



UmweltWissen

Bodennahes Ozon

Es gibt nur ein Ozon, aber zweierlei Wirkungen dieses Stoffes: Das Ozon in der Ozonschicht schützt das Leben vor der schädlichen UV-Strahlung der Sonne (s. Publikationen ► [Ozonschicht und Ozonloch](#) und ► [UV-Strahlung – Wirkung auf den Menschen](#)). Bodennah schädigt Ozon dagegen den Menschen, aber auch Pflanzen und Ökosysteme. In den Sommermonaten werden zum Teil hohe Ozonkonzentrationen erreicht und besonders bei schönem Wetter müssen manchmal sogar Warnmeldungen ausgesprochen werden.

1 Photochemischer Smog und Photooxidantien

Photochemischer Smog ist ein komplexes Gemisch aus verschiedenen Photooxidantien. Hauptkomponente ist das Ozon, das bis zu 90 % der Oxidantien ausmachen kann. Ozon ist eines der stärksten Oxidationsmittel überhaupt und somit einer der reaktionsfähigsten Stoffe, die wir kennen. Es ist die relevanteste Komponente des photochemischen Smogs.

Im photochemischen Oxidantengemisch gibt es eine Vielzahl von Reizstoffen (Beispiele s. Kasten 1). Neben kurzlebigen, hochreaktiven Radikalen kommen auch stabile Zwischen- oder Endprodukte des photochemischen und oxidativen Abbaus organischer Verbindungen vor.

Allerdings sind diese Verbindungen von geringerer Bedeutung als das Ozon, da sie in wesentlich geringeren Konzentrationen vorliegen.

Beispiele für Reizstoffe im photochemischen Smog

- Ozon
- Peroxiacetylnitrat (PAN)
- Peroxibenzoylnitrat (PBN)
- Acrolein
- Formaldehyd

2 Ozonbildung und -abbau

Ozon wird aus Vorläuferverbindungen in den bodennahen Schichten der Atmosphäre gebildet. Die Energie für diese chemischen Umsetzungen kommt aus dem Sonnenlicht, daher spricht man von photochemischen Reaktionen

Stickstoffdioxid ist die wichtigste Vorläufersubstanz für die Ozonbildung. Es zerfällt durch relativ energiearme langwellige UV-Strahlung zu Stickstoffmonoxid (NO) und atomarem Sauerstoff (O). Dieses hochreaktive Sauerstoffatom verbindet sich sofort mit dem molekularen Sauerstoff (O₂) der Luft zu Ozon (O₃). Das so entstandene Ozonmolekül kann allerdings durch Reaktion mit NO wieder in die Ausgangsstoffe zurückgebildet werden. Je nachdem, welche dieser Reaktionen in welchem Umfang abläuft, stellt sich ein spezifisches „photostationäres Gleichgewicht“ ein.

Flüchtige organische Verbindungen (VOC, volatile organic compounds) verstärken ebenfalls die Ozonbildung. Über die Zwischenstufe eines Peroxialkylradikals (RO₂) reagieren VOC mit NO ebenfalls zu NO₂, das zu Ozon weiterreagiert. Dadurch wird die Ozonbildung verstärkt und zugleich steht auch weniger NO zum Ozonabbau zur Verfügung. Besonders ungesättigte organische Verbindungen wie Olefine oder Aromaten, aber auch Kohlenmonoxid (CO) tragen sehr stark zur Ozonbildung bei.

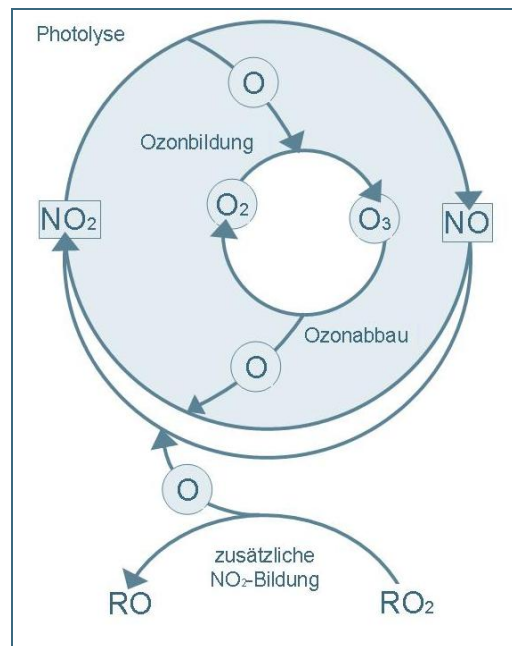


Abb. 1: Ozonbildung im bodennahen Bereich

Das **Verhältnis der Vorläufersubstanzen** zueinander ist für die Intensität der Ozonbildung wichtiger als ihre absolute Menge. Dies liegt daran, dass es bei chemischen Reaktionen immer ein „optimales“ Verhältnis gibt, in dem die Komponenten zueinander stehen müssen. Liegt eine Substanz im Überschuss vor, verstärkt das die Reaktion nicht, da andere Substanzen begrenzend wirken. Wird eine Vorläufersubstanz nach der Reaktion rückgebildet, kann sie die Reaktion erneut durchlaufen. Dies ist bei NO₂ der Fall, wenn zugleich ein Überschuss an VOC vorliegt: NO₂ wird bei der Ozonbildung zu NO abgebaut, das mit den VOC wieder zu NO₂ reagiert. So kann ein einziges NO₂-Molekül mehrfach abgebaut und rückgebildet werden und mehrfach zur Ozonbildung beitragen – trotz geringer Ausgangskonzentration der Vorläufersubstanz. Dies ist besonders von Bedeutung für die regionale Verteilung der Ozonkonzentration (s. Abschnitt 3).

Die **Sonneneinstrahlung** liefert die Energie für die Ozonbildung. Daher werden hohe Ozonwerte v.a. an Sonnentagen im Sommer gemessen, besonders in sehr strahlungsreichen Sommern wie 2003. Am höchsten sind die Konzentrationen i.d.R. nachmittags zwischen 13:00 und 19:00 Uhr. Neben dem Einfluss des Sonnenlichts auf die photochemischen Reaktionen fördert auch die hohe Temperatur die Ozonproduktion: Denn mit der Temperatur nimmt die Emission hochreaktiver Kohlenwasserstoffe aus der Vegetation und auch aus Verdunstungsvorgängen stark zu.

Hauptquellen für die Stickstoffoxide sind der Verkehr mit einem Anteil von ca. 60 % sowie Feuerungsanlagen der Industrie und der Kraftwerke mit rund 30 %. Die VOC stammen etwa zu 25 % aus dem Verkehr bzw. aus Kraftstoffen und zu ca. 60 % aus der Lösemittelverwendung, z.B. bei Farben und Lacken.

3 Ozonkonzentrationen in Stadt und Land

Hauptquelle der Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung sind die Verkehrsemissionen. Die Hauptrolle spielen dabei Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (v.a. NO und NO₂) und flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC). Da all diese Komponenten den Ozonauf- und -abbau beeinflussen, hängt die Ozonkonzentration v.a. vom Verhältnis dieser Komponenten zueinander ab und weniger von der Konzentration der Vorläufersubstanzen (s. Tabelle 1):

- Besonders an **verkehrsreichen Straßen im Stadtgebiet** ist Stickstoffmonoxid (NO) gegenüber Stickstoffdioxid (NO₂) stark erhöht. Dort findet also bevorzugt Ozonabbau statt, so dass man nahe an stark befahrenen Straßen oft geringe Ozonkonzentrationen misst.
- Durch den Wind werden Luftschadstoffe in verkehrserne Bereiche verfrachtet, z.B. in **Parkanlagen oder Stadtrandgebiete**. Dabei werden die Schadstoffe verdünnt. Zugleich wird NO während des Transports immer mehr zu NO₂ umgewandelt, so dass sich der Ozonabbau verringert und die Ozonbildung erhöht. Daher kann die Ozonkonzentration in verkehrsernen Bereichen relativ hoch sein – trotz geringerer Konzentration der Vorläufersubstanzen.
- Beim weiteren Transport der Luftmassen auf das **Land** verstärken sich diese Prozesse. Hinzu kommt, dass VOC im Überschuss vorhanden sind, weil sie zum einen während des Transportes kaum abgebaut werden und zum anderen biogene VOC hinzukommen. Dadurch verschiebt sich das photochemische Gleichgewicht sehr stark in Richtung Ozonbildung und die Ozonkonzentrationen sind in ländlichen Regionen z.T. sehr hoch, obwohl die Konzentration der Vorläufersubstanzen gering ist (s. Abschnitt 2).

Aufgrund dieser komplexen Zusammenhänge sind die Trends der Ozonkonzentration je nach Ort z.T. sehr unterschiedlich. Maßnahmen zur Ozonreduzierung müssen daher an verschiedenen Ansatzpunkten angreifen (s. Tabelle 1, s. Abschnitt 6).

Tabelle 1:

Luftschadstoffe und ihre Wirkung auf die Ozonkonzentration in der Stadt, in verkehrsernen Bereichen und auf dem Land. Zusätzlich ist angegeben, wie sich eine Verringerung der Vorläufersubstanzen auf die Ozonkonzentration auswirken würde.

Vorläufer-substanz	Quelle	Haupt-komponente	Überwiegende Reaktion	Ozon-konzentration	Veränderung der Ozonkonzentration bei Verringerung der jeweiligen Vorläufersubstanz
Stadt					
VOC	Kfz				Verringerung
NO _x	Kfz	NO	Ozonabbau	Gering	Erhöhung
Verkehrserne Bereiche (Parks, Stadtrandgebiete)					
VOC	Kfz	VOC	Ozonbildung ¹	Mittel	Verringerung
NO _x	Kfz	v.a. NO ₂ ²	Ozonbildung	Mittel	Verringerung
Land					
VOC	Pflanzen, Kfz	VOC im Überschuss	Ozonbildung ¹		Keine Veränderung
NO _x	Kfz	v.a. NO ₂ ²	Ozonbildung	Hoch	Verringerung

¹ Indirekt: VOC reagieren mit NO, dadurch wiederholte Bildung des NO₂. Dieses trägt zur Ozonbildung bei. S. Abschnitt 2.

4 Gesundheitliche Wirkungen

Ozon und andere Bestandteile des Sommersmogs wirken reizend auf Schleimhäute und Augen. Ozon ist sehr reaktiv und wirkt daher direkt dort, wo es auftritt: im Lungengewebe. Durch seine geringe Wasserlöslichkeit wird es in den oberen Atemwegen kaum zurückgehalten und dringt bis in die feinen Lungenbläschen vor.

Je nach **Konzentration** des Ozons wurden in Inhalationskammern u.a. Geruchsbelästigungen, verstärkter Hustenreiz, verminderte sportliche Leistung und ab etwa $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eine Verminderung der Lungenfunktionen beobachtet (bei ca. 6-stündiger Expositionsdauer). Diese Wirkungen gehen nach Beendigung der Exposition wieder zurück.

Körperliche Belastung und ihre **Dauer** sind von großer Bedeutung für die gesundheitsgefährdende Wirkung. Denn wer sich körperlich anstrengt, atmet mehr und tiefer. Je länger und aktiver man sich daher im Freien bewegt, desto mehr Ozon nimmt man auf.

Zur **Risikogruppe** zählen Personen, die sich häufig längeren, anstrengenden körperlichen Tätigkeiten an heißen Sommertagen im Freien aussetzen. Dies sind v.a. Arbeiter und Kinder oder junge Erwachsene, die spielen oder Sport treiben. Allerdings besteht auch bei erhöhten Ozonwerten ($> 180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) keine Veranlassung, Kinder vom Spielen im Freien abzuhalten. Man sollte sie jedoch nicht zum Austoben ermuntern, allenfalls morgens, wenn die Ozonwerte noch niedrig sind.

Quer durch alle Bevölkerungsgruppen reagieren etwa 10 – 15 % der Menschen auf Ozon empfindlich. Es lässt sich also keine spezielle Risikogruppe eingrenzen, allerdings können höhere Ozonwerte für Asthmatiker und andere Kranke belastender sein als für Gesunde. Einen besonderen Fall stellen Kleinkinder dar: Sie haben einen sehr hohen Sauerstoffbedarf und atmen daher selbst bei Ruhe soviel Luft pro Minute ein wie ein Erwachsener bei körperlicher Betätigung (bezogen auf ihr Körpergewicht).

Bei **langfristiger Belastung** wurde eine leichte Zunahme chronischer Lungenerkrankungen beobachtet, z.B. in Los Angeles. Allerdings war die Belastung dort sehr viel höher als bei uns (jährlich ca. 70 Tage $> 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fünf Tage $> 700 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Außerdem spielte vermutlich auch die Staubbelastung eine Rolle.

Bekannt ist auch eine weitere Problematik: Bei der sog. Toxikopie fühlen sich Menschen von der Schadstoffbelastung bedroht und reagieren mit aus den Medien bekannten typischen Symptomen. Diese Beschwerden entwickeln sich z.T. schon bei einer geringeren Ozondosis, als für die Auslösung der Symptome objektiv nötig wäre.

5 Beurteilung von Ozonkonzentrationen

In einer Sommersmog-Episode können die hohen Ozon-Konzentrationen über mehrere Stunden anhalten. Daher beziehen sich viele Beurteilungswerte auf einen Zeitraum von 8 Stunden. Um außerdem auch Belastungsspitzen zu vermeiden, werden zusätzlich 1-h-Mittelwerte festgelegt.

- Zielwert: $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (8-h-Mittelwert)
- Schwellenwert für die Unterrichtung der Bevölkerung: $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-h-Mittelwert)
- Schwellenwert für die Auslösung von Ozon-Warnungen: $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-h-Mittelwert)

Tägliche Ozonberichte des LfU finden Sie unter:

▶ www.lfu.bayern.de/luft/lueb/index.htm

In den letzten Jahren wurden immer weniger Tage mit Überschreitungen der verschiedenen Schwellenwerte beobachtet (bis 2002, s. Abb. 2). Aus diesem Trend fiel der Jahrhundertssommer 2003 heraus. Dieser Sommer war – eine Folge der lang anhaltenden Schönwetterperiode – auch hinsichtlich der gemessenen Ozonbelastungen außergewöhnlich.

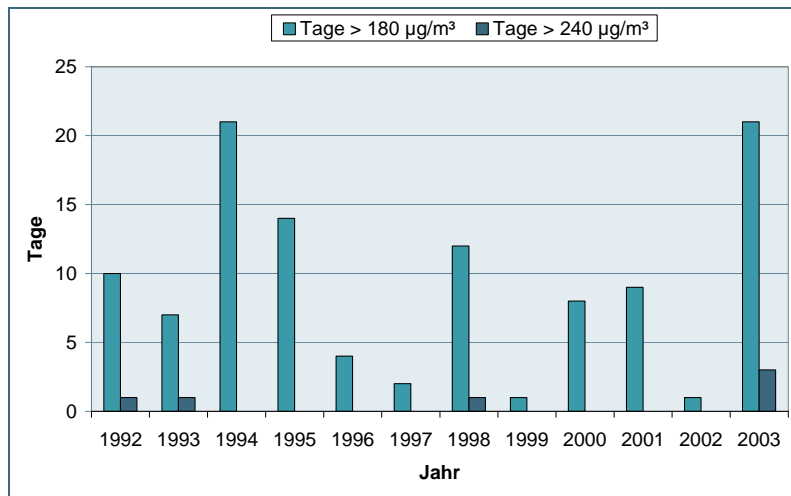


Abb. 2: Entwicklung der Ozonkonzentration in Bayern 1992-2003: Tage mit Überschreitungen des Schwellenwertes für die Information der Bevölkerung (180 µg/m³) bzw. für die Auslösung der Warnschwelle (240 µg/m³). Die hohe Anzahl an Überschreitungen im Jahr 2003 ist auf die außergewöhnlich lang anhaltende Schönwetterperiode zurückzuführen.

In der freien Troposphäre über dem Hohenpeißenberg sind die Ozonkonzentrationen seit 1970 deutlich gestiegen. Seit Mitte der 80er Jahre stagnieren die Werte, tendenziell ist sogar ein leichter Rückgang in allen Jahreszeiten zu beobachten. Dieser Rückgang zeigt sich in ähnlicher Form auch an benachbarten Stationen in Deutschland, Belgien und der Schweiz. Dieser Rückgang ist jedoch kaum auf spezielle Maßnahmen zurückzuführen, da die Ozonkonzentrationen in der unteren Stratosphäre sehr stark von weiträumigen Lufttransporten beeinflusst werden.

Neben den Schwellenwerten der EU gibt es weitere Werte, die der Beurteilung von Ozonkonzentrationen dienen:

- **MIK-Wert** (Maximale Immissions-Konzentration): 100 µg/m³ (8-h-Mittelwert). Dieser Wert bezieht sich auf die allgemeine Bevölkerung. Er ist ein medizinisch-biologisch abgeleiteter Wert, der unter Vorsorgeaspekten als wünschenswerte Obergrenze der Belastung anzusehen ist.
- **TRK-Wert** (Technische Richtkonzentration): 0,1 ml/m³ bzw. 0,2 mg/m³ (entspricht 200 µg/m³). Dieser Wert bezieht sich auf Ozonkonzentrationen am Arbeitsplatz. Er kann durch moderne Technik erreicht werden.³

6 Maßnahmen

Heute liegt der Schwerpunkt der Maßnahmen darin, weiträumig die Emissionen von Vorläufersubstanzen zu senken. Räumlich und zeitlich begrenzte Maßnahmen wie Fahrverbote sind dagegen nur in speziellen Situationen bedingt erfolgreich, z.B. in Tal- und Beckenlagen wie eventuell in der Rheinebene oder im Los Angeles Becken. Da Fahrverbote nicht zu einer Verringerung der Ozonbelastung beitragen konnten, lief die Sommersmog-Regelung für Fahrverbote bei hohen Ozonwerten 1999 aus.

³ Anmerkung: Bei Stoffen mit Krebs erzeugender Wirkung kann eine unbedenkliche Dosis nicht angegeben werden. Da es Hinweise auf die kanzerogene Wirkung von Ozon gibt, wurde der MAK-Wert (Maximale Arbeitsplatzkonzentration) 1998 ausgesetzt.

6.1 Reduzierung von VOC

VOC werden außer durch den Verkehr insbesondere auch beim Verarbeiten von lösemittelhaltigen Beschichtungsstoffen freigesetzt, z.B. beim Lackieren und Drucken. Die VOC-Richtlinie der Europäischen Union⁴ fordert von den Betrieben, ihre Emissionen entweder durch den Einsatz lösemittelärmerer Verfahren oder durch Abgasreinigung zu verringern. Diese Richtlinie wurde durch die 31. Bundesimmissionsschutzverordnung⁵ in deutsches Recht umgesetzt. Auch die TA Luft 2002 enthält Vorschriften für Anlagen, die organische Substanzen emittieren, z.B. für die Chemieindustrie, Kunststoffverarbeitung oder für die Textilveredelung.

Die Beste Verfügbare Technik (BVT oder BAT – Best Available Technology) für Anlagen zur Behandlung von Oberflächen unter Verwendung von Lösemitteln, insbesondere zum Beschichten, Entfetten, Lackieren, wird derzeit in einem EU-Merkblatt BREF (Best Available Techniques Reference Document) zusammengestellt. Die EU-Merkblätter sind im Internet abrufbar unter: ► www.eippcb.jrc.es bzw. ► www.bvt.umweltbundesamt.de.

Für Produkte im Alltag wie Dekorfarben, Lacke und Fahrzeuglacke wurde eine weitere EU-Richtlinie erarbeitet⁶. Diese Richtlinie beschränkt die Verwendung von Lösemitteln in Farben und Lacken. Die festgelegten Höchstwerte an Lösemitteln müssen eingehalten werden, soweit diese Produkte in der EU in Verkehr gebracht werden.

Auch der Einzelne kann dazu beitragen, die VOC-Emissionen zu senken, indem er schadstoffarme Produkte bevorzugt, z.B. wasserlösliche Lacke. Diese Produkte sind mit dem Blauen Engel gekennzeichnet.

Blauer Engel für lösemittelarme Produkte

- Schadstoffarme Lacke (RAL-UZ 12a)
- Emissionsarme Möbel (RAL-UZ 38)
- Emissionsarme Wandfarben (RAL-UZ 102)
- Emissionsarme Bodenbelagsklebstoffe und andere Verlegewerkstoffe (RAL-UZ 113)
- Lösemittelarme Bitumenanstriche und -kleber (RAL-UZ 115)

6.2 Reduzierung von NO_x

Die NEC-Richtlinie (National Emission Ceilings, 2001) der EU bezieht sich auf „Nationale Emissionshöchstmengen für Ammoniak, flüchtige organische Kohlenwasserstoffe, Schwefeldioxid und Stickstoffoxide“. Da die Grenzwerte dieser Richtlinie derzeit noch nicht eingehalten werden, sind weitere Maßnahmen nötig.

Besonderes Augenmerk richtet sich auf die Reduzierung der NO_x-Emissionen von Dieselmotoren: Diese emittieren 8-10mal mehr NO_x als Ottomotoren. Daher sollen die EURO-Normen für NO_x-Emissionen 2005 abgesenkt werden: Für Diesel-Pkw auf 0,25 g/km und für Nutzfahrzeuge auf 2 g/kWh.

⁴ EU-VOC-Richtlinie 1999/13/EC vom 11.03.1999

⁵ 31. BImSchV vom 21.08.2001

⁶ Der Europäische Rat hat dazu am 7. Januar 2004 einen Richtlinienentwurf angenommen (KOM(2002)0750)

Zur Reduzierung der NO_x-Emissionen durch Dieselmotore sind bereits einige technische Lösungen weitgehend fertig entwickelt

Technische Möglichkeiten zur Reduzierung der NO_x-Emissionen von Kfz

- Optimierung der motorischen Verbrennung (Einsparung 20-30 %, bereits teilweise eingesetzt)
- elektronisch gesteuerte Abgasrückführung (Einsparung 20-50 %, bereits teilweise eingesetzt)
- NO_x-Speicherkatalysatoren (Einsparung 70-90%, bei GDI-Motoren eingesetzt)
- selektive katalytische Reduktion (SCR, Einsparung 70-95 %, ca. 10 % geringerer Verbrauch)

Der Einzelne kann durch den bewussten Kauf dieser modernen Technik zur NO_x-Reduzierung beitragen. Aber natürlich entlastet auch jeder nicht gefahrene Auto-Kilometer die Umwelt. Außerdem sollen die NO_x-Emissionen durch die Vorschriften der Großfeuerungsanlagen-VO (13. BImSchV) und der TA Luft weiter gesenkt werden.

7 Literatur

ABBEY D.E., LEBOWITZ M.D., MILLS P.K., PETERSEN F.F., BEESON W.L., BURCHETTE R.J. (1995): Long-term ambient concentrations of particulates and oxidants and development of chronic disease in a cohort of nonsmoking californian residents. *Inhalation Toxicology* 7, 19-34

BRUCKMANN P., GEIGER J., HARTMANN U., WURZLER S. (2003): Die Ozonepisode im Juli und August 2003. Landesumweltamt NRW.
<http://www.lua.nrw.de/luft/immissionen/aktluftqual/Ozonbericht2003.pdf>

CLAUDE H., FRICKE W., BEILKE S. (2001): Wie entwickelt sich das bodennahe und das troposphärische Ozon? *Ozonbulletin des Deutschen Wetterdienstes*. Ausgabe Nr. 82

DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT (2003): MAK- und BAT-Werte-Liste 2003. Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Mitteilung 39, Wiley-VCH Verlag, Weinheim

EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (1997): Corinair 94 summary report. European Topic Center on Air Quality, Bilthoven, Niederlande

HÖPPE P., RABE G., LINDNER J., PRAML G. (1997): Forschungsvorhaben: Der Einfluss erhöhter Ozonkonzentrationen auf die Lungenfunktion ausgewählter Bevölkerungsgruppen. In: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): *Umwelt & Entwicklung Materialien* 125

KOFLER (1988): Toxikologie und andere Mechanismen zur Bedrohungsbewältigung. *Sozialmedizinische Werkstattberichte* Nr. 6, 3 - 13

LIPPMANN M.M. (1989): Health effects of Ozon – a critical review. *J. Air Poll. Contr. Assoc.* 39, 672 - 695

OBERMEIER A. ET AL. (1995): Photosmog. Möglichkeiten und Strategien zur Verminderung des bodennahen Ozons. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg

UMWELTBUNDESAMT (2002): *Umweltdaten Deutschland*. Berlin

UMWELTMINISTERIUM BADEN-WÜRTTEMBERG (1995): *Ozonversuch Neckarsulm/Heilbronn, Band II. - Schlussbericht zu den wissenschaftlichen Auswertungen des Ozonversuchs*, Stuttgart

WAGNER H.M., HÖPPE P. (1998): Anorganische Gase / Ozon. In: Wichmann, Schlipkötter, Fülgraff (Hrsg.): *Handbuch der Umweltmedizin*. Ecomed, Landsberg, VI-1, 1-43

WORLD HEALTH ORGANIZATION (1997): Update and revision of the WHO air quality guidelines for Europe. WHO Regional Office for Europe Publ. ICP EHH 018 VD96.2/11, Bilthoven, Netherlands.

Richtlinien und gesetzliche Regelungen

VDI-Richtlinie 2310, 2001, Bl. 15: Maximale Immissions-Konzentrationen für Ozon (und photochemische Oxidantien). VDI-Handbuch Reinhaltung der Luft, Bd. 1

Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösemittel entstehen. ABI. EG Nr. L 85 S. 1

Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft. ABI L 67/14 vom 9.3.2002

31. BImSchV – Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen – VOC-Verordnung vom 21. August 2001, BGBl I Nr. 44 vom 24.08.2001

Internet

Aktuelle Ozondaten unter: ► www.lfu.bayern.de/luft/lueb/index.htm

31. BImSchV: ► www.lfu.bayern.de/luft/index.htm > 31. BImSchV

LfU-Publikationen

► [Seminarband Auto\(mobil\) und Umweltschutz](#)

Informationen über Abgase der Kraftfahrzeugverkehrs: ► www.lfu.bayern.de/luft/doc/abgase.pdf

Informationen über Ozon: ► www.lfu.bayern.de/luft/index.htm > Luftreinhaltung

► [Bodennahes Ozon](#). Fachtagung am 11. April 2002.

8 Ansprechpartner

Private Anfragen an das Bayerische Landesamt für Umwelt richten Sie bitte an unser Bürgerbüro:

E-Mail: oeffentlichkeitsarbeit@lfu.bayern.de

Fragen und Anregungen zu Inhalten, Redaktion und Themenwahl der Publikationen von UmweltWissen sowie Anfragen bezüglich Recherche und Erstellung von Materialien für die Umweltbildung/-beratung richten Sie bitte an:

UmweltWissen am Bayerischen Landesamt für Umwelt:

Telefon: 0821 / 9071 – 5671

E-Mail: umweltwissen@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de/umweltwissen

Impressum:

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: (08 21) 90 71-0
Telefax: (08 21) 90 71-55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Postanschrift:
Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:
Dr. Katharina Stroh (LfU)

Stand:
2004 (Links 03/11)

Textgrundlage: Wagner M. und Ulrike Koller (1999): Bodennahes (anthropogenes) Ozon. In: GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit und Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (Hrsg.): Handbuch Umweltberatung Bayern. Loseblattsammlung 1992-2002.

Diese Veröffentlichung wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Sie haben diese Veröffentlichung auf Papier, wollen aber auf die verlinkten Inhalte zugreifen?

Die jeweils aktuellste Ausgabe finden Sie im Internet unter:

► www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_47_bodennahes_ozon.pdf oder unter

► www.lfu.bayern.de: UmweltWissen > Schadstoffe > Stoffbeschreibungen