

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 104 (1986)
Heft: 42

Artikel: Ozon-Grenzwerte: Kurzzeit-Grenzwerte der neuen
Luftreinhalteverordnung
Autor: Pelli, Tiziano
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-76273>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Ozon-Grenzwerte

Kurzzeit-Grenzwerte der neuen Luftreinhalteverordnung

Von Tiziano Pelli, Zürich

Die am 1. März 1986 in Kraft getretene Luftreinhalteverordnung (LRV) legt für die Ozon-Konzentrationen zwei Kurzzeitgrenzwerte fest. Eingehende amerikanische Untersuchungen zeigen, dass solche Grenzwerte in sehr abgelegenen Standorten oft leicht und von Zeit zu Zeit stark überschritten werden. Die Resultate dieser Untersuchungen erlauben zusätzlich die Behauptung, dass es zu starken Überschreitungen kommen würde, auch wenn die Ozon-Konzentrationen ausschliesslich aus natürlichen Quellen stammten. In Anbetracht dieser Ergebnisse und unter Berücksichtigung der schweizerischen Bedingungen werden folgende Vorschläge unterbreitet:

- Der auf die Messwerte eines Monats bezogene Grenzwert von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ soll auf $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erhöht werden.
- Der auf 1 Stunde bezogene Maximalwert soll aufgehoben werden.

Einleitung

Hohe Konzentrationen von Ozon O_3 wirken schädlich auf Menschen, Tiere und Pflanzen. Es wird weiter behauptet, dass Ozon die Hauptverantwortung für das Waldsterben trägt. In Anbetracht dieser Situation hat der Bundesrat in der neuen Luftreinhalteverordnung zwei Kurzzeitgrenzwerte für Ozon festgelegt. Der erste besagt, dass während allen Monaten des Jahres an einem bestimmten Standort höchstens 2% der Halbstunden-Messwerte der O_3 -Konzentrationen den Wert von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten dürfen. Der zweite setzt fest, dass der Stundenmittelwert höchstens einmal pro Jahr $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten darf.

Der Ozon-Grenzwert in den USA

In den 70er Jahren gab es in den USA Diskussionen und Auseinandersetzungen über den Grenzwert der Ozon-Konzentrationen und den Ursprung dieser Konzentrationen (natürlich oder anthropogen, also vom Menschen verursacht). Der Grenzwert wurde zuerst (1971) auf 80 ppb festgesetzt (rund $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$); die amerikanischen Ozon-Konzentrationen werden in der Regel in ppb ausgedrückt (parts per billion), in der Schweiz benützt man heute jedoch meist die Masseinheit $\mu\text{g}/\text{m}^3$, wobei 1 ppb O_3 rund $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entspricht [1]. Der Wert von 80 ppb durfte in einem Jahr höchstens einmal während einer Stunde überschritten werden.

Zahlreiche Untersuchungen zeigten jedoch bald, dass dieser Grenzwert auch in sehr abgelegenen Standorten und in Situationen, in welchen das Ozon offensichtlich natürlichen Ursprungs war, oft überschritten wurde.

Um die ganze Ozon-Problematik zu klären, entschied die Environmental Protection Agency (EPA) 1976 u.a. ein Netz von Messstationen in abgelegenen Standorten (remote sites) aufzubauen. Dieses Netz, NAPBN genannt, war 1979 vollständig und umfasste 8 Stationen. Die ersten Messresultate trugen u.a. dazu bei, dass der Grenzwert 1979 auf 120 ppb (etwa $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$) erhöht wurde, mit der zusätzlichen Abschwächung, dass dieser Wert nur während eines Tages im Jahr überschritten werden darf.

Das NAPBN-Netz und seine Messresultate

In Bild 1 ist die Lage der einzelnen Messstationen angegeben. Sie sind über das ganze Gebiet der USA zerstreut und auf unterschiedlicher Höhe gelegen. Die Standorte wurden so gewählt, dass ihre Entfernung von der nächsten städtischen Agglomeration mehr als 150 km beträgt. Angaben über diese Standorte sind in Tabelle 1 enthalten. An jeder Messstation waren drei Ozon-Messgeräte im Einsatz. Die ersten Messstationen wurden 1976 und die letzten 1979 in Betrieb genommen. Die Messdauer erstreckte sich bis zum Jahre 1983.

Die gemessenen jährlichen Ozon-Konzentrationsmittelwerte variieren zwischen $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Schwankungen zwischen den einzelnen Standorten und von Jahr zu Jahr sind relativ gross. Mittelwerte von 100 und $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurden nur im hochgelegenen Apache Forest (2500 m über Meer) festgestellt. Bei den anderen Messstationen lagen sie zwischen $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Ozon-Konzentrationen erreichten ihr Maximum hauptsächlich im zweiten Jahresquartal (Frühling), vereinzelt auch im Frühsommer. Im Herbst und im Winter waren die Konzentrationswerte dagegen fast immer wesentlich niedriger.

In Tabelle 2 sind als Beispiel die Messresultate des Standortes Chequamegon, National Forest, angegeben. Die Messergebnisse sind pro Jahresquartal in Perzentilen angegeben (95-Perzentil be-

Bild 1. Die Lage der NAPBN-Standorte in den USA (abgelegene Ozon-Messstandorte) aus [1]



zeichnet zum Beispiel den Wert, bei dem 95% der Messungen tiefer und 5% der Messungen höher liegen). Der höchste 95-Perzentil-Wert wurde 1980 erreicht und betrug $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der Ursprung der Ozon-Konzentrationen

Die in Bodennähe auftretenden Ozon-Konzentrationen entstehen zum grössten Teil durch folgende Vorgänge:

- durch Transport aus der Stratosphäre (mit Stratosphäre bezeichnet man den Teil der Atmosphäre zwischen 10 und 50 km Höhe; unter 10 km spricht man von Troposphäre).
- durch Photooxidation von natürlichen Vorläufern (Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid, Stickstoffoxide)
- durch Photooxidation von anthropogen erzeugten Vorläufern
- durch andere Vorgänge wie: Ultraviolettstrahlung und Blitze.

Ozon ist sehr aktiv und reagiert ziemlich schnell sowohl mit der Bodenfläche wie mit Aerosolen und anderen gasförmigen Luftkomponenten. Diese Reaktionen vermindern die Ozon-Konzentrationen und stellen eine sogenannte Ozon-Senke dar.

Der Transport von Ozon von der Stratosphäre in die Troposphäre erfolgt durch die vertikale Verschiebung von Luftmassen, die von grossräumigen vertikalen Druckunterschieden verursacht wird. Untersuchungen in den USA haben gezeigt [3], dass die Bildung solcher Druckunterschiede im Frühling sehr häufig ist.

Die Ozon-Konzentrationen in der Stratosphäre erreichen bei mittleren Breiten ihr Maximum am Ende des 1. und während des 2. Jahresquartals (Frühling). Das gleichzeitige Auftreten hoher Ozon-Konzentrationen in der Stratosphäre und hoher Transportraten zwischen Stratosphäre und Troposphäre erklärt, warum die Ozon-Konzentrationen der NAPBN-Standorte ihr Maximum überwiegend im 2. Jahresquartal erreichen. Während dieser Jahreszeit ist die Sonneneinstrahlung noch nicht so stark, dass die Ozon-Erzeugung durch Photooxidation eine grosse Rolle spielen könnte [2, 3, 4].

Man kann sich fragen, ob die in den USA festgestellten mittleren Konzentrationen und Spitzenwerte in abgelegenen Standorten auf europäische Verhältnisse übertragbar sind. Wir sehen keinen Grund dagegen: Der Ozongehalt der Atmosphäre (Gesamtozon) und seine Schwankungen (bei gleichen Breitengraden) sind ähnlich; das gleiche gilt für die auftretenden dreidimen-

| Jahr | Quartal | N | 90 % | 95 % | 99 % | Mittelwert |
|------|---------|------|------|------|------|------------|
| 1978 | 3 | 1154 | 120 | 130 | 154 | 74 |
| | 4 | 1225 | 70 | 80 | 110 | 58 |
| 1979 | 1 | 1665 | 110 | 120 | 140 | 76 |
| | 2 | 2027 | 130 | 150 | 180 | 94 |
| | 3 | 2079 | 110 | 120 | 150 | 68 |
| | 4 | 1913 | 60 | 60 | 80 | 44 |
| 1980 | 1 | 1789 | 110 | 120 | 130 | 78 |
| | 2 | 2005 | 160 | 180 | 210 | 112 |
| | 3 | 523 | 110 | 130 | 180 | 66 |
| | 4 | 2011 | 60 | 70 | 80 | 46 |
| 1981 | 1 | 2095 | 90 | 100 | 120 | 64 |
| | 2 | 2053 | 120 | 120 | 140 | 84 |
| | 3 | 1975 | 100 | 110 | 140 | 64 |
| | 4 | 1985 | 70 | 80 | 100 | 52 |
| 1982 | 1 | 1921 | 90 | 90 | 100 | 68 |
| | 2 | 987 | 120 | 130 | 140 | 86 |
| | 3 | 2154 | 90 | 100 | 120 | 62 |

Tabelle 1. Angaben über die NAPBN-Standorte in den USA (abgelegene Ozon-Messstandorte) aus [1]

Tabelle 2. Verteilungsfunktion der oberen Perzentile (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) der Ozon-Stundenmesswerte eines Jahresquartals [2], 1 ppb = rund $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, N = Zahl der Stundenmesswerte

| Site | Elevation (msl) | Latitude/Longitude | Start date |
|--------------------|-----------------|----------------------------------|------------|
| Green Mt. NF, VT | 390 m | 43° 56' 00" N/ 73° 02' 00" W | 10/25/76 |
| Kisatchie NF, LA | 65 m | 31° 30' 00" N/ 92° 28' 20" W | 5/26/76 |
| Custer NF, MT | 1250 m | 45° 14' 00" N/ 106° 15' 00" W | 8/26/76 |
| Chequamegon NF, WI | 440 m | 45° 12' 00" N/ 90° 37' 00" W | 8/10/78 |
| Mark Twain NF, MO | 350 m | 37° 28' 00" N/ 90° 11' 00" W | 12/09/78 |
| Croatan NF, NC | 13 m | 34° 59' 05" N/ 77° 11' 24" W | 3/10/78 |
| Apache NF, AZ | 2500 m | 33° 45' 00" N/ 109° 00' 00" W | 9/16/79 |
| Ochoco NF, OR | 1350 m | 44° 13' 30" N/ 119° 42' 25" W | 10/04/79 |

Tabelle 3. 95-Perzentile der Stundenmesswerte der O_3 -Konzentrationen des 2. Quartals (Frühling) der Standorte des NAPBN-Netzes (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$) ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 50 \text{ ppb}$)

| Messstandort | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 95-% til 1980 | 1981 | 1982 | 1983 |
|--------------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|
| Apache | | | | | 150 | 110 | 130 | 120 |
| Kisatchie | 150 | 190 | 180 | 110 | 130 | | 130 | |
| Mark Twain | | | | 160 | 170 | 110 | 140 | 150 |
| Custer | | | 110 | 110 | 120 | 100 | 100 | 100 |
| Croatan | | | 140 | 120 | 160 | 130 | 120 | 120 |
| Ochoco | | | | | 110 | 90 | 110 | 100 |
| Green Mount | | 200 | 90 | 150 | 160 | 130 | 130 | |
| Chequamegon | | | | 150 | 180 | 120 | 130 | |

sionalen Druckverteilungen in der Troposphäre. Weiter sind die in Europa gemessenen Ozon-Konzentrationen in abgelegenen Standorten ähnlich denjenigen des NAPBN-Netzes [6, 7].

Basierend auf den bereits zitierten amerikanischen Untersuchungen [2-5], können wir mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit annehmen, dass 90% der Ozon-Konzentrationspitzenwerte des 2. Jahresquartals (Frühling) der NAPBN-Standorte natürlichen Ursprungs sind (stratosphärisches und

biogenes Ozon). Nach Tabelle 3 beträgt das beobachtete Maximum der 95-Perzentile $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Wir schätzen, dass der entsprechende Wert der 98-Perzentile bei $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt. Der höchste Wert der monatlichen 98-Perzentile des 2. Quartals, auf welche der monatliche Schweizer Kurzzeit-Grenzwert bezogen werden muss, liegt aber im allgemeinen höher als der entsprechende Wert für das ganze Quartal.

Ausgehend von diesen Betrachtungen muss der monatliche Schweizer Kurz-

zeit-Grenzwert in seiner heutigen Formulierung mindestens $220 \mu\text{g}/\text{m}^3$ betragen. Es ist wohl möglich, dass die Tal-Topographie der Schweiz mit ihren häufig auftretenden Inversionszuständen zu Ozon-Akkumulationen oberhalb des Inversionsniveaus führen kann, die nach der Auflösung der Inversion mit der sogenannten Verräucherung zu Boden gebracht werden. Wir wissen nicht, inwieweit diese Vorgänge die natürlichen Ozon-Konzentrationen weiter erhöhen.

Was den stündlichen Kurzzeit-Grenzwert anbelangt, kann folgendes festgestellt werden: Stratosphärische Einbrüche können kurzzeitig zu sehr hohen Ozon-Konzentrationen führen. In [8] wird von Konzentrationen von $500\text{--}1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berichtet, die in Deutschland in erhöhter Lage gemessen wurden.

Hohe Konzentrationen können sich mehrmals in einer relativ kurzen Zeit wiederholen. In [9] wird ein Fall von stratosphärischem Einbruch in Kanada beschrieben, bei welchem folgende Ozon-Spitzenwerte beobachtet wurden:

- $184 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um 23 Uhr am 26.12.1980
- $276\text{--}456 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zwischen 18.00 und 20.00 Uhr am 27.12.1980
- $292 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um 01.00 Uhr am 28.12.1980.

In Anbetracht dieser hohen kurzzeitigen Spitzenwerte von natürlichem Ozon scheint es sinnlos, einen stündlichen Grenzwert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einzuführen. Wir schlagen deshalb vor, ihn in der Luftreinhalteverordnung (LRV) aufzuheben.

Bemerkung

Auch wenn der natürliche Ursprung der Ozon-Konzentrationen des zweiten Jahresquartals der NAPBN-Standorte als nicht erwiesen betrachtet wird, ist die Festlegung des schweizerischen Kurzzeit-Grenzwertes auf $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aus folgender Überlegung wenig sinnvoll: Der Zweck eines Grenzwertes ist schliesslich, dass Massnahmen getroffen werden, um schädliche oder vermutlich schädliche Schadstoff-Konzentrationen zu reduzieren. Würde man in der Schweiz alle anthropogenen Emissionen, die zur Ozonbildung führen, unterbinden, dann wäre man an irgendeinem Punkt der Schweiz ungefähr in der Situation eines NAPBN-Standes. Es gäbe keine Emissionen in der Nähe, jedoch stärkere Emissionen aus städtischen Agglomerationen in 200–300 km Entfernung (für den Schweizer Standort wären diese Agglomerationen etwa Mailand, München, Stuttgart und Lyon). Die Ozon-Konzentrationen in der Schweiz würden ähnlich ausfallen wie diejenigen des NAPBN-Netzes, d.h. in der von Emissionen befreiten Schweiz würde man ähnlich hohe Ozon-Spitzenwerte messen wie in Tabelle 3. Diese erreichen, wie wir gesehen haben, Werte, die oft beträchtlich höher liegen als $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Adresse des Verfassers: Dr. T. Pelli, BMP, Splügenstrasse 3, Postfach, 8027 Zürich.

Diese Untersuchung wurde im Auftrag des Touring Clubs der Schweiz (TCS) durchgeführt.

Publikationen

- [1] G. Evans, P. Finkelstein, B. Martin, N. Possiel and M. Graves, «Ozone Measurements from a Network of Remote Sites», Japca, 33, 1983.
- [2] G.F. Evans, «The National Air Pollution Background Network, Final Project Report», EPA Research Triangle Park, NC, 1985.
- [3] H.B. Singh, W. Viczee, W.B. Johnson, F.L. Ludwig, «The Impact of Stratospheric Ozone on Tropospheric Air Quality», Japca, 30, 1980.
- [4] W. Viczee, W.B. Johnson and H.B. Singh, «Stratospheric Ozone in the Lower Troposphere - II. Assessment of Downward Flux and Ground-Level Impact», Atm. Environm., 15, 1981.
- [5] W.B. Johnson and W. Viczee, «Stratospheric Ozone in the Lower Troposphere - I. Presentation and Interpretation of Aircraft Measurements», Atm. Environm., 17, 1983.
- [6] Bundesamt für Umweltschutz - BUS, «Luftbelastung 1984», Schriftenreihe Umweltschutz, Nr. 42, Bern, 1985.
- [7] Umweltbundesamt, «Monatsberichte aus dem Messnetz», Berlin, 1984.
- [8] W. Altmanspacher und R. Hartmannsgruber, «On extremely high values of ozone near the ground», Pure appl. Geophys. 106-108, 1091-1096.
- [9] J.S. Chung and T. Dann, «Observations of Stratospheric Ozone at the Ground Level in Regina, Canada», Atmospheric Environment, Vol. 19, No. 1, 1985.

Motorisolation spart Benzin

Von Othmar Vogt, Grenchen

Bemerkenswerte rund 40% aller gefahrener Auto-Kilometer entfallen bekanntlich auf den Kurzstreckenverkehr, wobei im Winter ein namhafter Teil davon mit handbetriebenem oder gar automatischem Choke zurückgelegt wird. Ein isolierender Mantel vermindert das Erkalten des Motors beim parkierten Wagen, wodurch eine nennenswerte Reihe von Verbesserungen erzielt werden: Verkürzen oder Wegfall des «Choke-Betriebes», Schadstoffreduktion, Lärmverminderung, Benzineinsparung, Schonung der Batterien und rascheres Einsetzen von Heizung und Defroster.

Der vorliegende Beitrag basiert auf einer Semester- und Diplomarbeit der Ingenieurschule Grenchen-Solothurn (Abendtechnikum), welche unter der Leitung des Verfassers stand, von Hans Borer, Lohn SO durchgeführt und welche finanziell vom Bundesamt für Energiewirtschaft unterstützt wurde.

Nachdem die täglichen Arbeitswege, die geschäftlichen und beruflichen Fahrten sowie jene zum Einkaufen und Vergnügen als sogenannte Kurzstrek-

kenfahrten mit rund 40% einen beachtlichen Teil des gesamten Verkehrsvolumens einnehmen, lag die Zielsetzung der Arbeit darin, konstruktive Mass-

nahmen zu untersuchen, die geeignet sind, gerade in diesem Fahrtenbereich die Schadstoffproduktion und den Brennstoffverbrauch zu vermindern.

In der Semesterarbeit ging es im besondern darum, eine geeignete Isolation anzubringen und das Abkühlverhalten des Motors mit und ohne Isolation zu bestimmen. Die Isolation bestand aus 40 mm starkem Schaumstoff, welcher den Motor beidseitig und oben umschloss, ohne ihn aber zu berühren. Der Kühler selbst war selbstverständlich frei, siehe Bild 1, ebenso die Unterseite des Motorraumes. Als Versuchsfahrzeug diente ein OPEL Commodore GSE, Jahrgang 1976, mit Automatik.

Durch statistische Auswertung der Messpunkte beim Abkühlen (Regres-