

**Zeitschrift:** Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria  
**Herausgeber:** Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband  
**Band:** 95 (2003)  
**Heft:** 7-8

**Artikel:** Sommersmog und Ozon  
**Autor:** Buwal  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-939482>

### **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:** 07.02.2026

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

# Sommersmog und Ozon

■ Buwal

## Hintergrund

### Was ist Sommersmog und wie entsteht er?

Beim Sommersmog handelt es sich um eine Luftverschmutzung, die durch so genannte Vorläufersubstanzen (im Wesentlichen Stickoxid und flüchtige organische Verbindungen) hervorgerufen wird, welche sich unter intensiver Sonnenbestrahlung chemisch verändern. Ozon ist der wichtigste Schadstoff, der durch diese fotochemische Reaktion entsteht, und dient als Referenz für die Beurteilung der Belastung durch Sommersmog. Gleichzeitig entstehen auch noch andere Schadstoffe wie zum Beispiel Formaldehyd, Peroxyacetylnitrat (PAN) und Salpetersäure. Die Bildung von Sommersmog und die damit einhergehende hohe Ozonkonzentration sind Anzeichen einer übermässigen Verschmutzung der Atmosphäre, die sich sowohl auf die menschliche Gesundheit und die Vegetation als auch auf Sachgüter und auf das Klima schädigend auswirkt.

Das Wort Smog ist eine Verbindung aus den beiden englischen Wörtern «smoke» (Rauch) und «fog» (Nebel). Smog bezeichnet eine meteorologische Situation, in der kein Wind herrscht und die Schadstoffkonzentration so hoch ansteigt, dass das Sonnenlicht diffus und wie durch einen Nebelschleier wahrgenommen wird, während der Himmel eine trübe, gelblich-braune Farbe annimmt.

### Was ist Ozon?

Ozon ( $O_3$ ) ist ein Gas, das natürlicherweise in kleinsten Mengen in unserer Atemluft vorkommt.

In der bodennahen Troposphäre wird Ozon unter Einwirkung des Sonnenlichts aus den so genannten Vorläufersubstanzen, nämlich den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC, auch Kohlenwasserstoffe genannt) und den Stickoxiden ( $NO_x$ ) gebildet. Je mehr VOC und  $NO_x$  in der Luft sind und je stärker die Sonne scheint, umso mehr Ozon wird gebildet. Erhöhte Lufttemperaturen begünstigen zudem die chemischen Reaktionen. Will man also den Sommersmog bekämpfen, müssen die Vorläufersubstanzen reduziert werden. VOC entstehen in Industrie, Gewerbe und Haushalten, während Stickoxide hauptsächlich aus dem motorisierten Verkehr stammen.

### Kann man Ozon riechen?

Wer an einem schönen Sommertag aus dem

Haus tritt, kann manchmal einen stechenden Geruch wahrnehmen: Ozon. Der Mensch kann das Gas schon bei einer Konzentration von 30 bis 40 Mikrogramm wahrnehmen. Allerdings lässt die Geruchsempfindung sehr schnell nach, und nach wenigen Minuten riecht man auch bei höheren Werten nichts mehr. Ozon ist übrigens auch in der Nähe von Laserdruckern und Fotokopiergeräten zu riechen. Die Konzentrationen sind dort aber sehr tief, zumal die Abluft meistens gefiltert wird. Nur in schlecht durchlüfteten Räumen, in denen Hunderte von Kopien pro Stunde gemacht werden, könnte der Ozonpegel höhere Werte erreichen.

### Reagiert Ozon mit anderen Luftschadstoffen?

Ja. Während einer mehrtägigen Smogperiode nimmt die Ozonbelastung von Tag zu Tag zu. Nicht selten werden in den Stadtzentren tiefere Ozonwerte gemessen als in der nahen Peripherie, denn im Bereich der Emissionsquellen baut das Stickstoffmonoxid ( $NO$ ) Ozon ab und bildet Stickstoffdioxid ( $NO_2$ ).  $NO_2$  wiederum wird vom Wind verfrachtet und ist Vorläufersubstanz für die Ozonbildung ausserhalb der Stadt. Das stark oxidierende Ozon reagiert noch mit zahlreichen anderen Schadstoffen, die dadurch verändert und abgebaut werden, aber leider auch mit Zellen von Lebewesen und mit Baustoffen (Farben, Polymere, Kunststoffe usw.), die auf diese Weise ebenfalls geschädigt werden.

### Weshalb heisst es «Die Stadt machts, das Land hats»?

Zwar gibt es in den Städten mehr Verkehr und Industrie als auf dem Land. Trotzdem werden auf dem Land grössere Ozonkonzentrationen gemessen als in Agglomerationen. Dieses Phänomen rührt daher, dass in den Städten das tagsüber produzierte Ozon über Nacht fast vollständig abgebaut wird. Dafür verantwortlich sind andere Schadstoffe (z.B.  $NO$ ) in der Luft. Auf dem Land mit der relativ sauberen Luft bleibt die Ozonkonzentration hingegen mehr oder weniger erhalten, weil wenig andere Schadstoffe da sind, um den Smog «aufzubauchen». Am nächsten Tag kommt zusätzliches Ozon hinzu: Dieses bildet sich aus den Vorläufersubstanzen, die während der Verfrachtung aufs Land ausgestossen werden. Ein «Trost» für die Landbevölkerung: Weil es in städtischen Regionen noch weitere Luftschadstoffe gibt, ist die Atemluft in

der Stadt insgesamt schlechter als auf dem Land.

### Welche Entwicklungen und Tendenzen wurden in den vergangenen Jahren beobachtet?

Die Ozonbelastung in der Schweiz ist gekennzeichnet durch häufige Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von 120 Mikrogramm pro Kubikmeter ( $\mu g/m^3$ ). Die auf der Alpennordseite gemessenen Werte liegen in einer Spanne von 150 bis 180  $\mu g/m^3$ , während die Messwerte südlich der Alpen leicht höher sind. Die in den vergangenen Jahren auf der Alpennordseite gemessenen Spitzenwerte betrugen rund 200  $\mu g/m^3$ , in Ausnahmefällen kletterten sie gar bis auf 250  $\mu g/m^3$ . Die Maximalwerte auf der Alpensüdseite bewegten sich um 250  $\mu g/m^3$ , wobei in Extremfällen Belastungen von etwas über 300  $\mu g/m^3$  gemessen wurden.

Auf der Website des Buwal stehen interaktive Karten zur Verfügung, die für die gesamte Schweiz angeben, wie oft im Jahr 2000 der Einstundengrenzwert überschritten wurde und wie hoch die Ozon-Dosiswerte für den Wald waren. Zudem lassen sich einzelne Regionen vergrössert darstellen. Erläuterungen über die Entwicklung der vergangenen 10 bis 15 Jahre bietet der jährliche Bericht des NABEL-Messnetzes, der auf der Buwal-Website verfügbar ist. Dort finden sich unter anderem Angaben über die Anzahl Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes seit 1988 sowie über die maximalen Stundenmittelwerte und deren Entwicklung seit 1998 ([http://www.umwelt-schweiz.ch/cgiluft/n\\_seit1988.pl](http://www.umwelt-schweiz.ch/cgiluft/n_seit1988.pl)).

Ebenfalls auf der Buwal-Website ist ein Bericht über die Messdaten für verschiedene Schadstoffe verfügbar, darunter auch für Ozon, die zwischen 1991 und 2001 in den rund 100 kantonalen und kommunalen Messstationen erhoben wurden (in Form von Tabellen oder Grafiken): [http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_luft/luftbelastung/blick\\_zurueck/immissionsmesswerte\\_schweiz/index.html](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_luft/luftbelastung/blick_zurueck/immissionsmesswerte_schweiz/index.html).

### Weshalb ist immer die Rede vom «Ozonloch», wenn doch zu viel Ozon vorhanden ist?

Was unten schädlich ist, ist oben nützlich und sogar lebenswichtig. Das in der Stratosphäre vorhandene Ozon umhüllt die Erde wie ein gigantischer Schutzschild und schirmt unseren Planeten vor den gefährlichen Ultraviolett-



strahlen der Sonne ab, welche Sonnenbrand, Hautkrebs und Schädigungen der Augen verursachen können. Ohne diese rund 20 Kilometer dicke Ozonschicht – die als eine Art «Sonnenbrille» dient – wäre auf unserem Planeten Leben in seiner heutigen Form undenkbar. In einer Höhe von 10 bis 50 Kilometern über der Erdoberfläche zerstören Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) die lebenswichtige Ozonschicht: So entsteht das «Ozonloch».

Im Hochsommer hingegen liegt zu viel Ozon in der bodennahen Atemluft. Diese heimtückische Belastung führt dazu, dass ozonempfindliche Personen häufiger unter Atembeschwerden leiden.

Zudem wirkt das Ozon in den unteren Schichten der Atmosphäre auch als Treibhausgas, das mit verantwortlich ist für die Klimaerwärmung und die dadurch entstehenden Störungen des ökologischen Gleichgewichts. Nach Kohlendioxid und Methan trägt Ozon als dritt wichtigstes Gas zur Klimaerwärmung bei.

## Wirkungen von Ozon

### Wie wirkt sich Ozon auf die Gesundheit aus?

Es wird unterschieden zwischen akuten Symptomen, die nach einer mehrstündigen Exposition unter hohen Ozonkonzentrationen auftreten können, und chronischen Beschwerden, die darauf zurückzuführen sind, dass eine Person häufig und während längerer Zeit Ozon ausgesetzt war.

Zu den akuten Wirkungen gehören unter anderem:

- Reizungen der Schleimhäute wie Augenbrennen, Kratzen im Hals, Druck auf der Brust und Schmerzen beim tief Einatmen
- Eine messbare Einschränkung der Lungenfunktion
- Entzündungsreaktionen in den Atemwegen bis in die Lungen
- Verstärkung der Reaktion der Luftwege auf andere Reize (weitere Luftschadstoffe wie zum Beispiel Schwebstaub [PM10] sowie Pollen, Milben usw.)
- Beeinträchtigung der körperlichen Leistungsfähigkeit

Ozon (Stundenmittelwert in µg/m³)	Reizungen der Schleimhäute (Anteil der betroffenen Personen in %, im Freien) gesamte Bevölkerung
bis 100	keine
200	empfindliche Personen
300	bis 30%
400	mehr als 50%

Tabelle 1.

### Kann Ozon vorbestehende Krankheiten verschlimmern?

Ozon kann zu Störungen der Lungenfunktionen und zu einem verminderten Gasaustausch in der Lunge führen und so indirekt die Situation von Patientinnen und Patienten verschlechtern, die an anderen Krankheiten leiden, wie zum Beispiel Herzinsuffizienz, kardiovaskuläre Erkrankungen oder Anämie.

### Werden Asthmaanfälle durch Ozon begünstigt?

Die ozonbedingte Entzündung in den Luftwegen ist in der Regel, jedoch nicht immer im selben Masse, bei Asthmatikerinnen und Asthmatikern stärker ausgeprägt als bei Gesunden. Zudem verstärkt Ozon die Auswirkung anderer Reize (weitere Luftschadstoffe wie Schwebestaub [PM10] sowie Pollen, Milben usw.), was für Asthmatikerinnen und Asthmatiker problematisch werden kann. Unter Asthma leidende Personen, die nicht mit entzündungshemmenden Mitteln behandelt werden, reagieren stärker auf Ozon und weisen mehr Symptome auf als solche, die eine Basistherapie erhalten.

### Ozon und chronische Bronchitis/Rauchen

Die durch Ozon ausgelösten Entzündungsercheinungen in den Atemwegen treten sowohl bei Rauchenden als auch bei NichtraucherInnen auf. Bei RaucherInnen besteht oft schon eine verminderte Lungenfunktion infolge des Rauchens. Die ozonbedingte Funktionseinbusse ist deshalb oft weniger deutlich erkennbar als bei NichtraucherInnen.

### Wovon hängt die Wirkung ab?

Die Wirkung wird im Wesentlichen von folgenden Faktoren beeinflusst:

- Konzentration: Je höher die Ozonwerte steigen, desto mehr Leute sind betroffen.
- Dauer: Je länger sich jemand in ozonreicher Luft aufhält, desto stärker ist die Reaktion.
- Intensität der Arbeit oder Tätigkeit: Je grösser die körperliche Anstrengung ist, desto stärker fällt die Reaktion aus.

Allerdings ist die Empfindlichkeit von Mensch zu Mensch sehr verschieden.

Mittlerer Anstieg der Ozonkonzentration <sup>1</sup> über 8 Stunden (in µg/m³)	Zunahme der Sterbefälle	Zunahme der Spitaleintritte wegen chronischer Bronchitis
25	1,5%	2%
50	3%	4%
100	6%	8%

<sup>1</sup> Konzentrationsbereich 80 bis 240 µg/m³

Tabelle 2. Zusammenhänge von Gesundheitsauswirkungen und Ozonkonzentrationen.

### Wer ist betroffen?

Untersuchungen über verschiedene Personengruppen und Tätigkeiten haben gezeigt, dass in klimatischen Verhältnissen wie bei uns Verminderungen der Lungenfunktion und Einschränkungen der Leistungsfähigkeit bei u.a. folgenden Personengruppen auftreten:

- Schulkinder im Tessin nach dem Velofahren
- Polizeiangehörige im Aargau
- Bergführer:aspirantinnen und -aspiranten in Österreich
- Rad Fahrende in Holland
- Bergwandernde usw.

Gesamthaft gelten rund 10% der Schweizer Bevölkerung als ozonempfindlich. Die Betroffenen aller Altersgruppen haben als Erste unter Sommersmog zu leiden.

Auf der Grundlage der zahlreichen vorliegenden Studien gelangte die Weltgesundheitsorganisation (WHO) zum Schluss, dass vor allem jüngere Leute, die sich viel im Freien aufhalten und körperlich aktiv sind, und insbesondere Kinder betroffen sind.

Zu erwartende akute Gesundheitseffekte bei maximal einstündiger Ozonmittelwerte gemäss toxikologischer, klinischer und epidemiologischer Studien über Kinder und nichtrauchende Jugendliche (laut Angaben der WHO) (siehe Tabelle 1).

### Ozon und Lungenfunktion

Erhöhte Ozonbelastungen können die Lungenfunktion (Kapazität und «forced expiration volume») vor allem bei Kindern und empfindlich reagierenden Personen beeinträchtigen. Eine Studie im Tessin hat gezeigt, dass bei empfindlich reagierenden Kindern bei moderater Anstrengung Lungenfunktionseinbussen bis zu 30% auftraten, obwohl die Ozonspitzenwerte 160 µg/m³ nicht überschritten. In einer Studie aus den USA wurde beobachtet, dass sich die Lungenfunktion bei Kindern verbesserte, welche von einer stärker mit Ozon belasteten Region in Gegenden mit geringer Belastung zügelten.

### Sind Kinder besonders betroffen?

Kleinkinder bis 5. Altersjahr leiden besonders unter schlechter Luftqualität und anderen Umweltfaktoren, denn ihre Lungen sind noch nicht





voll entwickelt und ihre Atemwege weniger widerstandsfähig als jene der Erwachsenen. Aus diesem Grund sind bei Kleinkindern Entzündungen der Atemwege weitaus häufiger.

#### Reagieren auch ältere Personen sensibel?

Über die entzündungsfördernde Wirkung von Ozon bei älteren Menschen ist wenig bekannt. Allerdings gibt es Hinweise, dass bei älteren Personen die Lungenfunktion weniger stark beeinträchtigt wird als bei jüngeren Menschen. Eine Erklärung dafür könnte sein, dass ältere Personen nicht so sehr exponiert sind, da sie sich seltener im Freien aufhalten und sich körperlich weniger stark im Freien betätigen.

#### Sind an Tagen mit hohen Ozonwerten mehr Spitaleintritte und Todesfälle zu verzeichnen?

Im Rahmen der APHEA-Studie (europäische Multizenter-Studie zur akuten Wirkung der Luftverschmutzung auf Daten aus Registern wie Sterblichkeit und Spitaleintritte) wurde in westeuropäischen Städten eine Zunahme der Spitaleinweisungen wegen Atemwegserkrankungen und der Sterbefälle auf Grund der hohen Ozonbelastung festgestellt. Von den Schweizer Städten haben Basel, Genf und Zürich an dieser Studie teilgenommen. Nach Perioden mit hoher Ozonbelastung wurden im Vergleich zu den vorangegangenen Tagen vor allem ein Anstieg der Todesfälle auf Grund von Atemwegserkrankungen und der notfallmässigen Spitaleintritte wegen Asthmaanfällen verzeichnet (Tabelle 2).

#### Ist die Situation im Tessin schlimmer?

Im Tessin klettern die sommerlichen Ozonwerte höher als in anderen dicht besiedelten Regionen der Schweiz. Eine starke Besonnung, enge Täler und die Nähe zur Poebene mit ihren Industriezentren begünstigen die Ozonbildung. Im Sommer klagen viele Tessinerinnen und Tessiner über die schlechte Luft und die drückende Hitze. Indirekt leiden sie damit auch an der hohen Ozonbelastung. Doch es gibt regionale Unterschiede: In Bellinzona profitiert die Bevölkerung von einem guten Luftaustausch zwischen den umliegenden Bergen und der weiten Ebene. Sommersmog ist hier selten ein Problem – ganz im Gegensatz zum südlichen Kantonsteil, wo sich die Luft oftmals staut. Dort klettern die Ozonwerte weit höher. Bei Patientinnen und Patienten, die bereits an Atembeschwerden leiden, kann dies zu zusätzlichen Reizungen führen. Die Ozonbelastung im Tessin ist nicht nur ein akutes, sondern auch ein chronisches Problem. Gerade Kinder leiden besonders unter dieser Belastung.

	Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	Flüchtige organische Verbindungen (VOC)
Schweiz	52%	51%
Österreich	45%	55%
Deutschland	60%	69%
Italien	48%	48%
Frankreich	54%	63%
EU15 im Durchschnitt	49%	57%

**Tabelle 3. Bis 2010 zu erzielende Reduktion der Emissionen von Vorläufersubstanzen gegenüber 1990 gemäss Protokoll von Göteborg aus dem Jahre 1999.**

#### Wie wirkt sich Ozon auf die Vegetation aus?

Die heute im Frühling und im Sommer auftretenden Ozonbelastungen können zu sichtbaren Schäden an Blättern (z.B. Weissklee, Ampfer und Flockenblume) und Nadeln sowie zu Wachstumsbeeinträchtigungen führen. Sämtliche Studien zeigen: Ozon schwächt die Bäume und verlangsamt das Holzwachstum. Ozon verhindert, dass der in Blättern und Nadeln gebildete Zucker über Zweige, Äste und Stamm in die Wurzeln gelangen kann. Der Nahrungsentzug lässt die Bildung von Feinwurzeln und Pilzen «Mykorrhiza» verkümmern, mit negativen Konsequenzen für den ganzen Baum. Geschwächte Bäume aber sind ein schlechter Schutz gegen Lawinen und Erdbeben.

Hohe Ozondosen führen zu Ertrags-einbussen in der Landwirtschaft. Insbesondere bei Arten mit einer hohen Blattdurchlässigkeit (z.B. Klee, Luzerne, Tomate, Soja und Bohnen) hat das Reizgas ein leichtes Spiel. Die Verluste sind je nach Kultur und Region unterschiedlich hoch. Der geschätzte Ertragsverlust schwankt von Jahr zu Jahr und liegt durchschnittlich zwischen 5 und 15%. Ozon kann ebenfalls zu einer Veränderung des Artenspektrums und zu einer erhöhten Empfindlichkeit der Pflanze gegenüber Parasiten und andern Krankheitserregern führen.

#### Die Situation im Ausland: Vergleich Europa – Schweiz

##### Was tun unsere Nachbarländer? Welche Massnahmen sind geplant?

Auch die Nachbarländer der Schweiz engagieren sich im Kampf gegen erhöhte Ozonkonzentrationen und wollen deshalb die Emissionen der Vorläufersubstanzen um rund 50% verringern (für weitere Details siehe Tabelle 3 und Bild 1). Konkretisiert wurde dieses Engagement mit dem Protokoll zur Bekämpfung der Versauerung, der Eutrophierung und des bodennahen Ozons, das 1999 in Göteborg im Rahmen der UN/ECE-Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luft-

verunreinigung unterzeichnet wurde, sowie mit der europäischen Richtlinie über die nationalen Emissionsgrenzwerte. Die darin eingegangenen Verpflichtungen sind sich sehr ähnlich und legen Emissionsgrenzen fest, die bis 2010 erreicht werden sollen, um übermässige Konzentrationen zu vermeiden. Um jedoch diese Grenzwerte einzuhalten und Schädigungen für die menschliche Gesundheit und die Vegetation zu verhindern, sind zusätzliche Anstrengungen erforderlich.

Da die Belastung und die Dichte der Emissionen von Land zu Land variieren, wurden die Reduktionsziele unterschiedlich beziffert.

Die Emissionsobergrenzen («national emission ceilings»), welche die Schweiz gemäss dem Protokoll von Göteborg bis 2010 erreichen muss, betragen für die Stickoxide 79 000 Tonnen und für die flüchtigen organischen Verbindungen 144 000 Tonnen. Dies entspricht einer Reduktion von rund 50%.

Allerdings haben in der Schweiz durchgeführte Modellrechnungen gezeigt, dass der Ausstoss von Vorläufersubstanzen nicht mehr als 50 000 Tonnen NO<sub>x</sub> beziehungsweise 100 000 Tonnen VOC betragen darf, was einer Reduktion von 66% entspricht, um das Problem der übermässigen Ozonkonzentrationen zu lösen. Zudem müssen auch die Nachbarstaaten zusätzliche Anstrengungen zur Emissionsreduktion unternehmen.

#### Liegt die günstige Entwicklung der Luftqualität in unserer Hand?

Betrachtet man die Entwicklung der vergangenen Jahre, so sind gewisse Tendenzen erkennbar. Zum einen sind die maximalen Ozonbelastungswerte in den letzten paar Jahren zurückgegangen, und zwar in ländlichen Regionen etwas stärker als in den Städten. Demgegenüber hat die mittlere Ozonbelastung nur unwesentlich nachgelassen (Bild 2), und auch bei der Anzahl Stunden, in denen der Immissionsgrenzwert überschritten wurde, ist kein Abwärtstrend erkennbar (Bild 3).



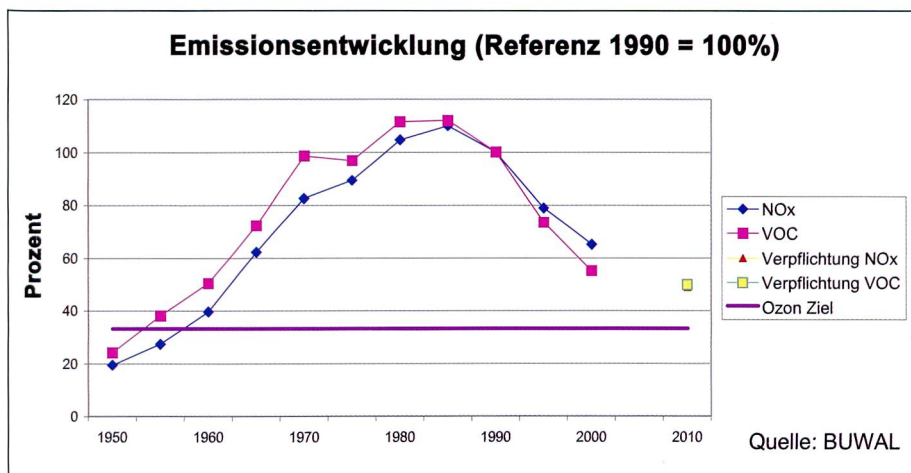


Bild 1. Emissionen von Vorläufersubstanzen (1990 = 100%) in der Schweiz.

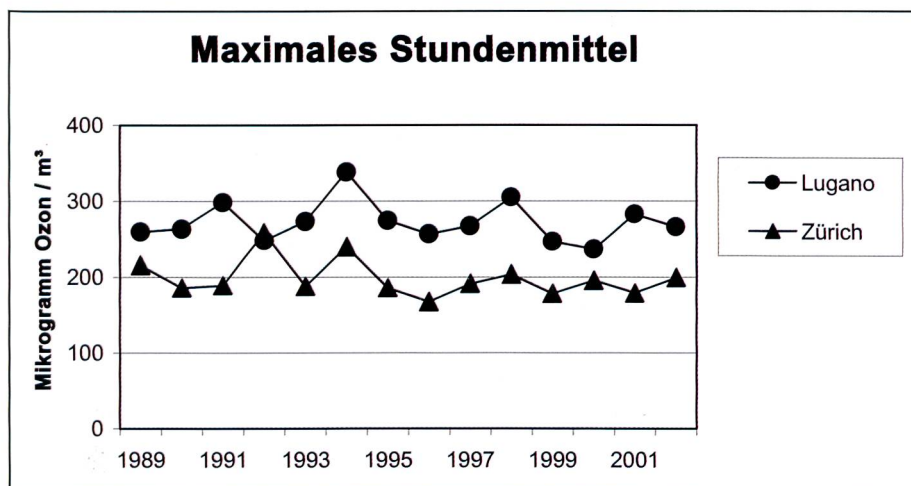


Bild 2. Die maximalen Stundenmittelwerte zeigen keinen Trend zur Abnahme.

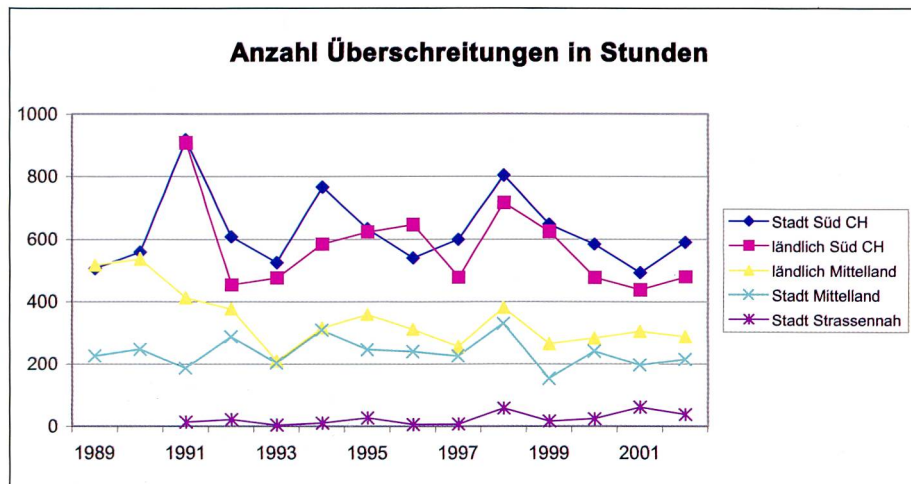


Bild 3. Die Anzahl Stunden mit Überschreitung der Grenzwerte bleibt stabil.

Der Unterschied zwischen Alpen- und Alpennord- und Alpennordseite ist nach wie vor stark ausgeprägt. Auf Grund des Einflusses der industrialisierten Region rund um Mailand und der klimatischen Bedingungen (viel Sonne, hohe Temperaturen, wenig Wind), welche die Bildung von photochemischen Oxidantien stark begünstigen, ist die Ozonbelastung südlich der Alpen höher als im Schweizer Mittelland.

### Sind die Ozonwerte in der Schweiz im internationalen Vergleich besonders hoch?

Von der Europäischen Umweltagentur erhobene vorläufige Werte, die den Umweltministern der Europäischen Union anlässlich ihrer Sitzung vom 17. Oktober 2002 zur Kenntnisnahme vorgelegt wurden, weisen darauf hin, dass die während des Sommers 2002 beobachteten Smogereignisse in gewissen

Ländern an drei von vier Tagen die Informationsschwelle überschritten haben.

Zwischen April und August wurde die Informationsschwelle von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Stundenmittel in 11 der 15 EU-Mitgliedsländer überschritten sowie in 6 der 12 anderen europäischen Ländern, welche Daten geliefert haben. In Frankreich, Griechenland, Italien und Spanien wurden in jedem der fünf Monate des Beobachtungszeitraums Werte oberhalb der Informationsschwelle gemessen. Insgesamt waren die Überschreitungen dieses Wertes in Südfrankreich, in der Poebene sowie in Mittelitalien am höchsten. In Österreich, Deutschland und in der Schweiz wurde dieser Schwellenwert tageweise über einen Zeitraum von vier Monaten, in den Niederlanden und in Tschechien hingegen lediglich während drei Monaten überschritten.

Gemäss der Richtlinie aus dem Jahr 1992 sind die Behörden verpflichtet, gesundheitspolizeiliche Warnungen herauszugeben, wenn die Ozonkonzentration im Stundenmittel  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$  übersteigt. Dieser Wert wurde im Juni 2002 an drei spanischen sowie an einer französischen und einer italienischen Messstation übertroffen. Die höchste Konzentration, nämlich  $391 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , wurde am 22. Juni 2002 in Puertollano (Spanien) gemessen. Im Vorjahr betrug der höchste in Spanien gemessene Ozonwert  $470 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Im Jahr 2002 wurden im NABEL-Messnetz die höchsten Ozonkonzentrationen im Tessin gemessen, nämlich  $266 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Lugano (gegenüber  $283 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 2001). Auf der Alpennordseite verzeichnete Basel mit  $216 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $199 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr zuvor) den höchsten Ozonwert. Einzelne kantonale oder städtische Messungen waren noch höher.

Die neue EU-Richtlinie über den Ozongehalt in der Luft, die von allen Mitgliedsländern spätestens ab dem 9. September 2003 umgesetzt werden muss, sieht namentlich eine «Alarmschwelle» von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vor. Rund 7% der Überschreitungen der Informationsschwelle, die 2002 europaweit verzeichnet wurden, lagen oberhalb dieser künftigen Alarmschwelle.

Wird die Alarmschwelle während drei aufeinander folgenden Stunden überschritten oder ist in den kommenden Tagen mit Überschreitungen dieses Wertes zu rechnen, müssen die Behörden im Rahmen ihrer Möglichkeiten kurzfristige Aktionspläne umsetzen, um die Ozonbelastung umgehend zu senken (Artikel 7 sowie Anhang II der Richtlinie 2002/3/EG).

Unseres Wissens ist der Wert von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 2002 in der Schweiz nur einmal während drei aufeinander folgender Stunden überschritten worden, nämlich am 22. Juni an der NABEL-Messstation in Lugano.



In zehn Ländern wurde die Informationsschwelle (Einstunden-Mittelwert von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) kein einziges Mal überschritten, nämlich in Bulgarien, Dänemark, Estland, Finnland, Irland, Lettland, Litauen, Norwegen, Rumänien und Schweden. Im Falle von Irland und Finnland war 2002 das sechste Jahr in Folge, in dem die Informationsschwelle nie erreicht wurde.

#### Vergleich der schweizerischen Immissionsgrenzwerte mit den Werten der Europäischen Richtlinien über Ozon

Für die Schweiz gelten zwei Immissionsgrenzwerte, die in der Luftreinhalte-Verordnung (Anhang 7) festgelegt sind und den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt gewährleisten sollen. Der Einstunden-Mittelwert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden, und 98% der Halbstunden-Mittelwerte eines Monats dürfen  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nicht übersteigen. Werden diese Werte eingehalten, so sind für die gesamte Bevölkerung (einschliesslich Kinder, ältere Personen, schwangere Frauen und Kranke) keine schädlichen Auswirkungen durch Ozon zu erwarten. Entsprechend dem in der Umweltgesetzgebung verankerten allgemeinen Auftrag zur Information der Bevölkerung unterrichten Bund und Kantone die Öffentlichkeit über die gemessenen Konzentrationen, über die Massnahmen zur Verringerung des Schadstoffausstosses und

über Verhaltensregeln, um schädigende Auswirkungen erhöhter Ozonkonzentrationen zu vermeiden.

Die Europäische Union hat 1992 eine Richtlinie über die Luftverschmutzung durch Ozon verabschiedet (Richtlinie 92/97/EWG, in Kraft seit 1994). Diese Richtlinie muss von den Mitgliedsstaaten ins nationale Recht überführt und umgesetzt werden. Ziel ist der Schutz der menschlichen Gesundheit durch die Einhaltung eines Achtstunden-Mittelwertes von höchstens  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Diese Richtlinie wird per 9. September 2003 durch eine neue Richtlinie über den Ozongehalt der Luft (Richtlinie 2002/3/EG) abgelöst, welche als langfristiges Ziel für den Schutz der menschlichen Gesundheit als maximale Tagesbelastung einen Achtstunden-Mittelwert von höchstens  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vorschreibt. Dieser Wert ist mit dem in der Schweiz geltenden Grenzwert vergleichbar.

Um die Bevölkerung für die Ozonproblematik zu sensibilisieren, sind die Behörden verpflichtet, die Öffentlichkeit zu informieren, wenn die an den Messstationen beobachteten Einstunden-Mittelwerte  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschreiten. Die Richtlinie aus dem Jahr 1992 legt ein harmonisiertes Verfahren zur Überwachung der Ozonbelastung, zur Information der Bevölkerung und zur Alarmierung der Öffentlichkeit bei einer Ozonkonzentration von mehr als  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$  fest.

In der neuen Richtlinie (2002/3/EG) wird diese «Alarmschwelle» auf  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$

gesenkt. Wird dieser Wert während drei aufeinander folgender Stunden überschritten und ist auch in den nächsten Tagen mit Überschreitungen dieses Wertes zu rechnen, kommen kurzfristige Massnahmen für die folgenden Tage zum Tragen.

#### Wird das Ozon in der Schweiz produziert oder aus dem Ausland importiert?

Mit der einsetzenden Sonnenstrahlung beginnt am Vormittag die Ozonbildung. Bis zum Mittag steigen die Werte, um im Verlaufe des Nachmittags ihr Maximum zu erreichen. Abends kommt es häufig zu hohen Ozonkonzentrationen auf dem Land – bedingt durch Luftverfrachtungen und weil weniger Stickoxide aus dem Verkehr vorhanden sind, die Ozon «verstecken» können. Auf der Alpensüdseite werden höhere Spitzenwerte als nördlich der Alpen und eine generell grössere Belastung gemessen.

Dies ist mit dem wärmeren und sonnigeren Klima sowie mit der hohen Emissionsdichte zu erklären. So stammen die meisten Schadstoffe aus der stark verkehrsbelasteten Poebene und aus den Industriezentren rund um Mailand. Allerdings lässt sich kaum abschätzen, wie viel Ozon auf Schadstoffemissionen im Tessin zurückzuführen ist und wie viel aus der benachbarten Lombardei «importiert» wird, denn Windstärke und Windrichtung spielen eine entscheidende Rolle.

## Natürliche Klimaschwankung oder langfristige Veränderung?

■ Andreas Walker

Ende Mai 2003 fand in Brig in Zusammenarbeit von MeteoSchweiz und dem Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich eine Konferenz über Wetter und Klima im Alpenraum statt. Schwerpunkte bildeten die Früherkennung von Starkniederschlägen, die in der Vergangenheit mehrmals zu katastrophenartigen Situationen führten und die rechtzeitige Vorwarnung solcher Unwetter.

Die Konferenz bestand aus zwei Tagungen, die gemeinsam durchgeführt wurden. Die Internationale Tagung für Alpine Meteorologie (ICAM), welche seit 1950 alle zwei Jahre durchgeführt wird, wurde kombiniert mit der

jährlichen Konferenz des Mesoscale Alpine Programme (MAP). MAP ist das grösste Forschungsprogramm in Gebirgsmeteorologie, das in Europa je stattgefunden hat. Rund 60 Forschungsgruppen aus einem Dutzend Ländern waren an diesem Projekt beteiligt. Unter anderem waren sieben Forschungsflugzeuge im Einsatz.

#### Alpine Meteorologie im Brennpunkt

Rund 200 Wissenschaftler aus zwei Dutzend Ländern trafen sich, um miteinander die Themen der alpinen Meteorologie zu diskutieren, Forschungsergebnisse vorzustellen und neue Erkenntnisse auszutauschen.

Das Gebirge beeinflusst das Wetter einerseits durch die Ablenkung von Winden, andererseits führt die Erwärmung der Berge

durch die Sonneneinstrahlung zu weiteren Wetteraktivitäten. Die Alpen sind bezüglich Wetter sehr gut erforscht. Kein anderes Gebirgsmassiv weist ein derart dichtes Netz von Mess- und Beobachtungsstationen auf. Für die Alpen sind meteorologische Aufzeichnungen vorhanden, die zeitlich so weit zurückreichen wie für kein anderes Gebirge auf der Welt.

Da an keinem Ort in Europa so viele Tiefdruckgebiete entstehen wie im Golf von Genua, eignen sich die Alpen hervorragend für die Wetterforschung.

Diese Tiefdruckgebiete, die das Wetter über dem Kontinent massgeblich bestimmen, sind eine direkte Folge der Beeinflussung der allgemeinen Strömung durch das Alpenmassiv.