

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 sieben Messstellen in Österreich, an welchen die in der nachfolgenden Tabelle angeführten Luftschadstoffe gemessen werden.

Tabelle A: Immissionsmessungen an den Luftgütemessstellen des Umweltbundesamtes im Jahr 2016.

Immissionsmessungen 2016							
Messstelle	Ozon (O ₃)	Schwefeldioxid (SO ₂)	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁	Stickstoffoxide (NO, NO ₂)	Kohlenstoffmonoxid (CO)
Enzenkirchen (ENK)	x	x	x	x		x	
Illmitz (ILL)	x	x	x	x	x	x	x
Klösch (KLH)			x			x	
Pillersdorf (PIL)	x	x	x	²⁾	²⁾	x	
Sonnblick (SON)	x	³⁾	³⁾			x ¹⁾	x
Vorhegg (VOR)	x	x	x			x	x
Zöbelboden (ZOE)	x	x	x	x		x	

¹⁾ NO₂ sowie NO_y als Summe aller oxidierten Stickstoffverbindungen

²⁾ Vorerkundungsmessungen (Grimm EDM180)

³⁾ nicht auf Basis des IG-L, gemeinsam mit ZAMG

Darüber hinaus werden in Illmitz

- polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK bzw. PAH³) im PM₁₀,
 - Inhaltsstoffe von PM_{2,5} (elementarer und organischer Kohlenstoff, Sulfat, Nitrat, Ammonium, Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Chlorid),
 - Schwermetalle im PM₁₀ (Blei, Cadmium, Arsen, Nickel),
 - die Deposition von Schwermetallen (Blei, Cadmium, Arsen, Nickel, Quecksilber),
 - die Deposition von PAK und
 - gasförmiges Quecksilber
- gemessen.

Die drei Messstellen Illmitz, Vorhegg und Zöbelboden sind Teil des EMEP-Messnetzes⁴ der UNECE.

¹ Messstelle Sonnblick

² <http://www.wmo.ch>

³ polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe bzw. Polycyclic Hydro-Carbons

⁴ Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe, <http://www.emep.int/>

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

Im Rahmen des Vollzuges von Art. 10 (6) der EU Luftqualitätsrichtlinie werden an der Messstelle Wien Allgemeines Krankenhaus (AKH) flüchtige organische Verbindungen (u. a. Benzol, Toluol und Xylole) gemessen.

An den Hintergrundmessstellen (ausgenommen Klösch⁵ und Sonnblick⁶) werden darüber hinaus die meteorologischen Parameter Windrichtung und Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, relative Feuchte, Globalstrahlung, Sonnenscheindauer, Niederschlag und Luftdruck erfasst.

Die meteorologischen Verhältnisse im Jahr 2016

Das Jahr 2016 war das viertwärmste Jahr (nach 2014, 2015 und 1994) seit Beginn der Temperaturmessungen in Österreich 1768. Die Temperatur lag um 1,0 °C über dem Mittelwert der Klimaperiode 1981–2010. Am relativ wärmsten war es in den Ostalpen, etwas kühler in den westlichen Alpen.

Die überdurchschnittliche Jahresmitteltemperatur geht auf eher wechselhaftes Wetter ohne längere Wärme- und Kälteperioden zurück, die Temperatur lag während der meisten Zeit etwas über dem langjährigen Durchschnitt.

Die Niederschlagsmengen lagen im Mittel über Österreich um 10 % über dem Klimamittelwert, besonders niederschlagsreich waren die Ostalpen und das niederösterreichische Alpenvorland, unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen erhielt das Waldviertel.

Der Sommer war überwiegend von unbeständigem, nur mäßig warmem Wetter gekennzeichnet, erst von Ende August bis Mitte September trat eine sehr warme Phase auf.

Die Wintermonate wiesen überwiegend wechselhaftes Wetter auf. Im Jänner gab es einige Tage mit sehr niedrigen Temperaturen, von Ende Jänner bis Ende Februar lag die Temperatur aber um bis zu 5 °C über dem langjährigen Durchschnitt.

Der Witterungsverlauf mit überwiegend sehr warmen Wintermonaten führte zu einer im langjährigen Vergleich sehr niedrigen Feinstaubbelastung. Das wechselhafte Wetter im Frühling und Sommer trug zu einer sehr niedrigen Ozonbelastung bei.

Ergebnisse der Messungen nach Schadstoffen

Ozon

Die Informationsschwelle (180 µg/m³ als Einstundenmittelwert) wurde an den Messstellen des Umweltbundesamtes im Jahr 2016 nicht überschritten.

⁵ Meteorologische Messungen durch das Amt der Steiermärkischen Landesregierung.

⁶ Meteorologische Messungen durch die Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

Der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit (maximal 25 Tage mit Achtstundenmittelwerten über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$, gemittelt über die letzten drei Jahre) wurde an den Messstellen Illmitz und Zöbelboden überschritten⁷.

Der Zielwert zum Schutz der Vegetation (AOT40 Mai–Juli von $18.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$, gemittelt über die letzten fünf Jahre) wurde an der Messstelle Illmitz überschritten⁷.

Der AOT40 zum Schutz des Waldes (April–September, $20.000 \mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$) wurde an allen Messstellen außer Vorhegg überschritten.

Das Jahr 2016 gehörte bei allen Belastungsparametern an allen Messstellen außer dem Sonnblick zu den am niedrigsten belasteten Jahren seit Beginn der Messung.

An allen Messstellen wurden von März bis August deutlich unterdurchschnittliche Belastungen registriert. Die verfügbaren Daten deuten darauf hin, dass das wechselhafte Wetter im Sommer (mit hohen Regenmengen v. a. im Nordosten im Juni und Juli) für die niedrige Kurzzeitbelastung mit verantwortlich war.

Langfristig zeigen die Überschreitungen der Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit sowie der Vegetation unregelmäßig abnehmende Trends.

PM₁₀, PM_{2,5} und PM₁

Das Grenzwertkriterium des IG-L für PM₁₀ (maximal 25 Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde im Jahr 2016 an keiner Messstelle überschritten. Die meisten Tagesmittelwerte über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (10 Tage) traten in Klöch auf. An keiner Messstelle wurde der PM₁₀-Grenzwert für den Jahresmittelwert ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) überschritten.

Den höchsten Jahresmittelwert für PM₁₀ registrierte mit $16,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Illmitz, gefolgt von Klöch ($16,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Pillersdorf ($15,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Enzenkirchen ($14,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Deutlich niedriger war die PM₁₀-Belastung im Mittelgebirge (Zöbelboden $6,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Vorhegg $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Im langjährigen Vergleich wies das Jahr 2016 an allen Messstellen die niedrigsten PM₁₀-Jahresmittelwerte seit Beginn der Messungen auf. Enzenkirchen, Illmitz und Pillersdorf registrierten die geringste Zahl an Tagesmittelwerten über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ seit Beginn der Messung, in Klöch lag die Zahl der Überschreitungen auf durchschnittlichem Niveau.

Ausschlaggebend für die niedrige PM₁₀-Belastung war der Witterungsverlauf mit sehr warmen, von ozeanischen Luftmassen geprägten Wintermonaten. Hochdruckwetterlagen, verbunden mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen und mit Transport kalter Luftmassen von Osten, traten kaum auf, daher gab es nur wenige Tage mit Ferntransport hoch belasteter Luft aus Ostmitteleuropa.

Die deutlichen Variationen der PM₁₀-Belastung von Jahr zu Jahr lassen sich ganz überwiegend auf unterschiedliche meteorologische Verhältnisse zurückführen. Die gesamtösterreichischen PM₁₀-Emissionen veränderten sich in den letzten Jahren vergleichsweise wenig, sie nahmen zwischen 2010 und 2015 um rd. 4,6 % ab.

⁷ sowie auf dem Sonnblick, der allerdings für die Exposition der Bevölkerung nicht relevant ist.

Im Jahr 2016 betrug der Jahresmittelwert der $PM_{2,5}$ -Konzentration in Illmitz $13,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in Pillersdorf $12,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in Enzenkirchen $10,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und auf dem Zöbelboden $5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Zielwert des IG-L von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wurde damit an allen Messstellen deutlich unterschritten. Der mittlere Anteil von $PM_{2,5}$ am PM_{10} lag zwischen 74 % in Enzenkirchen und 81 % in Pillersdorf.

Der Jahresmittelwert der Konzentration von PM_1 in Illmitz betrug $9,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (59 % vom PM_{10}), in Pillersdorf $8,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (54 % vom PM_{10}).

Der langfristige abnehmende Trend und die Variation der PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Belastung von Jahr zu Jahr werden ganz überwiegend von der PM_1 -Belastung bestimmt, die Konzentrationen der „gröberen“ Fraktionen ändern sich kaum. Langfristig nehmen daher die Anteile von $PM_{2,5}$ und PM_1 am PM_{10} leicht ab.

Stickstoffoxide

Die Grenzwerte und Zielwerte für NO_2 zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Vegetation wurden im Jahr 2016 an allen Hintergrundmessstellen des Umweltbundesamtes eingehalten.

Die Messstelle Enzenkirchen wies die höchsten NO_2 - und NO_x -Konzentrationen auf (Jahresmittelwert $10,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), gefolgt von Pillersdorf (NO_2 : $9,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x : $10,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$), Klöch (NO_2 : $8,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x : $9,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Illmitz (NO_2 : $8,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_x : $9,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Deutlich niedriger war die NO_2 -Belastung im Jahresmittel im Mittelgebirge (Zöbelboden $3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Vorhegg $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Die NO_2 - bzw. NO_x -Belastung zeigt an allen Messstellen einen Jahresgang mit erhöhten Konzentrationen im Winter, wobei im außeralpinen Raum in Monaten mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen die höchsten Konzentrationen gemessen wurden.

Die NO_x - und NO_2 -Jahresmittelwerte zeigen über den gesamten Messzeitraum (zehn bis 23 Jahre) an den Messstellen Illmitz, Klöch und Pillersdorf keine nennenswerte Veränderung. An den Messstellen Enzenkirchen, Vorhegg und Zöbelboden nahm die NO_x - und NO_2 -Belastung bis ca. 2003 zu, seit ca. 2010 nimmt sie wieder ab, lag 2016 aber noch leicht über dem Niveau von 2000. Dieser Verlauf folgt nicht dem Trend der österreichischen NO_x -Emissionen, welche bis 2006 relativ konstant waren und zwischen 2006 und 2015 um ca. 25 % abnahmen.

Die NO_x - und NO_2 -Jahresmittelwerte weisen Variationen von Jahr zu Jahr auf (mit relativ hohen Belastungen in den Jahren 2003, 2006 und 2010), welche wesentlich von den meteorologischen Bedingungen bestimmt werden.

Schwefeldioxid

Die SO_2 -Belastung lag 2016 an allen Hintergrundmessstellen weit unter den Grenzwerten des IG-L.

An den außeralpinen Hintergrundmessstellen Enzenkirchen, Illmitz und Pillersdorf lagen 2016 die Jahresmittelwerte zwischen $0,8$ und $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Wintermittelwerte $1,1$ – $1,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$). In Vorhegg betrug der Jahresmittelwert $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der Wintermittelwert $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die SO₂-Belastung wird an den Hintergrundmessstellen von Ferntransport aus Ostmitteleuropa (v. a. Tschechien, Polen, Slowakei, Ungarn und Slowenien) dominiert.

In Illmitz wurde am 07.06.2016 mit 147 µg/m³ der höchste Halbstundenmittelwert seit 1994 registriert. Aufgrund der Windverhältnisse kommt die Raffinerie Bratislava als Quelle in Frage.

Die SO₂-Belastung nahm an allen Hintergrundmessstellen zwischen 1997 und 2007 stark ab, wofür vor allem der starke Rückgang der SO₂-Emissionen in Tschechien (rd. – 90 %) und im östlichen Deutschland in den Neunzigerjahren, später in der Slowakei, in Ungarn, Polen und Slowenien verantwortlich ist. Verglichen mit den frühen Neunzigerjahren ging die in Illmitz, Pillersdorf und Vorhegg gemessene SO₂-Belastung um 90 bis 95 % zurück, seit 2000 um 50 % (Enzenkirchen) bis 75 % (Pillersdorf). Im Jahr 2016 wurde an allen Messstellen die bislang niedrigste SO₂-Belastung gemessen.

Kohlenstoffmonoxid

Die CO-Belastung lag 2016 an allen Hintergrundmessstellen weit unter dem Grenzwert des IG-L.

Der maximale Achtstundenmittelwert der CO-Konzentration betrug 2016 in Illmitz 0,9 mg/m³, in Vorhegg 0,5 mg/m³ und auf dem Sonnblick 0,4 mg/m³.

Die CO-Konzentration stieg bis 2006/2007 an und nahm danach ungleichmäßig ab. Sie folgt nicht dem Trend der österreichischen CO-Emissionen (Abnahme 2000–2015: 31 %) und wird auch von den CO-Emissionen auf globaler Ebene bestimmt. Das Jahr 2016 wies an allen Messstellen die bislang niedrigste CO-Belastung auf.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) im PM₁₀

In Illmitz werden die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK⁸) Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(j)fluoranthren, Dibenzo(a,h)anthracen und Indeno(1,2,3-c,d)pyren im PM₁₀ analysiert.

Im Jahr 2016 lag die Benzo(a)pyren-Konzentration bei 0,43 ng/m³, die mit den Toxizitätsäquivalentfaktoren (TEF) gewichtete Konzentration aller analysierten PAK bei 0,64 ng/m³. Der Anteil von B(a)P an der TEF-gewichteten PAK-Belastung betrug 70 %, wobei sich dieser Anteil langfristig nur wenig ändert (58–68 %). Daneben tragen mit jeweils ca. 10 % Indeno(1,2,3-c,d)pyren, Dibenzo(a,h)anthracen und Benzo(b)fluoranthren zur TEF-gewichteten PAK-Summe bei.

Die B(a)P- bzw. PAK-Belastung zeigt in Illmitz seit 2007 (Beginn der Messung) keinen einheitlichen Trend. Die höchste Belastung (0,64 ng/m³) wurde 2009 beobachtet, die niedrigste 2014 (0,28 ng/m³). Der Verlauf der PAK-Belastung folgt nur teilweise der PM₁₀-Konzentration. Der Anteil von B(a)P am PM₁₀ variiert zwischen 14 ppm (2014) und 29 ppm (2009) und betrug 2016 26 ppm; der zeitliche Verlauf folgt relativ eng jenem der Konzentration von B(a)P.

⁸ auch als PAH (Polycyclic Hydro-carbons) bezeichnet.

Inhaltsstoffe von PM_{2,5}

(EC, OC, Sulfat, Nitrat und Ammonium, Na, K, Ca, Mg, Cl)

In Illmitz wird die chemische Zusammensetzung von PM_{2,5} auf folgende Komponenten untersucht⁹: Elementarer Kohlenstoff (EC), organischer Kohlenstoff (OC), Sulfat (SO₄²⁻), Nitrat (NO₃⁻), Ammonium (NH₄⁺), Na⁺, K⁺, Ca₂⁺, Mg₂⁺ und Cl⁻.

Im Jahresmittel beträgt der Anteil von organischem Material (OM, aus organischem Kohlenstoff mit einem Faktor 1,7 bestimmt) 47 %, von elementarem Kohlenstoff 4 %, von Sulfat und Nitrat je 15 %, von Ammonium 7 % und von den Alkali- und Erdalkalimetallen in Summe 5 % (v. a. Natrium) der gesamten PM_{2,5}-Konzentration.

Die Relativanteile von Nitrat (das bei höherer Temperatur flüchtig ist) und Kalium sind im Winter deutlich höher als im Sommer, wohingegen Sulfat, Kalzium und Natrium im Sommer höhere Relativanteile zeigen. EC, OM und Ammonium weisen keinen Jahresgang auf.

Im Vergleich der Jahre 1999/2000 sowie 2011 bis 2015 weisen die Anteile von Sulfat und Ammonium eine deutliche Abnahme, der Anteil von Nitrat eine leichte Zunahme auf. Die übrigen PM_{2,5}-Komponenten¹⁰ zeigen keinen klaren Trend, sondern geringe unregelmäßige Variationen von Jahr zu Jahr.

Deposition von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen

In Illmitz wird die Deposition der PAK Benzo(a)pyren, Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(j)fluoranthren, Dibenzo(a,h)anthracen und Indeno(1,2,3-c,d)pyren mittels Bergerhoff-Bechern gemessen.

Die Depositionsmengen variieren von Jahr zu Jahr stark und zeigen keinen Trend. Im Jahr 2016 lagen die PAK-Depositionswerte in der Nähe des Durchschnitts der letzten Jahre.

Flüchtige organische Verbindungen in Wien AKH

Flüchtige organische Verbindungen (Volatile Organic Compounds – VOC) spielen in der troposphärischen Ozonchemie eine Rolle.

Beim Wiener Allgemeinen Krankenhaus wird die Konzentration von iso-Pentan, 1-Pentan, n-Pentan, 2-Pentan, iso-Hexan, n-Hexan, Benzol, iso-Oktan, n-Heptan, Toluol, n-Oktan, Ethylbenzol, m-, p-Xylol, o-Xylol, 1,3,5-Trimethylbenzol, 1,2,4-Trimethylbenzol und 1,2,3-Trimethylbenzol mit aktiver Probenahme über jeweils einen Tag und anschließender Analyse mittels Gaschromatographie gemessen.

Die Benzolkonzentration lag im Jahresmittel 2016 mit 0,7 µg/m³ deutlich unter dem Grenzwert von 5 µg/m³.

Die Konzentration der meisten analysierten VOC-Species lag 2016 unter dem Durchschnitt der gesamten Messperiode 2011–2016.

⁹ EC, OC: Tagesproben (jeder dritte Tag), alle anderen Komponenten: Monatsmischproben (aus Filtern von jedem dritten Tag).

¹⁰ EC und OC wurden 1999/2000 mit einem anderen Verfahren analysiert als seit 2011, die Konzentrationen sind daher erst ab 2011 vergleichbar.

Schwermetalle im PM₁₀

In Illmitz wird die Konzentration der Schwermetalle Arsen, Cadmium, Blei und Nickel im PM₁₀ erfasst.

Die Konzentrationen lagen deutlich unter den Grenzwerten des IG-L.

Die Konzentration aller Schwermetalle zeigt seit dem Beginn der Messung im Jahr 2000 einen unregelmäßigen Rückgang, am deutlichsten bei Blei.

Deposition von Schwermetallen (Blei, Cadmium, Arsen, Nickel, Quecksilber)

In Illmitz wird die Deposition der Schwermetalle Blei, Cadmium, Arsen, Nickel und Quecksilber mittels Bergerhoff-Bechern gemessen.

Die Deposition von Blei bzw. Cadmium lag sehr weit unter den Grenzwerten des IG-L.

Die Depositionsmengen von Blei zeigen einen langfristig abnehmenden Trend, jene der anderen Schwermetalle zeigen keine klare Veränderung.

Gasförmiges Quecksilber

In Illmitz wird seit September 2016 die Konzentration des gasförmigen elementaren Quecksilbers kontinuierlich gemessen. Im Mittel lag die Konzentration bei 1,3 ng/m³, ein üblicher Wert für Hintergrundstationen.

Treibhausgase

Die Konzentration des Treibhausgases CO₂ (Kohlenstoffdioxid) wird seit 2000, jene von CH₄ (Methan) seit 2012 auf dem Sonnblick gemessen.

Die CO₂-Daten spiegeln in den letzten Jahren den global beobachteten Anstieg der CO₂-Konzentration im Jahresmittel wider. Im Jahr 2016 wurde ein CO₂-Jahresmittelwert von 404 ppm gemessen.

CO₂ zeigt einen klaren Jahresgang mit erhöhten Konzentrationen im Winter, der durch höhere anthropogene Emissionen und geringere Aufnahme von CO₂ durch Pflanzen bedingt ist. Der etwas weniger ausgeprägte Jahresgang von CH₄ wird durch den geringeren Abbau von CH₄ durch OH-Radikale im Winter verursacht.