschnittliche AOT40-Werte wurden an den meisten Messstellen auch in den Jahren 1997, 1999, 2004 und 2008 registriert.

Die höchsten Belastungen traten an den meisten Hintergrundmessstellen – in Enzenkirchen, in Illmitz, auf dem Sonnblick und dem Zöbelboden – 2003 auf, in Pillersdorf 1994, in Vorhegg 2006. Überdurchschnittliche Belastungen wurden an den meisten Messstellen, neben 2003, vor allem 1994, 2000, 2001 und 2006 registriert.

An keiner Messstelle weisen die AOT40-Werte einen statistisch signifikanten Trend auf. Allerdings zeigen alle Messstellen im Mittel eine Abnahme, die in Enzenkirchen am stärksten, in Pillersdorf am schwächsten ist.

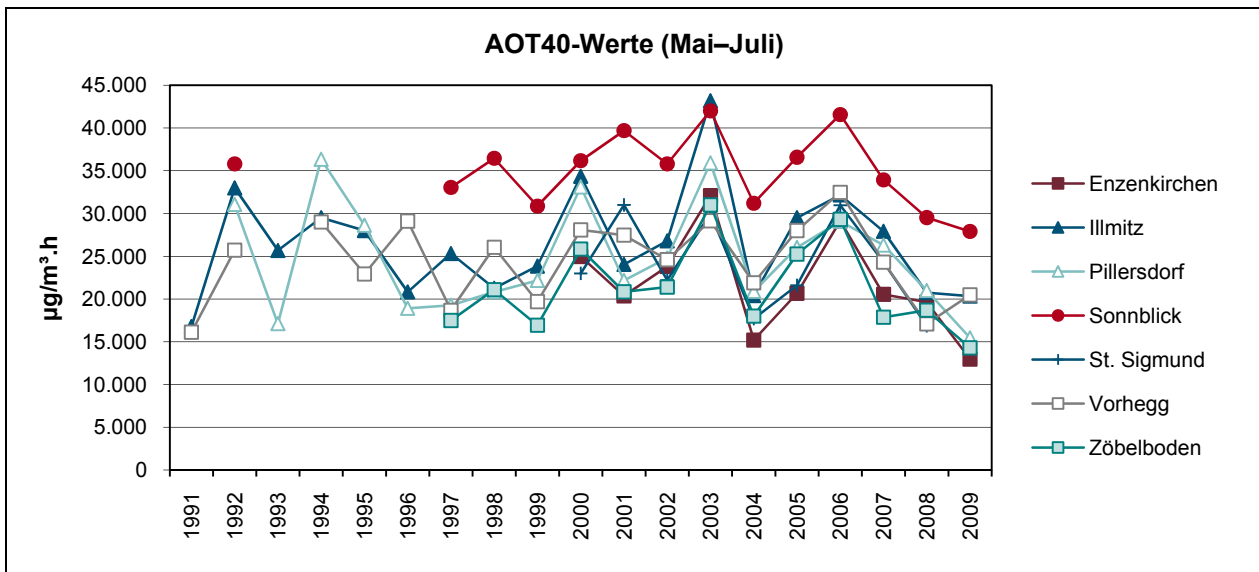


Abbildung 11: Ozon, AOT40-Werte (Mai-Juli) gemäß Ozonrichtlinie pro Jahr, 1991–2009 (in µg/(m³·h)).

Trend der Jahresmittelwerte

In Abbildung 12 und Tabelle 8 werden die Jahresmittelwerte der Ozonmessstellen des Umweltbundesamt für den Zeitraum 1990–2009 dargestellt.

Im langjährigen Vergleich wiesen alle Messstellen im Jahr 2009 – wie auch schon 2008 – unterdurchschnittliche Jahresmittelwerte auf. 2009 wurde in Enzenkirchen und Pillersdorf (hier wurde 1993 mit 59 µg/m³ ein gleich hoher JMW gemessen) der niedrigste Jahresmittelwert seit Beginn der Messung registriert (in Illmitz und auf dem Sonnblick trat dieser 1991, in Vorhegg 2008, auf dem Zöbelboden 1996 auf). Unterdurchschnittlich belastet waren an den meisten Messstellen die Jahre 1991, 1993, 1996, 1997, 2008 und 2009.

Der höchste Jahresmittelwert wurde an allen Hintergrundmessstellen 2003 registriert. Deutlich über dem Durchschnitt war die Belastung auch 2000, 2005 und 2006.

Die Trends der Jahresmittelwerte zeigen an keiner Messstelle statistische Signifikanz. Die statistisch signifikant steigenden Trends, die über den Zeitraum von den frühen Neunzigerjahren bis 2006 beobachtet wurden, haben durch die Abnahme der mittleren Ozonkonzentration zwischen 2006 und 2008 mittlerweile ihre Signifikanz verloren. Die meisten Hintergrundmessstellen zeigen nach wie vor eine (nicht signifikante) Zunahme, die in Pillersdorf mit + 0,3 µg/m³ pro Jahr am stärksten ausfällt; Enzenkirchen und Vorhegg weisen im Mittel eine geringfügige Abnahme der Jahresmittelwerte auf.

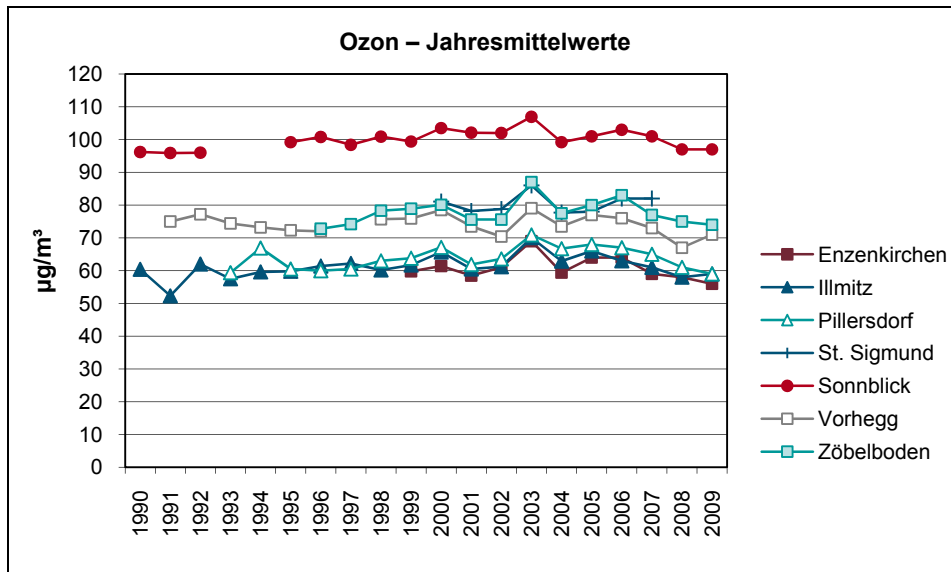


Abbildung 12: Jahresmittelwerte der Ozonkonzentration, 1990–2009 (in µg/m³).

Tabelle 8: Ozon, Jahresmittelwerte, 1990–2009 (in µg/m³).

	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09
ENK										60	61	59	61	69	59	64	64	59	58	56
ILL	60	52	62	58	60	60	61	62	60	62	66	61	61	70	63	66	63	61	58	59
PIL				59	67	61	60	61	63	64	67	62	64	71	67	68	67	65	61	59
SIG											81	78	79	86	87	78	82	82		
SON	96	96	96			99	101	98	101	99	104	102	102	107	99	101	103	101	97	97
VOR		75	77	74	73	72	72		76	76	79	74	70	79	74	77	76	73	67	71
ZOE							73	74	78	79	80	76	76	87	78	80	83	77	75	74

Die Differenz gegenüber der Ozonkonzentration am Sonnblick – dessen Ozonbelastung von regionalen Emissionen und Ozonbildungsprozessen kaum beeinflusst wird – lässt u. U. Rückschlüsse auf Veränderungen des Ozonbildungspotenzials auf einer regionalen Skala zu. Über den vorliegenden Messzeitraum verändert sich bei den Messstellen Enzenkirchen und Illmitz die Differenz der Jahresmittelwerte gegenüber dem Sonnblick kaum. An den Messstellen Pillersdorf und Zöbelboden nimmt die mittlere Ozonkonzentration relativ zu jener am Sonnblick tendenziell ab, d. h. die mittlere Ozonbelastung nahm hier, verglichen mit dem überregionalen Hintergrund, zu. Für Vorhegg vergrößert sich die Differenz relativ zum Sonnblick, hier nahm die Ozonbelastung tendenziell ab. Dies zeigt auch relativ klar der Vergleich zwischen Vorhegg und Zöbelboden, die bis 2001 relativ ähnliche Jahresmittelwerte erfassten, danach steigt die Belastung am Zöbelboden relativ zu Vorhegg an. Auch in Pillersdorf ist in den 2000er-Jahren (nicht aber 2009), verglichen mit Illmitz, ein leichter Anstieg zu verzeichnen.

3.3 PM10

3.3.1 PM10-Belastung im Jahr 2009

Die PM10-Konzentration wurde im Jahr 2009 an den Messstellen Enzenkirchen, Illmitz, Klöch, Pillersdorf, Ried im Zillertal, Vorhegg und Zöbelboden gemessen.

Die Grenzwerte des IG-L für PM10 – maximal 30 Tagesmittelwerte pro Kalenderjahr über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert – wurden im Jahr 2009 an allen Messstellen eingehalten.

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 2009 an. Abbildung 13 zeigt den Verlauf der Tagesmittelwerte der PM10-Konzentration.

Die höchste Belastung – sowohl bei der Zahl der Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, als auch beim Jahresmittelwert – wies die Messstelle Illmitz auf. Hier wurden 23 Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und ein Jahresmittelwert von $21,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registriert. An zweiter Stelle findet sich bei beiden Belastungsparametern Pillersdorf, gefolgt von Klöch. Enzenkirchen und Ried im Zillertal wiesen sehr ähnliche Belastungen auf.

Die im Mittelgebirge gelegenen Messstellen Vorhegg und Zöbelboden zeigen wesentlich geringere PM10-Belastungen.

Tabelle 9: PM10, Monats- und Jahresmittelwerte und maximaler TMW (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) sowie Anzahl der Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2009.

	ENK	ILL	KLH	PIL	ZIL	VOR	ZOE
Jän. 09	33,5	48,5	36,5	39,1	42,9	7,1	10,3
Feb. 09	16,1	20,3	19,7	17,2	22,7	5,6	4,7
Mär. 09	12,5	16,9	15,2	14,2	15,3	6,6	5,7
Apr. 09	22,2	26,4	22,6	29,1	15,9	7,1	13,5
Mai 09	15,0	16,4	17,2	15,3	14,0	15,2	11,0
Jun. 09	10,7	12,3	11,2	12,4	10,8	7,9	7,1
Jul. 09	12,9	13,2	14,2	14,6	11,5	9,8	8,4
Aug. 09	17,9	16,2	16,1	17,1	14,4	11,7	11,0
Sep. 09	19,3	21,2	22,2	20,6	13,2	11,7	12,6
Okt. 09	17,1	18,1	16,4	19,0	13,5	8,9	7,1
Nov. 09	16,1	24,6	18,4	21,0	19,5	5,1	5,4
Dez. 09	20,8	26,4	23,2	28,0	21,7	6,0	8,2
TMW > $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	7	23	13	21	7	0	0
JMW 09	17,5	21,8	19,4	20,7	17,8	8,7	8,8
max. TMW	86,2	116,8	87,1	85,0	165,5	33,2	37,9

Die Messstellen in den Niederungen weisen einen ausgeprägten Jahrgang mit erhöhten Konzentrationen im Winter auf, bedingt durch höhere Emissionen und ungünstigere Ausbreitungsbedingungen in Bodennähe während dieser Jahreszeit.

An den höher gelegenen Messstellen ist hingegen die PM10-Konzentration im Sommer höher, da im Winter Bodeninversionen den Transport belasteter Luft aus den Tälern auf die Berge meist unterbinden.

Die meisten Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fielen in die Wintermonate. Die höchsten Konzentrationen traten an den außeralpinen Messstellen sowie in Ried i. Z. im Jänner auf.

Der absolute Höchstwert von $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Ried trat am 1.1. auf und spiegelt Emissionen der Neujahrsfeuerwerke wider.

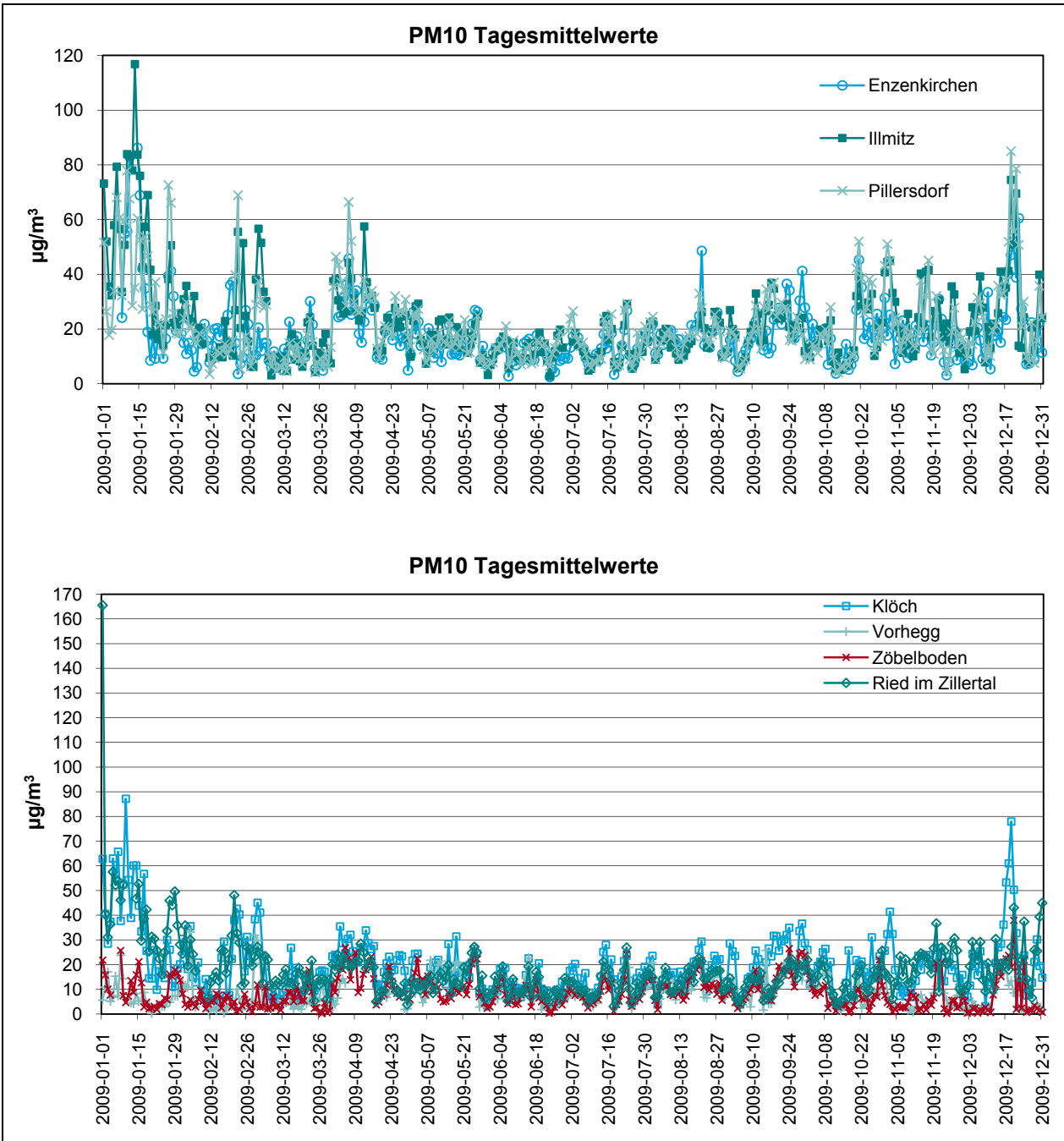


Abbildung 13: Tagesmittelwerte der PM10-Konzentration an den Messstellen Enzenkirchen, Illmitz und Pillersdorf (oben) sowie Klöch, Ried im Zillertal, Vorhegg und Zöbelboden (unten) im Jahr 2009 (in µg/m³).

Parallel zur gravimetrischen Messung wird die PM10-Konzentration in Illmitz, Enzenkirchen, Klöch, Pillersdorf und Ried i. Z. mittels kontinuierlich registrierender Geräte (Ried i. Z.: TEOM-FDMS, alle anderen: β -Absorption FH62I-R) erfasst. Die kontinuierlichen Messverfahren sind in Klöch, Pillersdorf und Ried i. Z. mit der gravimetrischen Referenzmethode äquivalent bzw. wurden im Lauf des Jahres auf äquivalente Messverfahren umgestellt (Datum der Umstellung siehe Anhang 5).

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. 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 aufgezeichneten Werte an den Messstellen Enzenkirchen und Illmitz geben die im Anhang 8 dargestellten Konzentrationswerte eine qualitative Information über die Herkunft der PM₁₀-Belastung bei bestimmten Windrichtungen, nicht aber über das absolute Konzentrationsniveau.

3.3.2 Trend der PM₁₀-Belastung

Die PM₁₀-Messung wurde in Illmitz im Sommer 1999, in Vorhegg im Jänner 2000, auf dem Zöbelboden und in Pillersdorf im Mai 2003, in Enzenkirchen im Jänner 2004, in Klösch im Juni 2006 und in Ried im Zillertal im September 2008 begonnen, so dass Aussagen über einen Trend der PM₁₀-Belastung nicht für alle Messstellen möglich sind.

An allen Messstellen wiesen die Jahre 2007 bis 2009 eine relativ ähnliche PM₁₀-Belastung auf, wobei diese drei Jahre die niedrigsten Konzentrationen seit Beginn der Messung aufwiesen (siehe Abbildung 14). 2009 war die Belastung dabei etwas höher als im bisher am niedrigsten belasteten Jahr 2007.

Die Anzahl der Tage über 50 µg/m³ (siehe Abbildung 15) weist noch stärkere Variationen von Jahr zu Jahr auf als der Jahresmittelwert (wobei die sehr seltenen Überschreitungen an den alpinen Messstellen Vorhegg und Zöbelboden wenig aussagekräftig sind). An den im außeralpinen Flach- und Hügelland gelegenen Messstellen wiesen die Jahre 2007 bis 2009 die geringste Häufigkeit an Überschreitungen des Tagesmittelwerts von 50 µg/m³ auf (Enzenkirchen ist 2004 nur beschränkt vergleichbar, da die Messung erst Ende Jänner begonnen wurde).

Ausschlaggebend für die niedrige PM₁₀-Belastung der Jahre 2007, 2008 und 2009 war das überwiegend relativ warme und wechselhafte Wetter in den Wintermonaten. Kontinentale Hochdruckwetterlagen, die mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen, tiefen Temperaturen und Ferntransport aus Ostmitteleuropa verbunden sind, waren vergleichsweise selten.

Die österreichischen PM₁₀-Emissionen (siehe Abbildung 14) veränderten sich zwischen 2000 und 2008 praktisch nicht, sie lagen 2008 (für 2009 liegen noch keine Emissionsdaten vor) nur 3 % niedriger als 2000. Die starke Variabilität der beobachteten PM₁₀-Belastung ist also weitestgehend auf meteorologische Einflussfaktoren – einschließlich Ferntransport – zurückzuführen.

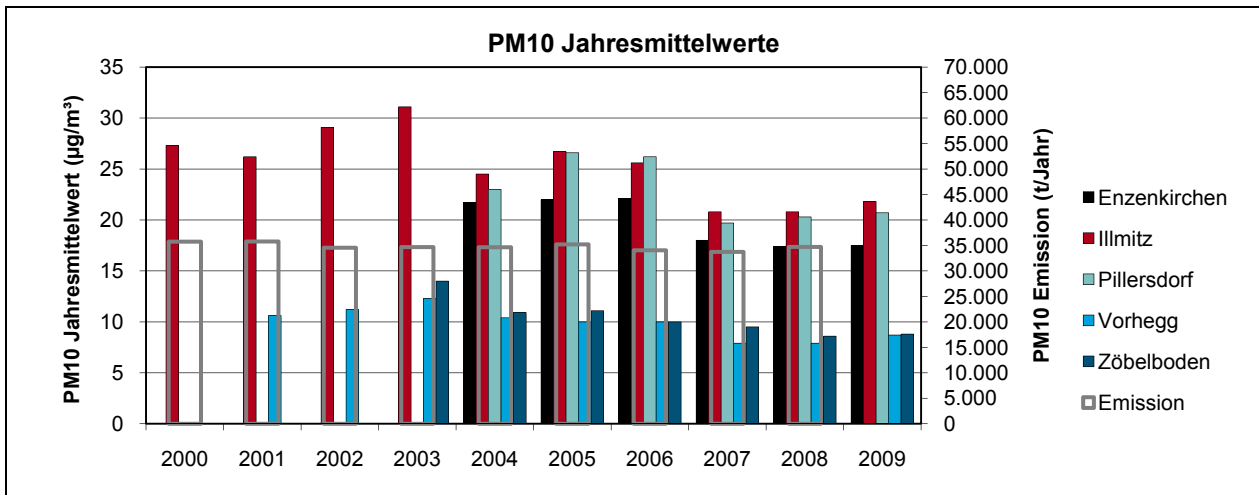


Abbildung 14: Jahresmittelwerte der PM10-Konzentration, 2000–2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und PM10-Emissionen 2000–2008 (in t/Jahr).

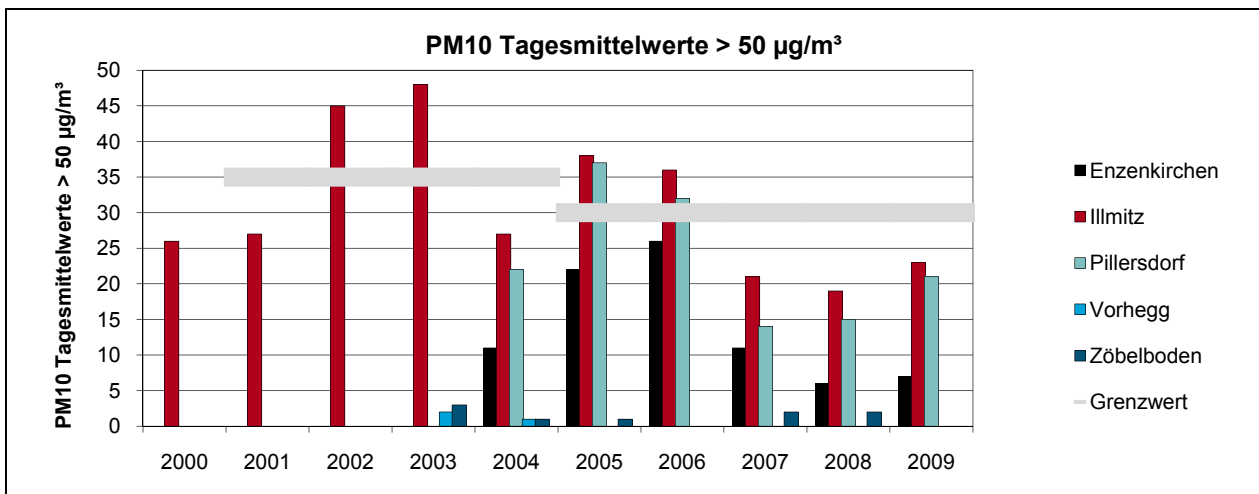


Abbildung 15: PM10, Anzahl der Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 2000–2009 (Enzenkirchen ab 29.1.2004).

Die Unterschiede der PM10-Belastung von Jahr zu Jahr sind im Wesentlichen auf meteorologische Faktoren zurückzuführen: 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 für die Überschreitungshäufigkeit von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als TMW, 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. Der Winter 2006/07 war der wärmste der letzten Jahrzehnte.

Im Winter 2008/09 war der Jänner sehr kalt und von hohen PM10-Belastungen betroffen. Februar und März waren vor allem nördlich des Alpenhauptkamms sehr schneereich, West- und Nordwestwetterlagen überwogen.

Die Schadstoffwindrosen, welche anhand der kontinuierlichen PM10-Messdaten erstellt werden, erlauben auch Tendaussagen über die PM10-Belastung bei einzelnen Windrichtungssektoren, wenngleich zu beachten ist, dass die kontinuierlichen PM10-Daten quantitativ nicht mit den gravimetrischen Daten vergleichbar sind.

Die windrichtungsabhängige Auswertung zeigt, dass in Enzenkirchen 2006 und 2009 die PM10-Belastung bei Ostwind – d. h. bedingt u. a. durch Ferntransport aus Ostmitteleuropa – überdurchschnittlich hoch war. Insgesamt zeigt die Belastung bei Ost- und bei Westwind einen ähnlichen zeitlichen Verlauf.

In Illmitz nahm die mit Nordwestwind verbundene PM10-Belastung seit 2004 etwas stärker ab als jene bei Südostwind. Besonders hohe Beiträge bei Nordwestwind (d. h. durch Ferntransport aus Tschechien und Polen) lassen sich 2003 und 2006 identifizieren, besonders hohe Beiträge bei Südostwind (durch Ferntransport v. a. aus Ungarn, Serbien und Rumänien) in den Jahren 2002 und 2005. Die beiden Hauptwindrichtungen zeigen relativ unterschiedliche zeitliche Verläufe.

In Pillersdorf zeichnen sich 2005 und 2006 besonders hohe Beiträge bei Nordostwind, d. h. bei Ferntransport aus Mähren und Polen, ab.

3.3.3 Temporäre PM10-Messungen in Niederbrunnern

Zwischen 24.2. und 17.5.2006 sowie zwischen 14.1. und 30.4.2009 wurden in Niederbrunnern, einem Dorf im oberösterreichischen Alpenvorland nordwestlich von Steyr, PM10-Messkampagnen durchgeführt (UMWELTBUNDESAMT 2007), 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 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 weist eine höhere PM10-Belastung als Enzenkirchen auf, wobei diese Unterschiede in hoch belasteten Jahren mit stärkerem Ferntransport größer sind (JMW 2006 in Enzenkirchen $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in Pillersdorf $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$; 2009 19 bzw. $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

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 des Gesamtzeitraumes der beiden Jahre 2006 und 2009 (in dem an insgesamt 190 Tagen PM10-Werte von Niederbrunnern und an 182 von Niederbrunnern, Enzenkirchen und Pillersdorf gleichzeitig vorliegen) ist in Tabelle 10 dargestellt.

Tabelle 10: Vergleich der PM10-Belastung in Enzenkirchen, Niederbrunnern und Pillersdorf: Mittelwert über jenen Zeitraum, in dem an allen Messstellen Daten vorliegen (182 Tage) sowie Anzahl der TMW über 50 µg/m³.

	Enzenkirchen	Niederbrunnern	Pillersdorf
Mittelwert (in µg/m³)	20	24	24
TMW > 50 µg/m³	6	11	14

Insgesamt ist die PM10-Belastung in Niederbrunnern damit ähnlicher jener in Pillersdorf als in Enzenkirchen, allerdings decken sich die Überschreitungstage zwischen Niederbrunnern und Pillersdorf nur etwa zur Hälfte. Von den elf Überschreitungstagen in Niederbrunnern fallen sieben mit Überschreitungen in Pillersdorf zusammen; an vier Tagen weist nur Niederbrunnern einen TMW über 50 µg/m³ auf, an sieben Tagen nur Pillersdorf.

Fünf Überschreitungstage in Niederbrunnern und Enzenkirchen fallen zusammen; an sechs Tagen weist nur Niederbrunnern, an einem Tag nur Enzenkirchen eine Konzentration über 50 µg/m³ auf.

Tabelle 11 stellt den Zusammenhang der in Niederbrunnern gemessenen PM10-Belastung mit Ferntransport bzw. regionaler Schadstoffakkumulation – beurteilt anhand der großräumigen Windverhältnisse bzw. Rückwärtstrajektorien – dar, wobei jene Tage selektiert werden, an denen die Belastung in Niederbrunnern über 45 µg/m³ lag (um – gegenüber einer Auswertung der TMW über 50 µg/m³ – die Datenbasis zu verbreitern).

An insgesamt acht Tagen bestimmte Ferntransport von Osten bis Norden die PM10-Belastung, die an diesen Tagen praktisch immer einen Ost-West-Gradienten aufwies; Niederbrunnern wies eine niedrigere Belastung als Pillersdorf und eine höhere als Enzenkirchen auf.

Neun Tage waren von Ferntransport von Nordosten oder Norden gemeinsam mit anschließender regionaler Schadstoffakkumulation – erkennbar an hohen Verweilzeiten der Rückwärtstrajektorien in Oberösterreich – verbunden. Überwiegend regionale Schadstoffakkumulation betraf acht Tage über 45 µg/m³. Diese Tage wiesen teilweise sehr variable Belastungsverteilungen auf, wobei Pillersdorf an einigen Tagen deutlich geringere PM10-Belastungen als Niederbrunnern erfasste.

Ferntransport – teilweise bei Wetterlagen mit regionaler Schadstoffakkumulation – erreichte das oberösterreichische Alpenvorland stets von Osten, d. h. über das Weinviertel und das niederösterreichische Alpenvorland, nicht über das Mühlviertel, wie die stets niedrigen PM10-Konzentrationen in Grünbach bei Freistadt zeigen.

Tabelle 11: PM10-Belastung in Pillersdorf und Enzenkirchen in Abhängigkeit von Ferntransport und regionaler Schadstoffakkumulation (an Tagen mit TMW über 45 µg/m³ in Niederbrunnern).

	Pillersdorf	Enzenkirchen	Anzahl Tage
Ferntransport von Norden oder Osten	über 45 µg/m ³	über 45 µg/m ³	1
		unter 45 µg/m ³	3
regionale Akkumulation und Ferntransport von Norden oder Osten	über 45 µg/m ³	über 45 µg/m ³	2
	über 45 µg/m ³	unter 45 µg/m ³	1
	unter 45 µg/m ³	über 45 µg/m ³	1
regionale Akkumulation	unter 45 µg/m ³	unter 45 µg/m ³	3
	über 45 µg/m ³	über 45 µg/m ³	4
	über 45 µg/m ³	unter 45 µg/m ³	2
	unter 45 µg/m ³	unter 45 µg/m ³	2

Steyr, etwa 15 km südöstlich von Niederbrunnern, wies eine geringfügig niedrigere Belastung als diese Messstelle auf – 10 TMW über 50 µg/m³ und einen Mittelwert von 23 µg/m³ während der Messperiode in Niederbrunnern.

Während der Messperiode in Niederbrunnern wiesen beide Standorte an 14 Tagen Konzentrationen über 45 µg/m³ auf, an sechs Tagen nur Niederbrunnern, an einem Tag nur Steyr.

Diese Diskrepanz lässt sich möglicherweise derart erklären, dass Steyr gegenüber Ferntransport von Osten, aber auch gegenüber Schadstofftransport aus dem Raum Linz stärker abgeschirmt ist als Niederbrunnern.

Damit lassen sich folgende Schlussfolgerungen in Hinblick auf die räumliche Repräsentativität des regionalen Hintergrundes im Alpenvorland östlich von Linz ziehen:

- Niederbrunnern weist – ebenso wie die ab Jänner 2010 betriebene Vorkundungsmessstelle Haidershofen an der Enns nördlich von Steyr – eine deutlich höhere PM10-Belastung als Enzenkirchen auf.
- Quantitativ ist die PM10-Belastung in Niederbrunnern (und in Haidershofen) jener in Pillersdorf sehr ähnlich, doch decken sich die Überschreitungstage nur ca. zur Hälfte.
- Damit ist die PM10-Messung weder in Enzenkirchen noch in Pillersdorf für das Alpenvorland östlich von Linz repräsentativ.
- Demgegenüber zeigen die temporären NO₂-Messungen in Niederbrunnern (und Haidershofen), dass die NO₂-Belastung hier jener in Enzenkirchen sehr ähnlich ist und sich die repräsentative Fläche von Enzenkirchen für NO₂ auch auf das Alpenvorland östlich von Linz erstreckt.

3.3.4 Die PM10-Messungen im Zillertal im regionalen Kontext

Die Messstelle Ried im Zillertal wurde im August 2008 in Betrieb genommen. Tabelle 12 gibt einen Vergleich der in Ried gemessenen PM10-Belastung mit jener an den übrigen nordtiroler Messstellen, wobei sowohl der Zeitraum von September 2008 bis Ende 2009 als auch das Kalenderjahr 2009 ausgewertet werden.

Tabelle 12: PM10, Mittelwert und Anzahl der Tagesmittelwerte über 50 µg/m³ an allen Messstellen in Nordtirol, Sept. 2008–Dez. 2009 sowie Jahresmittelwert und Anzahl der Tagesmittelwerte über 50 µg/m³ im Jahr 2009.

	Mittel Sept. 2008–Dez. 2009 (in µg/m ³)	TMW > 50 µg/m ³ (Sept. 2008–Dez. 2009)	JMW 2009 (in µg/m ³)	TMW > 50 µg/m ³ 2009
Brixlegg	22,4	6	22,0	5
Gärberbach	22,8	14	22,2	10
Hall i.T.	22,4	13	22,0	10
Heiterwang	15,8	2	16,1	0
Imst Imsterau	22,2	9	21,5	8
Imst A12	20,4	10	19,6	8
Innsbruck Reichenau	25,1	34	24,4	26
Innsbruck Zentrum	23,0	16	22,7	13
Kramsach Angerberg	15,3	1	15,3	1
Kufstein	18,1	2	18,1	1
Ried i. Z.	18,3	8	17,8	7
Vomp a.d.L.	21,6	10	20,8	6
Vomp A12	23,7	15	23,2	13
Wörgl	22,4	7	21,3	4

Im Gesamtzeitraum registrierte Ried i. Z. acht TMW über 50 µg/m³ und eine mittlere PM10-Konzentration von 18,3 µg/m³, 2009 sieben TMW über 50 µg/m³ und einen JMW von 17,8 µg/m³.

Ried i. Z. weist damit eine vergleichbare mittlere PM10-Belastung wie Kufstein Praxmarerstraße (städtischer Hintergrund) auf. Niedriger als in Ried i. Z. ist die PM10-Belastung in Heiterwang (verkehrsnahe Messstelle im Außerfern in ca. 1.000 m Seehöhe) und in Kramsach Angerberg, ca. 100 m über dem Talboden des Inntals. Alle anderen Tiroler Messstellen zeigen deutlich höhere mittlere PM10-Konzentrationen als Ried.

Bei der Anzahl der TMW über 50 µg/m³ liegt Ried i. Z. mit acht Überschreitungen im Gesamtzeitraum deutlich vor Kufstein (zwei TMW über 50 µg/m³) und weist eine vergleichbare Belastung wie Brixlegg Innweg (industrienah), Imst Imsterau, Vomp an der Leiten (beeinflusst von der A12, aber nicht unmittelbar bei der Autobahn) und Wörgl Stelzhamerstraße (städtischer Hintergrund) auf.

Im Kontext der nordtiroler Messstellen zeigt Ried i. Z. also ein relativ hohes Verhältnis zwischen Überschreitungstagen und Mittelwert, im Vergleich zu den anderen Hintergrundmessstellen allerdings ein eher niedriges.

Alle TMW über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, die in Ried i. Z. gemessen wurden, fallen in eine Episode von 31.12.2008 bis 15.1.2009. In diesen Zeitraum fällt auch Neujahr, an dem fast alle tiroler Messstellen den höchsten TMW des Jahres registrierten, wobei dieser in Ried mit $166 \mu\text{g}/\text{m}^3$ extrem hoch ausfiel – lediglich Wörgl erfasste mit $204 \mu\text{g}/\text{m}^3$ noch eine höhere Belastung. Als einzige Messstelle wies Heiterwang einen TMW unter $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf.

Zwischen 31.12.2008 und 15.1.2009 wiesen die meisten Messstellen in Tirol PM10-Belastungen über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf; keine Überschreitungen wurden in Heiterwang, Kramsach und Kufstein registriert, deutlich weniger als in Ried i. Z. in Brixlegg und Wörgl.

Dafür traten u. a. in Wörgl und Kufstein während einer Episode am 14. und 15.10.2008 höhere PM10-Konzentrationen auf als in Ried i. Z..

Die vergleichsweise niedrige PM10-Belastung in Kufstein und auch noch in Wörgl steht damit in Zusammenhang, dass hier der Luftaustausch zwischen Inntal und Alpenvorland stärker zum Tragen kommt als in weiter aufwärts gelegenen Teilen des Inntals. Tagsüber erreicht vergleichsweise gering belastete Luft Kufstein, während die weiter oben im Tal gelegenen Gebiete nicht nur die Vorbelastung der unterhalb gelegenen Teile des Tals erreichen, sondern auch in wesentlich höherem Ausmaß von Rezirkulation der in der Nacht mit Schadstoffen angereicherten Talluft betroffen sind.

Als Beispiel für eine Belastungsepisode mit räumlich recht einheitlicher PM10-Konzentration zeigt Abbildung 16 den Verlauf der PM10-Belastung an Messstellen im östlichen Nordtirol von 13. bis 17. Oktober 2008.

Die Großwetterlage war zu Beginn der Episode von einem starken Hochdruckgebiet geprägt, das weite Teile Mittel- und Südosteuropas umfasste. Es schwächte sich nach dem 14.10. etwas ab, wobei in Tirol weiterhin sehr ungünstige Ausbreitungsbedingungen bestanden, bis am Abend des 16.10. eine Frontalzone, die mit einem Tief über Skandinavien verbunden war, von Norden her die Alpen überquerte.

Im Zillertal wehte bis zum Abend des 16.10.2008 schwacher, eher unregelmäßiger Wind, nachts meist von Süden (Talauswind), ab dem späten Vormittag meist von Norden (Taleinwind), wie es einer Talwindzirkulation bei mäßig sonnigem Wetter entspricht. Der Frontdurchgang am Abend des 16.10. ist an stärkerem Wind aus Nordwest und intensivem Regen zu erkennen.

Alle Messstellen in Nordtirol waren von einheitlich ungünstigen Ausbreitungsbedingungen betroffen und zeigen relativ parallele Konzentrationsverläufe, wobei zumeist am Abend die höchsten PM10-Belastungen auftreten, bedingt v. a. durch erhöhte Hausbrandemissionen. Ein durch die morgendliche Verkehrsspitze verursachtes Konzentrationsmaximum am Morgen, wie es bei NO_x stark ausgeprägt ist, tritt bei PM10 weniger deutlich in Erscheinung. Insgesamt ist der PM10-Konzentrationsverlauf relativ „glatt“ und zeigt tendenziell eine Konzentrationszunahme von Tag zu Tag, wobei die Messstellen im Inntal eine räumlich sehr einheitliche Belastung aufwiesen. Die PM10-Belastung wird wesentlich von Akkumulation im gesamten nordtiroler Talsystem bestimmt.

In Ried i. Z. stieg die PM10-Konzentration von 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ am 12.10. auf 38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ am 15.10., in Vomp a.d.L. im Inntal – eine Messstelle, die von wesentlich höheren Verkehrs- und Hausbrandemissionen als Ried i. Z. betroffen ist, aber keinen Hot-Spot darstellt – von 20 auf 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in Kufstein von 21 auf 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in Innsbruck Zentrum von 18 auf 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Bei Vergleich der Belastung in Vomp a.d.L. mit Ried i. Z. ergab sich für den 13.10. eine Konzentrationsdifferenz der TMW von 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, die am 14.10.2008 auf 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und am 15.10. auf 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anwuchs, am 16.10. 21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ betrug und am 17.10. – mit guten Ausbreitungsbedingungen – auf 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ schrumpfte.

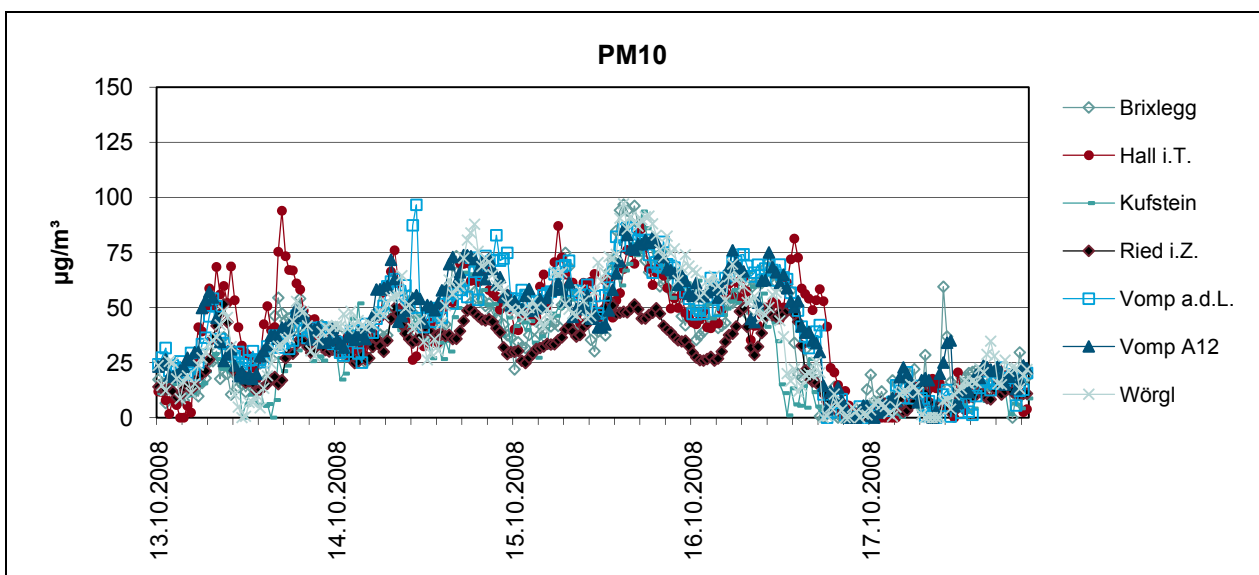


Abbildung 16: Verlauf der PM10-Konzentration im östlichen Nordtirol, 13.10 bis 17.10.2008 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Abbildung 17 zeigt als Beispiel eine Belastungsepisode vom 5.1. bis 9.1.2009 mit räumlich ziemlich uneinheitlichen Konzentrationsverläufen (als Teil einer Belastungsepisode, die bis zum 15.1. anhielt).

Die Großwetterlage war zunächst von einer relativ flachen Luftdruckverteilung geprägt, am 6.1.2009 überquerte eine Frontalzone, die von einem Höhentief über Frankreich ausging, die Alpen von Norden, worauf es über dem Golf von Genua zu Tiefbildung kam. Am 8.1. baute sich ein Hochdruckgebiet über dem westlichen Mitteleuropa auf, das sich am 9.1. ostwärts verlagerte. Obwohl keine markante Hochdruckwetterlage herrschte, war Nordtirol von ungünstigen Ausbreitungsbedingungen mit sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten und eher variablem Wind und einer nur schwach ausgebildeten Talwindzirkulation betroffen.

Die PM10-Belastung war sowohl im Zeitverlauf als auch bei den TMW räumlich sehr unterschiedlich. Die höchsten Konzentrationen traten tendenziell am Abend auf, wobei Gärberbach und die Messstellen in Innsbruck noch deutlich höhere Konzentrationen beobachteten als die Messstellen im Unterinntal und im Zillertal. Vergleichsweise niedrig war die Belastung in Wörgl, noch geringer in Kufstein, wo kaum ausgeprägte Abendmaxima auftraten, wofür der Austausch mit geringer belasteter Luft aus dem Alpenvorland verantwortlich gewesen sein dürfte. Ried i. Z. wies am 5.1., 6.1. und 9.1. relativ markante Morgenmaxima auf, die mit stark erhöhten NO_x -Belastungen einhergingen, sowie hohe PM10-Konzentrationen in der Nacht vom 7.1./8.1.2009.

Die Zeitverläufe deuten darauf hin, dass räumlich unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen zu einer uneinheitlichen Konzentrationsverteilung führten. Schadstoffakkumulation im Inntal und seinen Seitentälern spielte keine Rolle, die Konzentration stieg in diesem Zeitraum nicht an.

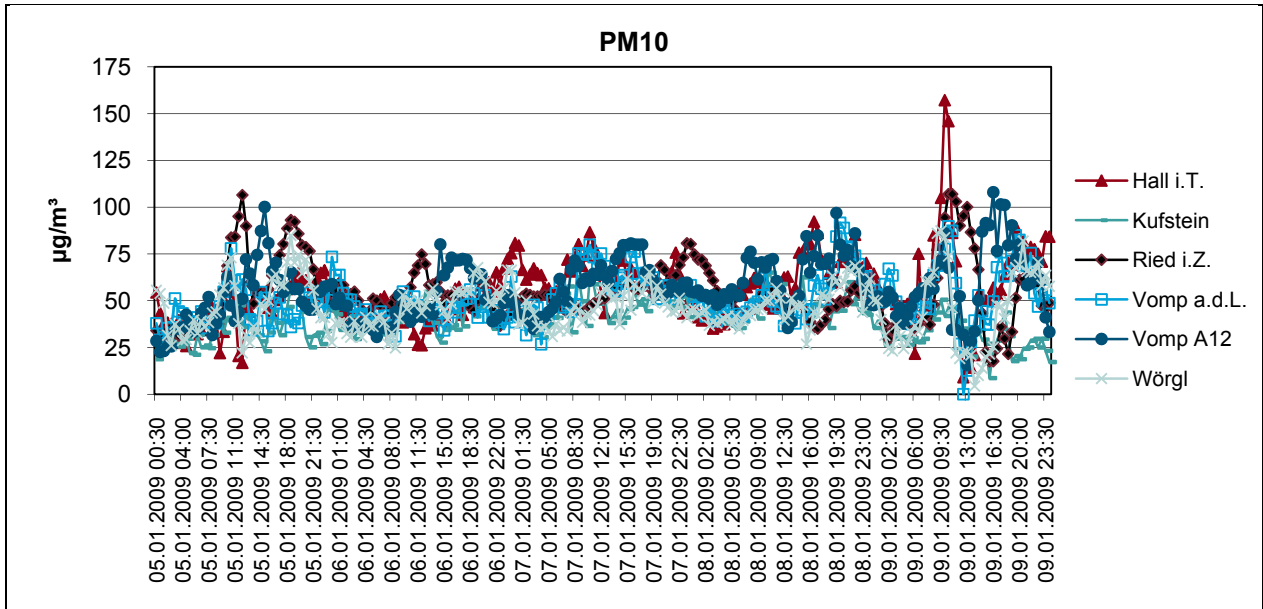


Abbildung 17: Verlauf der PM10-Konzentration im östlichen Nordtirol, 5.1. bis 9.1.2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

In Hinblick auf die Beurteilung der „PM10-Hintergrundbelastung“ in Nordtirol – wobei der „Hintergrund“ durch die Emissionsdichte des Zillertals definiert ist – lassen die Auswertungen mehrerer Belastungsepisoden sowie der Tagesmittelwerte des gesamten Messzeitraums von Ried i. Z. den Schluss zu, dass für das Talsystem des Tiroler Inntals und seiner Seitentäler kein „Hintergrund“ für PM10 identifizierbar ist.¹²

Die Voraussetzung für die Identifizierung eines (regionalen) Hintergrundes sind einheitliche Ausbreitungsbedingungen in dem Gebiet, für den er gelten soll.

Das Talsystem des Tiroler Inntals und seiner Seitentäler weist allerdings eine erhebliche Variabilität hinsichtlich der Talbreite, des Luftmassenaustauschs mit dem Alpenvorland, der Orientierung relativ zu den Bergketten und der Längsneigung der Täler auf.

Durch stärkeren Luftmassenaustausch mit dem Alpenvorland ist das untere Unterinntal – Kufstein, weniger stark Wörgl – durch eine niedrigere PM10-Belastung als weiter talaufwärts gelegene Teile des Talsystems gekennzeichnet.

¹² Eine Auswertung der PM10-Daten der südalpinen Täler deutet darauf hin, dass Obervellach und Pöls Ost demgegenüber zur Beurteilung der PM10-Hintergrundbelastung in den breiten, ebenen Tälern gut geeignet sind. Diese Täler weisen eine ähnliche Talgeometrie und ähnliche Ausrichtung (Ost-West) auf. Obervellach und Pöls Ost sind nicht repräsentativ für V-förmige Täler mit größerer Längsneigung – wo sich die Messstellen Zederhaus und Rennweg befinden; diese Täler weisen niedrigere Belastungen auf als die breiten, flachen Täler.

Die Nord-Süd-orientierten Täler (Zillertal, Wipptal) weisen häufig andere Ausbreitungsbedingungen als das Inntal auf und sind in unterschiedlichem Ausmaß von Föhn betroffen.

Daher zeigt die PM10-Belastung in Nordtirol eine große räumliche Variabilität, die nicht allein durch die (lokalen) Emissionen bedingt ist. Ried i. Z. hat einen ähnlichen JMW wie Kufstein und eine ähnliche Anzahl der TMW > 50 µg/m³ wie Wörgl.

Diese räumlichen Unterschiede bei den Ausbreitungsbedingungen wirken sich bei PM10 ungleich stärker aus als bei NO₂. Die Ursache dafür liegt darin, dass bei PM10 aufgrund seiner langen Lebensdauer Akkumulation und Transportprozesse durch das gesamte Talsystem – einschließlich des Austausches mit dem Alpenvorland – eine vergleichsweise viel größere Rolle spielen als bei NO₂, das – gerade bei den häufigen niedrigen Windgeschwindigkeiten – kaum einige 10 km weit transportiert wird.

3.4 PM2,5 und PM1

Die Konzentration von PM2,5 und PM1 wird in Illmitz erfasst. Die Monats- und Jahresmittelwerte der Konzentration von PM10, PM2,5 und PM1 sowie des Verhältnisses der Konzentrationen der PM-Fraktionen in Illmitz für 2009 sind in Tabelle 13 zusammengestellt.

Tabelle 13: PM10, PM2,5 und PM1, Monats- und Jahresmittelwerte (in µg/m³) sowie Verhältnis der Konzentrationen der PM-Fraktionen in Illmitz im Jahr 2009 (in Prozent).

	PM10	PM2,5	PM1	PM2,5/PM10	PM1/PM10
Jän. 09	48,5	40,9	24,9	86 %	55 %
Feb. 09	20,3	17,2	11,3	86 %	59 %
März 09	16,9	13,6	8,5	82 %	54 %
April 09	26,4	19,1	14,0	71 %	53 %
Mai 09	16,4	10,7	8,4	67 %	53 %
Juni 09	12,3	8,1	6,5	68 %	52 %
Juli 09	13,2	8,8	6,7	67 %	51 %
Aug. 09	16,2	12,0	9,1	74 %	56 %
Sep. 09	21,2	15,6	9,0	72 %	43 %
Okt. 09	18,1	14,7	v	78 %	v
Nov. 09	24,6	21,5	12,7	79 %	53 %
Dez. 09	26,4	23,1	v	87 %	v
JMW 09	21,8	17,2	11,5	76 %	54 %

v Verfügbarkeit zu gering

Abbildung 19 zeigt die Monatsmittelwerte der Konzentrationen der einzelnen PM-Fractionen in Illmitz von 2001 bis 2009 (PM1-Mittelwerte können im Oktober und Dezember 2009 wegen zu geringer Verfügbarkeit nicht angegeben werden), Abbildung 18 den Verlauf der Tagesmittelwerte.

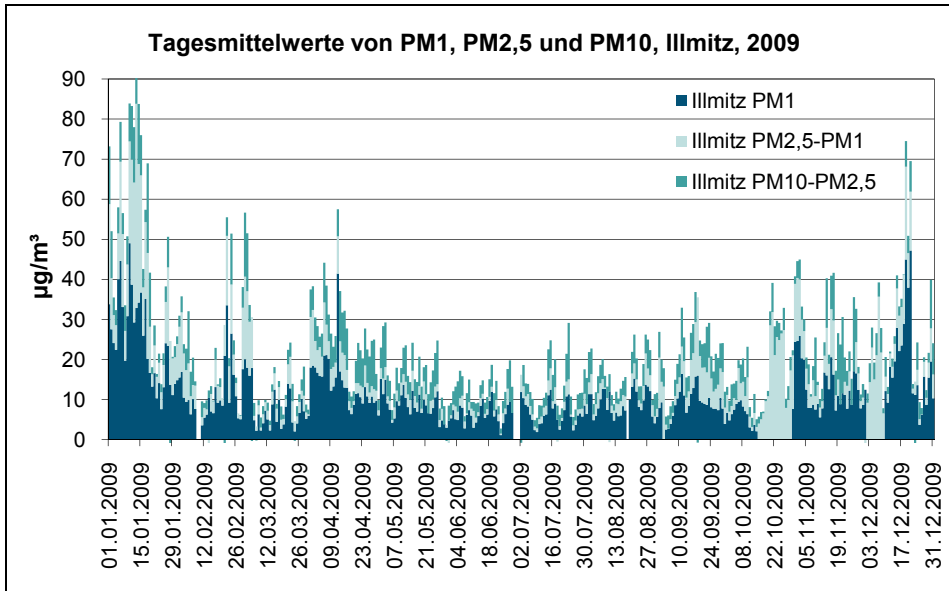


Abbildung 18: Verlauf der Tagesmittelwerte der Konzentration der Fraktionen PM1, PM2,5–PM1 sowie PM10–PM2,5 in Illmitz im Jahr 2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Der PM2,5-Anteil am PM10 betrug im Jahresmittel 2009 76 % (mehrfähriges Mittel: 78 %), der PM1-Anteil 54 %. Im mehrjährigen Verlauf sind die Anteile der einzelnen PM-Fractionen sehr konstant, der PM2,5-Anteil schwankt zwischen 76 und 80 %.

Diese Relativanteile variieren im Jahresverlauf deutlich, wobei im Winter die PM2,5-Anteile höher sind (über 80 %) als im Sommer. Die PM1-Anteile zeigen kein derart klares jahreszeitliches Verhalten.

Im Jahr 2009 zeichneten sich Jänner, September und November durch sehr hohe Anteile der Fraktion zwischen PM1 und PM2,5 aus. Der sehr warme und trockene April wies einen überdurchschnittlichen Anteil der groben Fraktion zwischen PM10 und PM2,5 auf.

3.4.1 Trend der PM2,5- und PM1-Konzentration in Illmitz

Der Trend der Jahresmittelwerte des PM2,5/PM10- bzw. PM1/PM10-Anteils in Illmitz ist in Tabelle 14 dargestellt. Diese Verhältniszahlen weisen über die Jahre praktisch keine Variation auf, der PM2,5-Anteil am PM10 variiert im Jahresmittel zwischen 76 und 80 %, der PM1-Anteil zwischen 54 und 61 %.

Abbildung 19 zeigt die Monatsmittelwerte der Konzentration der Fraktionen PM1, PM2,5–PM1 sowie PM10–PM2,5 in Illmitz.

Tabelle 14: Jahresmittelwerte des PM2,5/PM10- bzw. PM1/PM10-Verhältnisses in Illmitz, 2001–2009 (in Prozent).

	PM2,5/PM10	PM1/PM10
2001	78	
2003	79	
2003	77	58
2004	77	59
2005	80	61
2006	78	58
2007	77	57
2008	80	58
2009	76	54

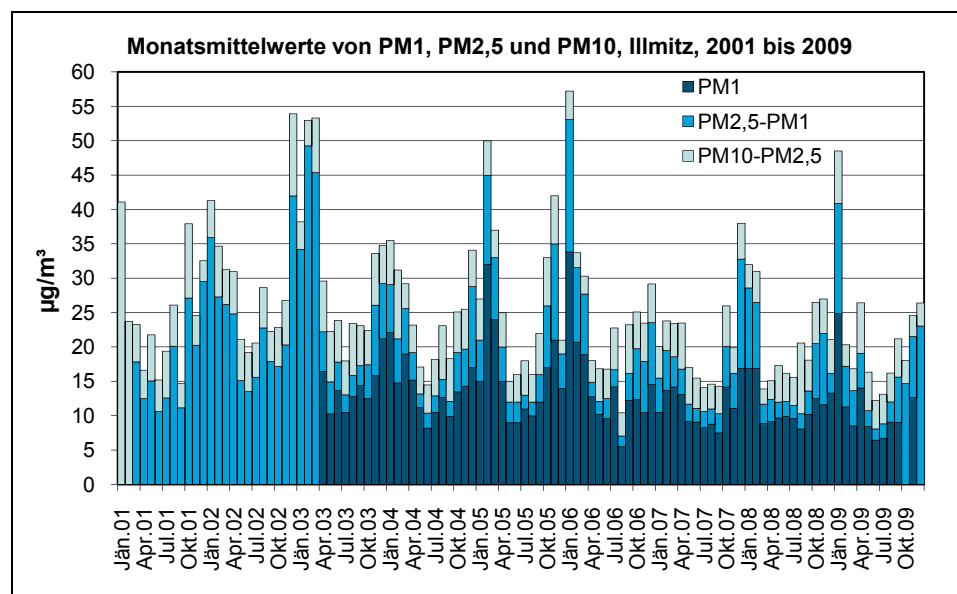


Abbildung 19: Monatsmittelwerte der Konzentration der Fraktionen PM1, PM2,5–PM1 sowie PM10–PM2,5 in Illmitz, 2001–2009 (in µg/m³)

3.5 Stickstoffoxide

Die Grenzwerte des IG-L für NO₂ zum Schutz der menschlichen Gesundheit (HMW 200 µg/m³, JMW 30 µg/m³) wurden im Jahr 2009 an allen Messstellen des Umweltbundesamt eingehalten.

Der Grenzwert für NO_x zum Schutz der Vegetation (30 µg/m³, berechnet als NO₂) wurde mit einem JMW von 34 µg/m³ in Ried im Zillertal überschritten; an den anderen Hintergrundmessstellen wurde er 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 2009 sind in Tabelle 15, der Verlauf der Monatsmittelwerte für NO₂ ist in Abbildung 20 angegeben.

Tabelle 15: Monats- und Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration, Jahresmittelwert der NO-Konzentration (in µg/m³), Jahresmittelwert der NO_x-Konzentration (in µg NO₂/m³) sowie maximale Halbstunden- und Tagesmittelwerte der NO₂-Konzentration (in µg/m³) im Jahr 2009.

	ENK	ILL	KLH	PIL	ZIL	SON	VOR	ZOE
Jän. 09	24,4	17,1	15,8	17,0	46,8	1,2	5,2	9,4
Feb. 09	19,1	10,7	11,1	12,2	34,7	2,9	4,0	8,0
Mär. 09	11,3	7,5	8,1	7,8	21,2	2,4	4,4	5,7
Apr. 09	10,6	8,2	8,1	10,9	10,1	2,6	2,6	5,1
Mai 09	8,4	6,0	6,5	7,6	9,7	2,2	3,1	4,3
Jun. 09	6,9	4,9	5,7	4,2	10,5	2,2	3,0	4,0
Jul. 09	6,0	4,5	5,0	4,1	8,7	2,0	2,6	2,9
Aug. 09	7,1	5,2	4,4	5,6	9,1	2,1	2,9	3,4
Sep. 09	8,7	7,0	6,0	6,9	10,2	1,8	2,8	4,3
Okt. 09	14,0	10,3	9,6	9,0	14,1	1,8	4,1	6,7
Nov. 09	18,5	13,8	15,2		19,9	1,2	4,0	4,5
Dez. 09	20,6	13,6	14,8	16,3	27,1	2,0	5,0	5,9
NO₂ JMW	13,0	9,1	9,1	9,6	18,4	2,0	3,7	5,3
NO JMW	1,4	0,8	0,6	0,6	10,0	0,1	0,4	0,2
NO_x JMW	15,1	10,2	10,1	10,6	33,8	2,2	4,2	5,7
NO₂ max. TMW	49,5	39,3	30,6	36,0	63,4	12,6	13,8	27,0
NO₂ max. HMW	80,4	59,8	67,6	52,5	106,2	26,8	27,8	62,1

Wie in den früheren Jahren wies unter den außeralpinen Messstellen Enzenkirchen im oberösterreichischen Alpenvorland im Jahresmittel 2009 die höchste NO₂- und NO_x-Belastung auf, gefolgt von Pillersdorf; etwas niedriger ist die mittlere NO₂- und NO_x-Konzentration in Illmitz sowie in Klöch im oststeirischen Alpenvorland.

Eine deutlich höhere NO₂-Belastung als in Enzenkirchen (JMW 13 µg/m³) registrierte die Messstelle Ried im Zillertal (JMW 18 µg/m³), wo die Belastung im Winter fast doppelt so hoch war wie an den außeralpinen Hintergrundmessstellen. Deutlich höher noch ist der Unterschied bei NO mit einem JMW von 10 µg/m³, verglichen mit um 1 µg/m³ an den außeralpinen Messstellen.

Ried i. Z. wies 2009 den höchsten NO₂-Jahresmittelwert, den höchsten NO_x-Jahresmittelwert (34 µg/m³), den höchsten Tagesmittelwert (63 µg/m³) und den höchsten Halbstundenmittelwert (106 µg/m³) des Hintergrundmessnetzes auf.

Ried im Zillertal wurde als Hintergrundstandort für breite alpine Täler gewählt. Charakteristisch für die alpinen Täler sind – im Gegensatz zum außeralpinen Raum – die topographisch bedingten ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen. Die größten alpinen Täler weisen eine Breite um 2 km auf, sodass der Abstand zu stark befahrenen Straßen diesen Wert kaum überschreiten kann. Die Messstelle Ried im Zillertal ist daher der nächsten Bundesstraße deutlich näher als jede außeralpine Messstelle.

Eine ausführlichere Diskussion der Belastungssituation findet sich in Kapitel 3.5.2.

Deutlich niedrigere Belastungen registrierten die alpinen Messstellen, wobei Zöbelboden bei etwa gleicher Höhenlage deutlich höhere Werte aufweist als Vorhegg. Dieser Unterschied kann auf die wesentlich höheren NO_x-Emissionen im weiteren „Einzugsgebiet“ der Messstelle Zöbelboden – d. h. im oberösterreichischen Alpenvorland – zurückgeführt werden, verglichen mit dem Gailtal unterhalb von Vorhegg.

In den Jahrgängen der NO₂-Monatsmittelwerte spiegelt sich der unterschiedliche Einfluss von Ausbreitungsbedingungen und Transportprozessen wider. Die außeralpinen Messstellen zeigen die höchsten NO₂-Konzentrationen im Hochwinter. An den alpinen Messstellen wird das Belastungsniveau von Transport aus dem außeralpinen Raum bzw. aus den Tälern bestimmt – deren Ausmaß im Herbst und Winter geringer ist als im Frühling und Sommer – sodass die Jahrgänge mit zunehmender Seehöhe flacher werden.

Für die hohe NO₂-Belastung in Ried in Zillertal tragen im Winter neben den hohen Emissionen vor allem die ungünstigen Ausbreitungsbedingungen mit sehr niedrigen Windgeschwindigkeiten bei.

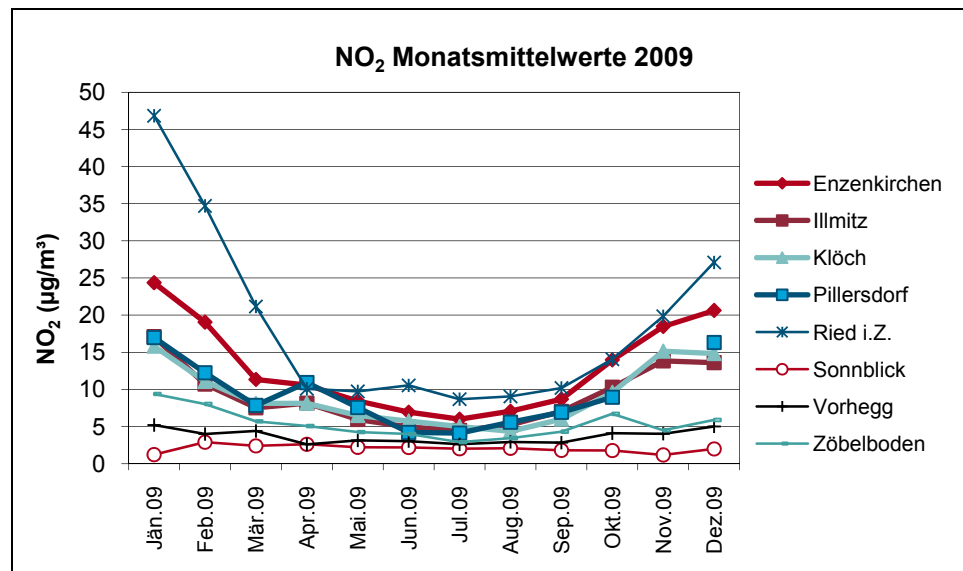


Abbildung 20: Monatsmittelwerte der NO₂-Konzentration an den Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamt im Jahr 2009 (in µg/m³).

Die Schadstoffwindrosen der NO₂-Konzentration (sowie von NO_y am Sonnblick) sind in Anhang 8 angegeben. Sie zeigen zumeist eine relativ geringe Abhängigkeit der mittleren NO₂-Belastung von der Windrichtung, lassen aber darüber hinaus die Hauptquellgebiete erhöhter NO₂-Belastung erkennen. Diese liegen in Enzenkirchen sowohl im Osten (BR Linz) als auch im Westen im Bayerischen Alpenvorland.

In Illmitz erweist sich die Region Wien als Herkunftsgebiet erhöhter NO₂-Belastung; höhere Konzentrationen treten bei Advektion aus Bratislava, allerdings nur bei sehr seltenem Nordostwind, auf.

In Pillersdorf zeichnen sich sowohl Mähren (vermutlich der Ballungsraum Brno) als auch das niederösterreichische Alpenvorland als Herkunftsgebiete erhöhter Belastung ab.

In Klösch ist Wind aus West bis Südwest (d. h. aus dem Murtal) mit nur leicht überdurchschnittlicher NO₂-Belastung verbunden.

In Ried i. Z. sind Süd und Westnordwest die Hauptwindrichtungen, entsprechend der Geometrie des Zillertales. Wind aus Süd bis Südost (d. h. Talauswind) ist mit den höchsten NO₂-Belastungen verbunden; diese Windrichtung tritt i.d.R. nachts bis vormittags auf, wenn die Ausbreitungsbedingungen am ungünstigsten sind. Etwas niedriger ist die NO₂-Konzentration bei Nordnordwestwind (Taleinwind). Wind quer zur Talrichtung ist mit deutlich niedrigerer NO₂-Konzentration verbunden. Die Abhängigkeit der NO₂-Konzentration von der Windrichtung – mit erhöhten Belastungen bei Talaus- und Taleinwind – zeigt, dass die Belastung von großräumig verteilten Quellen und nicht von nahe gelegenen Emissionen bestimmt wird.

An den Messstellen im Mittelgebirge ist jeweils Wind aus dem Tal mit erhöhter NO₂-Belastung verbunden: in Vorhegg aus dem Gailtal, auf dem Zöbelboden aus dem Ennstal bzw. dem oberösterreichischen Alpenvorland.

3.5.1 NO_y auf dem Sonnblick

Auf dem Sonnblick wird (seit Ende November 2005) die Konzentration von NO_y als Summe aller oxidierten Stickstoffverbindungen gemessen.¹³ 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, Peroxycetylnitrat (PAN) und Distickstoffpentoxid (N₂O₅), d. h. Verbindungen, welche durch fortschreitende Oxidation von NO₂ in der Atmosphäre gebildet werden (siehe ZELLWEGER et al. 2000).

Die NO_y-Konzentration zeigt auf dem Sonnblick sehr starke zeitliche Variationen, wobei erhöhte NO_y-Werte in der Regel mit hohen CO- und CO₂-Konzentrationen und niedrigeren Ozon-Konzentrationen korrelieren. Dabei ist die Variabilität der NO_y-Belastung wesentlich höher als jene von CO und CO₂.

Die Schadstoffwindrose für NO_y auf dem Sonnblick zeigt die höchsten NO_y-Werte bei den Hauptwindrichtungen – Nordost und Südsüdwest.

Verantwortlich für erhöhte NO_y-Konzentrationen sind Transportprozesse aus niedrigeren Atmosphärenschichten, wobei Advektion aus den unmittelbar angrenzenden Tälern, aus den größeren inneralpinen Tälern (Salzach-, Möll- und Drautal) sowie aus dem außeralpinen Raum zusammenwirken (KAISER et al. 2007, SCHEIFINGER & KAISER 2007).

3.5.2 Ried im Zillertal im Kontext der nordtiroler Messstellen

In Tabelle 16 sind die Jahresmittelwerte der NO₂- und NO_x-Konzentration an allen Messstellen in Nordtirol für das Jahr 2009 zusammengestellt.

¹³ NO_y: Summe aller oxidierten Stickstoffverbindungen. NO_y wird in der Einheit ppb angegeben; da es sich um die Summe zahlreicher chemischer Verbindungen mit unterschiedlichem Molekulargewicht handelt, ist eine Umrechnung in µg/m³ nicht möglich.

Ried im Zillertal ist mit einem NO_2 JMW von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und einem NO_x JMW von $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die – nach der Nordkette – am zweitniedrigsten belastete Messstelle in Tirol, gefolgt von Kramsach Angerberg.

Der Verlauf der Monatsmittelwerte (siehe Abbildung 21) zeigt, dass Ried i. Z. einen ähnlichen Jahresgang wie alle Messstellen außer Nordkette aufweist, der im Wesentlichen von den unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen (die im Winter ungünstiger sind) und dem Jahresgang der Hausbrandemissionen bestimmt wird; im Sommer tragen praktisch nur die Straßenverkehrsemissionen zur NO_2 - bzw. NO_x -Belastung bei.

Die meisten Messstellen – außer Nordkette, wo praktisch kein Jahresgang zu beobachten ist – weisen im Jänner die höchsten Konzentrationen auf, an jenen im unteren Unterinntal zwischen Kufstein und Vomp ist hingegen der Februar der am höchsten belastete Monat.

Die autobannnahen Messstellen Vomp Raststätte A12 und Kundl A12 weisen im Sommer praktisch idente NO_2 -Konzentrationen auf; die höhere Belastung in Vomp im Winter lässt sich den – verglichen mit der Umgebung der Messstelle Kundl – höheren Hausbrandemissionen in Schwaz und Vomp zuordnen. Kundl hat damit – ähnlich wie die Messstelle Gärberbach, in deren unmittelbarer Nähe die Hausbrandemissionen ebenfalls relativ niedrig sind – einen etwas flacheren Jahresgang als die Messstellen in Vomp, Hall i. T. oder Innsbruck.

Auf der anderen Seite spiegelt der Unterschied zwischen Vomp Raststätte A12 und Vomp an der Leiten vor allem den Einfluss des Straßenverkehrs (zwischen ca. $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Sommer und $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Winter) wider.

Der Unterschied der NO_2 -Belastung zwischen Kramsach und Ried i. Z. ist im Herbst (bis $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) am größten, im Sommer liegt er um $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabelle 16: NO_2 - und NO_x , Jahresmittelwerte an den Messstellen in Nordtirol im Jahr 2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	NO_2	NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$)
Gärberbach	50	133
Hall i. T. Untere Lend	41	96
Heiterwang	29	67
Imst A12	43	115
Imst Imsterau	36	93
Innsbruck Reichenau	38	82
Innsbruck Zentrum	43	93
Kramsach	24	38
Kufstein	30	53
Kundl	55	164
Nordkette	4	5
Ried i. Z.	18	34
Vomp a.d.L.	40	94
Vomp A12	63	211
Wörgl	30	61

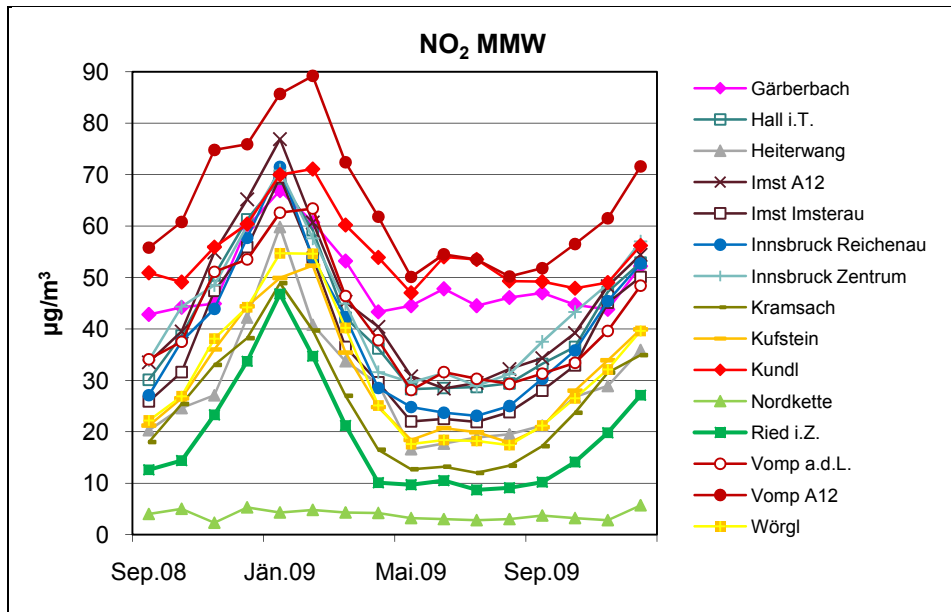


Abbildung 21: Monatsmittelwerte der NO₂-Konzentration an den Messstellen in Nordtirol, September 2008 bis Dezember 2009 (in µg/m³).

Als Beispiel für eine Belastungsepisode durch NO₂ bzw. NO_x zeigt Abbildung 22 den Verlauf der NO_x-Konzentration an den Messstellen im östlichen Nordtirol von 9.1. bis 13.1.2009.

Die Großwetterlage war von einem sehr beständigen Hochdruckgebiet mit Kern über Südosteuropa gekennzeichnet. In Nordtirol herrschte zumeist sonniges Wetter, der Wind war sehr schwach, nachts eher variabel, tagsüber bildete sich Taleinwind aus.

An der Messstelle Vomp A12 wurden am 9.1. und 13.1.2009 Halbstundenmittelwerte über 200 µg/m³ – d. h. Grenzwertverletzungen gemäß IG-L – gemessen, in Innsbruck Reichenau am 12.1. und 13.1., an den beiden Messstellen Imst A12 und Imst Imsterau täglich von 9.1. bis 13.1.

Für den räumlichen Vergleich ist die NO_x-Belastung allerdings aussagekräftiger als jene von NO₂, da sie die u. U. räumlich und zeitlich unterschiedliche Umwandlung zwischen NO und NO₂ einschließt.

Die NO_x-Belastung wies, entsprechend den lokalen Emissionen, markante räumliche Unterschiede auf, allerdings einen räumlich sehr ähnlichen Zeitverlauf mit ausgeprägten Maxima in den Morgen- und Abendstunden, für welche im Wesentlichen das zeitliche Verhalten der Straßenverkehrsemissionen verantwortlich ist. In Innsbruck, wo Emissionen aus dem Hausbrand ebenfalls eine Rolle spielen, sind die NO_x-Konzentrationen am Abend und in den frühen Nachtstunden häufig höher als am Morgen.

Ried i. Z. wies einen ähnlichen Zeitverlauf auf wie die Messstellen im Inntal. Die NO_x- bzw. NO₂-Belastung wird ganz überwiegend von den lokalen NO_x-Emissionen bestimmt – anders als bei PM₁₀ spielen Akkumulation und Transport über mehrere 10 km keine Rolle – wobei die NO_x-Emissionen überall einen sehr ähnlichen Zeitverlauf aufweisen.

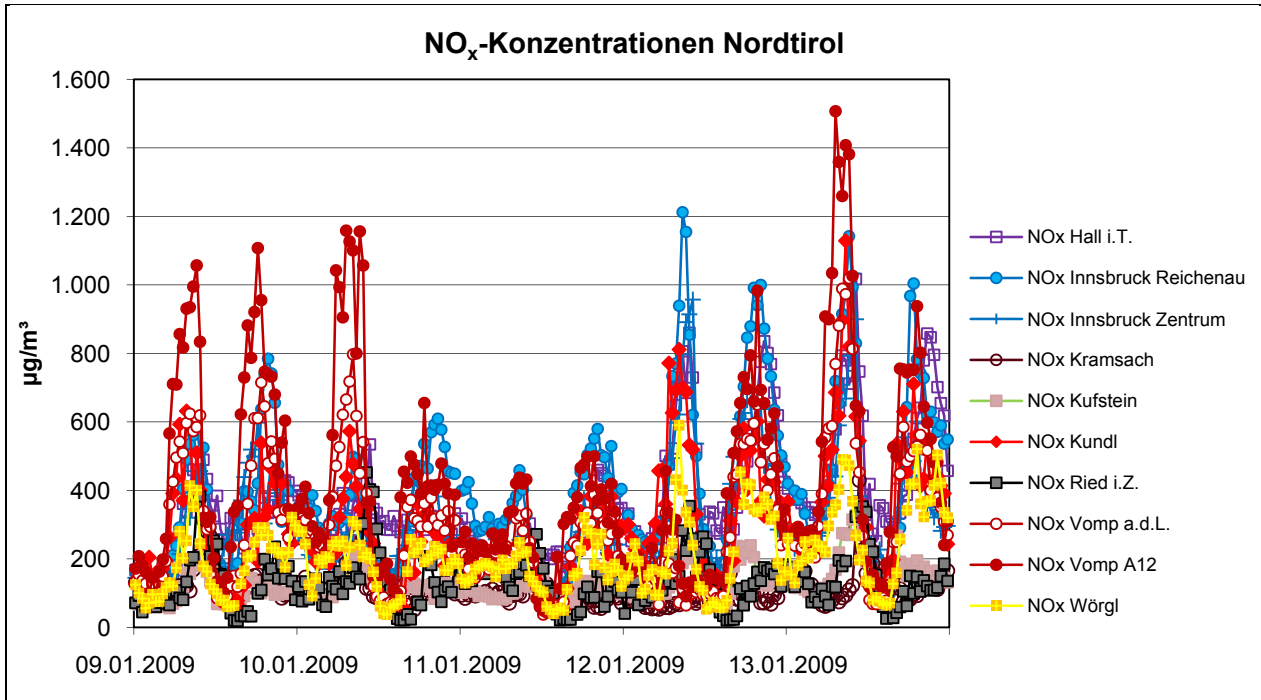


Abbildung 22: Verlauf der NO_x-Konzentration an den Messstellen im östlichen Nordtirol, 9.1. bis 13.1.2009 (in µg/m³).

Die Frage, ob die Messstelle Ried i. Z. zur Beurteilung des Hintergrundes von NO₂ bzw. NO_x in Nordtirol geeignet, ist somit positiv zu beantworten, wobei der „Hintergrund“ durch die Emissionsdichte des Zillertals definiert ist.

3.5.3 Trend der Belastung durch Stickstoffoxide

Abbildung 23 zeigt den Verlauf der Jahresmittelwerte der Konzentration von NO₂ und von NO_x (berechnet als NO₂) an den Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamt von 1994 bis 2009 sowie die jährlichen NO_x-Emissionen Österreichs (siehe UMWELTBUNDESAMT 2009a); Tabelle 17 gibt die Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentration an.

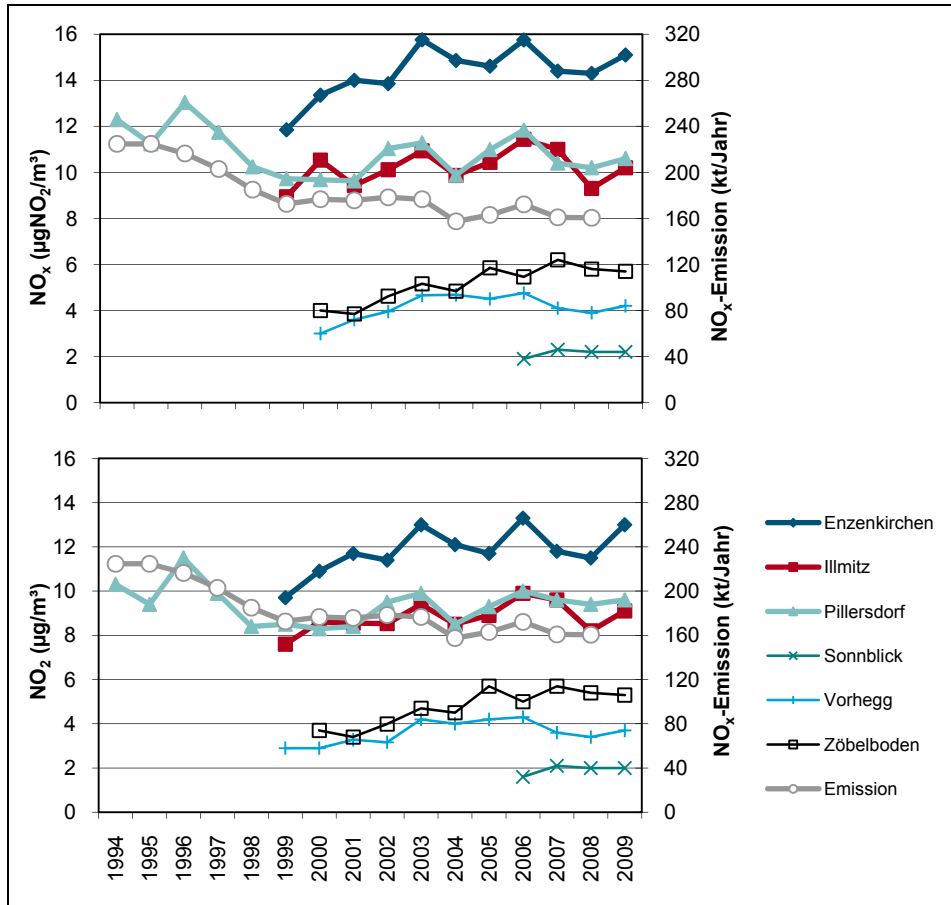


Abbildung 23: Jahresmittelwerte der NO_x- (oben; Sonnblick: NO_y) und der NO₂-Konzentration (unten) (in µg/m³) sowie jährliche NO_x-Emissionen Österreichs (ohne Kraftstoffexport) (in kt/Jahr), 1994–2009.

Tabelle 17: NO₂, Jahresmittelwerte an ausgewählten Hintergrundmessstellen, 1994–2009 (in µg/m³) und NO_x-Emissionen Österreichs (in kt), 1994–2008.

	ENK	ILL	PIL	VOR	ZOE	Emission
1994			10,3			225
1995			9,4			225
1996			11,5			216
1997			9,9			203
1998			8,4			185
1999	9,7	7,6	8,5	2,9		173
2000	10,9	8,6	8,3	2,9	3,7	177
2001	11,7	8,6	8,4	3,3	3,4	116
2002	11,4	8,5	9,5	3,2	4,0	178
2003	13,0	9,4	9,9	4,2	4,7	177
2004	12,1	8,5	8,5	4,0	4,5	157
2005	11,7	8,9	9,3	4,2	5,7	163
2006	13,3	9,9	10,0	4,3	5,6	172
2007	11,8	9,6	9,6	3,6	5,7	161
2008	11,5	8,2	9,4	3,4	5,4	161
2009	13,0	9,1	9,6	3,7	5,3	

Die Trends der NO₂- bzw. NO_x-Konzentration folgen teilweise jenem der österreichischen Emissionen. So spiegelt die (längste) Messreihe in Pillersdorf den Rückgang der österreichischen NO_x-Emissionen während der Neunzigerjahre wider – wobei die markanten Variationen der gemessenen NO₂- bzw. NO_x-Konzentration zwischen 1994 und 1997 auf das unterschiedliche Ausmaß an Transport belasteter Luft aus Tschechien zurückzuführen sind (siehe UMWELTBUNDESAMT 2006a). Die – aufgrund des unterschiedlichen Heizenergiebedarfs – niedrigen NO_x-Emissionen der Jahre 2004 und 2008 wirkten sich ebenso im Verlauf der gemessenen Konzentrationen aus wie die – aus dem analogen Grund – hohen NO_x-Emissionen des Jahres 2006.

Darüber hinaus beeinflussen auch unmittelbar meteorologische Faktoren wie die ungünstigen Ausbreitungsbedingungen der Jahre 2003 und 2006 die (hohen) gemessenen NO₂- bzw. NO_x-Konzentrationen dieser Jahre, ebenso wie die niedrig belasteten Jahre 2007 und 2008 vergleichsweise günstige meteorologische Bedingungen aufwiesen.

Ungeachtet dessen zeigen alle Hintergrundmessstellen v. a. zwischen 1999 und 2003 einen deutlichen Anstieg der mittleren NO₂- bzw. NO_x-Konzentration – im Mittelgebirge noch ausgeprägter als im außeralpinen Raum – der sich nachher, teilweise flacher, fortsetzt und der mit dem Verlauf der tendenziell leicht sinkenden NO_x-Emissionen nicht übereinstimmt.

An allen Messstellen lag die NO₂-Belastung 2009 über dem Durchschnitt der letzten Jahre; in Enzenkirchen wurde der zweithöchste NO₂- und der dritthöchste NO_x-Jahresmittelwert seit Beginn der Messung registriert.

Den deutlichsten Anstieg mit der statistisch höchsten Signifikanz (auf 95 %-Konfidenzniveau) weist die NO₂- und NO_x-Konzentration am Zöbelboden (+ 0,3 bzw. + 0,2 µg/m³ pro Jahr) auf; NO₂ zeigt in Enzenkirchen, Vorhegg und St. Sigmund einen steigenden Trend auf 90 %-Konfidenzniveau.

Die mittlere NO₂- bzw. NO_x-Konzentration entwickelt sich damit deutlich anders als die NO_x-Emissionen Österreichs, welche über den dargestellten Zeitraum, ebenso wie die gesamteuropäischen Emissionen, leicht zurückgingen.

Der u. a. in UMWELTBUNDESAMT (2008a) dokumentierte Anstieg der primären NO₂-Emissionen des Kfz-Verkehrs und damit des NO₂/NO_x-Verhältnisses an emittentennahen Standorten kann nicht für den Anstieg der NO₂- bzw. NO_x-Konzentrationen an allen Hintergrundmessstellen verantwortlich sein, da sich diese Veränderung der Emissionen v. a. an verkehrsnahen Messstellen und nur bei NO₂, nicht aber bei NO_x nachweisen lässt. Das mittlere NO₂/NO_x-Verhältnis, das mit sinkender NO_x-Belastung tendenziell steigt, nahm über die letzten Jahre kaum zu. Aufgrund der Emittentenerne der Hintergrundmessstellen wird es kaum von den primären NO₂-Emissionen, sondern von der Photochemie und dem Zusammenspiel mit Ozon bestimmt.

Auch die Entwicklung der NO_x-Emissionen im benachbarten Ausland erklärt nicht den steigenden Trend der Hintergrundbelastung in ganz Österreich, da die NO_x-Emissionen in den nördlichen und östlichen Nachbarländern Österreichs ebenfalls – teilweise stärker als in Österreich – zurückgegangen sind. Die NO_x-Emissionen Tschechiens blieben zwischen 1998 und 2004 auf einem relativ konstanten Niveau (um 320 kt/Jahr) und nahmen 2005 markant ab (auf 277 kt).

Eine mögliche Erklärung der steigenden NO_2 - bzw. NO_x -Konzentration an den Hintergrundmessstellen dürfte ein Anstieg der NO_x -Emissionen im ländlichen Raum sein, der aus der Zunahme des Straßenverkehrs resultiert und der von der Entwicklung der gesamtösterreichischen NO_x -Emissionen überdeckt wird. Dies könnte damit zusammenhängen, dass emissionsmindernde Maßnahmen bevorzugt in den Städten gesetzt werden, wo die NO_2 -Belastung hoch ist, wohingegen eine verkehrsintensive Raumplanung im ländlichen Raum ein Anwachsen der Emissionen aus dem Straßenverkehr zur Folge hat.

Eine Untersuchung der Trends der mittleren NO_2 -Konzentration bei bestimmten Windrichtungen erlaubt Rückschlüsse darüber, ob sich in bestimmten Regionen die NO_x -Emissionen in unterschiedlicher Weise verändert haben.

In Enzenkirchen ist die NO_2 -Konzentration bei Ostwind im Mittel etwas höher (2009: $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) als bei Westwind (2009: $12,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die mittlere Belastung bei Ostwind ist zwischen 1999 und 2009 um 46 % gestiegen, dies ist deutlich mehr als der Anstieg des Jahresmittelwertes (+ 34 %) und mehr als der Anstieg der Konzentration bei Westwind (+ 29 %). Dies erlaubt den Rückschluss, dass die NO_x -Emissionen im oberösterreichischen Zentralraum stärker gestiegen sind als in Niederbayern. Die zeitliche Variation der mittleren NO_2 -Konzentration bei Ost- und Westwind unterscheidet sich nur wenig; besonders hohe mittlere Belastungen traten bei Ostwind, verglichen mit Westwind in den Jahren 2001, 2003 und 2009 auf.

In Illmitz weisen die Hauptwindrichtungen Südost und Nordwest nahezu gleichartige – und relativ geringe – Variationen von Jahr zu Jahr auf, wobei Nordwestwind (Advektion aus Wien und Niederösterreich) etwas höhere Konzentrationen aufweist (2009: $8,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) als Südostwind (2009: $8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Die mittlere Konzentration ist bei Südostwind seit 1999 etwas stärker gestiegen (+ 22 %) als bei Nordwestwind (+ 10 %). Deutlich stärker zugenommen (+ 34 %) hat die Belastung bei – allerdings seltenem – Nordostwind, d. h. bei Advektion aus der Region Bratislava.

In Pillersdorf sind die Hauptwindrichtungen West und Nordost, die höchsten Konzentrationen treten bei Wind aus Nordost, d. h. aus Richtung Brno (2009: $13,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$), und Süd bis Südsüdwest (2009: $11,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), d. h. aus dem zentralen Niederösterreich, auf (siehe Abbildung 24), Westwind ist mit deutlich geringeren Konzentrationen (2009: $7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verbunden).

Die mittlere NO_2 -Konzentration weist bei westlichem Wind – d. h. bei Luftmassentransport aus den emissionsarmen Regionen des Mühl- und Waldviertels und Südböhmens – relativ niedrige Variationen von Jahr zu Jahr auf, allerdings war für den Rückgang der NO_2 -Jahresmittelwerte in Pillersdorf von 1996 bis 1998 der Rückgang der „Hintergrundkonzentration“ wesentlich verantwortlich, während die NO_2 -Advektion aus dem Nordosten und dem Süden hoch blieb. Ob der Rückgang der NO_2 -Belastung bei Westwind auf Emissionsreduktionen in Südböhmen oder eine Abnahme der großräumigen Hintergrundbelastung zurückgeht, lässt sich nicht feststellen.

Erst 1999 ging die NO_2 -Advektion aus Richtung Brno markant zurück – vermutlich infolge der Abnahme industrieller Emissionen – um in den folgenden Jahren bis 2006 aber wieder auf das Niveau der Neunzigerjahre anzusteigen. Parallel dazu stieg auch die Belastung bei Westwind seit 2000 wieder kontinuierlich an.

Die NO₂-Advektion von Süden weist starke Variationen von Jahr zu Jahr auf, die sich einer Interpretation entziehen.

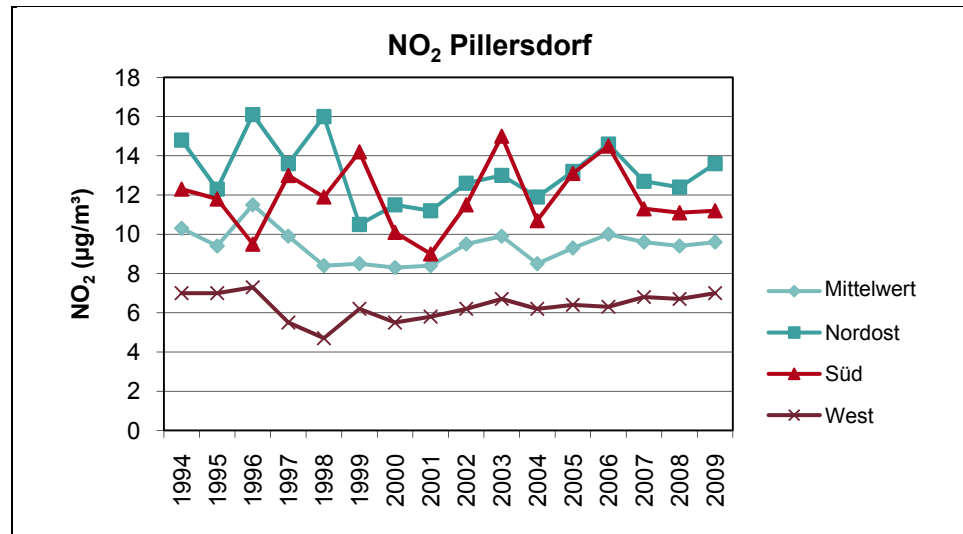


Abbildung 24: Trend der NO₂-Jahresmittelwerte in Pillersdorf sowie der mittleren Konzentration bei Wind aus Nordost, Südsüdwest und West, 1994–2009 (in µg/m³).

Auf dem Zöbelboden ist die NO₂-Konzentration bei Nordwestwind, d. h. bei Advektion aus dem oberösterreichischen Alpenvorland (2009: 6,3 µg/m³), natürlich wesentlich höher als bei Südostwind (2009: 3,5 µg/m³), der mit Advektion aus sehr emissionsarmen Gebieten in den Alpen verbunden ist. Die mittlere NO₂-Konzentration bei Nordwestwind ist zwischen 2002 und 2009 wesentlich stärker gestiegen (+ 62 %) als bei Südostwind (+ 25 %), was auf einen vergleichsweise sehr starken Anstieg der NO_x-Emissionen im oberösterreichischen Zentralraum hinweist. Demgegenüber ist die NO₂-Konzentration bei Südostwind seit 2005 wieder zurückgegangen.

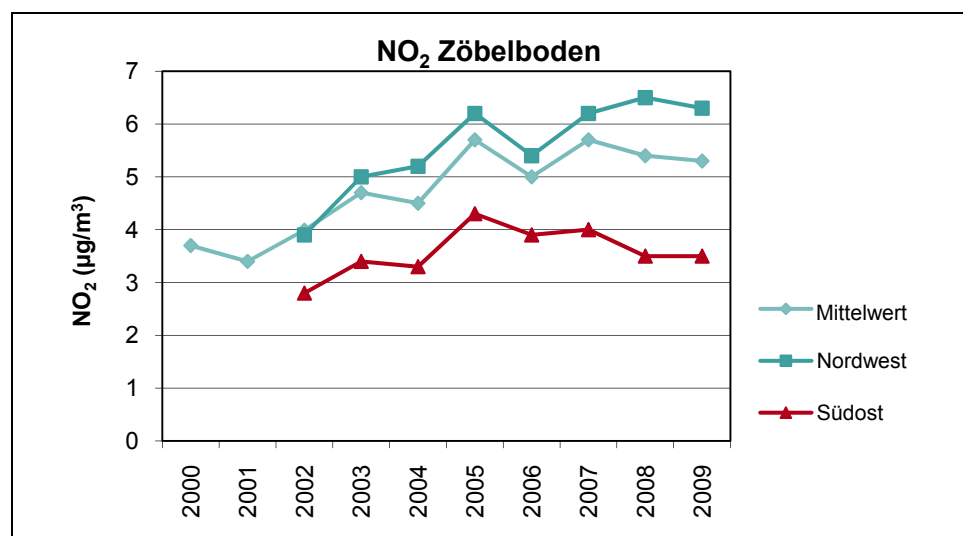


Abbildung 25: Trend der NO₂-Jahresmittelwerte auf dem Zöbelboden sowie der mittleren Konzentration bei Wind aus Nordwest und Südost (Windmessung auf dem Messturm), 2000–2009 (in µg/m³).

3.6 Schwefeldioxid

Die Grenzwerte gem. Anlage 1 IG-L zum Schutz der menschlichen Gesundheit für Schwefeldioxid sowie die Grenzwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation (TMW 120 bzw. HMW 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) wurden 2009 an allen Messstellen des Umweltbundesamt deutlich unterschritten.

Der höchste Halbstundenmittelwert wurde mit 31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in Pillersdorf gemessen, mit 19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ trat der höchste Tagesmittelwert in Illmitz auf. Den höchsten Jahres- und Wintermittelwert registrierte mit 2,1 bzw. 2,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ die Messstelle Pillersdorf.

Die Monats- und Jahresmittelwerte für 2009, der Wintermittelwert (Oktober 2008 bis März 2009) sowie die maximalen Halbstundenmittelwerte und maximalen Tagesmittelwerte 2009 sind in Tabelle 18 zusammengestellt.

Tabelle 18: SO_2 , Monats- und Jahresmittelwerte an den Hintergrundmessstellen im Jahr 2009, Wintermittelwert 2008/09 sowie maximaler Halbstundenmittelwert und maximaler Tagesmittelwert 2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	ENK	ILL	PIL	VOR	ZOE
Jän. 09	2,2	4,5	5,4	0,5	1,2
Feb. 09	1,1	2,5	3,5	0,7	1,3
Mär. 09	0,4	1,1	1,5	0,5	0,6
Apr. 09	1,2	1,9	3,1	0,4	0,6
Mai 09	0,7	0,9	1,2	0,4	0,2
Jun. 09	0,6	0,5	0,7	0,3	0,3
Jul. 09	0,7	0,7	0,7	0,3	0,3
Aug. 09	0,9	1,2	1,2	0,4	0,2
Sep. 09	1,3	1,6	2,1	0,4	0,4
Okt. 09	1,0	1,2	1,5	0,3	0,3
Nov. 09	1,4	1,1	1,3	0,3	0,3
Dez. 09	1,8	2,3	2,7	0,5	
JMW 2009	1,1	1,6	2,1	0,4	0,5
WMW 08/09	1,1	2,1	2,9	0,4	0,8
max. TMW	6,9	18,8	16,9	1,5	3,9
max. HMW	20,6	28,1	30,9	3,0	7,3

Die Schadstoffwindrosen (siehe Anhang 8) zeigen – wie in den letzten Jahren – den dominierenden Beitrag von Transport aus dem Sektor Nordost bis Südost zur SO_2 -Belastung im Norden und Osten Österreichs. Darin spiegelt sich der starke Einfluss von SO_2 -Quellen in Tschechien und der Slowakei auf die SO_2 -Belastung im außeralpinen Raum wider.

In Illmitz treten die höchsten SO_2 -Belastungen bei nördlichem Wind auf, wobei eine Zuordnung zu Bratislava, Quellen in Nordmähren und Südpolen oder der Raffinerie Schwechat nicht möglich ist. Erhöhte SO_2 -Belastungen bei Wind aus Südsüdost sind sehr wahrscheinlich den gleichen Quellen in Nordserbien oder Südrumänien zuzuordnen wie die erhöhten PM_{10} -Konzentrationen bei dieser Windrichtung.

In Pillersdorf treten die höchsten Konzentrationen bei Ostsüdostwind, d. h. bei Transport aus der Slowakei auf; zur SO₂-Belastung insgesamt trägt der häufigere Nordostwind mit Transport aus Quellen in Nordmähren und Südpolen wesentlich stärker bei.

Auch an der nordalpinen Messstelle Zöbelboden ist – bei sehr viel niedrigerem Belastungsniveau – Advektion aus dem Nordsektor mit erhöhter SO₂-Belastung verbunden.

3.6.1 Trend der Schwefeldioxidbelastung

Die SO₂-Belastung nahm an den österreichischen Hintergrundmessstellen zwischen 1990 und 2000 stark ab, wie Tabelle 19 und Abbildung 26 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 13 bis 26 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 – ein Rückgang der SO₂-Jahresmittelwerte auf etwa ein Fünftel jenes Niveaus zu beobachten, das um 1990 gemessen wurde. Zwischen 2000 und 2006 war die SO₂-Belastung an den Hintergrundmessstellen relativ konstant (um 3 µg/m³ an den außeralpinen Messstellen, knapp unter 1 µg/m³ an den Messstellen im Mittelgebirge); die Variation von Jahr zu Jahr ist vor allem auf die unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen zurückzuführen. Relativ hohe SO₂-Werte traten 2003 und 2006 auf, relativ niedrige 2004.

Nach 2006 ging die SO₂-Belastung nochmals deutlich zurück, sie liegt seit 2007 an den außeralpinen Messstellen auf einem Niveau um 2 µg/m³, im Mittelgebirge um 0,5 µg/m³. Die letzten drei Jahre waren die am niedrigsten belasteten seit Beginn der Messung, wobei 2009 aufgrund ungünstigerer meteorologischer Bedingungen die Konzentration gegenüber dem Vorjahr leicht anstieg, aber noch deutlich niedriger als bis 2006 war.

Tabelle 19: SO₂, Jahresmittelwerte (in µg/m³) sowie SO₂-Emission Österreichs (in kt/Jahr), 1987–2009.

	ENK	ILL	PIL	VOR	ZOE	Emission
1987		16,3				
1988		18,0				
1989		17,2				92
1990		21,4				74
1991		24,8				71
1992		19,2		5,2		54
1993		17,0	18,6	3,8		53
1994		7,3	12,0	3,3		47
1995			9,3	2,9		47
1996			16,2			44
1997		8,8	10,4			40
1998			5,3			35
1999	1,8	3,2	4,3	1,4		33
2000	1,6	3,0	3,4	0,7	0,7	31
2001	1,9	3,1	3,0	0,6	0,6	32
2002	1,9	2,9	3,3	0,6	0,5	31
2003	2,3	3,3	3,5	0,8	1,1	32
2004	1,4	2,1	2,4	0,6	0,6	28
2005	1,7	2,3	3,0	0,6	0,9	27
2006	2,1	2,7	3,5	0,6	0,9	28
2007	1,2	1,8	2,1	0,4	0,7	25
2008	1,1	1,3	1,8	0,3	0,5	22
2009	1,1	1,6	2,1	0,4	0,5	

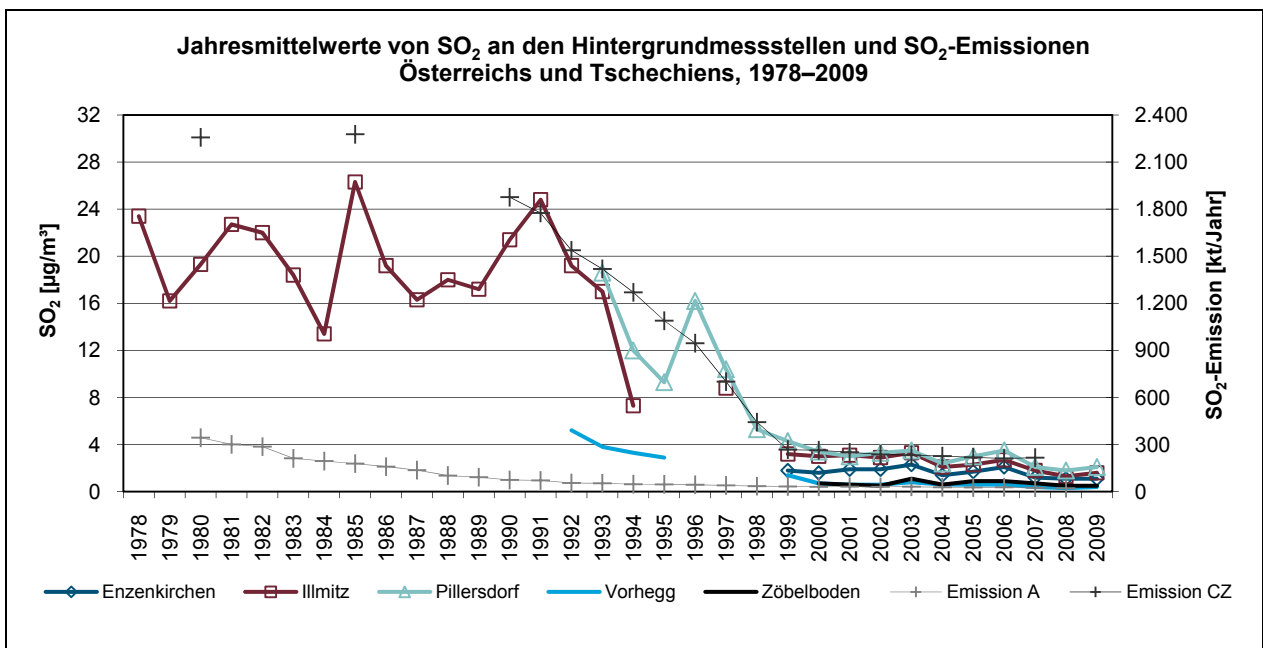


Abbildung 26: Jahresmittelwerte der SO₂-Konzentration an den Hintergrundmessstellen (in µg/m³) sowie SO₂-Emissionen Österreichs und Tschechiens (in kt/Jahr), 1978–2009.

Wie der Vergleich mit den Emissionsdaten Österreichs und seines Nachbarlandes 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 in Österreich, Tschechien und auch im östlichen Deutschland. Seit etwa 2000 veränderten sich die Emissionen dieser Länder nur noch wenig, allerdings gingen die Emissionen in der Slowakei, in Slowenien und Ungarn stark zurück.

Eine Untersuchung der Trends der mittleren SO₂-Konzentration bei bestimmten Windrichtungen erlaubt Rückschlüsse darüber, in welchen Regionen sich die SO₂-Emissionen in welchem Ausmaß verändert haben.

In Enzenkirchen ging zwischen 1999 und 2009 die SO₂-Konzentration bei Ostwind wesentlich stärker zurück – um fast 40 % – als bei Westwind (– 25 %). Die Variabilität von Jahr zu Jahr ist bei Ostwind deutlich stärker als bei Westwind. Das hoch belastete Jahr 2003 wies bei Ost- und bei Westwind eine überdurchschnittlich hohe SO₂-Belastung auf, während sie im hoch belasteten Jahr 2006 nur bei Ostwind erhöht war.

In Illmitz wurden in allen Jahren seit 1999 – außer 2002 – die höchsten mittleren SO₂-Belastungen bei Wind aus dem Sektor Nordwest bis Nord gemessen, die zweite Hauptwindrichtung Südost war mit etwas geringeren SO₂-Belastungen verbunden. Wie an anderen Messstellen waren 2003 und 2006 die höchstbelasteten Jahre, gefolgt von 2001, wobei diese Maxima jeweils bei Wind aus dem Nordnordwest-Sektor stärker ausgeprägt waren als bei Südostwind; dies bedeutet, dass das Ausmaß von (Fern-)Transport aus Mähren und Polen – möglicherweise auch aus Wien und Bratislava – den Zeitverlauf der Belastung stärker bestimmt als Ferntransport von Südosten (v. a. Serbien, Rumänien, Bosnien). Insgesamt ist die Variation von Jahr zu Jahr bei Nord- bis Nordwestwind höher als bei Südostwind. Im Mittel nahm die SO₂-Konzentration bei den beiden Hauptwindrichtungen seit 2000 in ähnlichem Ausmaß – um ca. 35 % – ab.

In Pillersdorf ging die SO₂-Konzentration im Jahresmittel seit 1993 um fast 90 % zurück, dies entspricht auch der Abnahme der mittleren Konzentration bei Nordostwind (d. h. Advektion aus Mähren und Polen) sowie bei Westwind; mit nur 80 % ist der Rückgang bei Südostwind (Advektion v. a. aus der Slowakei, aber auch aus Ungarn und Südosteuropa) schwächer. Die Überlagerung unterschiedlicher zeitlicher Verläufe der SO₂-Belastung aus den beiden stark belasteten Windrichtungen Nordost und Südost führt zum ungleichmäßigen Rückgang der SO₂-Belastung seit Ende der Neunzigerjahre.

Wie Abbildung 27 zeigt, ist die Variation von Jahr zu Jahr bei Nordostwind stärker als bei Südostwind; v. a. die hohe mittlere SO₂-Belastung der Jahre 1993, 1998 und 2006 geht auf besonders massiven Ferntransport von Nordosten – bei nur mäßiger SO₂-Advektion von Südosten – zurück. Die niedrige Konzentration 1995 und die hohe Belastung 1996 wurden vor allem durch unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen verursacht, die sich auch im Verlauf der mittleren Belastung bei Westwind – jener Richtung, in der keine starken SO₂-Quellen liegen – widerspiegeln.

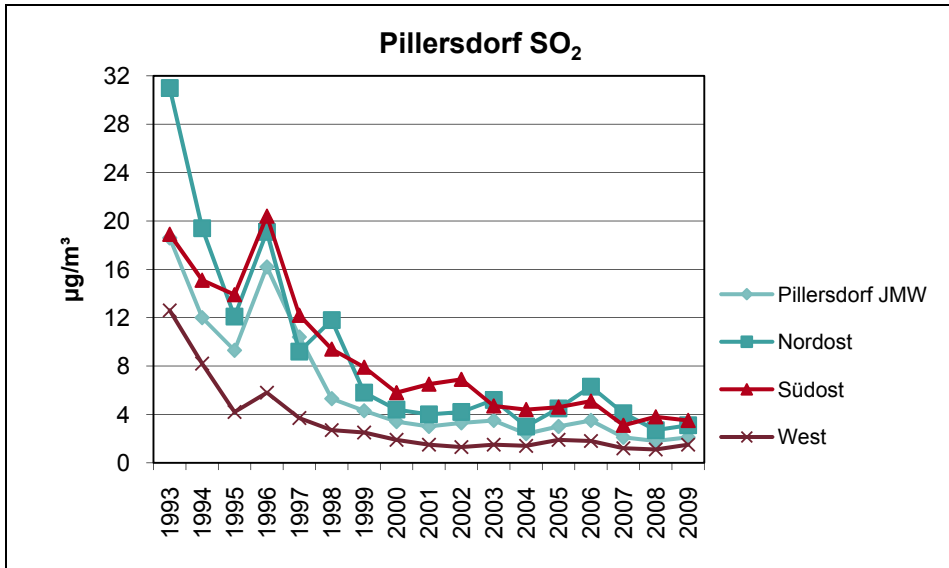


Abbildung 27: Trend der SO₂-Jahresmittelwerte in Pillersdorf sowie der mittleren Konzentration bei Wind aus Nordost, Südost und West, 1993–2009 (in µg/m³).

3.7 Kohlenmonoxid

Der Grenzwert des IG-L für Kohlenmonoxid (10 mg/m³ als Achtstundenmittelwert) wurde im Jahr 2009 an allen Messstellen des Umweltbundesamt deutlich unterschritten.

Die Monats- und Jahresmittelwerte der CO-Konzentration sowie die maximalen Achtstundenmittelwerte des Jahres 2009 sind in Tabelle 20 zusammengestellt.

Der maximale Achtstundenmittelwert betrug 0,95 mg/m³ in Illmitz und damit ca. 10 % des Grenzwertes. Illmitz wies mit 0,29 mg/m³ auch den höchsten Jahresmittelwert im Hintergrundmessnetz auf.

Tabelle 20: CO, Monats- und Jahresmittelwerte sowie maximale Achtstundenmittelwerte im Jahr 2009 (in mg/m³).

	ILL	SON	VOR
Jän. 09	0,55	0,17	0,28
Feb. 09	0,40	0,21	0,27
Mär. 09	0,30	0,20	0,25
Apr. 09	0,27	0,19	0,23
Mai 09	0,20	0,17	0,20
Jun. 09	0,18	0,16	0,17
Jul. 09	0,16	0,14	0,16
Aug. 09	0,17	0,15	0,17
Sep. 09	0,19	0,15	0,18
Okt. 09	0,24	0,14	0,19
Nov. 09	0,40	0,15	0,21
Dez. 09	0,38	0,18	0,24
JMW	0,29	0,17	0,21
max. MW8	0,95	0,43	0,58

3.7.1 Trend der CO-Belastung

Tabelle 21 und Abbildung 28 geben den Trend der CO-Konzentration (Jahresmittelwerte) an den Hintergrundmessstellen zwischen 1993 und 2009 sowie die Entwicklung der österreichischen CO-Emissionen an.

Tabelle 21: CO, Jahresmittelwerte, 1993–2009 (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
2007	0,30	0,21	0,23
2008	0,29	0,17	0,23
2009	0,29	0,17	0,21

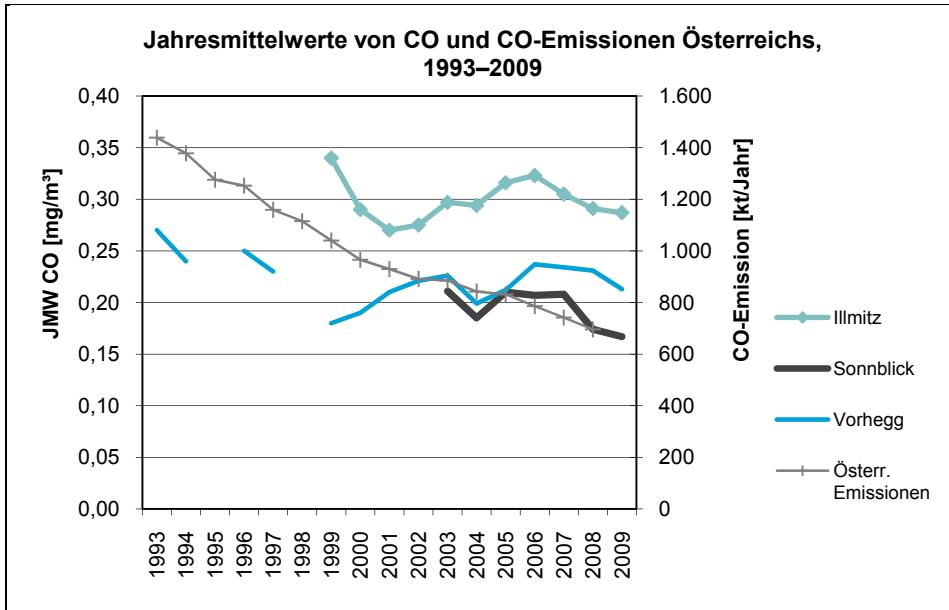


Abbildung 28: Jahresmittelwerte der CO-Konzentration (in mg/m³) sowie CO-Emissionen Österreichs (in kt/Jahr), 1993–2009.

Die CO-Hintergrundkonzentration nahm an den Hintergrundmessstellen in den Neunzigerjahren tendenziell ab (soweit die etwas lückenhaften Messreihen entsprechende Aussagen zulassen); in Illmitz wurde 2001 der niedrigste Jahresmittelwert registriert. Es folgte ein (unregelmäßiger) Anstieg auf Höchstwerte um 2006, anschließend ein neuerlicher Rückgang.

Dieses Verhalten entspricht nicht dem Verlauf der – wenn auch nicht kontinuierlich – abnehmenden CO-Emissionen Österreichs, die im Zeitraum von 1993–2008 um 52 % zurückgegangen sind, und auch nicht der Entwicklung der CO-Emissionen der gesamten Europäischen Union, welche zwischen 1993 und 2004 um 41 % abgenommen haben.

Der Anstieg der CO-Belastung zwischen etwa 2000 und 2006 entzieht sich damit einer schlüssigen Interpretation.

3.8 Schwermetalle im PM10

Die Schwermetalle Blei, Cadmium, Arsen und Nickel im PM10 werden in Illmitz jeden sechsten Tag erfasst. Die Verfügbarkeit betrug für alle Metalle 95 %. Anzumerken ist, dass die Einzelwerte der Konzentration von Arsen, Cadmium und Nickel häufig unter der Nachweisgrenze lagen – vor allem im Sommer.

Tabelle 22 gibt Jahresmittelwert und maximalen Tagesmittelwert der Konzentration von Arsen, Cadmium, Nickel und Blei im Jahr 2009 an.

Tabelle 22: Arsen, Cadmium, Nickel und Blei im PM10, Jahresmittelwert und maximaler Tagesmittelwert im Jahr 2009 (in ng/m³).

	As	Cd	Ni	Pb
JMW	1,0	0,3	1,4	6,3
max. TMW	3,7	0,9	5,3	20,9

Der Grenzwert gemäß IG-L von 0,5 µg/m³ wurde 2009 deutlich unterschritten; in Illmitz betrug der Jahresmittelwert von Blei 1 % des Grenzwertes.

Die Zielwerte des IG-L für Arsen, Cadmium und Nickel wurden ebenfalls deutlich unterschritten. Die Arsen-Konzentration lag in Illmitz bei 17 %, die Cadmium-Konzentration bei 6 % und die Nickel-Konzentration bei 7 % des Zielwertes.

Die Entwicklung der Konzentration von Blei, Cadmium, Arsen und Nickel im PM10 in Illmitz in den Jahren 2000–2009 ist in Tabelle 23 dargestellt.

Die Konzentration aller Schwermetalle zeigt seit Beginn der Messung eine Abnahme, die bei Blei (um 60 %) und Nickel (um 50 %) am stärksten ausfiel, die Arsen- und Cadmium-Konzentration gingen um etwa ein Drittel zurück.

Tabelle 23: Verlauf der Konzentration von Blei, Cadmium, Arsen und Nickel im PM10, Illmitz 2000–2009 (in ng/m³).

	Pb	Cd	As	Ni
2000	15			
2001	15	0,4		
2002	15	0,5		
2003	15	0,6	1,5	2,9
2004	11	0,3	1,5	2,8
2005	11	0,4		
2006	10	0,3	1,2	1,6
2007	7	0,3	1,0	1,6
2008	8	0,3	1,0	1,5
2009	6	0,3	1,0	1,4

3.8.1 Deposition von Schwermetallen

Die Depositionswerte von Blei und Cadmium lagen in Illmitz weit unter den Grenzwerten des IG-L (Blei 100 µg/(m²-Tag), Cadmium 2 µg/(m²-Tag)).

Die Arsen-Deposition betrug 0,42 µg/(m²-Tag), die Cadmium-Deposition 0,13 µg/(m²-Tag) (7 % des Grenzwertes), die Nickel-Deposition 1,65 µg/(m²-Tag) und die Blei-Deposition 2,26 µg/(m²-Tag) (2 % des Grenzwertes).

Die Probenahme erfolgte mittels Bergerhoff-Bechern über vierwöchige Expositionsperioden. Die Verfügbarkeit betrug 100 %.

Tabelle 24 gibt die Mittelwerte der Deposition von Blei, Cadmium, Arsen und Nickel in Illmitz für die Jahre 2007 bis 2009 an.

Die Depositionswerte zeigen keinen systematischen Jahresgang.

Die Deposition der Schwermetalle zeigt über die letzten drei Jahre keinen einheitlichen Verlauf, bei Blei wies das Jahr 2007 die höchste Depositionsmenge auf, bei Cadmium und Arsen 2009, bei Nickel 2008.

Tabelle 24: Deposition von Blei, Cadmium, Arsen und Nickel in Illmitz, 2007–2009 (in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{Tag})$).

	Pb	Cd	As	Ni
2007	2,57	0,09	0,35	1,49
2008	1,49	0,08	0,39	2,81
2009	2,26	0,13	0,42	1,65

3.9 Benzol, Toluol und Xylole

Flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds – VOC) können in zweierlei Hinsicht auf den menschlichen Organismus einwirken: einerseits auf direktem Wege, wenn sie inhaliert werden (z. B. kanzerogene Wirkung von Benzol). Andererseits indirekt über die beim photochemischen Abbau dieser Vorläufersubstanzen in der Atmosphäre gebildeten Reizgase wie Ozon, Peroxiacetylnitrate und eine Reihe von Aldehyden sowie die Bildung von sekundären organischen Aerosolen.

In Illmitz wird die Konzentration von Benzol sowie Toluol, Xylolen und Ethylenbenzol mit Diffusionssammlern über Probenahmeperioden von ca. vier Wochen und anschließender Analyse mittels Gaschromatographie gemessen. Die Verfügbarkeit der Einzelwerte beträgt 100 %.

Der Jahresmittelwert von Benzol betrug 2009 in Illmitz $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (22 % des Grenzwertes). Die Benzolkonzentration lag somit deutlich unter dem Grenzwert des IG-L von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Jahresmittelwert.

In Tabelle 25 sind die Jahresmittelwerte 2009 der Konzentration von Benzol, Toluol, m-, o- und p-Xylol sowie Ethylenbenzol in Illmitz zusammengestellt.

Tabelle 25: Benzol, Toluol, m-, o- und p-Xylol sowie Ethylenbenzol, Jahresmittelwerte sowie maximale Periodenmittelwerte in Illmitz im Jahr 2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	JMW	Maximum
Benzol	1,1	3,6
Toluol	0,8	1,8
Ethylenbenzol	0,2	0,4
m-, p-Xylol	0,4	0,8
o-Xylol	0,2	0,4

Die Jahresmittelwerte der Benzol-Konzentration wiesen in Illmitz zwischen 2000 und 2009 eine leichte, unregelmäßige Abnahme auf, wie Tabelle 26 und Abbildung 29 zeigen. Auf einen Rückgang der Benzolbelastung von 2003 auf 2004 erfolgte ein neuerlicher Anstieg bis 2006, der im Wesentlichen auf ungünstigere Ausbreitungsbedingungen zurückgeführt werden kann. 2009 war bei Benzol das bisher am niedrigsten belastete Jahr.

Tabelle 26: Verlauf der Konzentration von Benzol, Toluol und Xylole (Summe von m-,p-Xylole und o-Xylole) in Illmitz, 2000–2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

	Benzol	Toluol	Xylole
2000	1,12	1,54	1,10
2001	1,45	1,24	1,02
2002	1,27	1,33	0,78
2003	1,35	1,16	0,85
2004	1,16	0,99	0,61
2005	1,18	0,95	0,59
2006	1,27	1,19	0,65
2007	1,12	1,01	0,81
2008	1,10	0,84	0,61
2009	1,08	0,84	0,64

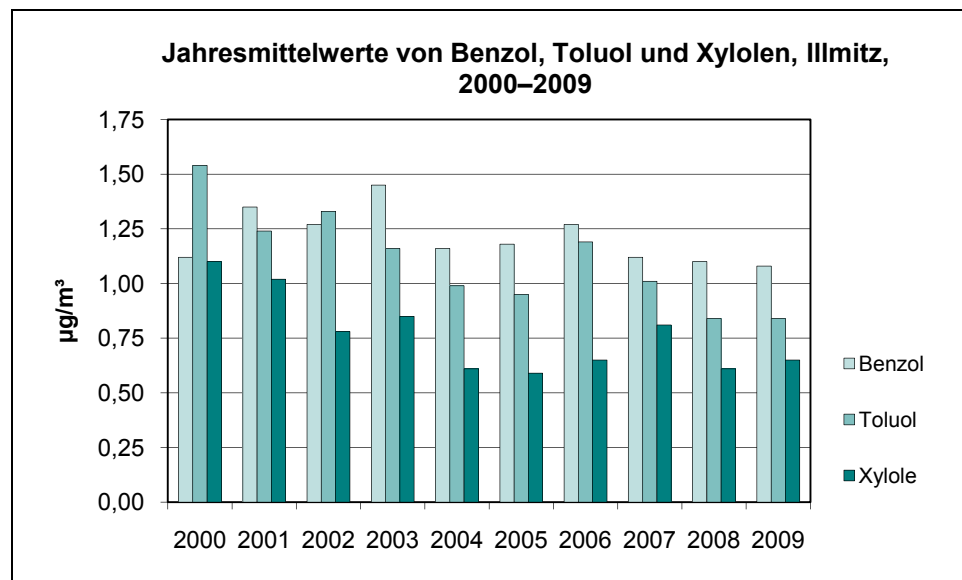


Abbildung 29: Verlauf der Konzentration von Benzol, Toluol und Xylole in Illmitz, 2000–2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

3.10 Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

3.10.1 PAH im PM10

In Illmitz wird die Konzentration der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAH, polycyclic aromatic hydrocarbons) Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(j)fluoranthren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Dibenz(a,h)anthracen und Indeno(1,2,3-c,d)pyren im PM10 gemessen. Die Analysen erfolgen in Form von Monatsmischproben, wobei für jeden dritten Tag eine Probe aus dem Filter für die gravimetrische PM10-Messung herangezogen wird. Die Verfügbarkeit der Einzelwerte betrug im Jahr 2009 99 %.

In Ried im Zillertal wurde jeder dritte PM10-Filter auf Benzo(a)pyren analysiert. Die Verfügbarkeit der Einzelwerte betrug 98 %.

Die Monatsmittelwerte sowie die Jahresmittelwerte der analysierten PAH sind in Tabelle 27 zusammengestellt. Der Jahresmittelwert von B(a)P betrug im Jahr 2009 in Illmitz 0,64 ng/m³ (er lag damit bei 64 % des Zielwertes von 1 ng/m³).

Der B(a)P-Jahresmittelwert betrug in Ried im Zillertal 1,06 ng/m³.

Anhand der Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF; EUROPEAN COMMISSION 2001, LARSEN & LARSEN 1998) der einzelnen PAH-Spezies, bezogen auf B(a)P, ergeben sich die in der letzten Zeile von Tabelle 27 angeführten gewichteten B(a)P-Äquivalente für Illmitz, die in Summe 1,0 ng/m³ betragen. Davon entfallen ca. 63 % auf Benzo(a)pyren, ca. 16 % auf Dibenzo(a,h)anthracen und ca. 9 % auf Benzo(b)fluoranthen.

Tabelle 27: PAH, Monatsmittelwerte, Jahresmittelwerte sowie TEF-gewichtete Jahresmittelwerte in Illmitz im Jahr 2009 (in ng/m³).

	Illmitz							Ried i.Z.
	Benzo(a)pyren	Benzo(a)anthracen	Benzo(j)fluoranthen	Benzo(b)fluoranthen	Benzo(k)fluoranthen	Dibenzo(a,h)anthracen	Indeno(1,2,3-c,d)pyren	Benzo(a)pyren
Jän. 09	2,5	2,2	2,9	3,5	2,3	0,4	1,9	4,2
Feb. 09	1,0	0,9	1,2	1,5	1,0	0,1	0,9	2,6
Mrz. 09	0,4	0,4	0,6	0,8	0,5	0,4	0,5	0,8
Apr. 09	0,2	0,2	0,4	0,5	0,3	0,2	0,4	0,2
Mai 09	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
Jun. 09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Jul. 09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Aug. 09	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
Sep. 09	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,2	0,2
Okt. 09	0,6	0,4	0,6	0,7	0,5	0,1	0,5	0,9
Nov. 09	0,9	0,3	0,9	1,0	0,6	0,1	1,1	2,3
Dez. 09	1,8	0,8	1,7	1,9	1,3	0,2	1,5	1,4
JMW	0,64	0,42	0,70	0,85	0,54	0,15	0,59	1,06
TEF	1	0,005	0,05	0,1	0,05	1,1	0,1	1
JMW TEF-gewichtet	0,64	< 0,01	0,04	0,09	0,03	0,16	0,06	1,06

Die Konzentration aller analysierten PAH weist sowohl in Illmitz als auch in Ried i.Z. einen sehr markanten Jahresgang mit hohen Werten in den Wintermonaten auf; zwischen Mai und August sind die Konzentrationen nahezu null (siehe Tabelle 27). Dabei weisen die meisten analysierten PAH-Spezies einen sehr ähnlichen Jahresgang auf, was tendenziell auf eine gleichartige Herkunft hindeutet; vergleichsweise schwach ausgeprägt ist der Jahresgang nur bei Dibenzo(a,h)anthracen. Die Hauptquelle der PAH dürften Hausbrandemissionen (Holzverbrennung) darstellen (UMWELTBUNDESAMT 2008b). Der Jahresgang der PAH unterscheidet sich damit deutlich von jenem der PM10-Gesamtkonzentration.

Die B(a)P-Konzentration variierte in den letzten Jahren in Illmitz nur wenig; der Jahresmittelwert betrug 2007 0,51 ng/m³, 2008 0,46 ng/m³ und 2009 0,64 ng/m³.

Der B(a)P-Anteil am gesamten PM₁₀ variierte in Illmitz leicht zwischen 0,0024 % (2007), 0,0029 % (2008) und 0,0021 % (2009).

Der Anteil von B(a)P an der TEF-gewichteten PAH-Summe variierte zwischen 61 % (2007), 57 % (2008) und 63 % (2009).

3.10.2 Deposition von PAH

Die Messung der Deposition von PAH erfolgt in Illmitz mittels Bergerhoff-Bechern mit Probenahmezeiträumen von 28 Tagen. Die Verfügbarkeit der Einzelwerte betrug 100 %.

Bei den meisten PAH-Spezies lag die Depositionsmenge im Sommer unter der Nachweisgrenze, bei Benzo(a)anthracen und Dibenzo(a,h)anthracen in fast allen Probenahmeperioden. Die Depositionswerte der PAH weisen – analog zu den Konzentrationen – einen deutlichen Jahresgang mit erhöhten Werten im Winter auf.

Tabelle 28: Deposition von PAH in Illmitz im Jahr 2009 (in ng/(m²·Tag)).

Benzo(a) pyren	Benzo(a) anthracen	Benzo(j) fluoranthen	Benzo(b) fluoranthen	Benzo(k) fluoranthen	Dibenzo(a,h) anthracen	Indeno (1,2,3-c,d)pyren
12,8	6,3	16,6	22,2	8,6	5,7	17,4

Dibenzo(a,h)anthracen lag damit 2009 auf ähnlichem Niveau wie 2007 und 2008. Bei Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(j)-fluoranthen und Indeno(1,2,3-c,d)pyren wies 2009 deutlich höhere Depositionswerte auf als die Jahre davor, bei Benzo(k)fluoranthen ähnliche wie 2007, aber deutlich höhere als 2008. Eine Interpretation dieses Verlaufs kann nicht gegeben werden.

3.11 Nasse Deposition

Wie in Kapitel 2 ausgeführt, sind die drei Messstellen Illmitz, Zöbelboden und Vorhegg Teil des internationalen EMEP-Messnetzes, dessen Ziel die Erfassung der weiträumigen, grenzüberschreitenden Luftverunreinigungen 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 29 gibt einen Überblick über die 2009 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 30 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 okkulte¹⁴ Deposition wesentlich zum Eintrag der genannten Schadstoffe in Ökosysteme beitragen.

Tabelle 29: Niederschlag, pH-Wert, Leitfähigkeit und Ionenkonzentrationen (in mg/l) sowie Schadstoffeinträge (in kg/(ha·a))r im Jahr 2009.

	Illmitz		Vorhegg		Zöbelboden	
Niederschlag*	565 mm		1.086 mm		1.692 mm	
pH-Wert**	6,1		5,8		5,5	
Leitfähigkeit**	16,7 µS/cm		7,0 µS/cm		9,7 µS/cm	
	mg/l	kg/(ha·a)	mg/l	kg/(ha·a)	mg/l	kg/(ha·a)
SO ₄ ²⁻ -S	0,50	2,71	0,20	2,18	0,23	3,94
NO ₃ ⁻ -N	0,47	2,48	0,22	2,41	0,37	6,22
NH ₄ ⁺ -N	0,99	5,28	0,29	3,17	0,44	7,42
Na ⁺	0,18	0,97	0,07	0,78	0,06	1,06
Mg ²⁺	0,06	0,34	0,04	0,39	0,02	0,42
Ca ²⁺	0,37	1,98	0,26	2,81	0,17	2,94
Cl ⁻	0,23	1,20	0,12	1,34	0,10	1,74
K ⁺	0,19	1,01	0,03	0,29	0,04	0,67

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

** pH-Wert und Leitfähigkeit: Niederschlagsgewichteter Durchschnitt über alle Proben

Tabelle 30: Beitrag verschiedener Schadstoffgruppen in der nassen Deposition an Versauerungs- bzw. Eutrophierungsäquivalenten im Jahr 2009 (in Prozent).

Standort	Versauerung			Eutrophierung	
	Sulfat	Nitrat	Ammonium	Nitrat	Ammonium
Illmitz	23	24	52	32	68
Vorhegg	25	32	42	43	57
Zöbelboden	20	36	43	46	54

Die Sulfat-Konzentration im Niederschlag war in Illmitz mit 0,50 mg/l mehr als doppelt so hoch wie in Vorhegg und auf dem Zöbelboden. Wegen der wesentlich höheren Regenmengen in den Nördlichen Kalkalpen wies der Zöbelboden aber mit 3,9 kg/(ha·a) den höchsten Sulfat-Eintrag auf, Vorhegg mit 2,2 kg/(ha·a) den niedrigsten.

¹⁴ Deposition aus Nebeltröpfchen

Bei Nitrat war die Konzentration in Illmitz mit 0,47 mg/l ca. doppelt so hoch wie in Vorhegg, Zöbelboden wies bei Nitrat, anders als bei Sulfat, allerdings eine höhere Konzentration als Vorhegg auf. Die hohen Niederschlagsmengen führten dazu, dass Zöbelboden die mit Abstand höchste Nitrat-Deposition aufwies.

Die Konzentration von Ammonium war in Illmitz etwa dreimal so hoch wie in Vorhegg und mehr als doppelt so hoch wie auf dem Zöbelboden. Der Zöbelboden wies den höchsten Ammonium-Eintrag auf, Vorhegg den niedrigsten.

Abbildung 30 und Abbildung 31 geben die Jahressummen der nassen Deposition von Sulfat-S, Nitrat-N und Ammonium-N an den Messstellen Illmitz, St. Koloman (bis 2003), Zöbelboden und Vorhegg in den Jahren 1984 (bzw. 1996)–2009 an, Abbildung 32 die niederschlagsgewichteten Jahresmittelwerte der Konzentration von Sulfat-S, Nitrat-N und Ammonium-N.

Die mittlere Konzentration von Schwefel, oxidiertem und reduziertem Stickstoff lag 2009 in Vorhegg und auf dem Zöbelboden auf einem ähnlichen Niveau wie in den letzten Jahren; der starke Anstieg bei reduziertem Stickstoff in Illmitz seit 2007 entzieht sich einer Interpretation.

Der Eintrag (Deposition) oxidiertem Stickstoffverbindungen (NO_3^- -N) nahm in Illmitz seit 1984 tendenziell ab. In Illmitz ist seit den Achtzigerjahren ein Rückgang des oxidierten N-Eintrags um fast die Hälfte festzustellen. Der abnehmende Trend bei NO_3^- -N weist in Illmitz ein Signifikanzniveau¹⁵ von 99 % auf (im Mittel – 0,05 kg/(ha·a) pro Jahr). Auch St. Koloman¹⁶ wies in den Neunzigerjahren einen Rückgang des Nitrat-Eintrags auf. In den letzten Jahren seit 2005 war auf dem Zöbelboden und in Illmitz allerdings ein Anstieg der Nitrat-Deposition zu beobachten.

Der Eintrag von reduzierten Stickstoffverbindungen (NH_4^+ -N) zeigt in Illmitz und St. Koloman/Zöbelboden tendenziell einen Rückgang. Der abnehmende Trend weist in Illmitz ein Signifikanzniveau von 95 % auf (im Mittel – 0,1 kg/(ha·a) pro Jahr). Seit 2005 stieg in Illmitz und auf dem Zöbelboden die Ammonium-Deposition allerdings wieder an, während sie in Vorhegg seit 2002 nahezu konstant ist.

Der Eintrag von Schwefel (SO_4^{2-} -S) nahm in Illmitz und St. Koloman zu Beginn der Neunzigerjahre deutlich ab, seitdem ist ein relativ gleichmäßiger leichter Rückgang zu beobachten. In Illmitz 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 – 0,2 kg/(ha·a) pro Jahr, bei der kombinierten Messreihe von St. Koloman und Zöbelboden – 0,4 kg/(ha·a) pro Jahr beträgt. Gegenüber den Achtzigerjahren nahm der Schwefeleintrag in Illmitz um ca. 50 %, in St. Koloman bzw. Zöbelboden um ca. 70 % ab. In Vorhegg weist der Trend des Sulfat-Eintrags bei einer mittleren Abnahme von – 0,2 kg/(ha·a) pro Jahr ein Signifikanzniveau von 95 % auf. Seit 2003 ist an keiner dieser Messstellen eine signifikante Veränderung der Sulfat-Deposition festzustellen.

Die Variation der Deposition von oxidiertem und reduziertem Stickstoff in den letzten Jahren ist im Wesentlichen auf die Niederschlagsmenge zurückzuführen (ausgenommen der Anstieg bei Ammonium-N und beim pH-Wert in Illmitz, die

¹⁵ berechnet mit Mann-Kendall-Test

¹⁶ Verlegung der Messung von St. Koloman zum Zöbelboden 2004.

sich einer Interpretation entziehen). Die Konzentration von Stickstoff im Niederschlag veränderte sich in den letzten zehn Jahren nur wenig (siehe Abbildung 31); die Trenduntersuchungen zeigen keine statistische Signifikanz.

Dagegen sinkt die Konzentration von Schwefel im Niederschlag an allen EMEP-Messstellen statistisch signifikant ab, am deutlichsten in Illmitz sowie in der kombinierten Messreihe von St. Koloman und Vorhegg (Signifikanzniveau jeweils 99 %) mit einer Abnahme von $-0,04$ bzw. $-0,02$ mg/l pro Jahr).

Keinen statistisch signifikanten Trend weist der pH-Wert an den EMEP-Messstellen auf.

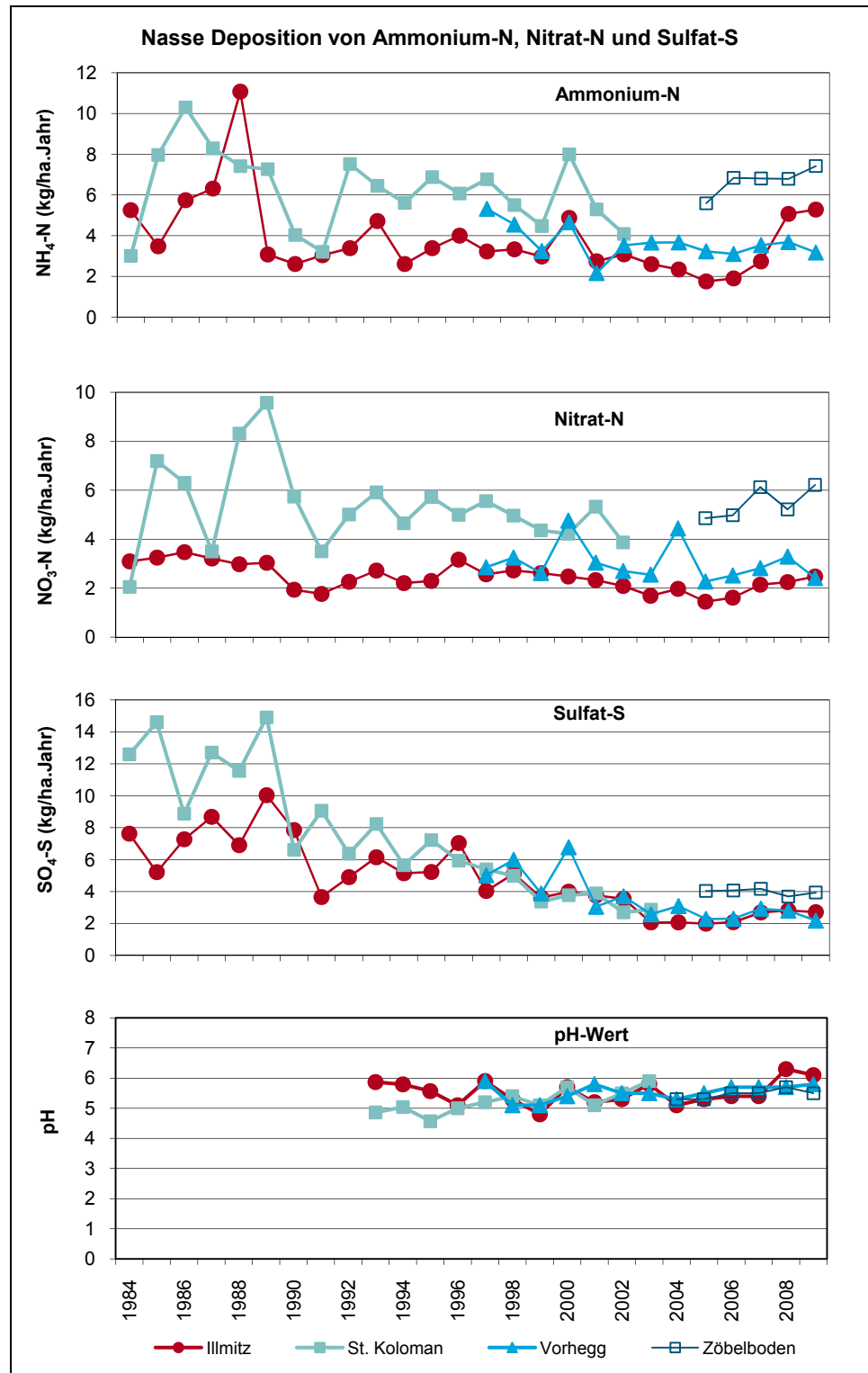


Abbildung 30: Trend der nassen Deposition von Ammonium-N, Nitrat-N und Sulfat-S sowie pH-Wert, 1984–2009 (in kg/(ha·a)) an den EMEP-Messstellen.

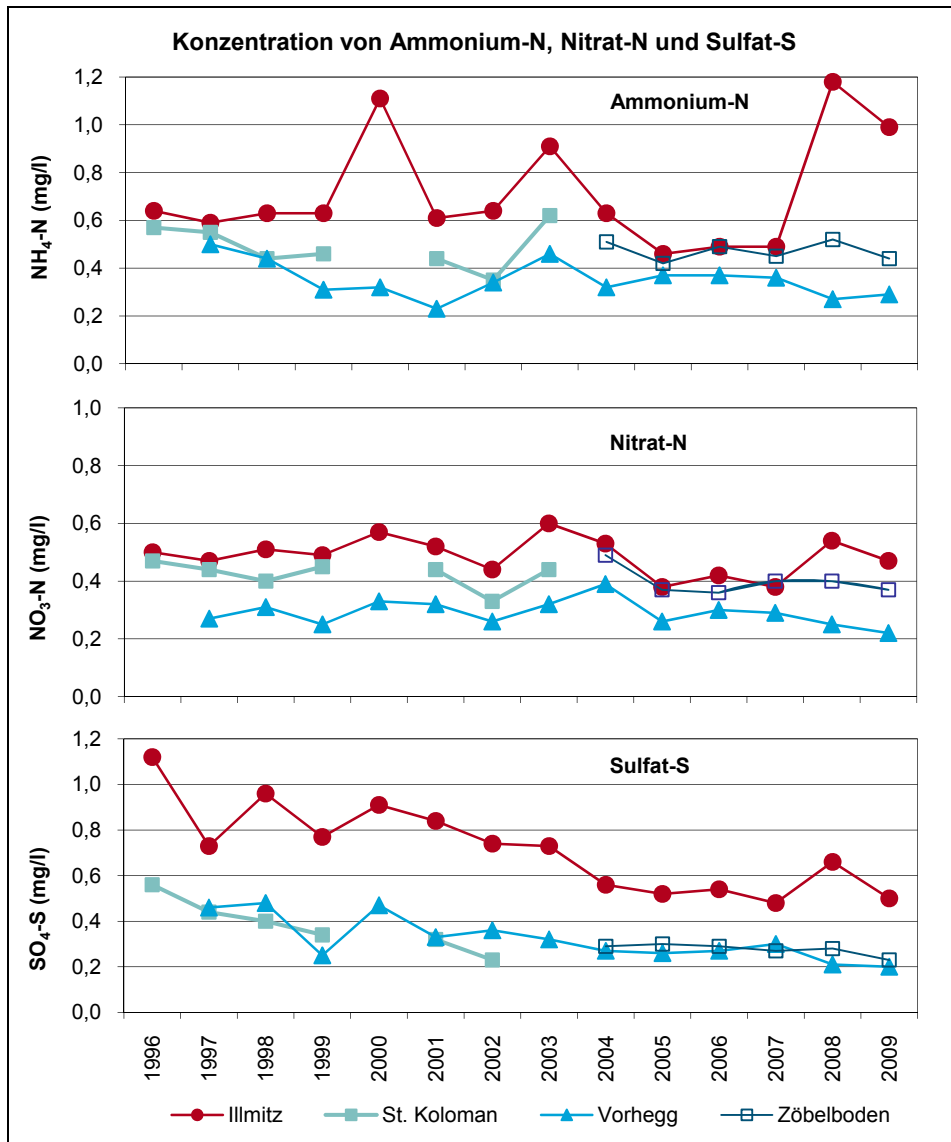


Abbildung 31: Trend der Konzentration von Ammonium-N, Nitrat-N und Sulfat-S im Regenwasser, 1996–2009 (in mg/l) an den EMEP-Messstellen.

3.12 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, SO₂, Summe von oxidiertem Stickstoff (ox. N: Salpetersäure, gasförmig und Nitrat, partikulär) und Summe von reduziertem Stickstoff (red. N: Ammoniak, gasförmig und Ammonium, partikulär) vor (in Hinblick auf die Phasenübergänge zwischen gasförmigen und partikulären Stickstoffverbindungen ist die gesonderte Angabe der Einzelkomponenten nicht möglich).

Die Kenntnis der partikulär vorkommenden S- und N-Verbindungen ist deswegen von Relevanz, da sie Bestandteile des atmosphärischen Aerosols (PM10, siehe Kapitel 3.3) sind; sie werden nicht direkt emittiert, sondern entstehen in der Atmosphäre aus SO₂, NO_x und NH₃.

Tabelle 31 gibt den Jahresmittelwert, den maximalen und den minimalen Tagesmittelwert von Schwefel im Sulfat sowie Stickstoff in den oxidierten und reduzierten Stickstoffverbindungen für Illmitz im Jahr 2009 an.

Tabelle 31: Schwefel im Sulfat sowie Stickstoff in oxidierten und reduzierten Stickstoffverbindungen, Jahresmittelwert, maximaler und minimaler Tagesmittelwert in Illmitz im Jahr 2009 (in µg/m³).

	S	ox. N	red. N
JMW 2009	0,97	0,97	2,59
max. TMW	7,74	22,24	27,34
min. TMW	0,11	0,18	0,21

Tabelle 32 und Abbildung 32 zeigen die Entwicklung der Jahresmittelwerte der Konzentration von Schwefel im partikulären Sulfat sowie von oxidiertem und reduziertem Stickstoff im Zeitraum von 2000–2009.

Tabelle 32: Schwefel im partikulären Sulfat sowie Stickstoff in oxidierten und reduzierten Stickstoffverbindungen, Jahresmittelwerte in Illmitz, 2000–2009 (in µg/m³).

	Sulfat-S (µgS/m³)	ox. N (µgN/m³)	red. N (µgN/m³)
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
2007	0,96	0,76	2,26
2008	0,91	0,77	2,47
2009	0,97	0,97	2,59

Die Konzentration von partikulärem Schwefel lag in den letzten Jahren relativ einheitlich um 1 µg/m³ (dies entspricht einer Ammoniumsulfat-Konzentration von ca. 3,5 µg/m³). Die Konzentration partikulären Sulfats dürfte v. a. von den meteorologischen Verhältnissen im Winter abhängen; der höchste Jahresmittelwert der letzten Jahre wurde 2006 beobachtet, dieses Jahr war von einem sehr kalten Winter gekennzeichnet; demgegenüber wiesen die niedrig belasteten Jahre 2004 und 2008 relativ warme Winter auf.

Auf den zwischen 2000 und 2005 beobachteten starken Anstieg der Konzentration oxidierten Stickstoffverbindungen folgte bis 2007 ein markanter Rückgang, wobei sich dieses Verhalten einer eindeutigen Interpretation entzieht.

Bei den reduzierten Stickstoffverbindungen zeichnet sich in den letzten Jahren eine uneinheitliche Entwicklung ab. Insgesamt lassen die Messdaten der oxidierten und reduzierten N-Verbindungen keinen langjährigen Trend erkennen.

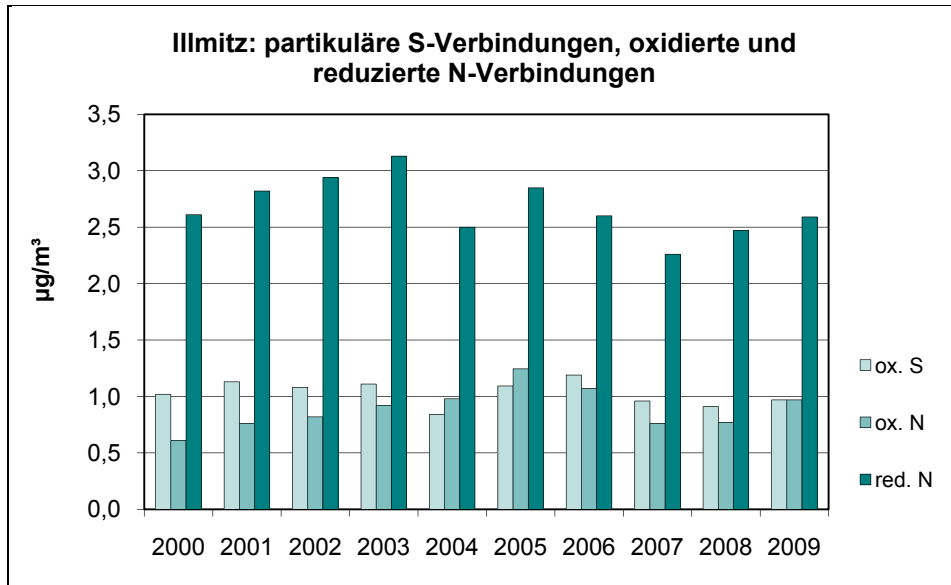


Abbildung 32: Jahresmittelwerte der Konzentration von Schwefel im partikulären Sulfat und von oxidiertem und reduziertem Stickstoff in Illmitz, 2000–2009 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Der langjährige Trend der Konzentration von Schwefel im partikulären Sulfat in Illmitz wird für den Zeitraum von 1978–2009 in Abbildung 33 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 um $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. 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 waren die starken Emissionsreduktionen bei Schwefeldioxid in den nördlichen Nachbarstaaten Österreichs, v. a. in Tschechien und Ostdeutschland, später auch in Polen, der Slowakei und Ungarn.

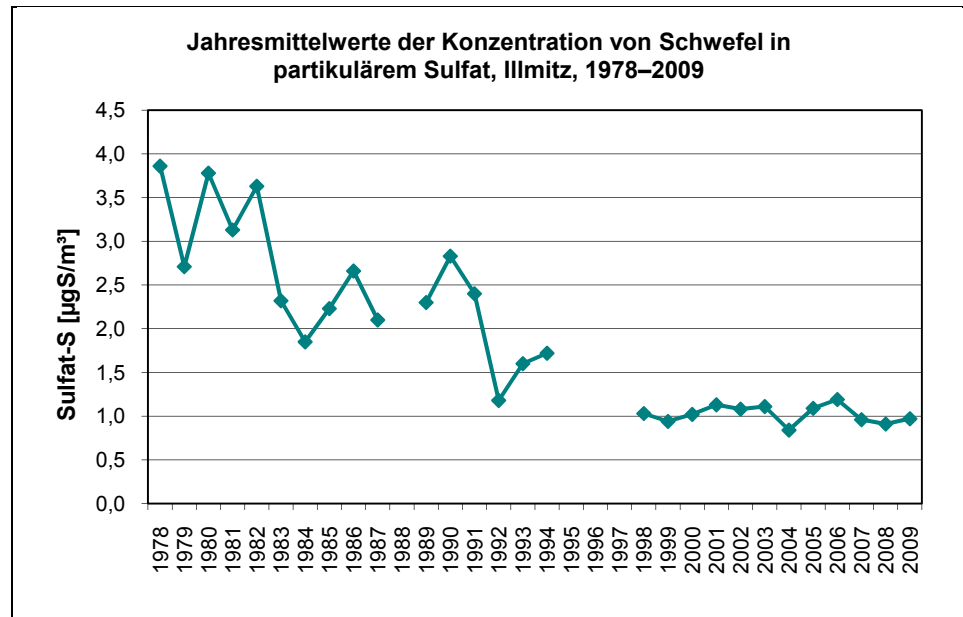


Abbildung 33: Trend der Konzentration von Schwefel im partikulären Sulfat in Illmitz, 1978–2009 (in µg/m³).

3.13 Treibhausgase

3.13.1 Kohlendioxid

Die Konzentration des Treibhausgases Kohlendioxid (CO₂) 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 CO₂-Konzentration lag 2009 mit 387,9 ppm erheblich über dem vorindustriellen Wert von ca. 280 ppm (IPCC 2007).

Abbildung 34 gibt die Monatsmittelwerte der CO₂-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 33 zeigt die Jahresmittelwerte der CO₂-Konzentration zwischen 2001 und 2009¹⁷.

¹⁷ 1999, 2000 und 2006 keine ausreichende Verfügbarkeit

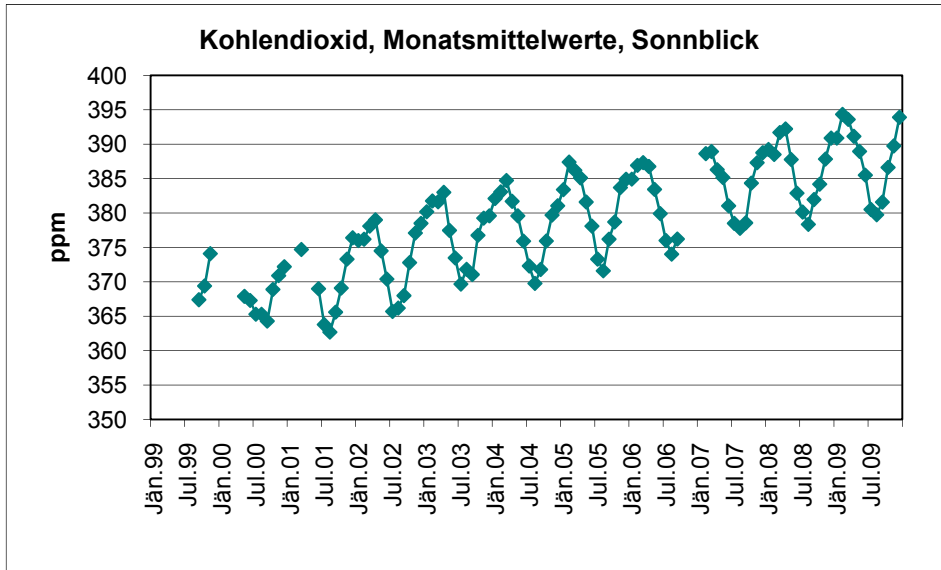


Abbildung 34: Monatsmittelwerte der CO₂-Konzentration am Sonnblick, 1999–2009 (in ppm).

Tabelle 33: CO₂, Jahresmittelwerte am Sonnblick, 2001–2009 (in ppm).

	CO ₂
2001	369
2002	374
2003	377
2004	378
2005	381
2006	*
2007	384
2008	386
2009	388

* Ausfall der CO₂-Messung vom 29.9.2006 bis 16.1.2007

3.13.2 Methan

Die Konzentration des Treibhausgases Methan (CH₄) wird seit Februar 2003 auf dem Zöbelboden gemessen. Aufgrund eines Geräteausfalls vom 30.12.2008 bis 6.7.2009 kann für 2009 kein Jahresmittelwert angegeben werden.

Die CH₄-Konzentration zeigt auf dem Zöbelboden seit 2003 keinen klaren Trend.

Die CH₄-Konzentration weist einen flachen Jahrgang mit erhöhten Werten im Winter auf.

4 METEOROLOGISCHE MESSUNGEN

Die Messung meteorologischer Größen liefert Informationen, die zur Interpretation des Immissionsgeschehens benötigt werden. 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 für die Beurteilung des Ozonbildungspotenzials von Bedeutung und stellen notwendige Eingangsgrößen für die mathematische Modellierung der Schadstoffausbreitung dar.

4.1 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 ihre chemische Umwandlung und Entfernung 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 Bedingungen (z. B. stabile Temperaturschichtung, niedrige Windgeschwindigkeit) sorgen für hohe Konzentrationen am Boden. Nachts und im Winter herrschen tendenziell ungünstigere Ausbreitungsbedingungen als tagsüber bzw. im Sommer (generell führt stärkere Sonneneinstrahlung zu einer stärkeren Durchmischung der bodennahen Atmosphäre und damit zu einer rascheren Schadstoffverdünnung).

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 zum 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, weshalb 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. 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, ist an Standorten mit sehr hoher NO_x-Konzentration die NO₂-Konzentration im Sommer höher als im Winter. Dies kann z. B. an der Messstelle Wien Hietzinger Kai auftreten.

Für die Konzentration sekundärer Luftschadstoffe – sowohl bei Ozon als auch 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.

4.2 Die Witterung und deren Einfluss auf die Immissionsituation in Österreich im Jahr 2009

Das Jahr 2009 wies im Großteil Österreichs leicht überdurchschnittliche Jahresmitteltemperaturen auf, die großflächig um ca. 0,8 bis 1,1 °C über dem Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 lagen. Es lag damit im Trend der letzten – insgesamt relativ warmen – 15 Jahre. Am geringsten war die Temperaturabweichung gegenüber dem langjährigen Mittel in den Zentralalpen Westösterreichs.

Die Niederschlagsmengen hingegen lagen im Großteil Österreichs deutlich über dem langjährigen Mittel, wobei die östliche Hälfte Österreichs besonders regenreich war. In Wien sowie im Großteil Niederösterreichs, des Burgenlandes und der Steiermark wurden mehr als 125 % der üblichen Niederschlagsmenge erreicht, im zentralen Niederösterreich zwischen dem Kampthal, Wien und St. Pölten sowie im Raum Graz über 150 %. Besonders hohe Niederschlagsmengen wurden im Raum Wien in den Monaten März, Juni und Juli registriert, in weiten Teilen des östlichen und nördlichen Österreichs war Juni der mit Abstand regenreichste Monat.

Im Großteil Österreichs zeichneten sich der Februar und der März durch extrem hohe Schneemengen aus; auf diesen folgte ein extrem trockener und warmer April.

Der Witterungsverlauf führte insgesamt zu einer relativ geringen Schadstoffbelastung. Die hohen Regenmengen im Hochsommer trugen zu einer sehr niedrigen Ozonbelastung bei. Auf der anderen Seite war der Winter von häufigen West- und Nordwestwetterlagen mit hohen Niederschlagsmengen, aber relativ selten von Hochdruckwetterlagen geprägt; dies führte insgesamt zu relativ niedrigen Belastungen bei PM₁₀, NO₂ und SO₂.

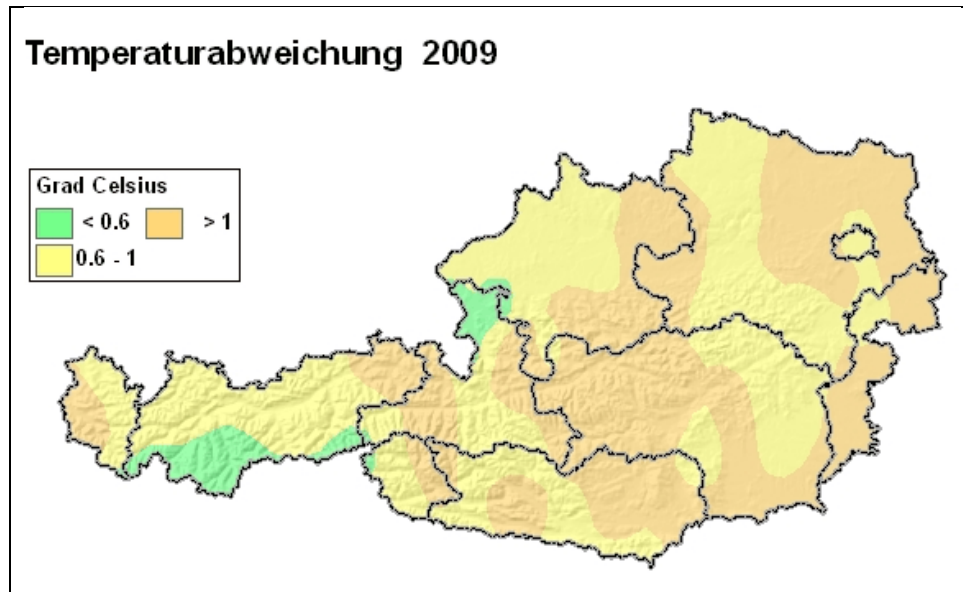


Abbildung 35: Abweichung der Jahresmitteltemperatur 2009 vom Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 (in °C). (Quelle: ZAMG, www.zamg.ac.at).

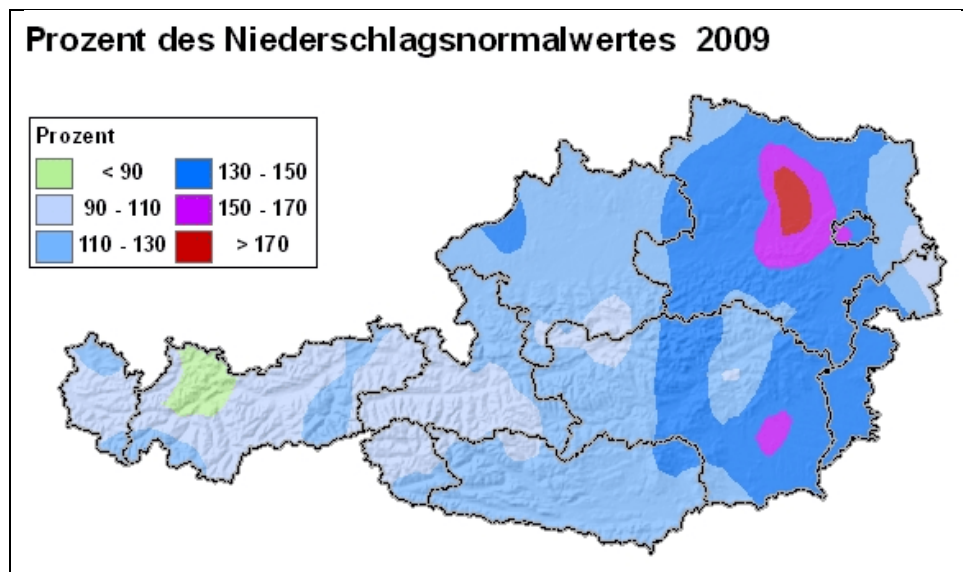


Abbildung 36: Abweichung der Niederschlagssumme 2009 vom Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 (in Prozent). (Quelle: ZAMG, www.zamg.ac.at).

Der **Jänner 2009** war im Großteil Österreichs ein sehr kalter Monat. Verglichen mit der Klimaperiode 1961–1990 lag die Temperatur in Vorarlberg, im nördlichen Salzburg und im westlichen Oberösterreich bis $-2,5\text{ °C}$ unter dem langjährigen Mittel. Lediglich in Teilen Kärntens und der Steiermark wurde eine Monatsmitteltemperatur gemessen, die dem Klimamittelwert entspricht.

Die erste Monatshälfte wurde von Hochdruckwetterlagen dominiert, bei denen häufig kalte, kontinentale Luftmassen nach Österreich geführt wurden. Ab 20.1. traten häufig Südwestwetterlagen auf, die vor allem im Süden Österreichs höhere Temperaturen, aber auch hohe Schneemengen verursachten.

Die Niederschlagsmengen waren extrem ungleich verteilt. Nördlich des Alpenhauptkamms fiel sehr wenig Schnee, im Salzkammergut weniger als 25 % des langjährigen Mittelwerts. Demgegenüber registrierten das südliche Kärnten, Teile der Steiermark sowie des Burgenlandes Niederschlagsmengen über dem Doppelten des Klimawerts, in Teilen der Steiermark wurde fast das Vierfache erreicht.

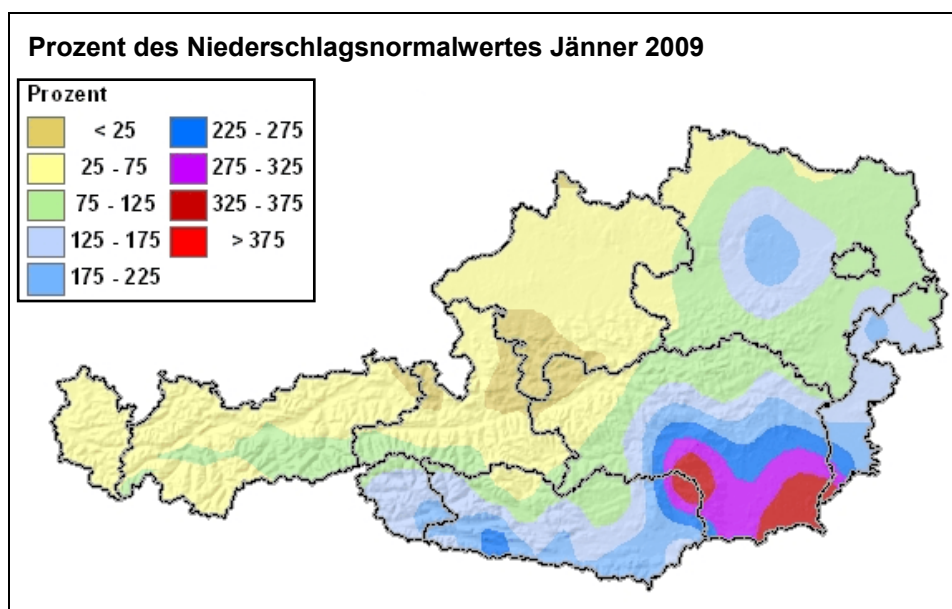


Abbildung 37: Abweichung der Monatsniederschlagssumme im Jänner 2009 vom Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 (in Prozent). (Quelle: ZAMG, www.zamg.ac.at)

Der **Februar 2009** war von Tiefdruck-, Nordwest- und Südwestwetterlagen gekennzeichnet, Hochdrucklagen traten praktisch nicht auf; dies hatte merkliche Auswirkungen auf die Immissionssituation.

Die Monatsmitteltemperatur lag v. a. im Westen und Nordwesten Österreichs um bis 1 °C unter dem langjährigen Mittelwert (Klimaperiode 1961–1990), im Bereich vom südlichen Oberösterreich bis in die Südsteiermark dagegen um ca. 0,5 °C darüber.

Sehr unterschiedlich waren die Niederschlagsverhältnisse. An der Alpennordseite von Salzburg bis Niederösterreich wurden Rekordschneemengen gemessen. Im Großteil Niederösterreichs, im Nordburgenland und im östlichen Oberösterreich, aber auch in Südwestkärnten und im nördlichen Bregenzerwald wurde mehr als das Doppelte der durchschnittlichen Niederschlagsmenge registriert, im Mariazellerland, im nördlichen Waldviertel und im Nordburgenland sogar mehr als 275 %. Demgegenüber wiesen das westliche Tirol, Nordkärnten und Teile der Obersteiermark unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen auf.

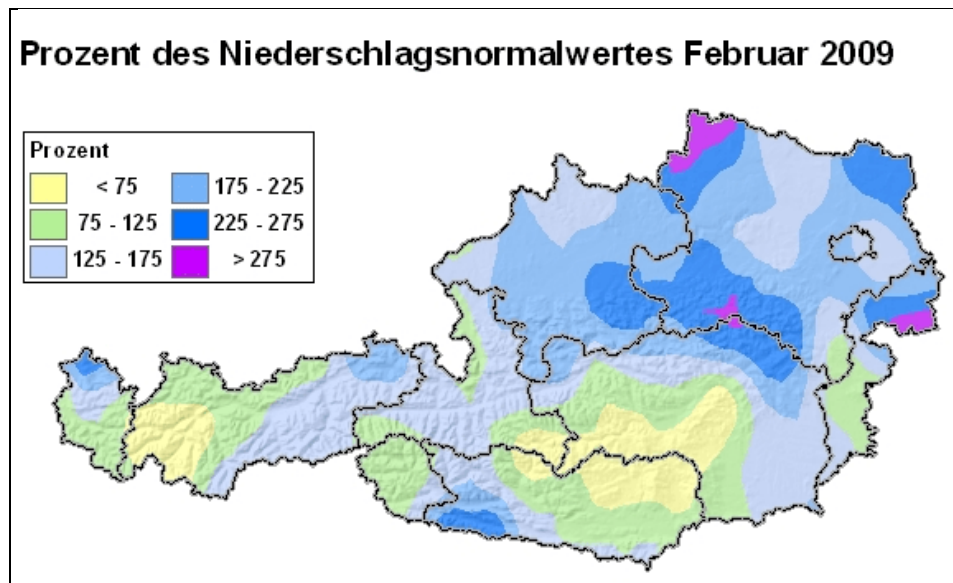


Abbildung 38: Abweichung der Monatsniederschlagssumme im Februar 2009 vom Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 (in Prozent). (Quelle: ZAMG, www.zamg.ac.at)

Der **März 2009** zeichnete sich im Großteil Österreichs durch sehr hohe Regen- bzw. Schneemengen aus. Durchschnittliche Niederschlagsmengen wurden lediglich in Teilen Vorarlbergs und Tirols sowie im Zentralalpenbereich Salzburgs und der Steiermark registriert. Kärnten und Osttirol sowie der Norden und Nordosten Österreichs waren hingegen von sehr hohen Niederschlägen betroffen. In Kärnten wurden im März Niederschlagsmengen bis zum Zweieinhalbfachen des langjährigen Durchschnitts registriert. Noch extremer waren die Regenmengen im Nordosten; in weiten Teilen Niederösterreichs und des Nordburgenlandes sowie in Wien fiel mehr als das Doppelte der üblichen Niederschlagsmenge, im Norden Niederösterreichs mehr als das Dreieinhalbfache. Im Wald- und Weinviertel sowie im Tullnerfeld war der März 2008 der regenreichste seit Beginn der Messungen.

Die Monatsmitteltemperatur lag im Westen Österreichs etwas unter dem langjährigen Durchschnitt, im Osten etwas darüber.

Insgesamt wurde der Witterungsverlauf von sehr häufigen West- und Nordwest- sowie Tiefdruckwetterlagen geprägt.

Der **April 2009** war in ganz Österreich außerordentlich warm und trocken.

Die Monatsmitteltemperatur lag in Oberösterreich, im nördlichen und östlichen Niederösterreich, in der östlichen Steiermark und im Burgenland um mehr als 4 °C über dem Durchschnitt der Klimaperiode 1961–1990, am „kühlsten“ war es in Osttirol und im südwestlichen Kärnten mit Abweichungen von bis zu 2 °C.

In Klagenfurt, Bregenz und Innsbruck war der April 2008 der zweitwärmste (nach 2007), im Großteil Österreichs der wärmste seit Beginn der Messungen. In Wien und Kremsmünster war dies der wärmste April seit dem Jahr 1800.

Im größten Teil Österreichs lag die Niederschlagsmenge deutlich unter dem langjährigen Durchschnitt. Lediglich in Mittel- und Ostkärnten wurden leicht überdurchschnittliche Regenmengen registriert. Weniger als 25 % des Klimawertes wurden in Wien, im Großteil Niederösterreichs, des Burgenlandes und Vorarlbergs gemessen. In Teilen Niederösterreichs fiel praktisch kein Regen.

Der Witterungsverlauf war überwiegend von Hochdruck- und gradientschwachen Wetterlagen gekennzeichnet.

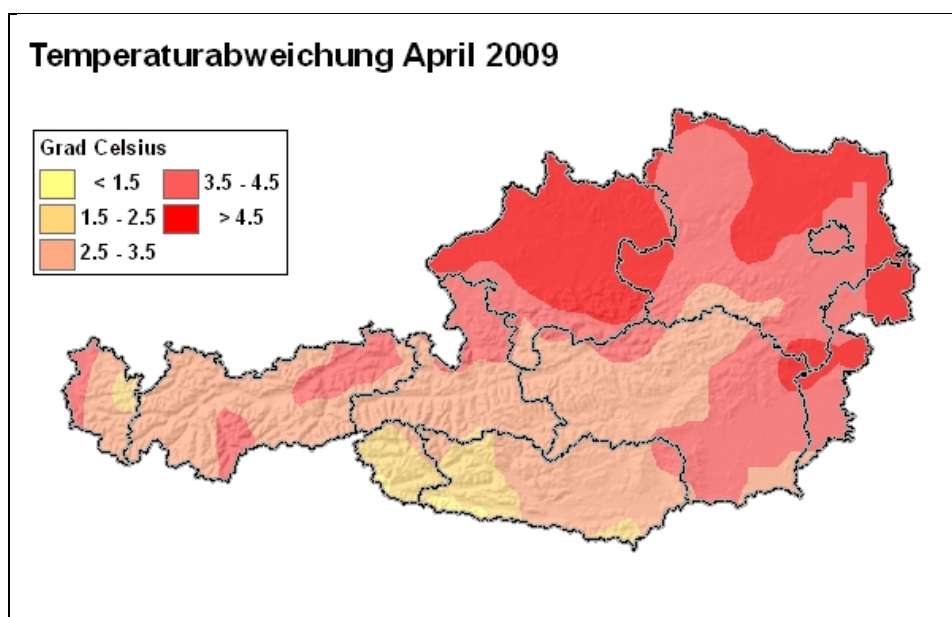


Abbildung 39: Abweichung der Monatsmitteltemperatur im April 2009 vom Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 (in °C). (Quelle: ZAMG, www.zamg.ac.at)

Der **Mai 2009** war durch insgesamt recht wechselhaftes Wetter – es überwogen Südwest- bis Nordwest-Strömungslagen – gekennzeichnet. Die Monatsmitteltemperatur lag in ganz Österreich über dem Durchschnitt der Klimaperiode 1961–1990, wobei Teile von Vorarlberg, Tirol, Salzburg und Kärnten mit Temperaturabweichungen um oder über 3 °C am wärmsten waren. Im nördlichen Oberösterreich, in Niederösterreich, dem Burgenland und der östlichen Steiermark lag die Monatsmitteltemperatur „nur“ 1 bis 2 °C über dem langjährigen Durchschnitt.

Die Niederschläge verteilten sich im Großteil Österreichs über den ganzen Monat, wobei die Nordwestwetterlage ab 26.5. mit großflächig und länger anhaltenden starken Regenfällen verbunden war. Insgesamt lag die Monatssumme des Niederschlags im Großteil von Nieder- und Oberösterreich und der Steiermark deutlich über dem langjährigen Mittel, wobei im nördlichen und westlichen Oberösterreich mehr als 170 % des üblichen Niederschlags fielen. Osttirol und Westkärnten sowie der nordtiroler Zentralalpenraum waren dagegen von unterdurchschnittlichen Regenmengen betroffen, am trockensten war Lienz mit 47 % des langjährigen Mittels. Im Süden Österreichs fiel ein Großteil des Regens in Form heftiger Gewitter.

Der **Juni 2009** zeichnete sich durch durchschnittliche Temperaturen, aber extreme Regenmengen v. a. im Norden Österreichs aus.

Im Großteil Österreichs lag die Monatsmitteltemperatur im Bereich des langjährigen Durchschnitts (Klimaperiode 1961–1990), etwas wärmer war es nur in Osttirol und Oberkärnten sowie in Vorarlberg.

Die Niederschlagsmengen lagen im Norden und Osten Österreichs weit über dem langjährigen Durchschnitt; in St. Pölten und Eisenstadt wurden die bisher höchsten Niederschlagssummen für den Monat Juni beobachtet. Mehr als das Doppelte der durchschnittlichen Regenmenge fielen in großen Teilen von Ober- und Niederösterreich, in Wien, im nördlichen Salzburg, im Nordburgenland sowie im südöstlichen Burgenland, mehr als das Dreifache im niederösterreichischen Alpenvorland und in den nördlichen niederösterreichischen Voralpen. Diese hohen Regenmengen fielen im Zuge einer stabilen Tiefdruckwetterlage zwischen 19. und 29. Juni.

Unterdurchschnittliche Regenmengen traten lediglich in Osttirol sowie im südwestlichen Nordtirol auf.

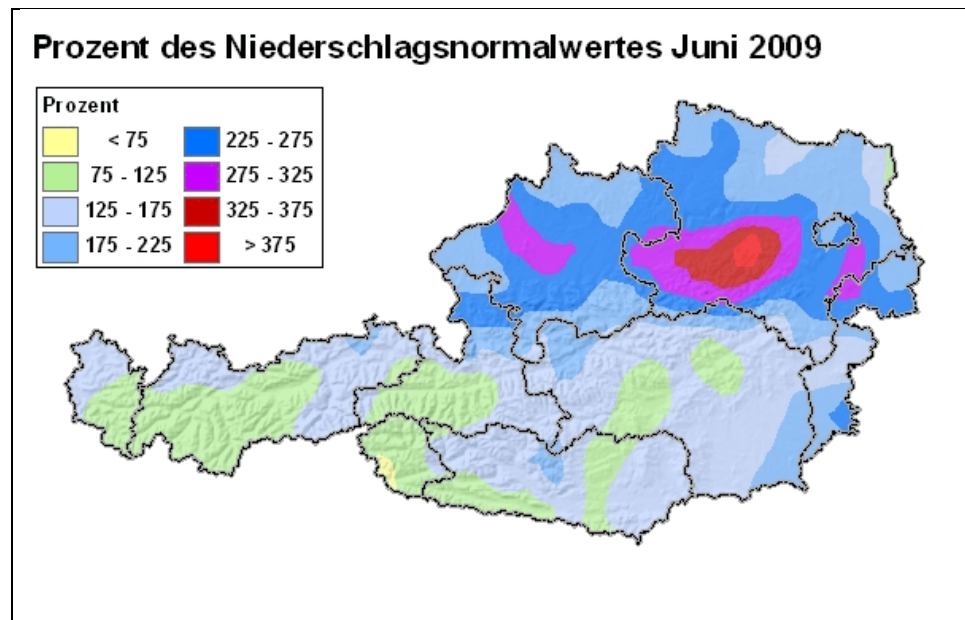


Abbildung 40: Abweichung der Niederschlagssumme im Juni 2009 vom Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990 (in Prozent). (Quelle: ZAMG www.zamg.ac.at)

Der Witterungsverlauf war im Juni von sehr häufigen Tiefdruckwetterlagen geprägt, bereits vor dem Kaltlufteinbruch am 19.6.2009 war das Wetter wechselhaft und kühl.

Der **Juli 2009** zeichnete sich in großen Teilen Österreichs durch viel Regen und eine sehr wechselhafte Witterung aus. Zwar lag die Monatsmitteltemperatur im Westen Österreichs im Bereich des langjährigen Mittels der Klimaperiode 1961–1990 und im Osten um bis zu 1,5 °C darüber, doch traten im Verlauf des Monats mehrere markante Kaltlufteinbrüche auf. Auf überdurchschnittlich warme Perioden vom 13.7. bis 17.7. und vom 21.7. bis 23.7. folgten Temperaturrückgänge um jeweils bis zu 10 °C.

Die Niederschlagsmengen lagen in fast ganz Österreich über dem langjährigen Durchschnitt; in Niederösterreich und Wien, im nördlichen Oberösterreich und in der östlichen Steiermark wurde etwa das Doppelte der üblichen Regenmenge

registriert. Die höchsten Niederschlagsmengen traten im zentralen Niederösterreich auf, in St. Pölten wurden mit 208 mm 244 % des Durchschnittswerts gemessen. Deutlich unterdurchschnittliche Regenmengen wurden nur im Seewinkel und in Südkärnten beobachtet.

Der **August 2009** wies wechselhaftes, aber relativ warmes Wetter auf. Die Monatsmitteltemperatur lag in ganz Österreich über dem langjährigen Durchschnitt, am wärmsten war es in Kärnten und Osttirol mit Abweichungen über 2 °C vom Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990, am geringsten waren die Abweichungen mit 1 bis 1,5 °C im Nordosten.

Regenfälle verteilten sich über den ganzen Monat. Teile von Vorarlberg, Nordtirol und Salzburg erhielten Niederschlagsmengen unter dem langjährigen Durchschnitt, wohingegen vor allem das südöstliche Niederösterreich sowie Teile der Steiermark und Unterkärntens bis zum Eineinhalbfachen der mittleren Niederschlagsmenge registrierten.

Der **September 2009** war in ganz Österreich von überdurchschnittlichen Temperaturen gekennzeichnet. Im Nordosten lag die Monatsmitteltemperatur bis 2,5 °C über dem Mittelwert der Klimaperiode 1961–1990, im Süden, der von besonders starken Niederschlägen betroffen war, nur ca. 1,5 °C darüber.

Der Süden Österreichs war von sehr hohen Regenmengen betroffen, im Lungau, in Teilen Kärntens und in der Weststeiermark fiel gebietsweise mehr als das Doppelte der durchschnittlichen Niederschlagsmenge. Demgegenüber waren der Nordosten Österreichs sowie Vorarlberg und das westliche Nordtirol sehr trocken; in Wien wurden nur 37 % der durchschnittlichen Regenmenge gemessen.

Der **Oktober 2009** war von sehr wechselhaftem Wetter gekennzeichnet. Die Monatsmitteltemperatur lag in ganz Österreich nahe dem langjährigen Mittel, wobei es südlich des Alpenhauptkamms etwas wärmer und im Norden etwas kälter war.

Die Niederschlagsmengen lagen im Großteil Österreichs im Bereich des Klimamittelwertes, relativ trocken war es im Süden, überdurchschnittliche Niederschlagsmengen traten nördlich des Alpenhauptkamms auf, wobei das östliche Nordtirol und das Waldviertel besonders hohe Regen- und Schneemengen aufwiesen.

Der **November 2009** war ein außergewöhnlich warmer Monat. Im Bereich nördlich des Alpenhauptkamms lag die Monatsmitteltemperatur um 2,5 bis mehr als 3,5 °C über dem langjährigen Mittel der Klimaperiode 1961–1990, wobei es in Vorarlberg, im nordwestlichen Tirol und im Mühlviertel am wärmsten war; südlich des Alpenhauptkamms war es etwas kühler, die Temperatur lag um etwa 2 °C über dem langjährigen Mittelwert.

Die Niederschlagsmengen lagen nördlich des Alpenhauptkamms zwischen dem Unterinntal und dem Semmeringgebiet teilweise deutlich unter dem langjährigen Mittel (Minimum 32 % in Windischgarsten), in Vorarlberg, im südwestlichen Nordtirol, in Osttirol und Westkärnten, im Weinviertel und Wien teilweise deutlich darüber. Die Niederschläge fielen unter 2.000 m fast durchwegs als Regen und waren sehr ungleich verteilt.

Der Witterungsverlauf war von häufigen Tiefdruck- und Westwetterlagen geprägt.

Der **Dezember 2009** zeichnete sich durch relativ wechselhaftes Wetter aus. Bis 10.12. war es relativ warm, es dominierten Tiefdruckwetterlagen mit häufigem Niederschlag vor allem im Westen Österreichs. Danach drangen vermehrt polare Kaltluftmassen nach Österreich vor und es kühlte kontinuierlich ab, wobei der 20.12. der kälteste Tag war. Danach führte Südwestströmung zu einer raschen Erwärmung bis zum 25.12.

Im Monatsmittel lag die Temperatur im nordöstlichen Teil Österreichs nahe dem langjährigen Klimamittelwert, der östliche Alpenbereich war zu warm, während der westliche Zentralalpenbereich ungewöhnlich niedrige Temperaturen registrierte, die vor allem auf die Kältephase Mitte des Monats zurückzuführen sind.

Die Niederschlagsmengen erreichten in Kärnten und Osttirol bis über das Doppelte der durchschnittlichen Höhe, wohingegen Österreich nördlich des Alpenhauptkamms eher zu trocken war.

4.3 Wind

Die Windrichtungsverteilungen der Stationen Enzenkirchen, Illmitz, Klöch, Pillersdorf, Ried i. Z., Sonnblick, Vorhegg und Zöbelboden für das Jahr 2009 sind in den Schadstoffwindrosen im Anhang 8 dargestellt.

Tabelle 34 gibt die Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit im Jahr 2009 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 Messurm auf dem Zöbelboden, 45 m über Boden. Die niedrigsten Windgeschwindigkeiten (im Mittel um 1 m/s) wurden in Ried im Zillertal sowie am Zöbelboden auf der Wildwiese (10 m über Boden) gemessen.

Tabelle 34: Monatsmittelwerte der Windgeschwindigkeit im Jahr 2009 (in m/s).

	ENK	ILL	PIL	SON*	VOR	ZIL	ZOE Wildwiese	ZOE Messturm
Jän. 09	2,4	2,8	2,6	8,6		0,3	0,5	2,0
Feb. 09	4,0	4,3	4,3	10,9		0,8	1,6	4,8
Mär. 09	4,0	4,9	4,8	9,2	1,4	1,0	1,5	4,5
Apr. 09	3,4	2,5	3,6	8,4	1,1	1,3	0,6	2,1
Mai 09	3,0	3,5	3,1	7,5	1,2	1,4	0,7	2,8
Jun. 09	2,6	3,5	3	8,1	1,2	1,2	0,7	2,9
Jul. 09	2,5	3,1	2,7	5,8	1,3	1,4	0,6	2,6
Aug. 09	2,5	2,9	2,5	5,1	1,3	1,0	0,4	2,1
Sep. 09		2,5	2,5	6,1	1,2	0,8	0,3	2,2
Okt. 09		3,2	3,1	7,8	1,2	0,7	0,7	3,0
Nov. 09	3,2	2,4	2,5	9,2	1,0	0,6	0,5	2,2
Dez. 09	3,8	3,1	2,8	9,1	1,0	0,6	0,8	3,1

* auf dem Sonnblick erfolgten die meteorologischen Messungen durch die ZAMG

4.4 Temperatur

Tabelle 35 gibt die Jahresmittelwerte der Temperatur an den Messstellen des Umweltbundesamt (Sonnblick: ZAMG) in den Jahren 1990–2009 an, Tabelle 36 die Monatsmittelwerte für 2009.

Tabelle 35: Jahresmittelwerte der Temperatur, 1990–2009 (in °C).

	ENK	ILL	PIL	SON*	VOR	ZOE
1990				-4,9		
1991		10,1		-5,5		
1992		11,3		-4,5	8,6	
1993		10,1	9,2	-5,1	6,3	
1994		11,5	10,8	-4,4	8,1	
1995		10,4	9,4	-5,6	7,0	
1996		9,2	7,7	-5,9	5,5	5,8
1997		10,2	9,0	-5,0	7,5	7,0
1998		10,7	9,7	-5,0	7,4	7,8
1999	9,3	11,2	9,8	-4,6	7,6	7,3
2000	10,1	12,3	10,6	-4,4	8,3	8,2
2001	8,2	10,7	9,5	-5,4	7,2	7,0
2002	8,9	11,4	10,3	-4,2	7,7	7,9
2003	8,7	11,1	10,7	-3,6	7,5	8,2
2004	8,0	10,3	9,6	-5,1	6,7	6,9
2005	7,8	10,3	9,2	-5,6	6,7	6,6
2006	8,3	10,8	9,7	-4,4	7,3	7,6
2007	9,3	11,7	10,7	-4,4	8,1	7,8
2008	9,0	11,7	10,4	-4,7	7,9	7,8
2009	8,4	11,5	9,9	-4,7	7,8	8,0

* auf dem Sonnblick erfolgten die meteorologischen Messungen durch die ZAMG

Im Vergleich zu den letzten ca. 15 Jahren war 2008 ein überdurchschnittlich warmes Jahr (siehe Kapitel 4.2). In Illmitz war 2009 – nach 2000, 2008 und 2007 – das viertwärmste Jahr seit 1991.

Besonders hohe Temperaturen wurden in den Monaten April – mit Abweichungen über 4 °C im Norden und Osten Österreichs im Vergleich zur Klimaperiode 1961–1990 – August, September und November (v. a. im Westen) gemessen. Im Süden und Westen wies der Mai 2009 überdurchschnittliche Temperaturen auf.

Vergleichsweise sehr kalte Monate waren Jänner und Oktober.

Tabelle 36: Monatsmittelwerte der Temperatur im Jahr 2009 (in °C).

	ENK	ILL	PIL	SON*	VOR	ZIL	ZOE
Jän. 09	-3,9	-1,5	-2,9	-12,0		-4,0	-3,1
Feb. 09	-1,5	1,7	-0,1	-14,9		-1,2	-1,3
Mär. 09	3,0	6,4	4,8	-11,7	2,1	2,7	1,4
Apr. 09	13,1	14,8	13,8	-5,2	7,4	11,1	11,6
Mai 09	14,1	16,9	15,0	-1,0	13,2	14,7	12,7
Jun. 09	15,2	18,4	16,7	0,1	14,2	14,9	13,5
Jul. 09	18,4	22,1	19,9	4,1	17,0	17,4	16,9
Aug. 09	19,3	21,7	20,2	4,8	18,3	18,2	17,0
Sep. 09		17,9	16,7	0,8	13,0	14,6	13,5
Okt. 09		10,6	8,9	-4,1	7,4	7,9	6,8
Nov. 09	6,0	6,4	5,8	-5,3	4,1	4,5	6,5
Dez. 09	-0,6	1,6	-0,2	-12,1	-2,3	-0,9	0,6

* auf dem Sonnblick erfolgten die meteorologischen Messungen durch die ZAMG

4.5 Globalstrahlung

Tabelle 37 gibt die Monats- und Jahressummen der Globalstrahlung für das Jahr 2009 in MJ/m² an, Tabelle 38 die Jahressummen im Zeitraum von 1993–2009.

Tabelle 37: Monats- und Jahressummen der Globalstrahlung im Jahr 2009 (in MJ/m²).

	ENK	ILL	PIL	ZIL	VOR	ZOE
Jän. 09	113	95	91	138	v	107
Feb. 09	146	158	139	208	v	139
Mär. 09	229	259	249	307	387	212
Apr. 09	609	535	550	544	440	542
Mai 09	593	509	529	578	622	481
Jun. 09	549	580	523	447	560	428
Jul. 09	613	681	605	553	654	595
Aug. 09	560	556	517	536	580	497
Sep. 09	v	448	376	406	413	347
Okt. 09	v	248	182	243	313	193
Nov. 09	113	103	87	138	181	123
Dez. 09	80	75	71	93	123	76
2009	v	4.177	3.852	4.122	4.748	3.679

v.....unzureichende Verfügbarkeit

Das Jahr 2009 wies in Illmitz und Pillersdorf unterdurchschnittliche Globalstrahlungssummen auf, an den übrigen Messstellen lagen die Werte für 2009 nahe dem langjährigen Durchschnitt. Die höchsten Globalstrahlungssummen traten an allen Messstellen im Jahr 2003 auf, deutlich über dem Mittel lagen auch 2000, 2007 und 2007 (siehe Tabelle 38).

Tabelle 38: Jahressummen der Globalstrahlung, 1993–2009 (in MJ/m²).

	ENK	ILL	PIL	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	4.788	4.080
2001	3.912	4.450	4.015	4.495	3.465
2002	4.016	4.081	4.078	4.156	
2003	4.691	4.501	4.620	4.898	3.850
2004	4.189	3.734	4.268	4.461	3.523
2005	4.217	4.359	4.325	4.645	3.678
2006	4.348	4.238	4.472	4.704	3.721
2007	4.421	4.204	4.429	4.813	3.819
2008	4.207	4.032	4.197		3.667
2009		4.177	3.852	4.748	3.679

4.6 Sonnenscheindauer

Tabelle 39 zeigt die Monats- und Jahressummen der Sonnenscheindauer für das Jahr 2009 in Stunden, Tabelle 40 die Jahressummen im Zeitraum von 1992–2009.

Die höchste mittlere Sonnenscheindauer wies das in Kärnten auf einem Südhang gelegene Vorhegg auf, gefolgt von den Messstellen im nordostösterreichischen Flach- und Hügelland (Illmitz, Pillersdorf). Die sonnenscheinärmste Messstelle ist Zöbelboden in den nördlichen Kalkalpen.

Im langjährigen Vergleich (seit 1992) wies Vorhegg im Jahr 2009 eine überdurchschnittliche Jahressumme der Sonnenscheindauer auf, Enzenkirchen und Sonnblick lagen deutlich unter dem Durchschnitt.

Tabelle 39: Monats- und Jahressummen der Sonnenscheindauer im Jahr 2009 (in Stunden).

	ENK	ILL	PIL	ZIL	SON*	VOR	ZOE
Jän. 09	75	61	59	51	81		80
Feb. 09	33	54	36	72	39		50
Mär. 09	62	92	104	94	47	173	50
Apr. 09	303	254	300	212	70	171	200
Mai 09	223	198	243	196	84	257	139
Jun. 09	164	225	195	30	49	175	91
Jul. 09	230	310	273	183	80	256	153
Aug. 09	209	258	243	227	114	243	179
Sep. 09		230	216	186	77	182	125
Okt. 09		128	88	120	86	174	71
Nov. 09	10	55	54	82	57	116	79
Dez. 09	29	54	48	51	55	67	35
2009	1.672	1.931	1.897	1.505	1.678	2.123	1.322

* auf dem Sonnblick erfolgten die meteorologischen Messungen durch die ZAMG

Tabelle 40: Jahressummen der Sonnenscheindauer, 1992–2009 (in Stunden).

	ENK	ILL	PIL	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		2.062	1.195
2001	1.746	1.926	1.734			1.074
2002	1.581	1.994	1.834	1.635	1.908	
2003	2.185	2.262	2.150	2.102	2.294	1.501
2004	1.751	1.656	1.809	1.752	1.924	1.309
2005	1.739	2.034	1.999	1.840	2.016	1.355
2006	1.881	1.922	2.065	1.898	2.073	1.404
2007	1.959	1.874	2.019	1.927	2.170	1.356
2008	1.846		1.850	1.702	2.045	1.317
2009	1.672	1.931	1.897	1.678	2.123	1.322

* auf dem Sonnblick erfolgten die meteorologischen Messungen durch die ZAMG

4.7 Niederschlag

Tabelle 41 gibt die Monats- und Jahressummen des Niederschlags im Jahr 2009 in mm an. In Tabelle 42 sind die Jahressummen des Niederschlags von 1993–2009 zusammengestellt.

2009 war insgesamt ein sehr niederschlagsreiches Jahr. Pillersdorf registrierte die höchsten Niederschlagsmengen seit Beginn der Messung, Illmitz die zweithöchsten (nach 2007). In Vorhegg war 2009 das viertniederschlagsreichste, in Zöbelboden das drittniederschlagsreichste Jahr seit Beginn der Messung.

Verantwortlich für die hohen Niederschläge waren vor allem die ungewöhnlich hohen Regenmengen im Juni und Juli.

Der Jänner 2009 war in Enzenkirchen, in Pillersdorf und auf dem Zöbelboden sehr trocken, der April an allen Messstellen.

Der Februar 2009 war in Illmitz und auf dem Zöbelboden sehr niederschlagsreich, der März brachte in Pillersdorf sehr hohe Regenmengen. Von den hohen Regenmengen im Juni war vor allem der Norden Österreichs, d. h. Enzenkirchen, Pillersdorf, Illmitz und der Zöbelboden betroffen, im November und Dezember Vorhegg von sehr hohen Schneemengen.

Tabelle 41: Monats- und Jahressummen des Niederschlags im Jahr 2009 (in mm).

	ENK	ILL	PIL	ZIL	VOR	ZOE
Jän. 09	10	28	14	31	v	44
Feb. 09	15	45	27	53	v	261
Mär. 09	90	71	66	75	190	188
Apr. 09	33	15	9	25	101	36
Mai 09	109	43	68	86	84	213
Jun. 09	226	200	146	155	128	344
Jul. 09	153	34	105	169	166	124
Aug. 09	76	64	44	155	104	229
Sep. 09	v	42	44	100	132	136
Okt. 09	v	31	23	83	104	117
Nov. 09	v	46	37	38	213	40
Dez. 09	63	37	23	57	176	74
2009	v	659	606	1.026	1.711	1.910

v..... Verfügbarkeit zu gering

Tabelle 42: Jahressummen des Niederschlags, 1993–2009 (in mm).

	ENK	ILL	PIL	VOR	ZOE
1993		373	354		
1994		538		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
2007	879	664	497	1.007	1.740
2008	798	564	297	1.940	1.567
2009		659	606	1.711	1.910

5 LITERATURVERZEICHNIS

- EUROPEAN COMMISSION (2001): PAH Position Paper Annexes (27th July 2001).
http://ec.europa.eu/environment/air/pdf/annex_pah.pdf.
- IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2007): Climate Change 2007: Synthesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- KAISER, A.; SCHEIFINGER, H.; WEISS, A.; GILGE, S.; RIES, L.; CEMAS, D. & JESENOVEC, B. (2007): Transport of nitrogen oxides, carbon monoxide and ozone to the Alpine Global Atmosphere Watch stations Jungfraujoch (Switzerland), Zugspitze and Hohenpeißenberg (Germany), Sonnblick (Austria) and Mt. Krvavec (Slovenia). *Atmospheric Environment* 41: 9273–9287, doi:10.1016/j.atmosenv.2007.09.027.
- LARSEN, J. C. & LARSEN, P. B. (1998): Chemical carcinogens. In: Hester, R.E. & Harrison, R.M. (eds): *Air Pollution and Health*. Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry. pp. 33–56.
- SCHEIFINGER, H. & KAISER, A. (2007): Validation of trajectory statistical methods. *Atmospheric Environment* 41: 8846–8856. doi:10.1016/j.atmosenv.2007.08.034.
- SEINFELD, J. H. & PANDIS, S. N. (1998): *Atmospheric Chemistry and Physics*, John Wiley & Sons, New York.
- UMWELTBUNDESAMT (2006a): Spangl, W.; Nagl, C.; Schneider, J. & Kaiser, A.: Herkunftsanalyse der PM10-Belastung in Österreich. Ferntransport und regionale Beiträge. Reports, Bd. REP-0034. Umweltbundesamt Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2006b): Fröhlich, M.; Wolf, A. & Moosmann, L.: Ringversuch der österreichischen Messnetzbetreiber 2003. Auswertung des Ringversuchs für SO₂, NO, NO₂ und CO in Essen. Reports, Bd. REP-0179. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2006c): Spangl, W.; Anderl, M.; Lichtblau, G.; Nagl, C. & Schneider, J.: Trends von NO_x-Emissionen und -Immissionen in Österreich, 1990–2004. Reports, Bd. REP-0056. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007): Spangl, W.; Nagl, C. & Moosmann, L.: Luftgütemessungen und meteorologische Messungen. Jahresbericht Hintergrundmessnetz Umweltbundesamt 2006. Reports, Bd. REP-0103. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2008a): Moosmann, L.; Spangl, W.; Nagl, C.; Schodl, B. & Lichtblau, G.: Auswirkungen der NO₂-Emissionen bei Diesel-Kfz auf die Immissionsbelastung. Reports, Bd. REP-0135. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2008b): Anderl, M.; Gangl, M.; Kampel, E.; Köther, T.; Muik, B.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Rigler, E.; Schodl, B.; Sporer, M.; Storch, A.; Wappel, D. & Wieser, M.: Emissionstrends 1990–2006. Ein Überblick über die österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2008). Reports, Bd. REP-0161. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2008c): Wolf, A. & Moosmann, L.: Nationales EU-Referenzlabor für Luftschadstoffe. Kalibrierworkshop 2008. Reports, Bd. REP-0180. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2009a): Anderl, M.; Köther, T.; Muik, B.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Schodl, B. & Wappel, D.: Austria's Annual Air Emission Inventory 1990–2007, Submission under National Emission Ceilings Directive 2001/81/EC. Reports, Bd. REP-0195. Umweltbundesamt, Wien.

- UMWELTBUNDESAMT (2009b): Anderl, M.; Freudenschuß, A.; Köther, T.; Kuschel, V.; Muik, B.; Pazdernik, K.; Schodl, B.; Poupa, S.; Schweiger, E.; Seuss, K.; Weiss, P.; Zethner, G. & Wieser, M.: Austria's National Inventory Report 2009. Submission under the Concentration on Long-Range Transboundary Air Pollution. Reports, Bd. REP-0188. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2010a): Spangl, W.: Luftgütemessstellen in Österreich. Stand Jänner 2010. Reports, Bd. REP-0236. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2010b): Spangl, W. & Nagl, C.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2009. Reports, Bd. REP-0261. Umweltbundesamt, Wien. (im Druck).
- ZELLWEGER, C.; AMMANN, M.; BUCHMANN, B.; HOFER, P.; LUGAUER, M.; RÜTTIMANN, R.; STREIT, N.; WEINGARTNER, E. & BALTENSPERGER, 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 115/97 i.d.F. BGBl. I Nr. 34/2006): 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.
- Luftqualitätsrichtlinie (RL 2008/50/EG): Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. ABl. Nr. L 152/1.
- Messkonzept-VO zum IG-L (BGBl. II Nr. 263/2004): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der die Verordnung über das Messkonzept zum Immissionsschutzgesetz-Luft geändert wird.
- Messkonzept-VO zum Ozongesetz (Ozon-Messkonzept-VO; BGBl. II Nr. 99/2004): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Messkonzept zum Ozongesetz.
- ÖNORM EN 1483: Wasserbeschaffenheit – Bestimmung von Quecksilber – Verfahren mittels Atomabsorptionsspektrometrie. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 12341: Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM₁₀-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14211: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14212: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Schwefeldioxid mit Ultraviolett-Fluoreszenz. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14625: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Ozon mit Ultraviolett-Photometrie. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.

- ÖNORM EN 14626: Luftqualität – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Kohlenmonoxid mit nicht-dispersiver Infrarot-Photometrie. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14662-5:2005 (Teile 1, 2 und 3) Luftbeschaffenheit – Standardverfahren zur Bestimmung von Benzolkonzentrationen. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14902:2005 Außenluftbeschaffenheit – Standardisiertes Verfahren zur Bestimmung von Pb/Cd/As/Ni als Bestandteil der PM10-Fraktion des Schwebstaubes. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM EN 14907: Luftbeschaffenheit – Gravimetrisches Standardmessverfahren für die Bestimmung der PM2,5-Massenfraktion des Schwebstaubes. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖNORM M 5866: Luftreinhaltung – Bildung von Immissionsmessdaten und daraus abgeleiteten Immissionskennwerten. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- ÖVE/ÖNORM EN ISO/IEC 17025: Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien.
- Ozongesetz (BGBl. Nr. 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).
- Richtlinie 14: Österreichweit einheitliche Vorgangsweise zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Immissionsmessdaten. Leitfaden zur Immissionsmessung nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft.
- VO 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: DEFINITIONEN UND ABKÜRZUNGEN

Luftschadstoffe

CH ₄	Methan
CO.....	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
HNO ₃ -N.....	Stickstoff in Salpetersäure
NH ₃ -N.....	Stickstoff im Ammoniak
NO.....	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO ₃ ⁻ -N.....	Stickstoff im Nitrat
NO _x	Stickstoffoxide (Summe aus NO und NO ₂)
NO _y	Summe gasförmiger oxidierter Stickstoffverbindungen
O ₃	Ozon
PAH.....	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons)
PM ₁	Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 1 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist
PM _{2,5}	Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist
PM ₁₀	Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist
SO ₂	Schwefeldioxid
SO ₄ -S.....	Schwefel im Sulfat
VOC.....	Flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds)

Luftmessstationen des Umweltbundesamt

ENK.....	Enzenkirchen
ILL.....	Illmitz
KLH.....	Klöch
PIL.....	Pillersdorf
SON.....	Sonnblick
VOR.....	Vorhegg
ZIL.....	Ried im Zillertal
ZOE.....	Zöbelboden

Abkürzungen

AOT40	Accumulated Exposure over Threshold of 40 ppb
EMEP	Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe (http://www.emep.int/)
GAW	Global atmosphere watch
HPLC-FLD	Hochdruckflüssigkeitschromatographie mit Fluoreszenzdetektion
MEZ	Mitteleuropäische Zeit
TEF	Toxizitätsäquivalentfaktor (Toxicity Equivalence Factor)
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
WMO	World Meteorological Organisation (http://www.wmo.int)
ZAMG	Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (http://www.zamg.ac.at)

ANHANG 2: EINHEITEN UND UMRECHNUNGSFAKTOREN

Einheiten

mg/m ³	Milligramm pro Kubikmeter
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter
ng/m ³	Nanogramm 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 Fortschreitung (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 2008)	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 gleichbleibend vom 1.1.2005 bis 31.12.2009. Die Toleranzmarge von 5 µg/m ³ gilt gleichbleibend 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 Staub und die Inhaltsstoffe Pb und Cd festgelegt:

Luftschadstoff	Depositionswerte in mg/(m ² -d) als Jahresmittelwert
Staubniederschlag	210
Blei im Staubniederschlag	0,100
Cadmium im Staubniederschlag	0,002

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
Luftqualitätsrichtlinie, Zielwert zum Schutz der Vegetation	Mai–Juli, 8:00–20:00	9 ppm·h*, gemittelt über 5 Jahre
Luftqualitätsrichtlinie, langfristiges Ziel zum Schutz der Vegetation	Mai–Juli, 8:00–20:00	3 ppm·h

* *Im Richtlinientext als 18.000 µg/m³·h angegeben*

In der Luftqualitätsrichtlinie 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.

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 IR
SO ₂	TEI 43CTL
NO, NO ₂	TEI 24i
Illmitz	
O ₃	Horiba APOA-360E
PM10 kontinuierlich	FH 62 I-R (Umstellung auf äquivalentes Verfahren am 24.8.2009)
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
PM2,5 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
PM1 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
SO ₂	TEI 43CTL
NO, NO ₂	TEI 42i
CO	Horiba APMA-360CE
partikuläres Sulfat, Nitrat, Ammonium, Salpetersäure, Ammoniak	Low Volume Sampler DPA 96, Analyse mittels Ionenchromatographie
nasse Deposition	WADOS mit automatischem Probenwechsler
Klöch	
PM10 kontinuierlich	FH 62 I-R (Umstellung auf äquivalentes Verfahren am 28.1.2009)
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
NO, NO ₂	TEI 42C
Pillersdorf	
O ₃	bis 17.2. TEI 49 ab 17.2. API 400E
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
PM10 kontinuierlich	FH 62 I-R (Umstellung auf äquivalentes Verfahren am 22.6.2009)
SO ₂	TEI 43 CTL
NO, NO ₂	bis 27.5. TEI 42 CTL ab 27.5. API 200EU
Ried im Zillertal	
O ₃	API 400E
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
PM10 kontinuierlich	TEOM FDMS (äquivalentes Verfahren)
NO, NO ₂	API 200EU
Sonnblick	
O ₃	TEI 49C
CO	Horiba APMA-360CE
CO ₂	URAS-14

Messstelle, Komponente	Gerätetype
NO _y	TEI 42CTL
Vorhegg	
O ₃	API 400E
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	bis 18.3. Horiba APOA-350E ab 18.3. TEI 49C
PM10 gravimetrisch	Digitel DHA80, Gravimetrie
SO ₂	TEI 43CTL
NO, NO ₂	TEI 42CTL
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, Gravimetrie	1 µg/m ³	Probenahme mittels Digitel High-Volume-Sampler DHA80 mit PM10-Kopf (Tagesproben, Durchfluss 720 m ³ /d) und gravimetrische Massenbestimmung gemäß ÖNORM EN 12341
FH62I-N	10 µg/m ³	radiometrisch (β-Absorption)
FH62I-R	3 µg/m ³	radiometrisch (β-Absorption)
TEOM FDMS	1 µg/m ³	oszillierende Mikrowaage (Tapered Element Oscillating Microbalance – Filter Dynamics Measurement System)
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
API 200EU	NO: 0,05 µg/m ³ (0,05 ppb) NO _x : 0,1 µg/m ³ (0,05 ppb)	Chemilumineszenz. NO ₂ wird als Differenz von NO _x und NO bestimmt
TEI 24i	NO: 0,06 µg/m ³ (0,05 ppb) NO _x : 0,2 µg/m ³ (0,1 ppb)	Chemilumineszenz. NO ₂ wird als Differenz von NO _x und NO bestimmt

	Nachweisgrenze	Messprinzipien
CO		
APMA-360CE	0,05 mg/m ³ (0,05 ppm)	nichtdispersive Infrarot-Absorption
O₃		
APOA-350E	4 µg/m ³ (2 ppb)	Ultraviolett-Absorption
APOA-360E	0,8 µg/m ³ (0,4 ppb)	Ultraviolett-Absorption
TEI 49	0,8 µg/m ³ (0,4 ppb)	Ultraviolett-Absorption
TEI 49C	0,8 µg/m ³ (0,4 ppb)	Ultraviolett-Absorption
API 400E	1,2 µg/m ³ (0,6 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 Druckaufschluss (HNO ₃ /H ₂ O ₂); Analyse mit ICP-MS in Anlehnung an ÖNORM EN 14902.	As: 1,2 ng/m ³ Cd: 0,26 ng/m ³ Ni: 2,6 ng/m ³ Pb: 2,2 ng/m ³
Deposition von Schwermetallen	VDI 2267 Blatt 15: Probenahme mit Bergerhoff-Bechern	Eindampfen der Proben bei 105 °C bis zur Trockene, mikrowellenunterstützter Druckaufschluss (HNO ₃ /H ₂ O ₂) Pb, As, Cd, Ni: Analyse mit ICP-MS in Anlehnung an ÖNORM EN 14902.	As: 0,05 µg/BHG ¹⁹ Cd: 0,01 µg/BHG Ni: 0,3 µg/BHG Pb: 0,09 µg/BHG
Benzol	Diffusionssammler (Aktivkohle)	Elution mit CS ₂ , Analyse mit GC-MSD (gemäß ÖNORM EN 14662-5)	0,2 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 ²⁰ -beschichtete Filter, für NH ₃ Citratbeschichtete Filter) mit DPA 96 Digital Low-Volume-Sampler, 21,6 m ³ /24 Std.	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
PAH-Konzentration im PM10	Filter für gravimetrische PM10-Messung. Monatsmischprobe aus Proben von jedem 3. Tag	Soxhlett-Extraktion mit n-Hexan/Diethylether nach Dotation mit deuterierten Surrogates Einengen und Abblasen mit Stickstoff (Turbovap) Lösungsmittelwechsel auf Acetonitril Analyse mittels HPLC-FLD	Benz(a)pyren 1,5 ng/Probe Benz(a)anthracen 1,3 ng/Probe Benzo(b)fluoranthren 1,0 ng/Probe Benzo(k)fluoranthren 0,79 ng/Probe Benzo(j)fluoranthren 2,9 ng/Probe Dibenzo(a,h)anthracen 3,1 ng/Probe Indeno(1,2,3)pyren 1,4 ng/Probe
PAH-Deposition		Zugabe von deuterierten Surrogate Standards Flüssig-Flüssig-Extraktion der PAHs mit n-Hexan Lösungsmittelwechsel auf Acetonitril Analyse mittels HPLC-FLD	Benz(a)pyren 1,5 ng/Probe Benz(a)anthracen 1,3 ng/Probe Benzo(b)fluoranthren 1,0 ng/Probe Benzo(k)fluoranthren 0,79 ng/Probe Benzo(j)fluoranthren 2,9 ng/Probe Dibenzo(a,h)anthracen 3,1 ng/Probe Indeno(1,2,3)pyren 1,4 ng/Probe

¹⁹ BHG: Bergerhoffgefäß

²⁰ Kaliumhydroxid

Meteorologische Messgeräte

An den 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: QUALITÄTSSICHERUNG

Immissionsmessung

Routinemäßige Maßnahmen zur Qualitätssicherung

Die in den Messstellen eingesetzten Geräte für SO₂, NO_x, CO und O₃ werden einmal jährlich getauscht, Kalibrierungen erfolgen für diese Komponenten viermal jährlich, die Linearität (Lack of Fit) wird zumindest einmal jährlich überprüft. Vor dem Einsatz in der Messstelle werden die Geräte kalibriert und auf Linearität getestet, vor Ort in der Messstelle wird die Kalibrierung nochmals 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 Schwebestaubmessgeräte und der für die PM10- bzw. PM2,5- und PM1-Probenahme verwendeten Digital High Volume Sampler DHA80 wird zumindest einmal jährlich überprüft. Die Reinigung der PM-Köpfe erfolgt im Rahmen der Stationsbetreuung.

Die Konditionierung und Wägung der Filter für die PM10-, PM2,5- und PM1-Messung erfolgt gemäß der ÖNORM EN 12341 bzw. ÖNORM EN 14907.

Rückführbarkeiten

Alle gasförmigen Komponenten werden im Umweltbundesamt auf primäre Methoden zur Herstellung von Gasgemischen zurückgeführt. Weitere Angaben zu den Rückführbarkeiten sind in UMWELTBUNDESAMT (2008c) zu finden. Für Ozon besitzt das Umweltbundesamt das nationale Normal, ein NIST-Standard-Referenzphotometer (NIST SRP #26).

Als externe qualitätssichernde Maßnahme erfolgt die regelmäßige Teilnahme an nationalen und internationalen Ringversuchen, insbesondere an Ringversuchen für nationale Referenzlaboratorien der EU (UMWELTBUNDESAMT 2006b).

Basis des QM-Systems des Kalibrierlabors der Abteilung Luftqualität & Energie ist die ÖNORM EN ISO/IEC 17025:2005.

Messunsicherheit

Die Messunsicherheit für Messwerte in der Größenordnung des Grenzwertes wird gemäß den Vorgaben der Europäischen Normen für die Immissionsmessung berechnet (ÖNORM EN 14211 für NO und NO₂, ÖNORM EN 14212 für SO₂, ÖNORM EN 14625 für Ozon, ÖNORM EN 14626 für CO).

Für die einzelnen Komponenten ergeben sich im Mittel über alle Stationen die in Tabelle 43 angeführten Werte.

Tabelle 43: Erweiterte kombinierte Messunsicherheit.

Komponente	erweiterte kombinierte Messunsicherheit (%)	Zahl der Stationen
O ₃	7,3 %	7
NO*	9,4 %	7
SO ₂	13,9 %	5
CO	10,7 %	3

* ohne Sonnblick (da andere Gerätetype für NO_x)

Qualitätssichernde Maßnahmen im Bereich der Laboranalysen

Basis des QS-Systems ist die ÖNORM EN ISO/IEC 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 Messung durch Kontrollstandards überprüft. Des Weiteren 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

Tabelle 44 gibt den Prozentanteil der gültigen Halbstundenmittelwerte an der Gesamtzahl der HMW des Jahres 2009 (d. h. 17.520) an, bei PM10, PM2,5 und PM1 den Anteil der gültigen TMW.

Tabelle 44: Verfügbarkeiten gültiger Halbstundenmittelwerte (für PM Tagesmittelwerte) im Jahr 2009 (in Prozent).

	SO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM10	PM2,5	PM1
Enzenkirchen	96	97		93	95		
Illmitz	97	98	96	94	98	97	92
Klöch		95			100		
Pillersdorf	98	93		94	99		
Ried im Zillertal		98		95	98		
Sonnblick		97*	98	96			
Vorhegg	98	97	98	91	92		
Zöbelboden	93	94		92	99		

* 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 40 µg/m³ (———).

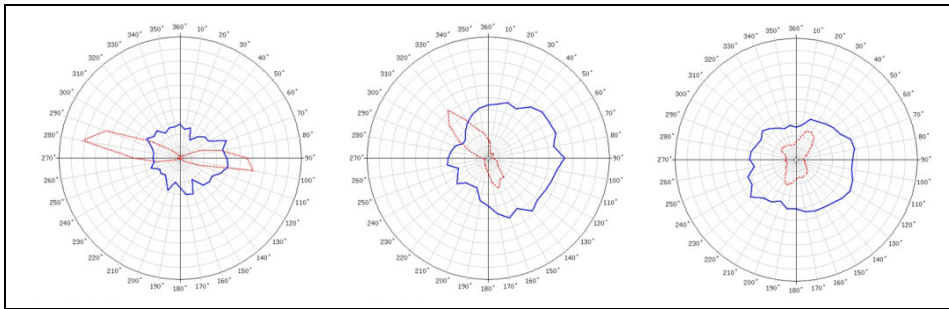


Abbildung 41: PM10, kontinuierliche Messung, Schadstoffwindrosen für Enzenkirchen, Illmitz und Klöch (von links nach rechts) im Jahr 2009.

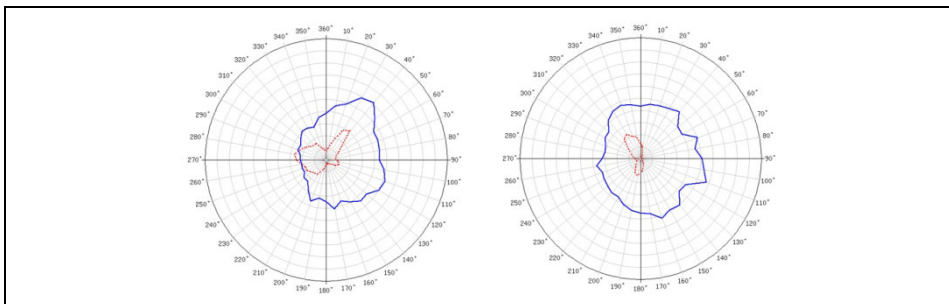


Abbildung 42: PM10, kontinuierliche Messung, Schadstoffwindrosen für Pillersdorf (links) und Ried i. Z. (rechts) im Jahr 2009.

Stickstoffdioxid und NO_y

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

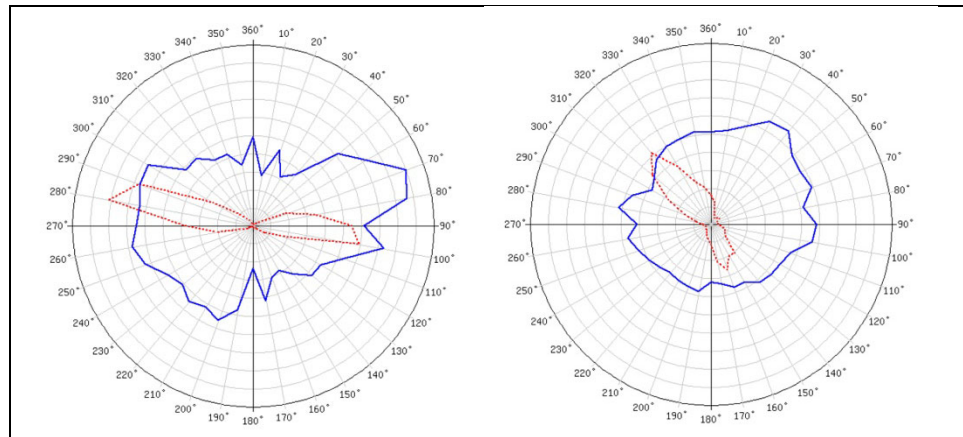


Abbildung 43: NO₂, Schadstoffwindrosen für Enzenkirchen (links) und Illmitz (rechts) im Jahr 2009.

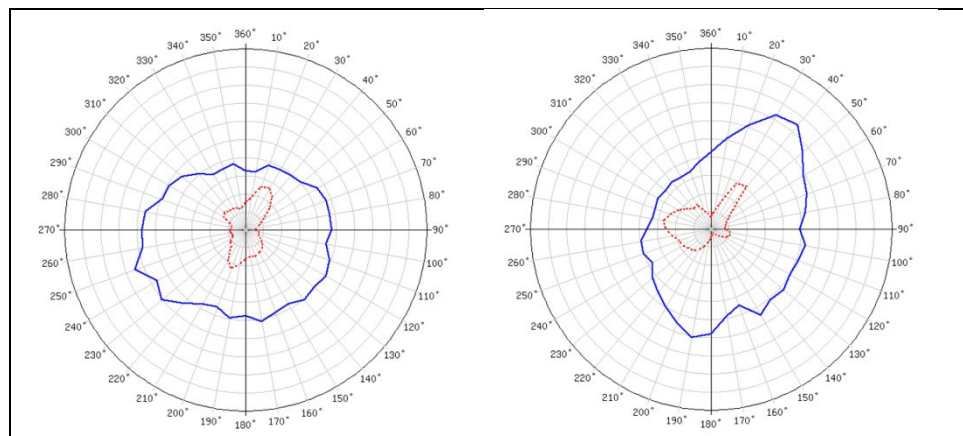


Abbildung 44: NO₂, Schadstoffwindrosen für Klöch (links) und Pillersdorf (rechts) im Jahr 2009.

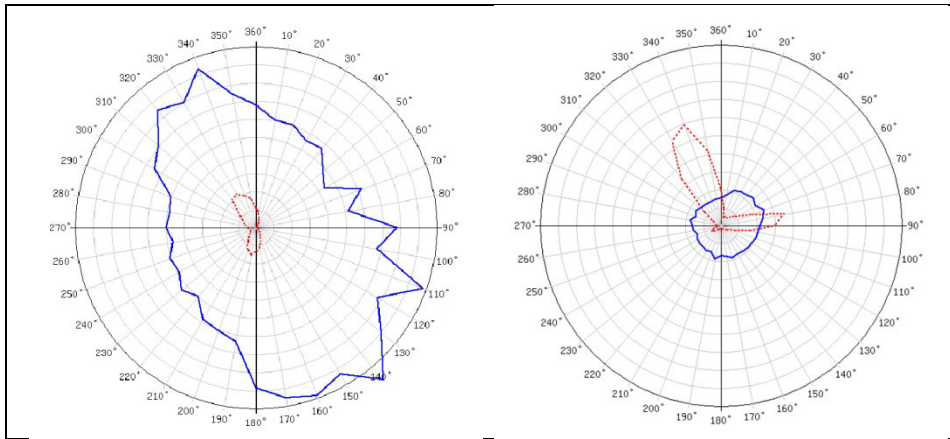


Abbildung 45: NO₂, Schadstoffwindrosen für Ried i. Z. (links) und Vorhegg (rechts) im Jahr 2009.

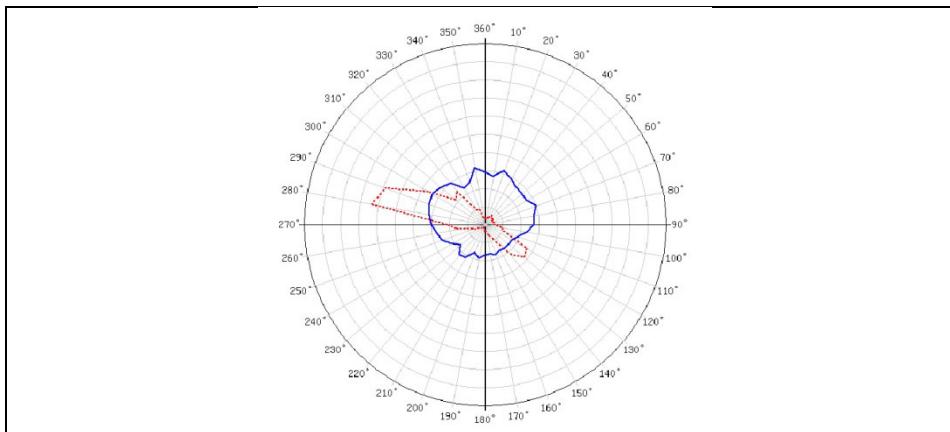


Abbildung 46: NO₂, Schadstoffwindrose für Zöbelboden (Wind Messturm) im Jahr 2009.

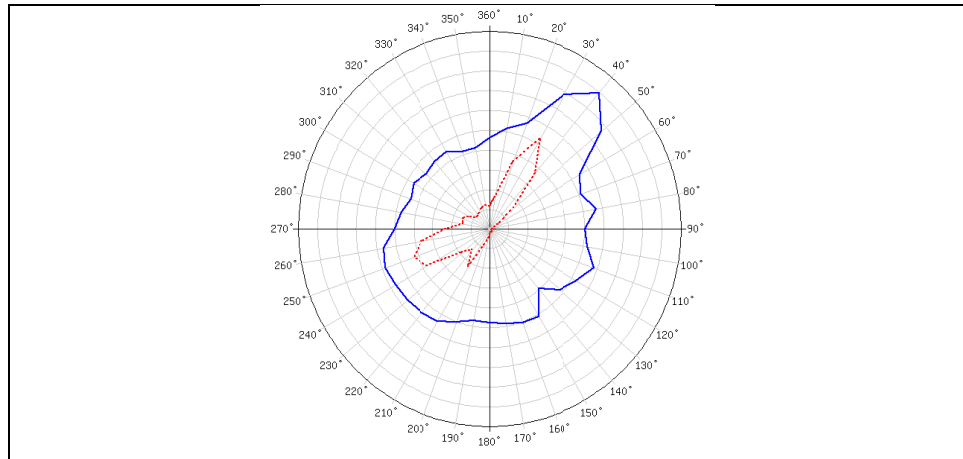


Abbildung 47: NO_y , Schadstoffwindrose für den Sonnblick im Jahr 2009 (Radius entspricht 2 ppb).

Schwefeldioxid

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

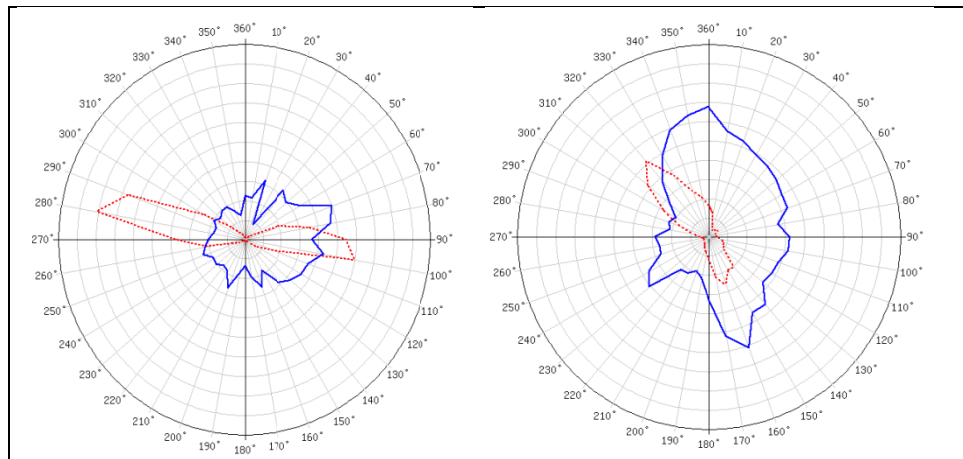


Abbildung 48: SO_2 , Schadstoffwindrosen für Enzenkirchen (links) und Illmitz (rechts) im Jahr 2009.

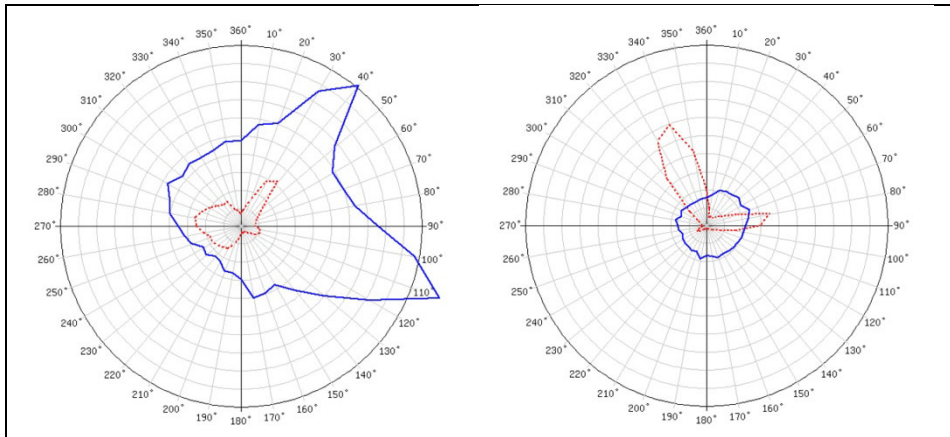


Abbildung 49: SO₂, Schadstoffwindrosen für Pillersdorf (links) und Vorhegg (rechts) im Jahr 2009.

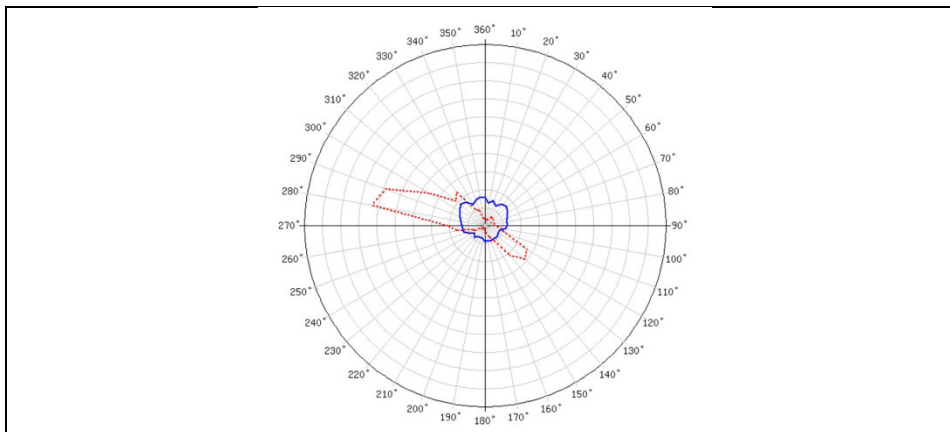


Abbildung 50: SO₂, Schadstoffwindrose für Zöbelboden (Wind Messturm) im Jahr 2009.

Kohlenmonoxid

Der Radius der Windrosen entspricht einer Windrichtungshäufigkeit von 20 % (- - - - -) bzw. einem HMW von 0,5 mg/m³ (———).

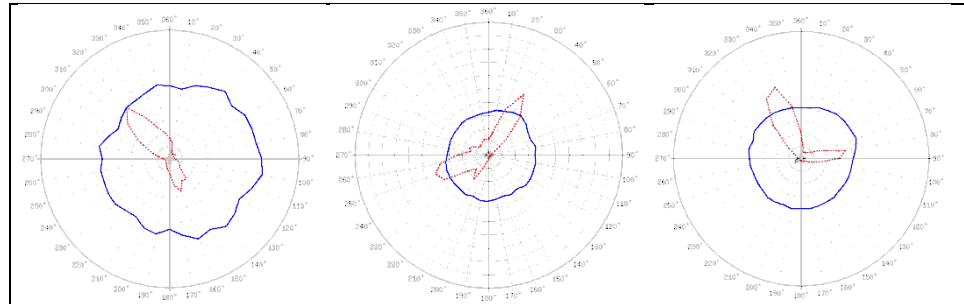


Abbildung 51: CO, Schadstoffwindrosen für Illmitz, Sonnblick und Vorhegg (von links nach rechts) im Jahr 2009.

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Das Umweltbundesamt betreibt acht Luftgütemessstellen. Über die Messungen an diesen Standorten werden Hintergrundbelastung, Fernverfrachtung von Luftschadstoffen und Trend der Luftqualität bestimmt. Der Report zeigt die Ergebnisse der Messungen im Jahr 2009 und die Entwicklung der letzten 15 Jahre.

Die Grenzwerte des Immissionsschutzgesetz-Luft wurden 2009 an allen Messstellen eingehalten. Der Grenzwert für Stickoxid zum Schutz der Vegetation wurde in Ried im Zillertal überschritten.

Der Zielwert für Ozon zum Schutz der Vegetation wurde in Illmitz und Vorhegg, der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit in Illmitz, Vorhegg und am Zöbelboden überschritten. Der Informationsschwellenwert wurde an allen Messstellen eingehalten.

Im langjährigen Vergleich wies 2009 bei allen gemessenen Schadstoffen eine unterdurchschnittliche Belastung auf.