

Indikator-Factsheet: Ozonbelastung

Verfasser*innen:	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler) i. A. des Umweltbundesamtes / KomPass, FKZ 3720 48 101 0	
Mitwirkung:	Umweltbundesamt, FG II 4.2 Beurteilung der Luftqualität (Andrea Minkos)	
Letzte Aktualisierung:	02.05.2022	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Ersterstellung
	06.11.2023	Bosch & Partner GmbH (Konstanze Schönthaler): Überprüfung der Links
Nächste Fortschreibung:	ungewiss	Sollte es zu einer Änderung der Berechnungsweise zur Ozon-Peak-Season kommen, muss der Indikator entsprechend angepasst werden.

I Beschreibung

Interne Nr. GE-I-9	Titel: Ozonbelastung
Einheit: $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Kurzbeschreibung des Indikators: Ozonbelastung in der Saison (Zeitraum 1. April bis 30. September) an den Stationen im städtischen Hintergrund, an Industriestandorten, Stationen im ländlichen Hintergrund und Bergstationen
	Berechnungsvorschrift: Ozonbelastung an Bergstationen = mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season (Zeitraum 1. April bis 30. September) an der Station Brotjacklriegel + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Garmisch-Partenkirchen/Wankgipfel + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Zugspitze Schneefernerhaus + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Zugspitze Gipfellabor + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Bad Hindelang/Oberjoch + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Schmücke + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Schauinsland + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Wasserkuppe + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Brocken + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Wurmberg + mittlere Ozonbelastung der Ozone peak season an der Station Wurmberg Schwarzwald-Süd / 10 analog für die Stationen im städtischen Hintergrund, für Industriestandorte sowie für Stationen im ländlichem Hintergrund Berücksichtigt werden jeweils alle Stationen, für die im jeweiligen Jahr Daten verfügbar sind.
Interpretation des Indikatorwerts:	Je höher der Indikatorwert ist, desto höher ist die Ozonbelastung in der Saison.

II Einordnung

Handlungsfeld:	Menschliche Gesundheit
Themenfeld:	Gesundheitliche Auswirkungen von aerogenen Stoffen

Thematischer Teilaspekt:	Vermehrtes Auftreten von Atemwegserkrankungen infolge veränderter Verteilungsmuster und atmosphärischer Mischung von Schadstoffen
DPSIR:	Impact (Risiko)

III Herleitung und Begründung

Referenzen auf andere Indikatorenssysteme:	Klimafolgen- und Anpassungsmonitoring NRW: 9.6 Belastung mit bodennahem Ozon Klimawandelmonitoring Brandenburg: G-7 Schadstoffbelastung der Luft
Begründung:	<p>Sowohl Wetter und Witterung als auch Luftschadstoffe haben Einfluss auf die menschliche Gesundheit. Die Bedeutung von Luftschadstoffen als Ursache umweltbedingter Erkrankungen oder vorzeitiger Sterbefälle gewinnt dabei vor dem Hintergrund der Klimaänderung immer größere Aufmerksamkeit. Es bestehen enge Zusammenhänge zwischen dem Klimawandel und dem Einfluss von Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit: Zum einen können aufgrund veränderter Durchmischungsprozesse und photochemischer Reaktionen hohe Belastungssituationen vermehrt auftreten. Zum anderen verstärken hohe Lufttemperaturen den gesundheitlichen Effekt von Luftschadstoffen, und an Feinstaub angelagerte allergene Proteine werden tiefer in die Atemwege transportiert. Ebenso erhöht Ozon die Allergenität von Pollen (Kanter et al. 2013 in Traidl-Hoffmann 2018: 52).</p> <p>Schlegel et al. (2021) haben den Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegserkrankungen und ischämischen Herzerkrankungen untersucht. Demnach mehren sich die Hinweise auf den Einfluss der Wetterbedingungen auf die Zunahme atemwegsbedingter Krankheits- und Sterbefälle. Neben der Temperatur ist insbesondere die Luftfeuchte relevant für Atemwegserkrankungen, da trockene Luft die Schleimhäute austrocknet und eine Infektion durch Viren erleichtert. Hohe Luftfeuchte kann das Atmen aber auch erschweren und die Anzahl von Allergenen wie Hausstaubmilben und Schimmelpilzen in der Luft erhöhen. „Weitere meteorologische Faktoren wie Wind, Luftdruck und Gewitter werden ebenfalls mit dem Auftreten von Atemwegsbeschwerden in Zusammenhang gebracht, sind aber in Studien deutlich seltener vertreten.“ (Schlegel et al. 2021: 23). Auch auf ischämische Herzerkrankungen hat das Wettergeschehen einen inzwischen gut belegten Einfluss (ebd.: 24).</p> <p>Auch die nachteiligen Einflüsse von Luftbeimengungen wie Feinstaub, Stickstoffoxiden, Ozon und Schwefeldioxid auf Asthma bronchiale und andere Atemwegsbeschwerden werden vielfach bestätigt. Mit Blick auf ischämische Herzerkrankungen gibt es empirische Nachweise zu indirekten Einflüssen unter anderem durch Luftschadstoffe und Allergene. (ebd.: 24)</p> <p>Komplizierter ist die Analyse der Wechselwirkungen meteorologischer und lufthygienischer Komponenten (ebd.: 23). Schlegel et al. (2021) haben deswegen mittels nicht-linearer Regressionsmodelle (Generalized Additive Model, GAM) den Einfluss meteorologischer und lufthygienischer Parameter auf die Mortalitäts- und Morbiditätsdaten untersucht, d. h. zusätzlich zu meteorologischen Parametern wurde der Einfluss von Luftschadstoffen (SO₂, NO₂, PM₁₀ und O₃) geprüft. „Die Ergebnisse der GAMs bestätigen die Bedeutung der thermischen Parameter. Von den weiteren Parametern leisten vor allem die Luftfeuchte, Luftdruck und Luftschadstoffe (vor allem SO₂ und PM₁₀) einen signifikanten Beitrag in den Modellen der chronischen Atemwegserkrankungen. Bei der atemwegsbedingten Morbidität konnte ein stärkerer Einfluss des Luftdruckes und zusätzlich auch von NO₂ gefunden werden“. Im Modell der Mortalität infolge ischämischer Herzerkrankungen sind ebenfalls Temperatur, Wasser-</p>

	<p>dampfdruck, Luftdruck und Luftschadstoffe, hier vor allem Ozon, signifikant vertreten. Auch hier spielt für die Morbidität NO₂ eine Rolle. (Schlegel et al. 2021: 147)</p> <p>Der Indikator fokussiert auf Ozon, da für die Ozonbildung in besonderem Maße witterungsbedingte Faktoren bedeutsam sind. In Bodennähe auftretendes Ozon wird nicht direkt freigesetzt, sondern bei intensiver Sonneneinstrahlung durch komplexe photochemische Prozesse aus Vorläuferschadstoffen – überwiegend Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen – gebildet. Ozon wird deshalb als sekundärer Schadstoff bezeichnet. Dies bedingt, dass die Ozonkonzentrationen nicht nur in Ballungszentren, sondern auch in ländlichen Regionen erhöht sein können. Vor allem für die flüchtigen organischen Verbindungen sind Ausdünstungen aus Laub- und Nadelbäumen relevant, biogene Stickstoffoxide stammen überwiegend aus überdüngten Böden. Der Klimawandel kann mit höheren Temperaturen und intensiverer Sonneneinstrahlung die Bildung von bodennahem Ozon verstärken.</p> <p>Hohe Ozonkonzentrationen sind schädlich für die menschliche Gesundheit. Die nachteiligen gesundheitlichen Wirkungen von Ozon bestehen in einer verminderten Lungenfunktion, entzündlichen Reaktionen in den Atemwegen und Atemwegsbeschwerden. Bei körperlicher Anstrengung, also bei erhöhtem Atemvolumen, können sich diese Auswirkungen verstärken. Empfindliche oder vorgeschädigte Personen, zum Beispiel Asthmatiker, sind besonders anfällig und sollten bei hohen Ozonwerten körperliche Anstrengungen im Freien vermeiden. Ab einem Ozonwert von 180 µg/m³ (1h-Mittelwert) werden daher über die Medien Verhaltensempfehlungen an die Bevölkerung gegeben. Da Ozon sehr reaktionsfreudig (reaktiv) ist, liegt zudem die Vermutung nahe, dass es krebserregend sein könnte. Die MAK-Kommission (MAK=Maximale Arbeitsplatz Konzentration) der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) beurteilte Ozon als einen Stoff, der „im Verdacht steht, beim Menschen Krebs auszulösen. (UBA 2022)</p> <p>„Erhöhte Ozonwerte in Bodennähe treten hauptsächlich im Sommer auf und sind direkt mit der Lufttemperatur und der Sonnenscheindauer korreliert, aber invers mit der relativen Feuchte und mit den meisten anderen Luftbeimengungen (Lacour et al. 2006, Ito et al. 2007; Stieb et al. 2009). Die geringe Konzentration von Ozon im Winter, wo die Rate der Atemwegserkrankungen aber am höchsten ist, führt bei manchen Studien, die keine Kontrolle der Jahreszeiten durchführen, zu einer negativen Korrelation mit Ozon (Freitas et al. 2010; Monsalve 2013; Soyiri et al. 2013; Wanka et al. 2014)“ (zit. in Schlegel et al. 2021: 57).</p> <p>Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat im Jahr 2021 neue Empfehlungen für die Luftqualität erlassen. Diese ergänzen den bisherigen 8-Stundenwert um einen Wert für die sogenannte „ozone peak season“, um die Langzeitwirkung („long-term exposure“) abbilden zu können. Die „ozone peak season“ ist definiert als die Phase von sechs aufeinanderfolgenden Monaten mit den höchsten Ozon-Konzentrationen. Über diesen Zeitraum hinweg werden die täglichen maximalen 8-Stundenwerte gemittelt. Als kritischer Schwellenwert gilt eine Konzentration von 60 µg/m³. Mit den geänderten WHO-Empfehlungen passt auch das UBA seine Berichterstattung an und führt entsprechend Berechnungen dieses Kennwerts durch. Das UBA hat die „ozone peak season“ dabei auf den Zeitraum April bis September festgelegt.</p> <p>Die Messstellen des Ozonmessnetzes des UBA werden in verschiedene Kategorien eingeteilt: städtischer Hintergrund, ländlicher Hintergrund, Industriestandorte, Bergstationen sowie Straßenstationen. Die drei bis vier existierenden Straßenstationen können unberücksichtigt bleiben. Als Bergstationen gelten Stationen in einer Höhe ab 900 m ü. NN unabhängig von ihrer Kategorie. Auch wenn die Zeitreihen der Industriestandorte und der Stationen im städti-</p>
--	---

	schen Hintergrund bisher sehr ähnlichen Verläufe haben, werden diese getrennt geführt, da es bei den Industriestandorten nicht unwahrscheinlich ist, dass dort Stoffe emittiert werden, die Auswirkungen auf die Ozonbildung haben.
Einschränkungen:	Ob hohe Ozonkonzentrationen Einfluss auf die Gesundheit haben, hängt wesentlich auch vom menschlichen Verhalten, den Wohn- und Lebensbedingungen sowie den Vorerkrankungen ab. Von einem erhöhten Risiko durch hohe Ozonkonzentrationen kann daher nicht zwangsläufig auf Erkrankungen oder Mortalitäten rückgeschlossen werden.
Rechtsgrundlagen, Strategien:	<ul style="list-style-type: none"> • Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2008 (DAS) • Empfehlungen der WHO zur Luftqualität 2021 (WHO)
In der DAS beschriebene Klimawandelfolgen:	<ul style="list-style-type: none"> • DAS, Kap. 3.2.1 (S. 18): Zusätzliche klimabedingte Gesundheitsfolgen sind möglich: Häufigere sommerliche Hochdruckwetterlagen könnten die Bildung von bodennahem Ozon begünstigen, das zu Atembeschwerden führen kann.
Ziele:	<ul style="list-style-type: none"> • DAS, Kap. 3.2.1 (S. 18): Bund und Länder sollten deshalb eine zielorientierte, sachgerechte Aufklärung der Bevölkerung, einzelner Risikogruppen aber auch der Multiplikatorinnen und Multiplikatoren wie dem Personal in Medizin und Katastrophenschutz, als wichtige Voraussetzung für Anpassungsmaßnahmen fördern. • WHO-Empfehlungen: Eine mittlere Ozonkonzentration von 60 µg/m³ in der ozone peak season sollte nicht überschritten werden.
Berichtspflichten:	Berichterstattung des UBA zur Luftqualität

IV Technische Informationen

Datenquelle:	Luftmessnetze der Länder und des Umweltbundesamts: Ozonmessungen	
Räumliche Auflösung:	flächenhaft	NUTS
Geographische Abdeckung:	ganz Deutschland anhand repräsentativer Stationen	
Zeitliche Auflösung:	jährlich, seit 1995	
Beschränkungen:	keine	
Verweis auf Daten-Factsheet:	GE-I-9_Daten_Ozonbelastung.xlsx	

V Zusatz-Informationen

Glossar:	<p>Peak-Season-Ozonkonzentration: Mittelwert über die täglich höchsten gleitenden Achtstundenmittelwerte der Ozonkonzentration im Zeitraum 1. April bis 30. September</p> <p>Ischämisch bedeutet „die Ischämie betreffend“ und „mangelhaft bzw. nicht durchblutet“. Ischämische Herzkrankheit ist ein Zustand wiederkehrender „chest pain“ oder Beschwerden, der auftritt, wenn ein Teil des Herzens nicht genügend Blut erhält.</p>
Weiterführende Informationen:	Schlegel I., Muthers S., Matzarakis A. 2021: Einfluss des Klimawandels auf die Morbidität und Mortalität von Atemwegserkrankungen. Umwelt und Gesundheit 04/2021, Dessau-Roßlau, 207 S.

	<p>Traidl-Hoffmann C. 2018: Allergie – eine Umwelterkrankung. Umwelt + Mensch Informationsdienst umid 02/2018: 47-55.</p> <p>UBA – Umweltbundesamt 2022: Informationen zur Wirkung von Ozon und anderen Luftschadstoffen auf die menschliche Gesundheit: www.umweltbundesamt.de/themen/luft/wirkungen-von-luftschadstoffen/wirkungen-auf-die-gesundheit#aussenluft</p> <p>WHO – World Health Organization 2021: Air quality guidelines www.who.int/news-room/feature-stories/detail/what-are-the-who-air-quality-guidelines</p>
--	--

VI Umsetzung – Aufwand und Verantwortlichkeiten

Aufwandsschätzung:	Datenbeschaffung:	1	nur eine datenhaltende Institution
	Datenverarbeitung:	1	Zusammenführung der Daten zur Darstellung des Indikators ohne vorhergehende Datenaufbereitung möglich
	<u>Erläuterung:</u> Daten werden vom UBA Fachgebiet II 4.2 – Beurteilung der Luftqualität geliefert; es sind nur noch Mittelungen erforderlich.		
Datenkosten:	keine		
Zuständigkeit:	Koordinationsstelle		
	<u>Erläuterung:</u> keine		

VII Darstellungsvorschlag

