



# Sommersmog in der Schweiz



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL**



# **Sommersmog in der Schweiz**

Stellungnahme der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL)

## Impressum

### Herausgeber

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL). Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL ist ein Gremium von Expertinnen und Experten auf dem Gebiet der Luftreinhaltung. Als ausserparlamentarische Fachkommission ist sie vom Bund eingesetzt und berät das Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) sowie das Bundesamt für Umwelt (BAFU) in wissenschaftlich-methodischen Fragen der Luftreinhaltung und der Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Gesundheit der Menschen und der Umwelt. Funktionell ist die EKL eine selbstständige und interdisziplinäre Verwaltungskommission, welche zur Behandlung von einzelnen Fragen auch weitere, der Kommission nicht angehörige Fachleute aus verschiedenen Bereichen zur Beratung beiziehen kann.

### Autor

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL)

### Zitierung

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) 2011:  
Sommersmog in der Schweiz. Stellungnahme der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL). Bern. 40 S.

### Sekretariat EKL

Peter Straehl  
Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Umwelt BAFU  
Abteilung Luftreinhaltung und NIS  
[peter.straehl@bafu.admin.ch](mailto:peter.straehl@bafu.admin.ch)

### Gestaltung

Ursula Nöthiger-Koch, 4813 Uerkheim

### Titelfotos

BAFU/AURA

### Download PDF

[www.ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen/index.html](http://www.ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen/index.html)

(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)

Diese Publikation ist auch in französischer Sprache erhältlich.

## Inhalt

Abstracts	5
Vorwort	7
Zusammenfassung	8
<b>1 Anlass für diese Stellungnahme und Übersicht</b>	<b>10</b>
<b>2 Luftschadstoff Ozon</b>	<b>11</b>
2.1 Was ist Sommersmog?	11
2.2 Was bewirkt Sommersmog?	11
2.2.1 Beim Menschen	11
2.2.2 Bei der Vegetation	12
2.2.3 Beim Klima	12
2.3 Übersicht über die Zusammenhänge	13
2.4 Immissionsgrenzwerte der LRV für Ozon	14
<b>3 Entwicklung der Ozonbelastung in der Schweiz</b>	<b>15</b>
3.1 Zur Entwicklung der Luftbelastung im Allgemeinen	15
3.2 Entwicklung der Ozonbelastung in den letzten 20 Jahren	16
3.2.1 Vorläuferschadstoffe	16
3.2.2 Allgemeine Trends beim Ozon	18
3.2.3 Weniger hohe Ozon-Spitzenwerte, jedoch Zunahme der städtischen Hintergrundbelastung	20
3.2.4 Vielfältige Einflüsse auf die Hintergrundbelastung	22
3.2.5 Wochengang der Ozonbelastung: Sichtbarer Einfluss grossflächiger Emissionsminderungen – geringer Einfluss punktueller Massnahmen	23
3.3 Perspektiven	23
3.3.1 Weiterhin Episoden von Sommersmog bei Schönwetterlagen	23
3.3.2 Langfristige Prognosen (über das Jahr 2020 hinaus)	23
<b>4 Massnahmen zur Reduktion von Ozon</b>	<b>24</b>
4.1 Ausgangslage	24
4.1.1 Ziellücke und hauptsächliche Quellen	24
4.1.2 Hintergrundbelastung mit Ozon und Grossräumigkeit des Ozonproblems	25
4.1.3 Wechselwirkungen zwischen Klimaschutz- und Luftreinhaltungsmassnahmen	26
4.1.4 Übersicht zu den Optionen für die Bekämpfung übermässiger Ozonbelastungen	26
4.2 Verbindung temporärer Massnahmen mit dauerhaft wirksamen Massnahmen	27
4.3 Langfristig wirksame Massnahmen zur Reduktion der Ozonbelastung	27
4.3.1 Ausrichtung der dauerhaft wirksamen Massnahmen an den Schlüsselgrössen	27
4.3.2 Massnahmen auf der Grundlage des Umweltschutzgesetzes	29
4.3.3 Massnahmen in anderen Politikbereichen	30
4.3.4 Internationale Massnahmen	31
4.4 Temporäre Massnahmen bei Spitzenbelastungen	31
4.4.1 Saisonale Massnahmen	31
4.4.2 Information und Verhaltensempfehlungen	32
4.5 Massnahmen jedes und jeder Einzelnen	33

<b>5</b>	<b>Dokumentation</b>	<b>34</b>
5.1	Bisherige Stellungnahmen der EKL zu Ozon	34
5.1.1	EKL-Bericht «Ozon in der Schweiz» von 1989	34
5.1.2	Stellungnahmen der EKL von 1993 und 2004	35
5.2	Stellungnahme der Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK)	35
5.3	Werte in der EU im Vergleich mit der Schweiz	36
5.4	Rechtsgrundlagen	36
5.5	Berichte und Literatur	37
5.6	Abkürzungen	39

## Abstracts

Following its earlier statements in 1989, 1993 and 2004, the Federal Commission for Air Hygiene has once again commented on the problem of summer smog in Switzerland. Despite the fact that emissions of ozone precursors have fallen sharply in Switzerland since the mid-1980s – nitrogen oxides by around 50 percent, volatile organic compounds (VOCs) by more than 60 percent – the exposure of the population and vegetation to ozone has only decreased slightly. High ozone levels in ambient air also have to be anticipated in the future for a variety of reasons. Despite numerous new findings relating to the formation, degradation and transport of ozone, many questions still remain open. As before, the best strategy for reducing ozone concentrations is to efficiently lower the emissions of precursors. At the international level, it is necessary to strengthen the existing obligations and the national emission ceilings.

Keywords:

Ozone, summer smog, nitrogen oxides, volatile organic compounds (VOCs), impacts on health, vegetation, Environmental Protection Act, Ordinance on Air Pollution Control, national and international measures, Federal Commission for Air Hygiene

Nach 1989, 1993 und 2004 äussert sich die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene erneut zur Sommersmog-Problematik in der Schweiz. Trotz bedeutenden Reduktionen der Emissionen der Ozon-Vorläufersubstanzen in der Schweiz seit Mitte der 1980er-Jahre – rund 50 % bei den Stickoxiden und mehr als 60 % bei den flüchtigen organischen Verbindungen – hat die Ozonbelastung der Bevölkerung und der Vegetation nur geringfügig abgenommen. Auch in Zukunft sind übermässige Immissionen zu erwarten. Die Gründe dafür sind vielfältig. Trotz vielen neuen Erkenntnissen zum Auf- und Abbau sowie zum Transport von Ozon bleiben Fragen offen. Die beste Strategie der Luftreinhalte-Politik zur Senkung der Ozonkonzentrationen ist nach wie vor eine effiziente Reduktion der Emissionen bei den Vorläufersubstanzen. Auf internationaler Ebene ist es notwendig, die bestehenden Verpflichtungen zu verstärken und tiefere verbindliche Emissions-Höchstmengen festzulegen.

Stichwörter:

Ozon, Sommersmog, Stickoxide, VOC, Auswirkungen Gesundheit – Vegetation, USG, LRV, IGW, Massnahmen national – international, EKL

Après 1989, 1993 et 2004, la Commission fédérale de l'hygiène de l'air fait à nouveau le point sur le smog estival en Suisse. Bien que l'on soit parvenu à réduire considérablement les émissions des précurseurs de l'ozone depuis le milieu des années 1980 (de 50 % environ pour les oxydes d'azote et de plus de 60 % pour les composés organiques volatils), l'exposition de la population et de la végétation à ce polluant n'a que très peu diminué, et l'on en mesurera encore des immissions excessives à l'avenir. La situation a des causes multiples et, malgré les nouvelles connaissances sur la formation, la dégradation et le transport de l'ozone, nombre de questions restent ouvertes. En politique de protection de l'air, la meilleure stratégie pour diminuer les concentrations d'ozone consiste encore et toujours à réduire les émissions des précurseurs. Au plan international, il importe de renforcer les engagements actuels et d'abaisser les plafonds nationaux d'émissions.

Mots-clés:

ozone, smog estival, oxydes d'azote, COV, effets sur la santé, effets sur la végétation, LPE, OPair, VLI, mesures nationales, mesures internationales, CFHA

Come già nel 1989, nel 1993 e nel 2004, la Commissione federale d'igiene dell'aria è tornata ad esprimersi sulla problematica dello smog estivo in Svizzera. Nonostante dalla metà degli anni Ottanta vi siano state riduzioni rilevanti delle emissioni di inquinanti precursori dell'ozono - circa il 50 per cento degli ossidi di azoto e oltre il 60 per cento dei composti organici volatili – il carico di ozono subito dalla popolazione e dalla flora in Svizzera è diminuito solo in misura esigua. Anche in futuro c'è da aspettarsi immissioni eccessive. Le cause sono molteplici. Malgrado l'elevato numero di conoscenze acquisite sulla formazione, l'eliminazione e il trasporto dell'ozono, restano delle questioni aperte. La strategia migliore della politica contro l'inquinamento atmosferico per abbattere le concentrazioni di ozono è, come in passato, una riduzione efficiente delle emissioni degli inquinanti precursori. A livello internazionale, occorre rafforzare gli impegni esistenti e abbassare i limiti massimi nazionali di emissione.

Parole chiave:

ozono, smog estivo, ossidi di azoto, COV, effetti sulla salute e sulla flora, LPAmb, OIAt, VLI, misure a livello nazionale e internazionale, CFIAR





## Vorwort

Sommersmog-Episoden sind die Folge einer zu hohen Belastung der Luft mit Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und flüchtigen organischen Verbindungen. Bei sommerlichen Schönwetterlagen beteiligen sich diese Schadstoffe an Reaktionszyklen, in deren Verlauf verstärkt das Reizgas Ozon gebildet wird. Seit Inkrafttreten des Umweltschutzgesetzes (USG) und der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vor gut 25 Jahren konnten die Emissionen der Vorläuferschadstoffe stark reduziert werden. Dass dennoch regelmässig Phasen mit übermässiger Ozonbelastung auftreten, hat die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) veranlasst, eine aktualisierte Zusammenstellung des Wissens zu Ozon und Sommersmog sowie der möglichen und nötigen Massnahmen vorzulegen.

Am 30. März 2011 hat die EKL die vorliegende Stellungnahme zum Sommersmog verabschiedet. Bereits im April wurden wegen des ausserordentlich sonnigen und warmen Frühlings an vielen Messstationen südlich und nördlich der Alpen mehrfach Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte für Ozon festgestellt. In den nächsten Jahren und auch über das Jahr 2020 hinaus ist wegen der besonderen Bedingungen der Ozonbildung bei entsprechenden Wetterlagen weiterhin mit Sommersmog-Phasen zu rechnen.

Immerhin sollten die vom Bundesrat im September 2009 (vgl. LRK 2009) beschlossenen sowie die von den Kantonen im Rahmen der Massnahmenplanung umzusetzenden Massnahmen zu einer wesentlichen weiteren Reduktion der Emissionen von Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen führen.

Grösseres Potenzial zur Reduktion des Ausstosses von Vorläuferschadstoffen besteht auch in unseren Nachbarländern. Das nachdrückliche Engagement der Eidgenossenschaft auf internationaler Ebene – im Rahmen des Genfer Übereinkommens über die weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung – für eine Herabsetzung der verbindlichen Emissions-Obergrenzen auf das Jahr 2020 hin ist deshalb ebenso wichtig wie die weiteren Bemühungen auf allen Ebenen innerhalb der Schweiz.

Darüber hinaus sind eigenverantwortliche Verhaltensänderungen der Bevölkerung und der Wirtschaft notwendig. Die Palette reicht von der Verwendung lösungsmittelfreier Stoffe über Änderungen im Mobilitätsverhalten bis zur Reduktion des Energiekonsums.

Ursula Brunner  
Präsidentin der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL)

## Zusammenfassung

Regelmässig werden im Sommer die Immissionsgrenzwerte für Ozon auch heute noch überschritten: Es tritt Sommersmog auf. Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) legt mit dieser Stellungnahme auf der Grundlage verschiedener früherer Berichte eine aktualisierte Übersicht zum Thema Sommersmog bzw. bodennahe Ozonbelastung vor.

Sommersmog-Episoden sind die Folge einer zu hohen Belastung der Luft mit Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Bei Schönwetterlagen mit sommerlichen Temperaturen, starker Sonneneinstrahlung und schwachen Winden beteiligen sich diese auf menschliche Aktivitäten zurückgehenden Vorläufersubstanzen zusammen mit den natürlich vorkommenden, biogenen VOC an Reaktionszyklen, in deren Verlauf verstärkt Ozon gebildet wird. Diese Mischung aus verschiedenen Schadstoffen ergibt den so genannten Sommersmog; das als Sekundärschadstoff entstehende Ozon ist darin die Leitsubstanz.

Die akuten, aber meist reversiblen Folgen von Sommersmog betreffen vor allem die im Freien aktive Bevölkerung, wobei Kinder oft besonders empfindlich reagieren. Zusätzlich zu den gehäuft auftretenden Reizbeschwerden der Atemwege und Augen wird die Leistungsfähigkeit durch Einschränkungen der Lungenfunktion reduziert. Asthmaanfälle, Spitaleintritte und Todesfälle, speziell wegen Lungenkrankheiten, nehmen mit steigendem Sommersmog zu. Ozon ist auch ein starkes Pflanzengift, das allerdings nur schädlich ist, wenn es durch die Spaltöffnungen in die Pflanzen eindringen kann. Neben sichtbaren Schäden auf dem Laub verursacht es namentlich Wachstumsreduktionen und erhöht die Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit und Parasiten. Bei Waldbäumen wird geschätzt, dass die heutige Ozonbelastung eine Wachstumsreduktion im ein- bis zweistelligen Prozentbereich verursacht. Eine verminderte Ertragsbildung wurde in zahlreichen Versuchen auch für Getreide, Kartoffeln und andere wichtige Kulturen nachgewiesen.

Die grundsätzliche Beurteilung des Sommersmog-Problems stimmt mit jener durch die EKL, die im Jahr 1989 vorgenommen und in den Jahren 1993 sowie 2004 bekräftigt wurde, überein:

1. Nach wie vor muss festgestellt werden, dass die Ozonbelastung in der Schweiz übermässig ist. Während die Gesamtbelastung nicht wesentlich gesunken ist, zeigen die Messungen des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL) immerhin, dass sich in den letzten Jahren die Spitzen der Ozonbelastung verringert haben. Trotz der zu erwartenden weiteren Reduktion der Emissionen der Vorläuferschadstoffe wird Sommersmog auch über 2020 hinaus regelmässig auftreten. Mit häufigen und auch deutlichen Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte ist weiterhin auch deshalb zu rechnen, weil die prognostizierte Klimaerwärmung wahrscheinlich die Ozonbildung verstärken wird.
2. Auf der Grundlage der aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse verschiedener Disziplinen bestätigt die EKL, dass die in Anhang 7 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) festgelegten Immissionsgrenzwerte dem Stand der Wissenschaft und der Erfahrung entsprechen, wie von Art. 13 und 14 des Umweltschutzgesetzes (USG) verlangt.
3. Die EKL hält sodann daran fest, dass zur Reduktion der weiterhin übermässigen Ozonbelastung primär dauerhaft wirksame Massnahmen im Inland erforderlich sind. Diese müssen bei der Reduktion der Vorläuferschadstoffe Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen ansetzen. Wegen spezifischen Voraussetzungen bei der Bildung, dem Abbau und dem Transport von Ozon verläuft die Verminderung der Sommersmog-Belastung allerdings nicht proportional zu jenem der Emissionen und Konzentrationen der Vorläuferschadstoffe.
4. Im Mittel liegen die Ozonbelastungen an Sonntagen und auch an Montagen etwas tiefer als an den übrigen Wochentagen. Die grösserflächig verminderten Emissionen von Vorläufersubstanzen (aus Industrie und Schwerverkehr) wirken sich etwas verzögert, aber doch sichtbar auf die Ozonbelastung aus.

Mögliche zusätzliche regionale Massnahmen sollten deshalb nicht nur bei Höchstbelastungen, sondern über einen längeren Zeitraum – z. B. saisonal – angeordnet werden. Darüber hinaus ist die Immissionslage in der Schweiz in wesentlicher Weise auch durch die Entwicklung der Luftreinhaltungsanstrengungen von Nachbarländern bestimmt. Es ist wichtig, das Potenzial grenzüberschreitender Massnahmen zu nutzen und die Massnahmen international aufeinander abzustimmen. Neue Verhandlungen haben begonnen mit dem Ziel, die bestehenden Verpflichtungen zu verschärfen und neue verbindliche Emissionsobergrenzen für 2020 festzulegen.

5. Nach Auffassung der EKL soll die Schweizer Bevölkerung im Sinne des Auftrags von Art. 6 USG zu Beginn der Ozonsaison und während den Sommersmog-Episoden entsprechend der aktuellen Immissionslage über geeignete Verhaltensmassnahmen informiert werden. Eine generelle Empfehlung, bei hohen Ozonwerten nicht ins Freie zu gehen, ist nicht nötig. Doch sollen Sportanlässe, Ausdauersport und sonstige starke körperliche Anstrengungen im Freien im Sommer so geplant werden, dass Ausdauerleistungen bevorzugt dann erbracht werden, wenn tiefere Ozonwerte zu erwarten sind (meist vormittags oder nach Sonnenuntergang).

## 1 Anlass für diese Stellungnahme und Übersicht

Regelmässig werden im Sommer die Immissionsgrenzwerte für Ozon auch heute noch überschritten: Es tritt Sommersmog auf.

Im Jahr 2010 legte die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) mit dem Bericht «25 Jahre Luftreinhaltung auf der Basis des Umweltschutzgesetzes» einen Rück- und Ausblick zur schweizerischen Luftreinhaltungspolitik vor. Darin finden sich in verschiedenen Zusammenhängen Aussagen zu Ozon und Sommersmog. Die bevorstehende wärmere Jahreszeit ist Anlass, auf der Grundlage dieses Berichts in der vorliegenden Stellungnahme eine aktualisierte Übersicht zum Thema Sommersmog bzw. bodennahe Ozonbelastung zu veröffentlichen.

Vorweg halten wir fest, dass sich an der grundsätzlichen Beurteilung des Ozonproblems, wie sie bereits im Jahr 1989 vorgenommen (nachfolgend Kap. 5.1.1) und in den Jahren 1993 sowie 2004 bekräftigt wurde (Kap. 5.1.2), nichts Wesentliches geändert hat:

- Nach wie vor muss festgestellt werden, dass die Ozonbelastung in der Schweiz übermässig ist. Während die Gesamtbelastung nicht wesentlich gesunken ist, zeigen die Messungen des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL) immerhin, dass sich in den letzten Jahren die Spitzen der Ozonbelastung verringert haben. Vgl. dazu Kapitel 3.
- Auf der Grundlage der aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisse verschiedener Disziplinen bestätigt die EKL, dass die in Anhang 7 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) festgelegten Immissionsgrenzwerte dem Stand der Wissenschaft und der Erfahrung entsprechen, wie von Art. 13 und 14 des Umweltschutzgesetzes (USG) verlangt. Vgl. dazu Kapitel 2.
- Die EKL hält daran fest, dass zur Reduktion der weiterhin übermässigen Ozonbelastung primär dauerhaft wirksame Massnahmen erforderlich sind. Vgl. dazu Kapitel 4.

## 2 Luftschaadstoff Ozon

### 2.1 Was ist Sommersmog?

Sommersmog tritt im Schweizer Klima vor allem im Frühling und Sommer auf und ist während der Sommermonate ein Problem für Gesundheit und Natur.

Sommersmog-Episoden sind die Folge einer zu hohen Belastung der Luft mit Stickoxiden ( $\text{NO}_x$ ) und flüchtigen organischen Verbindungen ( $\text{VOC}^1$ ). Bei Schönwetterlagen mit sommerlichen Temperaturen und starker Sonneneinstrahlung beteiligen sich diese auf menschliche Aktivitäten zurückgehenden Vorläufer-substanzen zusammen mit den natürlich vorkommenden VOC (Kap. 3.2.1) an Reaktionszyklen, in deren Verlauf verstärkt Ozon gebildet wird. Diese Mischung aus verschiedenen Schadstoffen ergibt den so genannten Sommersmog; das als Sekundärschaadstoff entstehende Ozon ist darin die Leitsubstanz.

Sommersmog weist also eine von der alltäglichen Schadstoffbelastung abweichende Qualität auf. Im Unterschied dazu entsteht der Wintersmog im Herbst und Winter – besonders bei Inversionslagen (Staulagen) – durch eine deutliche Erhöhung der alltäglichen Belastung und durch verminderten Luftaustausch.

Während einige Luftschaadstoffe sehr reaktiv sind und innert Minuten umgewandelt werden (z. B. Stickstoffmonoxid), verbleiben andere während Stunden oder Tagen (z. B.  $\text{PM}_{10}$  oder Ozon) in der Atmosphäre. Langlebige Luftschaadstoffe verteilen sich über grössere Regionen und können zu einem bedeutenden Anteil aus der Schweiz exportiert oder in die Schweiz importiert werden. Der grenzüberschreitende Transport von Luftschaadstoffen ist beim Ozon bedeutend. Zusätzlich zu lokalen und nationalen Massnahmen sind deshalb auch Anstrengungen in anderen Ländern nötig.

Die ozonbildenden Prozesse sind von verschiedenen Faktoren bestimmt und im Einzelnen sehr komplex. Die Ausführungen über die Entwicklung der Ozonbelastung in den letzten 20 Jahren (Kap. 3.2) zeigen wichtige Zusammenhänge auf.

### 2.2 Was bewirkt Sommersmog?

#### 2.2.1 Beim Menschen

Die akuten Folgen von Sommersmog betreffen vor allem die im Freien aktive Bevölkerung und besonders oft Kinder, bei denen Reizbeschwerden der Atemwege und Augen auftreten können. Bei Schwerarbeitern und sportlich Aktiven lässt sich eine vorübergehende Abnahme der Leistungsfähigkeit durch Einschränkungen der Lungenfunktion nachweisen. Asthmaanfalle, Spitaleintritte und Todesfälle, speziell wegen Lungenkrankheiten, nehmen mit steigendem Sommersmog zu. Wie weit dafür Ozon selber und wie weit andere regional unterschiedliche Begleitschaadstoffe wie z. B. Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) im Sommersmog dafür verantwortlich sind, ist noch nicht klar.

Obwohl die Schadstoffbelastungen in der Schweiz im Vergleich zu internationalen Grosstädten relativ niedrig sind, ergeben sich aus den wissenschaftlichen Grundlagen klare Belege für negative gesundheitliche Auswirkungen. Gegen die Folgen der Luftverschmutzung sind keine spezifischen wirksamen Therapien bekannt. Konsequenterweise müssen deshalb alle Schadstoffquellen vermindert oder gering gehalten werden. Solche Massnahmen werden mit gesundheitlichen Erfolgen belohnt.

<sup>1</sup> Die Abkürzung VOC bezeichnet hier alle flüchtigen organischen Verbindungen ausser Methan; in wissenschaftlichen Publikationen wird hierfür oft die Abkürzung NMVOC (Nicht-Methan-VOC) verwendet.

### 2.2.2 Bei der Vegetation

Ozon ist auch ein starkes Pflanzengift, wie in verschiedenen Versuchen bestätigt wurde. Allerdings ist Ozon nur schädlich, wenn es durch die Spaltöffnungen in die Pflanzen eindringen kann. Da die Spaltöffnungen bei Trockenheit geschlossen werden, ist die Ozonaufnahme der Pflanzen während sehr warmen und Trockenperioden geringer als bei feuchten Bedingungen. Neben Wachstumsreduktionen verursacht Ozon auch sichtbare Schäden auf dem Laub und hemmt die Verlagerung der Kohlehydrate vom Spross in die Wurzeln. Es wird geschätzt, dass die heutige Ozonbelastung bei Waldbäumen eine Wachstumsreduktion im ein- bis zweistelligen Prozentbereich verursacht, was den Holzertrag mindert. Zudem kann die Empfindlichkeit gegenüber Trockenheit und Parasiten erhöht sein. Analoge Wirkungen auf die Waldbodenvegetation beeinflussen die Biodiversität negativ.

Ähnliches gilt für landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Sichtbare Schäden können zu einem Wertverlust von Gemüse führen. Noch wichtiger ist die verminderte Ertragsbildung, wie sie in zahlreichen Versuchen für Getreide, Kartoffeln und andere wichtige Kulturen nachgewiesen wurden. Beides führt zu einem wirtschaftlichen Verlust. Die für Ertragsverluste bei so genannt empfindlichen Kulturen kritische Ozonbelastung ( $AOT_{40}=3$  ppm/Std. berechnet für eine Dauer von 3 Monaten) wird in der Schweiz regelmässig und grossflächig überschritten, wobei die klimatischen Bedingungen das Ausmass der Wirkung beeinflussen. Beobachtet wurde auch, dass in intensiv bewirtschafteten Wiesen ozonempfindliche Artengruppen bei erhöhter Ozonbelastung durch weniger empfindliche Gräser zurückgedrängt werden, wodurch die Futterqualität sinkt. Im Gegensatz dazu sind in höheren Lagen solche Effekte von Ozon auf die Artenvielfalt in Naturwiesen kurzfristig kaum beobachtbar.

### 2.2.3 Beim Klima

Ozon gehört auch zu den klimaschädlichen Gasen: Es verstärkt den Treibhauseffekt. Die Verminderung der Ozonproduktion verkleinert also nicht nur die gesundheitlichen Belastungen der Bevölkerung und die Schäden an der Vegetation, sondern leistet zudem einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz. Dieser Zusammenhang stellt ein typisches Beispiel dar für die ausgeprägten Synergien, die zwischen Luftreinhaltung und Klimaschutz bestehen. Die schweizerische Luftreinhaltungspolitik hat seit jeher wichtige Leistungen für den Klimaschutz erbracht.

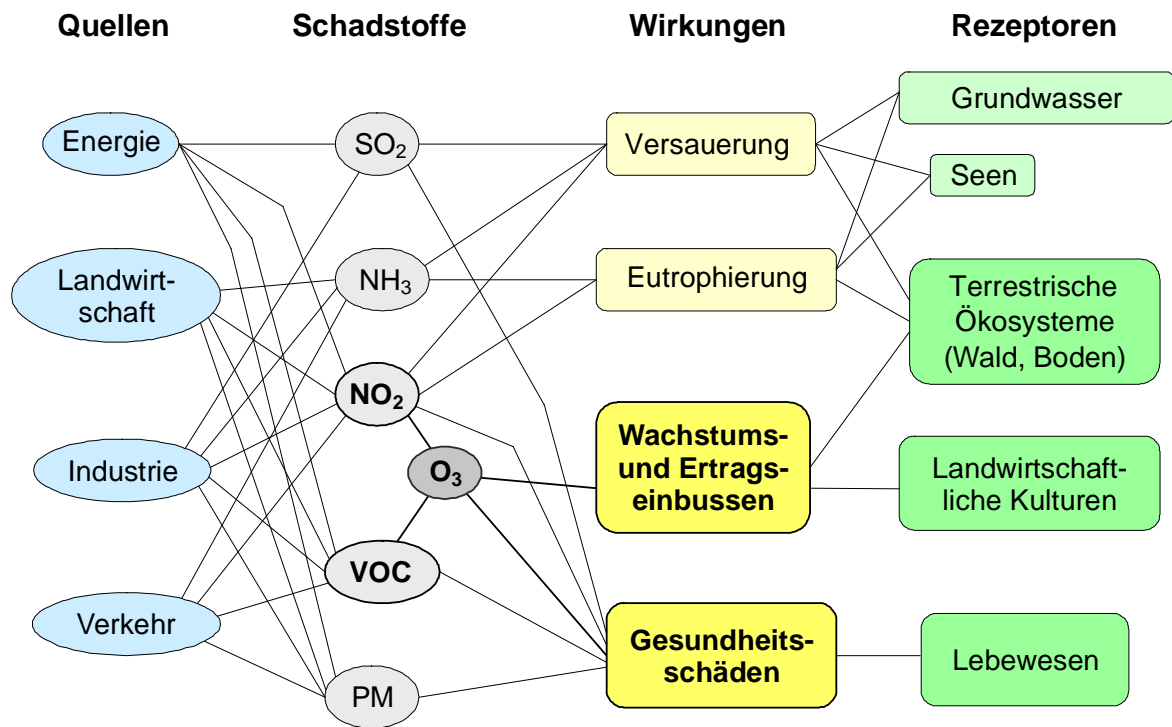
Im Sinne eines effizienten Einsatzes der Mittel ist es sinnvoll, diese Synergien zwischen Luftreinhaltungspolitik und Energie- sowie Klimapolitik durch entsprechende Massnahmen im Inland zu nutzen. Massnahmen zur Reduktion von troposphärischem Ozon sind im Gegensatz zu Massnahmen gegen die Emission der langlebigen Treibhausgase kurz- bis mittelfristig wirksam. Als «win-win»-Massnahmen sollten sie deshalb prioritär umgesetzt werden.

Zu den Folgen der Klimaerwärmung für die Ozonbildung vgl. Kap. 3.2.4.

## 2.3 Übersicht über die Zusammenhänge

Abb. 1 stellt die Zusammenhänge zwischen Quellen von Emissionen, Luftschadstoffen, Wirkungen und Rezeptoren in schematischer Weise dar. Darin sind die ozonrelevanten Bezüge optisch herausgehoben.

Abb. 1 Zusammenhänge zwischen Quellen, Luftschadstoffen, Wirkungen und Rezeptoren



SO<sub>2</sub>: Schwefeldioxid; NH<sub>3</sub>: Ammoniak; NO<sub>2</sub>: Stickstoffdioxid; O<sub>3</sub>: Ozon; VOC: flüchtige organische Verbindungen; PM: Feinstaub

Weil Ozon über die Vorläuferschadstoffe Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen gebildet wird, spielen auf der einen Seite alle vier Gruppen von Schadstoffquellen in der Sommersmog-Problematik eine wichtige Rolle. Indem Ozon sowohl auf die menschliche Gesundheit einwirkt als auch zu Einbussen bei wichtigen Leistungen wie Produktivität oder Biodiversität von Wäldern, landwirtschaftlichen Kulturen sowie anderen terrestrischen Ökosystemen führt, beeinflusst dieser Schadstoff auf der Seite der Rezeptoren sowohl den Menschen direkt wie auch seine Lebensgrundlagen. Nur Grundwasser und Seen bleiben von den Ozonbelastungen direkt verschont.

## 2.4 Immissionsgrenzwerte der LRV für Ozon

Die schweizerischen Immissionsgrenzwerte sind wirkungsorientiert; der Schutzgedanke steht im Vordergrund. Nach USG sind die Immissionsgrenzwerte für Luftverunreinigungen so festzulegen, dass einerseits die Menschen nicht gefährdet oder in ihrem Wohlbefinden gestört werden, wobei auch die Wirkungen der Immissionen auf Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit, wie Kinder, Kranke, Betagte und Schwangere, zu berücksichtigen sind. Andererseits sind sie auf das Schutzbedürfnis von Tieren und Pflanzen, Lebensgemeinschaften und Lebensräumen sowie die Fruchtbarkeit des Bodens, die Vegetation und die Gewässer auszurichten.

Da das USG den Schutz sowohl vor akuten wie auch chronischen Wirkungen verlangt, werden in der Regel Kurz- sowie Langzeitgrenzwerte festgelegt. Beim Ozon gelten die 98 %-Werte des ozonreichsten Monats sowie die Anzahl der Überschreitungen des 1-Stunden-Immissionsgrenzwertes als aussagekräftig für die Belastung von Mensch und Ökosystemen. In diesem Sinn hat der Bundesrat in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) für Ozon die zwei folgenden Immissionsgrenzwerte festgelegt:

- 120 µg/m<sup>3</sup> als 1-Stunden-Mittelwert, der höchstens einmal pro Jahr überschritten werden darf;
- 100 µg/m<sup>3</sup>, wobei 98 % der Halbstunden-Mittelwerte eines Monats diesen Wert nicht übersteigen dürfen.

Neue Untersuchungen zu den Wirkungen von Ozon auf die menschliche Gesundheit zeigen, dass die Immissionsgrenzwerte des schweizerischen Rechts aus wissenschaftlicher Sicht gut begründet sind. Während die WHO, die EU (vgl. dazu Kap. 5.3) und die USA einen 8-Stunden-Grenzwert wählten, entschied sich der Bundesrat für einen 1-Stunden-Grenzwert. Dieser bildet die Belastung der Bevölkerung während Sommersmog-Phasen mit tendenziell geringerer körperlicher Aktivität im Freien gut ab. Zurzeit besteht deshalb kein Anlass, die schweizerischen Ozon-Grenzwerte und namentlich den Kurzzeit-Grenzwert zu überprüfen.



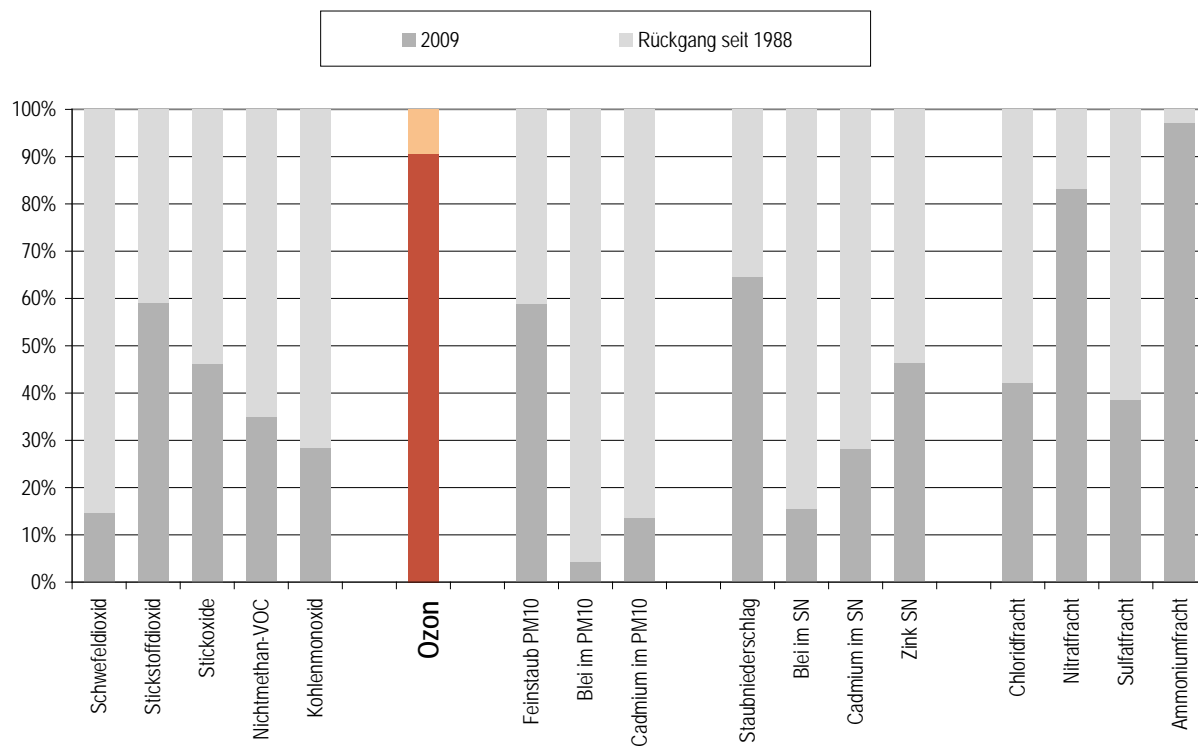
### 3 Entwicklung der Ozonbelastung in der Schweiz

#### 3.1 Zur Entwicklung der Luftbelastung im Allgemeinen

Die Luftqualität hat sich in der Schweiz seit Inkrafttreten des USG und besonders im Laufe der 1990er-Jahre dank den vom Gesetz und konkreter von der LRV verlangten Massnahmen bei stationären Anlagen und beim Verkehr insgesamt stark verbessert, wie die nachfolgende Abb. 2 zeigt.

**Abb. 2 Veränderung (%) der Luftbelastung in der Schweiz zwischen 1988 und 2009**

Berücksichtigt sind alle NABEL-Stationen mit durchgehenden Messreihen, ausser die Bergstationen. Die Darstellung bezieht sich auf die Jahresmittelwerte mit Ausnahme von Kohlenmonoxid (maximales Tagesmittel) und Ozon (maximaler Stundenwert). Die Frachten von Chlorid, Nitrat, Sulfat und Ammonium umfassen nur die Deposition mit dem Regen, nicht jedoch die Trockendeposition.



So sind die Belastungen mit Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und Schwermetallen (namentlich Blei und Cadmium) inzwischen gesamtschweizerisch nicht mehr problematisch, wie Abb. 3 zu entnehmen ist.

**Abb. 3 Immissionslage für ausgewählte Schadstoffe in unterschiedlichen Gebieten der Schweiz**

Stadt: verkehrsnah; Vorstadt: entspricht dem städtischen Hintergrund.

	Stadt		Vorstadt		Land	
	1988	2009	1988	2009	1988	2009
Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	☹	☹	☹	☺	☺	☺
Feinstaub (PM10)	☹	☹	☹	☺	☹	☺
<b>Ozon (O<sub>3</sub>)</b>	☹	☹	☹	☹	☹	☹
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	☹	☺	☺	☺	☺	☺
Kohlenmonoxid (CO)	☺	☺	☺	☺	☺	☺
Schwermetalle (Pb, Cd)	☺	☺	☺	☺	☺	☺
☺	Immissionsgrenzwert praktisch überall eingehalten					
☺	Immissionsgrenzwert teilweise überschritten					
☹	Immissionsgrenzwert häufig/stark überschritten					

Bis im Jahr 2020 sollten dank weiterer Massnahmen die Immissionsgrenzwerte bzw. die Reduktionsziele auch bei den Luftschadstoffen Stickstoffdioxid und flüchtige organische Verbindungen VOC weitgehend eingehalten werden können. Die Prognosen für Ozon sowie für Feinstaub sind hingegen weniger positiv: Bei diesen Schadstoffen ist gemäss Abschätzungen der künftigen Emissionen und der Exposition von Bevölkerung und Vegetation, basierend auf Modellrechnungen, auch nach 2020 noch mit weiterhin übermässigen Belastungen zu rechnen.

## 3.2 Entwicklung der Ozonbelastung in den letzten 20 Jahren

### 3.2.1 Vorläuferschadstoffe

Stickoxide [(NO<sub>x</sub> = Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)] und flüchtige organische Verbindungen (VOC) sind die wichtigsten Vorläuferschadstoffe für die Ozonbildung auf lokaler und europäischer Ebene. Beim Aufbau der hemisphärischen Hintergrundbelastung spielen auch noch Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) eine wichtige Rolle (vgl. Kap. 2.1).

Gegenüber der Mitte der 1980er-Jahre wesentlich vermindert werden konnte der Ausstoss von VOC, wie Abb. 4 und Abb. 5 zu entnehmen ist. Zu diesem Erfolg trugen vor allem der Katalysator bei Personen- und Lastwagen, die strengen Emissionsgrenzwerte der LRV für Industrie- und Gewerbebetriebe sowie die Benzindampfrückführung beim Treibstoffumschlag bei. Die Einführung der Lenkungsabgabe auf VOC im Jahre 2000 bewirkte einen zusätzlichen deutlichen Rückgang der VOC-Emissionen.

Abb. 4 Aromatische VOC: Jahresmittelwerte 1994–2009, Dübendorf

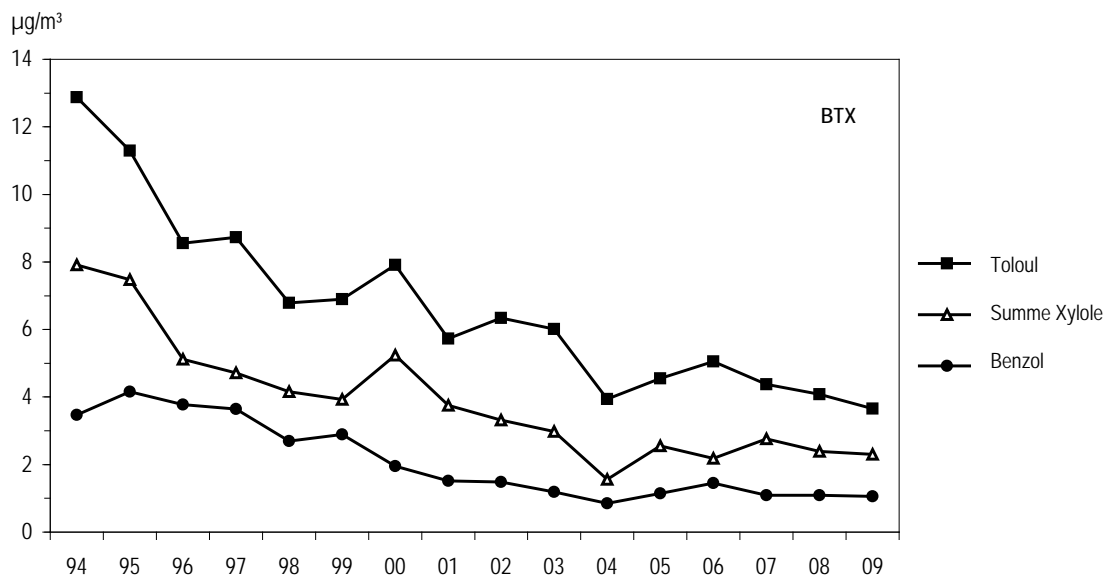
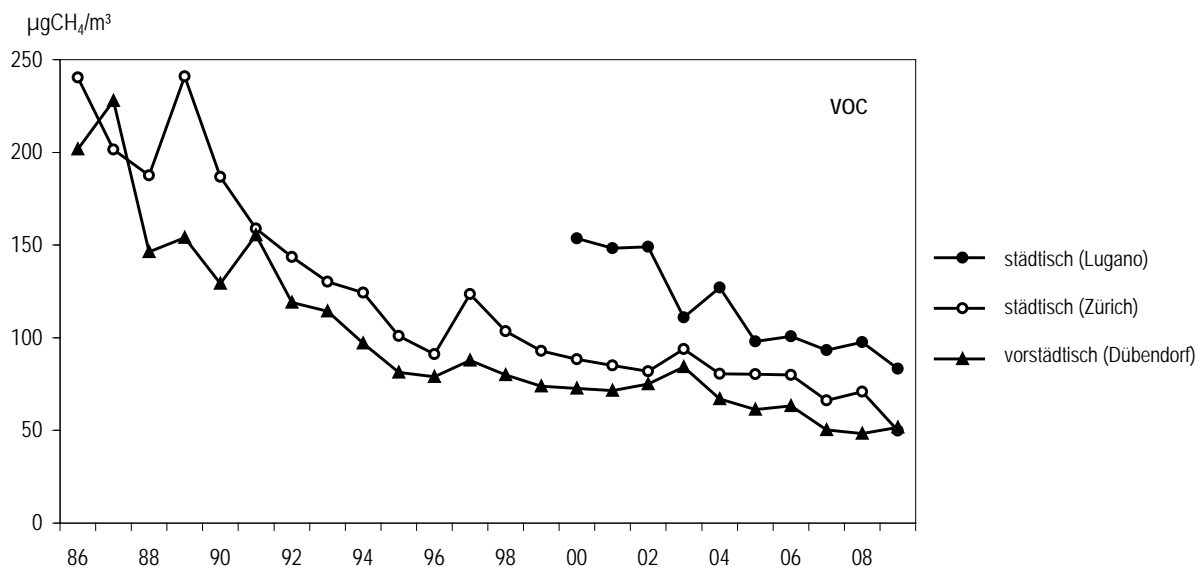


Abb. 5 Nichtmethan-VOC (als Methanäquivalente): Jahresmittelwerte 1986–2009

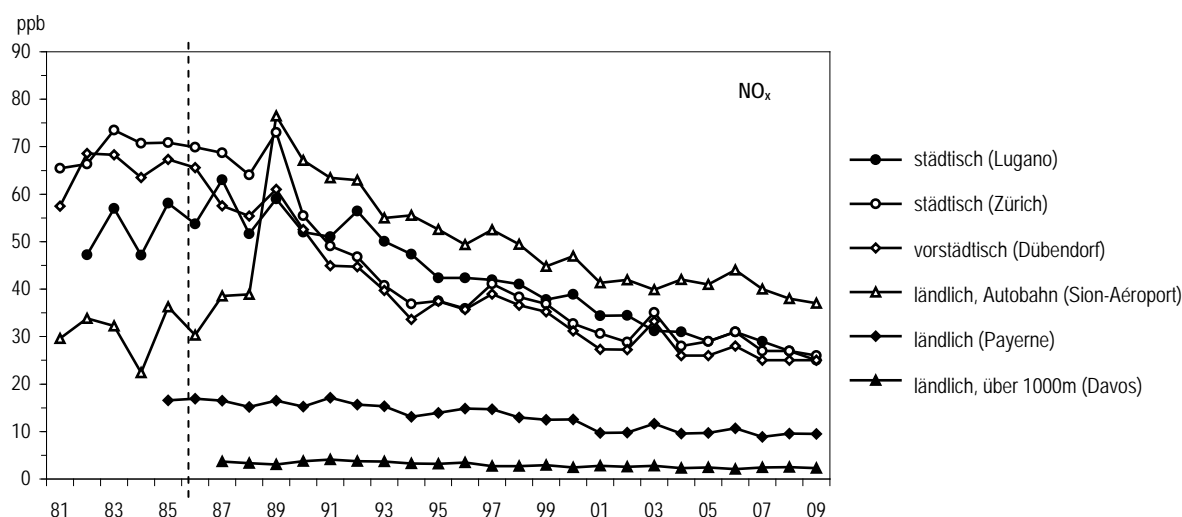


Die Gruppe der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) setzt sich aus einer Vielzahl von Substanzen mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften zusammen. Von der atmosphärenchemischen Wirkung her gesehen ist grundsätzlich zwischen den VOC, die in der Troposphäre Ozon bilden, und den (hier nicht interessierenden) VOC, die in der Stratosphäre Ozon zerstören, zu unterscheiden. Obwohl der Ausstoss von ozonbildenden VOC gegenüber der Mitte der 1980er-Jahre wesentlich vermindert werden konnte, genügen die bisherigen Massnahmen noch nicht, um die Emissions- und Immissionsziele zu erreichen. Im Bericht «Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes» vom 11. September 2009 werden deshalb für VOC weitere Minderungsmassnahmen vorgeschlagen (namentlich im Bereich Lösemittel und Motorräder), mit denen die Emissionen weiter gesenkt werden können.

Zusätzlich zu den anthropogenen VOCs tragen auch natürliche, vor allem pflanzliche VOC-Emissionen (Isopren, Terpene) als Vorläufersubstanzen zur Ozonbildung bei. Diese Emissionen sind dann am höchsten, wenn in der warmen Jahreszeit die Ozonbildung ohnehin begünstigt ist. Die natürlichen oder biogenen Emissionen können nicht mit technischen Mitteln reduziert werden.

Auch bei den Stickoxiden  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}$  und  $\text{NO}_2$ ) konnten wesentliche Reduktionen erreicht werden. Abb. 6 zeigt, dass die Belastung der Luft durch Stickoxide bis gegen Ende der 1980er-Jahre keinen klaren Trend aufwies: An einzelnen Stationen nahm sie leicht ab, an anderen leicht zu. Zwischen 1989 und 1994 weisen die meisten Stationen eine deutliche Abnahme der Stickoxidbelastung nach. Dafür waren vor allem Massnahmen bei Gebäuden und Feuerungen sowie beim Strassenverkehr massgeblich. Für Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) gibt es in der LRV keine Immissionsgrenzwerte, hingegen für Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ). Obwohl die Stickstoffdioxid-Belastungen nicht so deutlich abgenommen haben wie die Stickoxid-Belastungen, liegen heute die  $\text{NO}_2$ -Werte an den vorstädtischen Standorten (abseits von Hauptverkehrsstrassen) im Bereich des Grenzwerts, in den ländlichen Gebieten in der Regel darunter. Nach wie vor zu hoch sind die Stickstoffdioxid-Immissionen in den Städten und überall entlang der Hauptverkehrsachsen, mit oft klaren Überschreitungen des Jahres-Immissionsgrenzwerts.

Abb. 6 Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ): Jahresmittelwerte 1981–2009

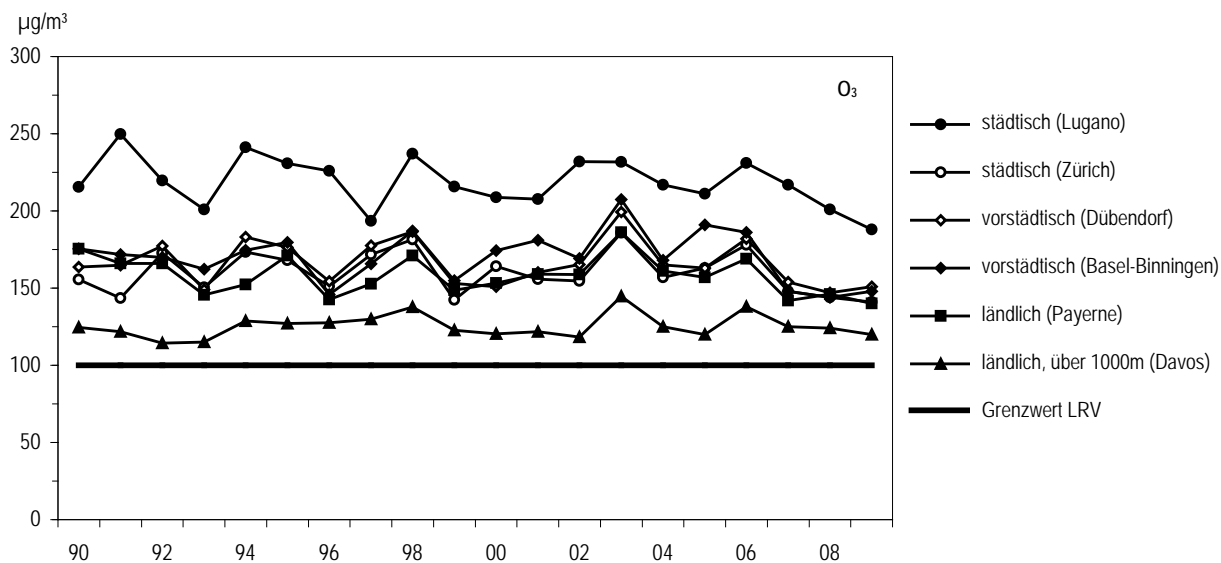


Das Stickstoffdioxidproblem ist im Wesentlichen das Problem einer ganzjährig zu hohen Belastung. Überschreitungen des Tagesgrenzwertes treten dagegen nicht sehr häufig auf. Mit einer weiteren Schadstoffreduktion in den nächsten Jahren kann beim motorisierten Verkehr aufgrund der EURO 5 (Lastwagen) und EURO 6 (Personenwagen) Standards gerechnet werden.

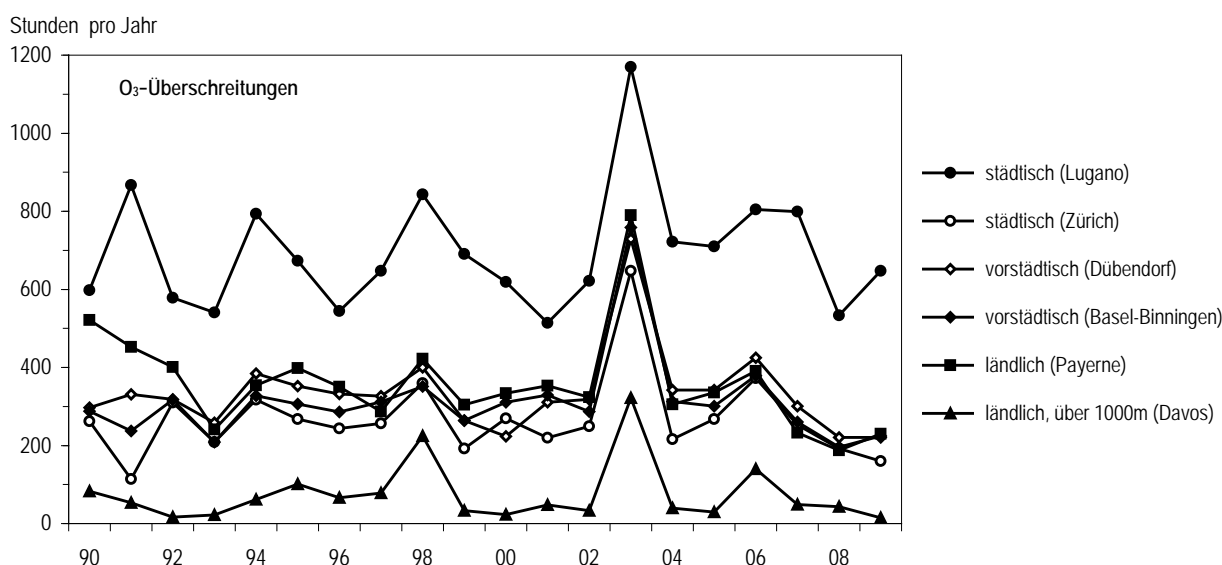
### 3.2.2 Allgemeine Trends beim Ozon

Betrachtet man die Entwicklung beim Ozon anhand der Ergebnisse der Messungen im Rahmen des NABEL, lassen sich in den nachfolgenden Abb. 7 und 8 – anders als etwa beim Schwefeldioxid (Abb. 2 und 3) – keine klaren Trends erkennen. Augenfällig ist, dass sich die Werte von Jahr zu Jahr – zum Teil stark – unterscheiden. Dies ist auf die Besonderheiten der Ozonbildung zurückzuführen (Kap. 2.1) und spiegelt deshalb vor allem auch die meteorologischen Charakteristika der jeweiligen Sommermonate wider. So ergaben sich im Jahr 2003 mit seinem Hitzesommer deutliche Spitzen sowohl bezüglich der 98 %-Werte des ozonreichsten Monats wie auch des 1-Stunden-Immissionsgrenzwertes.

**Abb. 7 Ozon: 98 %-Werte des ozonreichsten Monats 1990–2009**

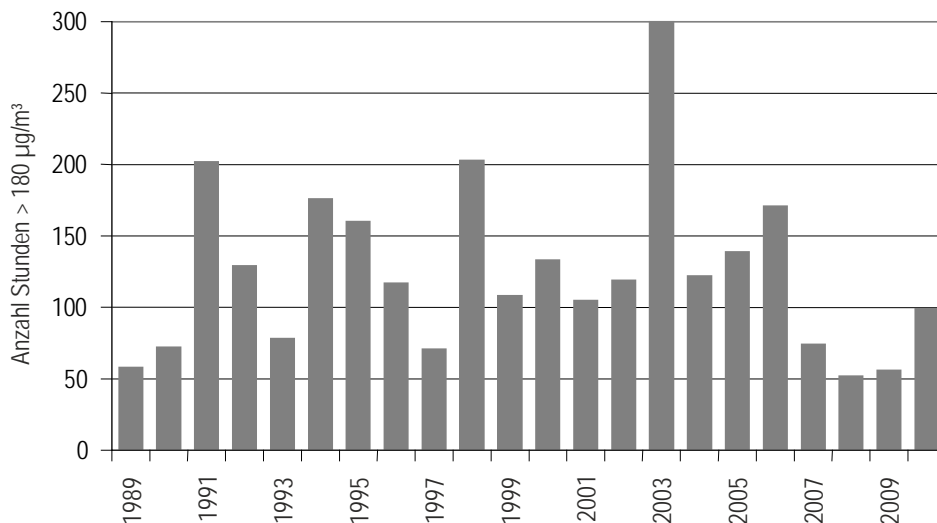


**Abb. 8 Ozon: Anzahl Überschreitungen des 1h-Immissionsgrenzwerts von 120 µg/m³ 1990–2009**

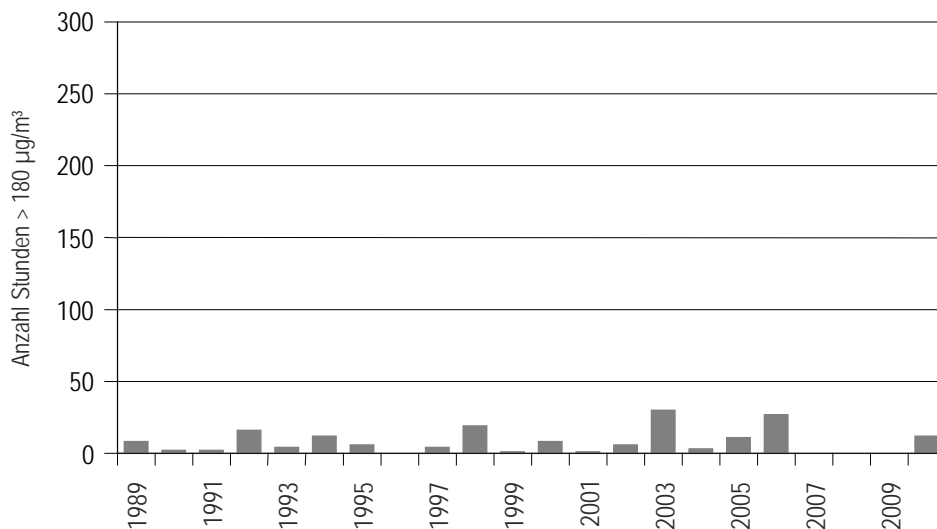


Der Vergleich zwischen Lugano und Zürich in Abb. 9 und Abb. 10 zeigt in exemplarischer Weise die Bedeutung der für die Ozonbildung verantwortlichen Bedingungen: geografische Lage, Meteorologie sowie Belastung mit Vorläufersubstanzen. Beide Städte weisen – entsprechend den von Jahr zu Jahr erheblich variierenden meteorologischen Bedingungen – stark unterschiedliche Stundenzahlen mit einer Überschreitung des Kurzzeit-Immissionsgrenzwertes auf. Weil Lugano auf der Alpensüdseite liegt und eine höhere Belastung mit Vorläufersubstanzen (insbesondere VOC) aufweist, treten in dieser Stadt höhere Ozonkonzentrationen auf und dauern Phasen mit starker Ozonbelastung auch deutlich länger als in der Stadt nördlich der Alpen.

**Abb. 9 Ozonbelastung auf der Alpensüdseite:  
Anzahl Stunden mit einer Belastung über 180 µg/m³ in Lugano**



**Abb. 10 Ozonbelastung auf der Alpennordseite:  
Anzahl Stunden mit einer Belastung über 180 µg/m³ in Zürich**



### 3.2.3 Weniger hohe Ozon-Spitzenwerte, jedoch Zunahme der städtischen Hintergrundbelastung

In den 1980er-Jahren waren regelmässig noch Ozonwerte von über 200 µg/m³ zu verzeichnen. Seit 1990 haben in den Agglomerationen und an ländlichen Standorten beidseits der Alpen die *Spitzenwerte* der Ozonbelastung um 10–20 % abgenommen. Diese Tendenz bezüglich der 1-Stunden-Spitzenwerte ist in Abb. 11 und Abb. 12 für die Städte Lugano und Zürich gut ablesbar.

Abb. 11 Ozonbelastung in der Stadt Lugano

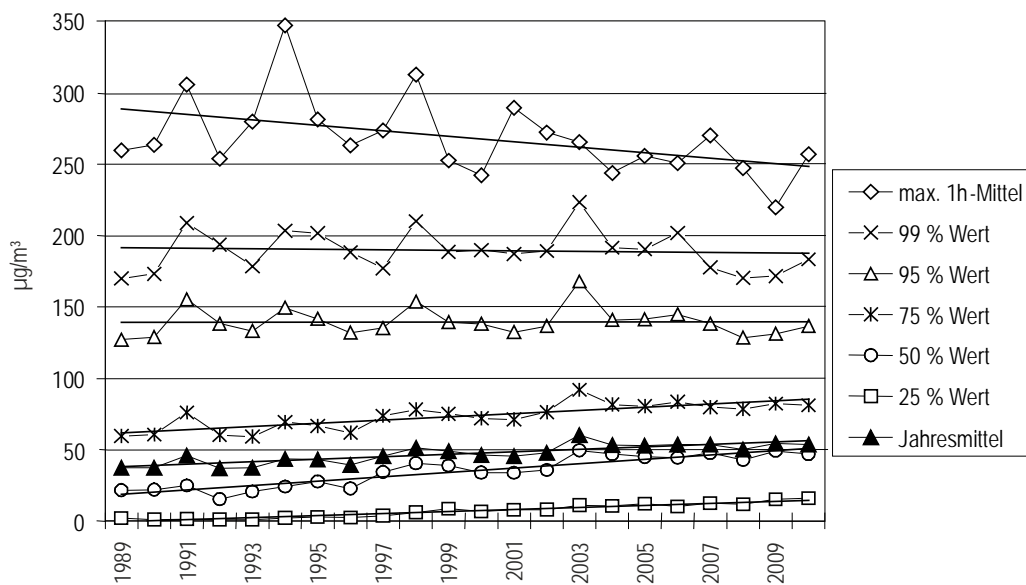
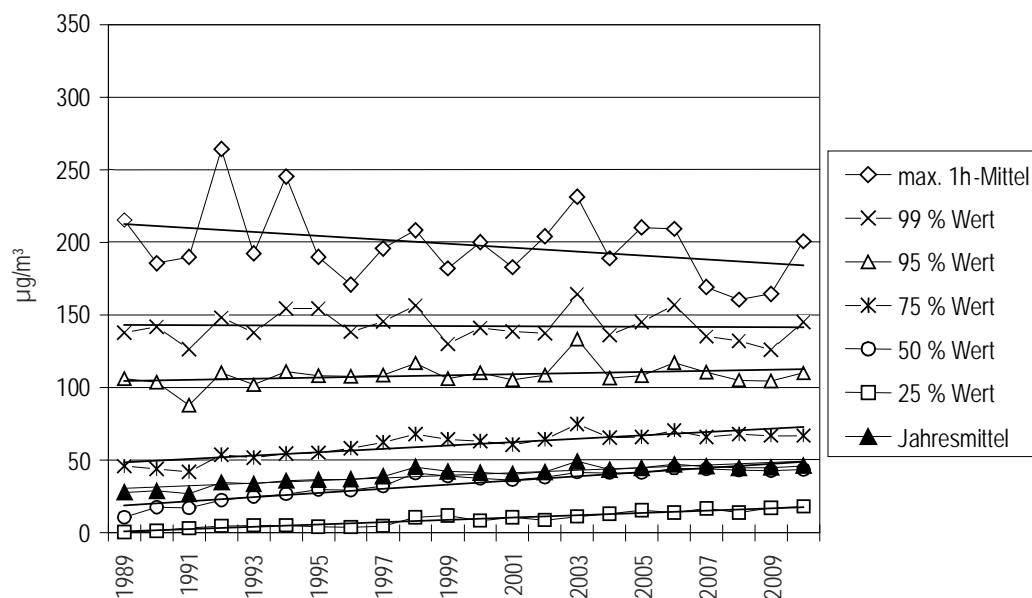


Abb. 12 Ozonbelastung in der Stadt Zürich



Diese Aussagen zur Abnahme der Spitzenbelastungen basieren allerdings auf nur wenigen Werten und sind deshalb statistisch gesehen nicht sehr robust. So ist bereits bei den 99 %-Quantilen<sup>2</sup> keine Abnahme mehr erkennbar.

Vor allem aber ist die Abnahme bei den Spitzenwerten deutlich geringer als diejenige der Emissionen der Vorläuferschadstoffe NO<sub>x</sub> (NO und NO<sub>2</sub>) und VOC, welche in der Schweiz seit Mitte der 1980er-Jahre um rund 50 % bzw. um mehr als 60 % reduziert werden konnten. Der Grund hierfür liegt in den komplexen Bildungs- und Abbauprozessen des Ozons während des Tages und in der Nacht. Diese Prozesse verlaufen nicht proportional zu den Emissionen und Konzentrationen der Vorläuferschadstoffe.

<sup>2</sup> Unter Quantil ist der Wert zu verstehen, unter dem ein bestimmter Prozentsatz aller Messwerte liegt. So gibt der 95 %-Wert das 1-Stunden-Mittel an, unter welchem Wert 95 % aller 1-Stunden-Messwerte liegen; 5 % der 1-Stunden-Messwerte liegen darüber.

So konnte z. B. Stickstoffmonoxid (NO), welches vor allem während der Nacht Ozon abbaut, zwar relativ stark reduziert werden. Dadurch ist aber die städtische Ozon-Hintergrundbelastung angestiegen. Auf der anderen Seite konnte Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), welches während des Tages unter Sonneneinstrahlung für die Bildung von Ozon hauptsächlich verantwortlich ist, nicht im gleichen Ausmass reduziert werden. Entsprechend wurde dadurch das Potential für die lokale Ozonbildung nicht so stark vermindert. Modellergebnisse legen aber nahe, dass die Ozon-Spitzenwerte ohne die grossen Anstrengungen zur Emissionsreduktion bei den Vorläufersubstanzen in der Schweiz ebenso wie in Europa heute 10–20 % höher ausfallen würden.

Etwas ernüchternd ist die Feststellung, dass die *Gesamtbelastung der Bevölkerung* mit Ozon in den letzten 20 Jahren deutlich weniger abgenommen hat als bei allen anderen Schadstoffen (Abb. 2). Auch Abb. 7 und Abb. 8 lassen – anders als bei den Vorläuferschadstoffen Stickoxide oder VOC (Abb. 3 bis 5) – keine Abnahme erkennen. Für die Städte Lugano und Zürich zeigen Abb. 11 und Abb. 12 für die tieferen und mittleren Belastungen (bis zum 75 %-Quantil) sogar eine leichte Zunahme. Diese ist, wie oben erwähnt, auf die Verminderung der NO<sub>x</sub>-Emissionen, aber auch anderer ozonabbauender Luftschadstoffe zurückzuführen. Deshalb steht diese leichte Zunahme der städtischen Ozonbelastung für einen Erfolg der Luftreinhaltepolitik.

### 3.2.4 Vielfältige Einflüsse auf die Hintergrundbelastung

In ländlichen Gebieten besteht eine ähnliche Tendenz wie in den städtischen Gebieten, die allerdings durch die grossräumig zunehmenden Konzentrationen von «Hintergrund-Ozon» bestimmt wird. Werden an schweizerischen Bergstationen nur Tage mit geringen Konzentrationen an Primärschadstoffen betrachtet, also Tage, an denen Luft aus der freien Troposphäre auf Stationshöhe sinkt, so ergibt sich ein noch deutlicher Anstieg des Ozonmittelwertes in den 1990er-Jahren.

Für die Ursache des Anstiegs des Hintergrund-Ozons auf der Nordhalbkugel (hemisphärisches Ozon) gibt es zurzeit noch keine einheitliche Erklärung. Dazu beitragen kann einerseits die verstärkte Ozonproduktion in der freien Troposphäre durch Eintrag anthropogener Schadstoffe, aber auch der verringerte Abbau durch reduzierte Primärschadstoffe in Bodennähe. Dieser grossräumige Anstieg führt dazu, dass auch leichte Überschreitungen des 1-Stunden-Grenzwertes vorkommen, wenn die lokale und regionale Ozonbildung relativ gering ist. Dadurch wird plausibel, warum die Abnahme bei den höheren Ozonwerten nicht direkt zu einer Abnahme der Anzahl der Überschreitungen des Grenzwertes führt.

Die Hintergrundbelastung widerspiegelt die Ozonkonzentration in der freien Troposphäre. Diese wird durch die grossräumigen (europaweiten bis hemisphärischen) Emissionen von Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen, aber auch von den langlebigen Gasen Methan (CH<sub>4</sub>) und Kohlenmonoxid (CO) beeinflusst. Modellrechnungen zeigen, dass die Ozon-Hintergrundbelastung weltweit infolge der gestiegenen NO<sub>x</sub>-, CH<sub>4</sub>- und CO-Emissionen um ca. 1 µg/m<sup>3</sup> pro Jahr zunimmt.

Weil die Ozonbildung unter anderem von der Temperatur und der Sonneneinstrahlung abhängt, sind mögliche Auswirkungen des globalen Temperaturanstiegs durch Klimagase (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, O<sub>3</sub> u.a.m.) und der erhöhten UV-Strahlung durch den Abbau der Ozonschicht der Stratosphäre (FCKW) zu beachten.

Darüber hinaus ist darauf zu verweisen, dass durch die Emissionen der Flugzeuge die Troposphäre direkt mit Ozon-Vorläuferschadstoffen belastet wird.

Die Ozon-Jahresmittelwerte haben in den letzten zehn Jahren leicht zugenommen (vgl. auch Kap. 4.1.2). Diese Zunahme ist auch an den kaum direkt von schweizerischen Emissionen beeinflussten Bergstationen zu sehen, sodass sie als Anstieg der grossräumigen Hintergrundbelastung gesehen werden muss. Die Analysen von langjährigen Messreihen an ländlichen Stationen in Westeuropa zeigen ebenfalls vorwiegend einen Anstieg der Mittelwerte.



### **3.2.5 Wochengang der Ozonbelastung: Sichtbarer Einfluss grossflächiger Emissionsminderungen – geringer Einfluss punktueller Massnahmen**

Im Mittel liegen die Ozonbelastungen im Sommer an Sonntagen und auch an Montagen etwas tiefer als an den übrigen Wochentagen. Die grossflächig verminderten Emissionen von Vorläufersubstanzen aus Industrie und Schwerverkehr wirken sich also zwar verzögert, aber doch sichtbar auf die Ozonbelastung aus. Der Unterschied beträgt z. B. an der ländlichen NABEL-Station Tänikon (TG) rund 5 %.

Wenn es gelänge, saisonal, oder unmittelbar vor und während stabiler sommerlicher Hochdrucklagen die Emissionen von Stickoxiden und VOC auf breiter Front und relativ grossflächig (d. h. regional) zu senken, könnte durchaus mit etwas geringeren Ozonimmissionen gerechnet werden. Um dies zu erreichen, müssten die Massnahmen allerdings wohl recht umfassend ausfallen.

Hingegen sind lediglich punktuellen Massnahmen kaum Erfolge beschieden. So zeigte z. B. die im Sommer 2003 erlassene Temporeduktion auf gewissen Autobahnabschnitten im Tessin trotz einer unmittelbar am Rand der Autobahn gemessenen Reduktion der Konzentration der Vorläufersubstanzen um rund 20 % kaum einen Einfluss auf die regionale Ozonbildung.

## **3.3 Perspektiven**

### **3.3.1 Weiterhin Episoden von Sommersmog bei Schönwetterlagen**

Es ist in den nächsten Jahren weiterhin mit übermässigen Belastungen durch Ozon, also mit Sommersmog-Episoden, bei bestimmten meteorologischen Bedingungen zu rechnen.

Immerhin sollte mit der Umsetzung der vorgesehenen Massnahmen eine gewisse Entschärfung des Sommersmog-Problems eintreten: Die bisher national und international eingeleiteten Massnahmen werden die Ozon-Vorläuferstoffe weiter vermindern. Sodann sind im Konzept des Bundesrates betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes von 2009 (LRK 2009) zusätzliche dauerhaft wirksame Luftreinemassnahmen vorgesehen. Indessen müssen darüber hinaus auch weitere Massnahmen getroffen werden (vgl. dazu Kap. 4).

### **3.3.2 Langfristige Prognosen (über das Jahr 2020 hinaus)**

Trotz des zu erwartenden Abbaus der Vorläuferschadstoffe wird Sommersmog auch über 2020 hinaus regelmässig auftreten. Mit häufigen und auch deutlichen Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte ist weiterhin auch deshalb zu rechnen, weil die prognostizierte Klimaerwärmung (Kap. 3.2.4) wahrscheinlich die Ozonbildung verstärken wird: Häufigere und längere Perioden mit hohen Temperaturen im Sommer erhöhen die Summenbelastung durch Ozon.

Ein Szenario der WHO zeigt zum Beispiel, dass auch bei Realisierung aller zurzeit beschlossenen Massnahmen die Zahl der ozonbedingten vorzeitigen Todesfälle in der EU um höchstens 10–20 % zurückgeht; dies gilt grundsätzlich auch für die Schweiz. Allerdings fallen die regionalen Prognosen der WHO für die Schweiz im Vergleich zu anderen Ländern relativ günstig aus.

## 4 Massnahmen zur Reduktion von Ozon

### 4.1 Ausgangslage

#### 4.1.1 Ziellücke und hauptsächliche Quellen

Der Trend bei der Entwicklung der Ozon-Vorläuferschadstoffe konnte seit Inkrafttreten des USG gekehrt werden: Die Kolonnen 3 und 4 von Abb. 2 zeigen, dass die Emissionen von Stickoxiden und Nichtmethan-VOC seither erheblich zurückgegangen sind. Die Ziellücke ist allerdings noch immer gross: Wie sich aus der nachfolgenden Tab. 1 ergibt, ist es zur Erreichung des Schutzziels für Ozon – Einhaltung des Immissionsgrenzwertes – erforderlich, gegenüber dem Stand von 2005 beim Vorläuferschadstoff Stickoxid noch ca. 50 % und bei den flüchtigen organischen Verbindungen noch ungefähr 20–30 % der Emissionen zu reduzieren.

Das Sommermog-Problem lässt sich also nur an der Wurzel bekämpfen, nämlich durch eine massive weitere Verminderung der beiden Vorläuferschadstoffe. Grossräumig müssen zudem die Emissionen von Methan und Kohlenmonoxid reduziert werden. Darüber hinaus setzt sich die Schweiz weiterhin aktiv für eine Verschärfung des Göteborger Protokolls ein, damit auch andere Länder ihre Schadstoffemissionen noch stärker vermindern.

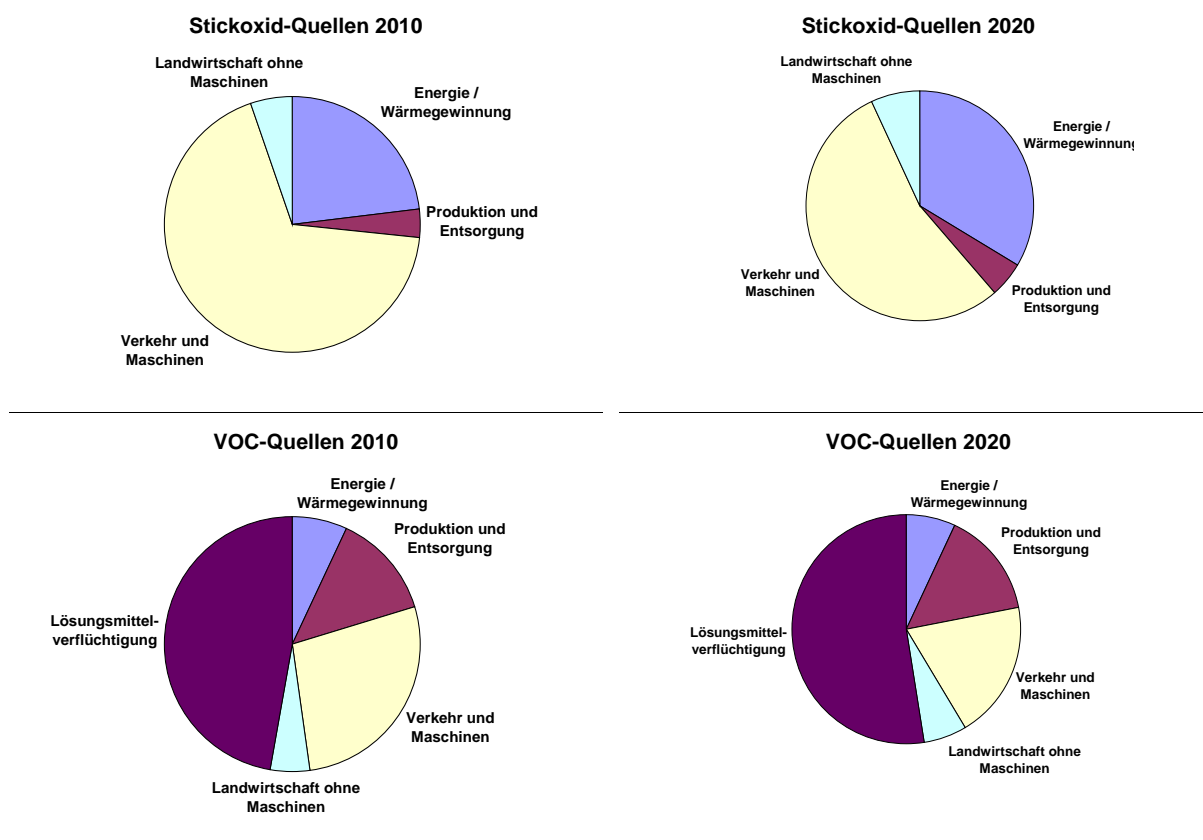
**Tab. 1 Erforderliche Mindestreduktionen der noch übermässigen Schadstoffe gemäss LRK 2009**

Schadstoff	Notwendige Mindestreduktion der Emissionen gegenüber 2005	Abgeleitet aus dem Schutzziel
Stickoxide NO <sub>x</sub>	ca. 50 %	Critical Load für Säure Immissionsgrenzwert Ozon
Flüchtige organische Verbindungen VOC	20–30 %	Immissionsgrenzwert Ozon
Feinstaub PM10	ca. 45 %	Immissionsgrenzwert PM10
Ammoniak NH <sub>3</sub>	ca. 40 %	Critical Load für Stickstoff
Kanzerogene Stoffe (z. B. Russ)	so weit wie technisch möglich und verhältnismässig	

Abb. 13 stellt die projizierten *Anteile* verschiedener Verursachergruppen für die beiden relevanten Schadstoffe Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen einerseits für das Jahr 2010 und andererseits für das Jahr 2020 dar. Für beide Schadstoffe verändern sich in der betrachteten Zehnjahresperiode die Anteile der verschiedenen Verursachergruppen. Diese Entwicklung ist auf bereits eingeleitete oder geplante Massnahmen zurückzuführen, wie im Bericht des Bundesrates von 2009 (LRK 2009) dargestellt.

**Abb. 13 Verursacher der Emissionen von Problemschadstoffen 2010 und 2020 (projiziert)**

Die Grössenverhältnisse der Kuchen zwischen 2010 und 2020 widerspiegeln die Emissionsänderung



#### 4.1.2 Hintergrundbelastung mit Ozon und Grossräumigkeit des Ozonproblems

Die Ozon-Hintergrundbelastung hat in den letzten Jahren ständig zugenommen und sich seit den 1950er-Jahren mehr als verdoppelt. Kann dieser negative Trend nicht gestoppt werden, wird es schwierig, in der Zukunft die Ozon-Immissionsgrenzwerte der LRV einzuhalten, auch wenn die Emissionen der Ozonvorläufer auf nationaler Ebene in den kommenden Jahren weiter gesenkt werden.

Das Ansteigen der Hintergrundbelastung ist unter anderem darauf zurückzuführen, dass die übermässigen Ozonimmissionen ein Lufthygieneproblem von grossräumigem Ausmass darstellen. So wird die Höhe der Ozon-Hintergrundbelastung (ohne natürliches Ozon) durch die gesamteuropäischen Emissionen und zu einem geringeren Teil auch durch die gesamten nordhemisphärischen Emissionen (z. B. Nordamerika) bestimmt. Es handelt sich dabei einerseits um Ozon, das während Sommersmog-Phasen in der Grundschicht gebildet und in die höheren Schichten gemischt wurde. Daneben dürfte aber auch ein wesentlicher Teil auf eine langsame Ozonbildung zurückzuführen sein, die in der freien Troposphäre selber erfolgt und durch Vorläuferschadstoffe verursacht wird, die aus den unteren Schichten stammen oder mit dem Flugverkehr direkt in die freie Troposphäre emittiert werden. Modellrechnungen zeigen, dass bereits 1987 der Flugverkehr für zirka 10% des Ozons in der freien Troposphäre verantwortlich war. Heute dürfte der Anteil des Flugverkehrs an der Ozonbildung in der freien Troposphäre deutlich höher sein, da einerseits der Flugverkehr stark zugenommen hat und andererseits die bodennahen Emissionen teilweise reduziert werden konnten; präzise Angaben stehen allerdings nicht zur Verfügung.

Das Problem der steigenden Hintergrundbelastung kann die Schweiz nicht allein lösen. Es sind parallele Anstrengungen zur Senkung der Belastungen auf internationaler Ebene erforderlich. Die notwendigen Massnahmen zur sehr weiträumigen Reduktion der Ozon-Vorläuferschadstoffe lassen sich nur durch internationale Zusammenarbeit realisieren (vgl. Kap. 4.3.4).

### 4.1.3 Wechselwirkungen zwischen Klimaschutz- und Luftreinhaltungsmaßnahmen

Neben CO<sub>2</sub> tragen verschiedene weitere Stoffe massgeblich zur Klimaerwärmung bei. Dazu gehört auch das Treibhausgas Ozon. Die Reduktion der Ozonbelastung im Hinblick auf die lufthygienischen Schutzziele kommt direkt auch dem Klimaschutz zugute. Die aus Gründen des Klimaschutzes besonders wichtige Verminderung des Treibhausgases Methan (CH<sub>4</sub>) trägt zugleich zur Reduktion der globalen Hintergrundbelastung durch Ozon bei und hat so günstige Auswirkungen auf die Luftbelastung.

### 4.1.4 Übersicht zu den Optionen für die Bekämpfung übermässiger Ozonbelastungen

Zur Senkung der Sommermog-Belastung in der Schweiz sind grundsätzlich die Optionen für Massnahmen gemäss Tab. 2 denkbar.

**Tab. 2 Optionen für Massnahmen zur Reduktion der Ozonbelastung**

Dauer der Massnahmen	Handlungsebenen
Ganzjährig – Dauerhaft	<ul style="list-style-type: none"> <li>• International – Länder in Europa, Nordamerika, Asien</li> <li>• National – Bund</li> <li>• Regional – Kantone</li> <li>• Lokal – Gemeinden</li> </ul>
Monatsweise – Saisonal im Sommer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Regional – Präventiv zu Beginn der Ozonsaison</li> </ul>
Tageweise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokal oder regional – Sofort bei hohen Ozonwerten</li> </ul>

**Dauerhaft wirksame Massnahmen** sind auf internationaler, nationaler, regionaler und lokaler Ebene zur Senkung des hemisphärischen Hintergrund-Ozons, des europäischen Reservoir- bzw. Hintergrund-Ozons und des lokalen Ozons notwendig.

Zur Reduktion der hemisphärischen Hintergrundbelastung sind Massnahmen zur Verminderung von Methan wie auch Kohlenmonoxid notwendig, während zur Reduktion der Ozonbelastung und des europäischen Reservoir-Ozons (zu dem auch Emissionen aus der Schweiz beitragen) Massnahmen zur Verminderung von NO<sub>2</sub> und VOC im Vordergrund stehen.

Für die Umsetzung der Massnahmen sind sowohl der Bund (Weiterführung des Luftreinhalte-Konzeptes, Vollzug LRV inklusive verschärfte Emissionsbegrenzungen) als auch die Kantone (Vollzug LRV, Weiterführung der Massnahmenpläne, Anträge an den Bundesrat) angesprochen. Zudem muss sich die Schweiz im Rahmen der Konvention von Genf (UNECE) über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung weiterhin für griffige Emissionsbegrenzungen und Massnahmen zur Senkung der Ozon-Vorläufer-schadstoffe NO<sub>x</sub> und VOC einsetzen (Kap. 4.3.4).

**Vorsorgliche, saisonal befristete Massnahmen** lassen nur dann eine gewisse Verringerung der Ozon-Spitzenwerte erwarten, wenn der Ausstoss der Vorläufersubstanzen grösserräumig erheblich vermindert werden kann. Entscheidend für die Wirksamkeit dieser zeitlich begrenzten Massnahmen sind ihr räumlicher Umfang, ihre Dauer sowie ihre Struktur und Eingriffstiefe. Je höher die Akzeptanz in der Bevölkerung und bei den Betroffenen ist, desto besser ist die Umsetzung der Massnahmen. Im Sommer präventiv auf regionaler Ebene ergriffen, können solche Massnahmen zu einer Senkung der NO<sub>x</sub>- und VOC-Belastung sowie zu einer Linderung der Ozonbelastung führen und somit zu einer spürbaren Entlastung der gesundheitlich betroffenen Bevölkerung beitragen. Sie können aber das Problem nicht grundsätzlich lösen.

Bedarf für Massnahmen, die diesem Konzept entsprechen, sieht die EKL allenfalls in der Region Südtessin / Lombardei, wo die Sommermog-Belastung jeweils die höchsten Werte erreicht.

**Tageweise Sofortmassnahmen** wie z. B. Tempobeschränkungen auf Autobahnen, die erst bei sehr hohen Ozonbelastungen ausgelöst und nur auf einem relativ kleinen Gebiet während einer kurzen Zeit durchgeführt werden, haben keine wesentlichen Auswirkungen auf die Ozonbelastung. Denn sie führen nicht zu ausreichenden flächendeckenden Verminderungen der Vorläuferstoffe. Messungen während des Sommers 2003 haben gezeigt, dass die Ozonkonzentrationen nicht heruntergehen, wenn sich kurzfristig (1–2 Tage) bis zu einem Drittel weniger Vorläuferschadstoffe in der Luft befinden. Solche Massnahmen können allenfalls dazu beitragen, das Bewusstsein der Bevölkerung für die Schadstoff-Problematik zu erhöhen.

## 4.2 Verbindung temporärer Massnahmen mit dauerhaft wirksamen Massnahmen

Temporären Spitzen der Belastung mit Ozon soll zwar ausser südlich der Alpen nicht mit nur saisonal wirksamen Massnahmen begegnet werden (Kap. 4.1.4). Solche Situationen bieten indessen ein geeignetes Umfeld, um dauerhaft wirksame Massnahmen zur Reduktion des Schadstoffausstosses und damit der Grundbelastung in die politische Diskussion einzuführen.

## 4.3 Langfristig wirksame Massnahmen zur Reduktion der Ozonbelastung

### 4.3.1 Ausrichtung der dauerhaft wirksamen Massnahmen an den Schlüsselgrössen

Die Gesamtemission eines Schadstoffs lässt sich im Allgemeinen als Produkt einer Aktivität (z. B. Anzahl gefahrene Kilometer) und einer spezifischen Emission (z. B. Gramm NO<sub>x</sub> pro Fahrzeugkilometer) darstellen.

Schadstoffemissionen können demnach sowohl durch die Veränderung der Aktivität als auch durch die Veränderung der spezifischen Emissionen beeinflusst werden.

Stickoxide (NO<sub>x</sub>) entstehen hauptsächlich durch Verbrennungsprozesse zur Energiegewinnung für Wärme (Raumwärme, Prozesswärme, Warmwasser) und Mobilität (Verkehr, Maschinen). Die VOC-Emissionen hingegen sind zur Hauptsache auf Verdunstungsprozesse (Anwendung von Lösemitteln, Treibstoffumschlag) zurückzuführen. Nur ein geringerer Teil entsteht als Nebenprodukt der Verbrennung in Motoren.

Betrachtet man die Quellenaufteilung in Abb. 13 (Kreisdiagramme), ergeben sich für die Hauptverursacherkategorien von Stickoxiden und VOC die folgenden Schlüsselgrössen und Einflussmöglichkeiten.

#### 1. Verkehr und Maschinen

##### – Verkehrsleistung

Die Verkehrsleistung ist abhängig von der Bevölkerungs-, Raum- und Wirtschaftsentwicklung, vom Verhalten der Individuen und Wirtschaftssubjekte. Die Entwicklung der Verkehrsleistung kann durch Raum- und Verkehrsplanung beeinflusst werden. Durch Zersiedelung und den Bau publikumsintensiver Anlagen sowie den grosszügigen Ausbau von Strassen und ein grosses Parkplatzangebot wird das Wachstum des motorisierten Individualverkehrs gefördert.

##### – Modal Split

Beim Personenverkehr ist der Modal Split (Verteilung des Verkehrsaufkommens auf verschiedene Verkehrsträger) abhängig von öV-Angebot, Preisen und persönlicher Einstellung. Er kann über den Ausbau der Infrastruktur, das Fahrplanangebot, die Preisgestaltung beim öV, Zölle und Abgaben auf Treibstoffe und Information beeinflusst werden. Beim Güterverkehr spielen die Wegekosten, Kapazitäten, Geschwindigkeit und Logistik (z. B. beim Huckepack- oder Containerverlad) eine grosse Rolle.

– *Schadstoffe im Abgas*

Die Konzentration von Schadstoffen im Abgas von Fahrzeugen und Maschinen ist abhängig vom Stand der Technik und den gesetzlichen Vorgaben. Sie lässt sich durch international harmonisierte Abgasvorschriften, strengere nationale Vorschriften, Förderung von Forschung und Entwicklung, finanzielle Anreize für Nachrüstungen und das Angebot von schadstoffarmen Fahrzeugen und Maschinen beeinflussen.

## 2. Energie und Wärmeengewinnung

– *Energieverbrauch*

Er ist abhängig von der Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung, von der Menge der Warmwasser- und Dampferzeugung, dem beheiztem Raumvolumen und dem Einsatz von Geräten und Maschinen. Eine wichtige Rolle spielt dabei die Energieeffizienz.

– *Energieeffizienz*

Sie hängt vom Stand der Technik, von der Bausubstanz (Isolation), von den eingesetzten Geräten (z. B. Stand-by-Verluste) und Prozessen ab. Sie lässt sich durch Vorschriften, Energiepreise und Information beeinflussen.

– *Energiemix*

Die Herstellung und Anwendung der eingesetzten Energieträger haben grossen Einfluss auf die Emission verschiedener Luftschadstoffe. Der Energiemix ist abhängig vom Stand der Technik und den Kosten der verschiedenen Energieträger. Er kann beeinflusst werden durch finanzielle Förderung zur vermehrten Anwendung gewisser Energieträger, durch Förderung von Forschung und Entwicklung, Information, Beratung und Ausbildung und Vorschriften (z. B. über den Mindestanteil erneuerbarer Energien bei Neubauten).

– *Schadstoffe in Verbrennungsabluft*

Wie viel Schadstoffe bei der Gewinnung von Nutzenergie entstehen, hängt ab vom eingesetzten Energieträger, vom Stand der Technik, von den gesetzlichen Vorgaben und dem Verhalten der Anwender (z. B. handbeschickte Holzfeuerungen). Einflussmöglichkeiten bieten sich durch international harmonisierte Produktvorschriften, nationale Emissionsvorschriften, Förderung von Forschung und Entwicklung, Information und Kontrolle.

## 3. Produktion und Entsorgung

– *Stoffumsatz*

Die Menge der in Umlauf gelangenden Stoffe ist abhängig von der wirtschaftlichen Lage und dem Konsumverhalten. Insbesondere die Entsorgung wird beeinflusst durch Vorschriften über Vermeidung, Trennen und Verwerten sowie Verbrennen vor der Ablagerung, sodann durch Vereinbarungen und Information.

– *Schadstoffe bei Produktion und Entsorgung*

Sie sind abhängig vom Stand der Technik und von gesetzlichen Vorgaben. Sie werden beeinflusst durch nationale Emissionsvorschriften und Konzepte.

## 4. Lösemittelverflüchtigung

– *Lösemittelgehalt von Produkten und deren Einsatz*

Einsatz und Höhe des Lösemittelanteils sind abhängig von gesetzlichen Vorgaben, möglichen Alternativen und Preisen. Es kann Einfluss genommen werden über Vorschriften, finanzielle Anreize und Beratung.

– *Lösemittelverluste*

Die Verluste beim Einsatz von Lösemitteln oder lösemittelhaltigen Produkten sind abhängig vom Stand der Technik und von gesetzlichen Vorgaben. Sie lassen sich beeinflussen durch Vorschriften, Abgaben, Förderung von Forschung und Entwicklung, Beratung.

### 4.3.2 Massnahmen auf der Grundlage des Umweltschutzgesetzes

Bei den primär notwendigen dauerhaft wirksamen Massnahmen zur Reduktion der Ozonbelastung stehen Emissionsbegrenzungen bezüglich Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen VOC auf der Grundlage des USG im Vordergrund. Erlassen bzw. angeordnet werden Emissionsbegrenzungen in Form von Emissionsgrenzwerten, Bau- und Ausrüstungsvorschriften, Verkehrs- und Betriebsvorschriften oder Vorschriften über Brenn- und Treibstoffe (Art. 12 USG).

Dabei sind im Rahmen der Vorsorge unabhängig von der bestehenden Umweltbelastung alle technisch und betrieblich möglichen sowie wirtschaftlich tragbaren Massnahmen zu treffen. Soweit die Ozonbelastung übermässig ist, müssen die Emissionsbegrenzungen unter Berücksichtigung des Verhältnismässigkeitsprinzips darüber hinaus verschärft werden. Um die Wirkung der Emissionsbegrenzungen auf Dauer sicherzustellen, sind die Emissionen wo nötig, möglich und zweckmässig über die gesamte Dauer des Gebrauchs, des Betriebs oder der Nutzung von Anlagen gemäss Art. 45 USG periodisch zu kontrollieren oder sogar kontinuierlich zu überwachen.

Zu berücksichtigen ist sodann, dass die Vorschriften zur Luftreinhaltung, die sich auf andere Bundesgesetze wie beispielsweise das Strassenverkehrsgesetz SVG stützen, nach Art. 4 USG dem zweistufigen Konzept des Immissionsschutzes nach USG entsprechen müssen. In der Vergangenheit, aber auch in der Zukunft sind die im Laufe der Zeit erhöhten Anforderungen an die Abgasreduktion von Fahrzeugen gemäss den EURO-Normen der EU von besonderer Bedeutung, die allerdings teilweise durch die starke Erhöhung der Fahrleistung wieder aufgewogen wird. Zu beachten ist auch, dass strengere Anforderungen jeweils erst mit zeitlicher Verzögerung zu einer wesentlichen Emissionsreduktion führen.

Ein wichtiges die Emissionsbegrenzungen im Sinne von Art. 12 USG ergänzendes Instrument sind die Lenkungsabgaben auf VOC gemäss Art. 35a USG. Der gezielte Einsatz dieses marktwirtschaftlichen Instruments hat sich als sehr wirksam erwiesen.

Für die Ermittlung der Langzeitentwicklung der Schadstoffbelastung sind im Übrigen die langjährigen und konsistenten Messreihen des auf den Bedarf ausgerichteten und eng mit der Luftreinhaltung-Strategie und dem Vollzug verknüpften NABEL-Netzes äusserst wichtig. Ebenso unerlässlich sind die Emissionserhebungen bzw. Schadstoffregister. Sie dienen zur sachgerechten und zuverlässigen Information der politischen Entscheidungsträger sowie der Öffentlichkeit und sind zudem wichtig für die Erfolgskontrolle.

Bei den Massnahmen mit dem Instrumentarium des Umweltschutzgesetzes sind die folgenden Schwerpunkte zu setzen:

- Bezüglich *Stickoxiden* sollen die Abgasgrenzwerte bei allen Fahrzeugen und Maschinen sowie speziell bei Dieselmotoren entsprechend dem Stand der Technik herabgesetzt werden; beim Flugverkehr müssen die schadstoffabhängigen Landegebühren angepasst werden; im Industriebereich können bei grossen Feuerungen und stationären Motoren noch wesentliche Emissionsreduktionen erreicht werden; schliesslich muss in der Landwirtschaft mit verschiedenen technischen und betrieblichen Massnahmen auf eine Verminderung der Stickoxidemissionen hingearbeitet werden. Anteilsmässig verbessert sich durch diese Massnahmen in erster Linie die Situation bezüglich Verkehr und Maschinen.
- Bezüglich *flüchtigen organischen Verbindungen* liegt der Schwerpunkt der Massnahmen bei den Lösemitteln und bei strengeren Abgasvorschriften für Motorräder, namentlich für 2-Takter. Weil das Reduktionspotenzial bei den Fahrzeugen am grössten ist, geht der Anteil bei der Verursacherguppe Verkehr und Maschinen am stärksten zurück.

### 4.3.3 Massnahmen in anderen Politikbereichen

Allein mit den Massnahmen der Emissionsbegrenzung gemäss Art. 12 USG und mit der VOC-Lenkungsabgabe gemäss Art. 35a USG lassen sich indessen die Emissionen von Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen nicht im nötigen Mass herabsetzen. Es sind zusätzlich Massnahmen in anderen Politikbereichen erforderlich. Es geht dabei hauptsächlich um die nachfolgenden Punkte.

- Es ist vermehrt auf die Synergien von Luftreinhaltung und Klima- sowie Energiepolitik zu setzen, Konflikte sind möglichst zu vermeiden.
  - Zwischen Luftreinhaltung und Klimaschutz bestehen ausgeprägte Synergien: Die Reduktion des Verbrauchs an Treib- und Brennstoffen führt in der Regel zu einer Verminderung von Luftschadstoffemissionen; die Minderung der Russ- und Ozonbelastung trägt ihrerseits mit rascher Wirkung zum Klimaschutz bei. Die schweizerische Luftreinhaltungspolitik hat bereits bisher wichtige Leistungen erbracht.
  - Die Synergien zwischen Luftreinhaltungs- und Energie- sowie Klimapolitik sind durch entsprechende Massnahmen im Inland zu nutzen. Massnahmen zur Reduktion von Russ, troposphärischem Ozon und Methan sind kurz- bis mittelfristig wirksame «win-win»-Massnahmen und sollten deshalb prioritär umgesetzt werden.
  - In bestimmten Fällen (z. B. Reduktion von Luftschadstoffemissionen mittels hohen Energieeinsatzes) treten allerdings Zielkonflikte auf. Vereinzelt sind Vorschriften der LRV anzupassen. Im Übrigen sollte sich der Einsatz von öffentlichen Fördergeldern im Energiebereich auf Massnahmen konzentrieren, welche sowohl in Bezug auf das Klima als auch auf die Luftqualität und damit die Gesundheit sowie die Vegetation eine positive Bilanz aufweisen.
- Infrastrukturentscheide und -politik sind besser auf die Ziele der Luftreinhaltung abzustimmen und die Luftreinhaltungsinstrumente besser auf den Raum zu beziehen.
  - Die mangelhafte Koordination zwischen der Infrastrukturpolitik und den Vorgaben der Luftreinhaltung und des Klimaschutzes ist eines der Haupthindernisse für einen nachhaltigen Erfolg von Luftreinhaltung und Klimaschutz. Sie verhindert namentlich, dass die ausgeprägten Synergien zwischen den Zielsetzungen der Raumplanung und denjenigen der Luftreinhaltungs- und Klimapolitik zum Tragen kommen.
  - Besonderes Augenmerk verlangen Massnahmen gegen die Zersiedelung und neue Schnittstellen beim Strassennetz. Dem soll mit Wirkungskriterien für die Planungen sowie einer Genehmigungspflicht für den Teil Nationalstrassenverkehr der kantonalen Massnahmenpläne begegnet werden. Zudem sollen die mit den Agglomerationsprogrammen eingeleiteten Entwicklungen weitergeführt und ausgeweitet werden.
- Die Luftreinhaltung ist durch Ökologisierung der Finanz- und Steuerordnung mitzulenken.
  - Mittelfristig ist das schweizerische Steuersystem zu ökologisieren. Als erste Schritte in diese Richtung sollen die heutigen Lenkungsabgaben optimiert, andere bestehende Abgaben durch ökologische Komponenten angereichert und kontraproduktive Steuerbegünstigungen abgeschafft werden.
  - Um den Konsumenten die richtigen Signale zu vermitteln, sind die Preise für die Benützung der staatlich zur Verfügung gestellten Infrastrukturen und Dienstleistungen unter Berücksichtigung der externen Kosten festzulegen.
  - Fördermassnahmen in anderen Politikbereichen (z. B. Energie, Landwirtschaft, Verkehr) sollen für die Einführung neuer Technologien genutzt und im Einklang mit den Luftreinhaltungszielen ausgerichtet werden.



#### 4.3.4 Internationale Massnahmen

Eine grosse Bedeutung kommt auch der internationalen Zusammenarbeit zu, insbesondere mit der UNECE und der EU. Aus dieser Kooperation gewinnt die schweizerische Luftreinhaltepolitik nicht nur vielfältige wertvolle Informationen und Anregungen, z. B. über Entwicklungen im Bereich der Regulierung oder über Erfahrungen mit neuen Technologien. Die Schweiz kann ihrerseits ihr Wissen und ihre Erfahrungen in diese Gremien einbringen und damit zur Weiterentwicklung der Luftreinhaltepolitik beitragen. Vor allem beim Ozon ist darüber hinaus die Immissionslage in der Schweiz in wesentlicher Weise durch die Entwicklung der Luftreinhalteanstrengungen von Nachbarländern bestimmt (Kap. 4.1.2).

Deshalb ist es wichtig, das Potenzial grenzüberschreitender Massnahmen zu nutzen und die Massnahmen international aufeinander abzustimmen. Im Rahmen der UNECE Konvention von Genf (Europa, USA und Kanada) über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung und im Rahmen einer EU-Direktive zur Emissionsbegrenzung wurden bereits wichtige erste Schritte zur grossräumigen Senkung der Vorläuferschadstoffe unternommen. So haben sich im UNECE-Protokoll von Göteborg 1999 31 Länder verpflichtet, ihre NO<sub>x</sub>- und VOC-Emissionen bis 2010 gegenüber dem Stand von 1990 um 40–60 % zu senken. Für die Schweiz verlangen die eingegangenen Verpflichtungen (Vorgaben in Kilotonnen) eine Reduktion um je rund 50 %. Diese Verpflichtungen kann die Schweiz voraussichtlich erfüllen (eine definitive Bilanz ist noch ausstehend). Für die umliegenden Länder Österreich, Deutschland, Italien und Frankreich, deren Emissionen die Ozonbildung in der Schweiz am meisten beeinflussen, liegen die Verpflichtungen in einem ähnlichen Rahmen.

Auch auf internationaler Ebene sind jedoch Reduktionen der Emissionen der Vorläuferschadstoffe NO<sub>x</sub> und VOC in der Grössenordnung von 70–80 % notwendig (bezogen auf die Emissionsmengen der ersten Hälfte der 1980er-Jahre), um die Ozon-Hintergrundbelastungen nicht weiter ansteigen zu lassen. Ein Ziel der zur Zeit laufenden Verhandlungen ist es, die bestehenden Verpflichtungen zu verschärfen und neue verbindliche Emissionsobergrenzen für 2020 festzulegen. Zudem sollte Ozon stärker im Kyoto-Protokoll eingebunden werden. Die EKL fordert die zuständigen Stellen des Bundes auf, ihr bisheriges aktives Bemühen um gute internationale Regelungen zu verstärken.

### 4.4 Temporäre Massnahmen bei Spitzenbelastungen

#### 4.4.1 Saisonale Massnahmen

Das Fundament des Konzepts zum Vorgehen gegen Sommersmog wird vom Vollzug der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen gemäss Luftreinhalte-Verordnung und den weiteren immissionsschutzrechtlichen Vorschriften, namentlich des Fahrzeugrechts, gelegt (Kap. 4.3.2 und 4.3.3). Wo die Immissionen übermässig sind, muss die kantonale Massnahmenplanung für einen weiteren Abbau der Ozonbelastung sorgen. Das Hauptgewicht bei der Bekämpfung des Sommersmogs liegt klar auf diesen dauerhaft wirksamen Massnahmen.

Neben den dauerhaft wirksamen Massnahmen können auch solche Massnahmen zur Linderung des Sommersmog-Problems und zur gesundheitlichen Entlastung der Bevölkerung beitragen, welche über eine *längere Zeit von Monaten oder während der ganzen Sommersaison nicht nur punktuell, sondern in einer grösseren Region* durchgeführt werden.

Modellrechnungen zeigen, dass mit solchen Massnahmen die NO<sub>x</sub>- und VOC-Emissionen des Strassenverkehrs immerhin um 8–12 % gesenkt werden können, indessen aber auch eine Kombination von verschiedenen Massnahmen nur zu einer geringen Verminderung der Ozon-Belastungsspitzen führt (1–2 %). Eine weitere saisonale Massnahme ist die Verbilligung und Förderung von öV-Angeboten. Immerhin kann mit solchen Massnahmen die Gesamtbelastung durch den Mix der Sommersmog-Schadstoffe gesenkt werden,

was sich aufgrund der Kombinationswirkung dieser Schadstoffe positiv auf die Gesundheit der Bevölkerung auswirkt. Die EKL sieht die Voraussetzung zur Ergreifung solcher Massnahmen vor allem in der Region Süt tessin/Lombardei als gegeben, wo die höchsten Sommersmog-Belastungen zu erwarten sind.

Nach längeren Diskussionen hat sich die Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz (BPUK) gegen spezielle Interventionen bei Sommersmog entschieden. Namentlich wird auf die national koordinierte Einführung von zeitlich beschränkten Sofortmassnahmen gegen zu hohe Ozonbelastungen verzichtet, da sie zu spät greifen und ihre emissionsmindernde Wirkung auf die Vorläuferstoffe zu gering ist. Dagegen kommt zusätzlich zu den dauerhaft wirksamen Massnahmen ein Informationskonzept (Kap. 4.4.2) zum Tragen, wenn Sommersmog-Episoden mit einer Belastung auftreten, die 150 % des Immissionsgrenzwertes für Ozon übersteigt (d. h.  $>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Bei einer Belastung zwischen  $120$  und  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon sind keine besonderen Massnahmen vorgesehen. Damit entspricht das Vorgehen in der Schweiz jenem in der EU.

Für das Tessin und das Misox könnte gemäss Stellungnahme der BPUK jedoch aufgrund der besonderen Situation südlich der Alpen ein regionales Interventionskonzept zur Anwendung kommen. Die Regionen werden aufgefordert, nach Überprüfung der Wirksamkeit solche Massnahmen auch umzusetzen.

#### 4.4.2 Information und Verhaltensempfehlungen

Die Behörden des Bundes und der Kantone informieren über Internet (wo auch Karten der Ozonbelastung mit einer eintägigen Prognose verfügbar sind), Teletext oder via SMS permanent über die Luftqualität in der Schweiz. Mit dem Ziel einer Harmonisierung der Information wurde im Sommer 2003 zudem die Internet-Plattform «Ozon schadet!» realisiert ([www.ozon-info.ch](http://www.ozon-info.ch)). Sie soll zur Information und Sensibilisierung der Bevölkerung dienen und den Luftreinhalte-Fachstellen aktualisierte Grundlagen liefern. Einige Medien publizieren die Ozonkonzentration während der Sommerzeit.

Nach Auffassung der EKL soll die Schweizer Bevölkerung im Sinne des Auftrags von Art. 6 USG zu Beginn der Ozonsaison und während den Sommersmog-Episoden – entsprechend der aktuellen Immissionslage – in angemessener Weise informiert werden. Die EU hat in der Ozonrichtlinie 2002/3/EG im Hinblick auf die Information der Bevölkerung eine «Informationsschwelle» von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1-Stunden-Mittelwert) festgelegt. Das gleiche Mass an Ozonbelastung löst gemäss dem Konzept der BPUK besondere Informationen aus:

1. Information über Situation und Entwicklung der Belastung
2. Auswirkungen und persönliche Verhaltensempfehlungen
3. Empfehlungen für persönliche Beiträge
4. Weitere Schritte und Auskünfte

Wirkungen treten aber bei – nach USG ausdrücklich zu berücksichtigenden – empfindlichen Bevölkerungsgruppen bereits bei Ozonkonzentrationen unter  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf. Die EKL erachtet es deshalb als nicht zweckmässig, für die Schweiz in der Luftreinhalte-Verordnung eine Informationsschwelle festzulegen, wie sie die EU kennt. Sie empfiehlt vielmehr bezüglich des Verhaltens bei übermässigen Ozonbelastungen und bezüglich der Bewertung der jeweiligen Immissionssituation das Folgende:

1. Eine generelle Empfehlung, bei hohen Ozonwerten nicht ins Freie zu gehen, ist nicht nötig.
2. Sportanlässe, Ausdauersport und sonstige starke körperliche Anstrengungen im Freien sollten im Sommer so geplant werden, dass Ausdauerleistungen bevorzugt dann erbracht werden, wenn tiefere Ozonwerte zu erwarten sind (meist vormittags oder nach Sonnenuntergang). Auf Menschen, die Beschwerden infolge Ozons verspüren, soll kein Leistungszwang ausgeübt werden.
3. Personen, die wiederholt Beschwerden verspüren, sollten sich in eine ärztliche Behandlung begeben, um die Ursache der Symptome abklären zu lassen.

4. Zur Kommunikation der unterschiedlichen Schadstoffbelastungen kann folgendes Schema verwendet werden:
  - 1-Stunden-Maximum unter  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , d. h. Belastung unter dem Grenzwert gemäss Anhang 7 LRV: «Vernachlässigbare bis mässige Luftschadstoffbelastung». Es sind keine oder kaum gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erwarten.
  - 1-Stunden-Maximum zwischen  $120\text{--}180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , d. h. Belastung bis zu 1,5-mal über dem Grenzwert der LRV: «Deutliche Luftschadstoffbelastung»: Bei empfindlich reagierenden Personen sind Schleimhautreizungen von Augen, Nase und Hals wahrscheinlich. Bei körperlicher Anstrengung im Freien ist bei Kindern, Jugendlichen und empfindlich reagierenden Erwachsenen eine geringe Verminderung der Lungenfunktion zu erwarten.
  - 1-Stunden-Maximum zwischen  $180\text{--}240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , d. h. Belastung bis zum Doppelten des Grenzwertes der LRV: «Hohe Luftschadstoffbelastung». Die Wahrscheinlichkeit für Schleimhautreizungen ist erhöht. Bei körperlicher Anstrengung im Freien ist bei Kindern, Jugendlichen, Betagten und empfindlich reagierenden Erwachsenen eine Verminderung der Lungenfunktion von 5–10 % zu erwarten.
  - 1-Stunden-Maximum über  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , d. h. Belastung mehr als doppelt so hoch wie Grenzwert der LRV: «Sehr hohe Luftschadstoffbelastung». Die Wahrscheinlichkeit für Schleimhautreizungen ist stark erhöht. Bei starker körperlicher Anstrengung im Freien ist die Lungenfunktion in der gesamten Bevölkerung im Durchschnitt um 15 % reduziert. Bei empfindlich reagierenden Personen kann die Lungenfunktion sogar um 30 % und mehr vermindert sein.
5. Bei Erreichen der Schwelle von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  sollen die Behörden die Bevölkerung zusätzlich aktiv informieren.
6. Die Belastung der Luft mit den Schadstoffen  $\text{NO}_x$ , VOC und PM10 und die Hitze können die Wirkungen verstärken und stellen ein zusätzliches gesundheitliches Gefahrenpotential dar.

#### 4.5 Massnahmen jedes und jeder Einzelnen

Die dauerhaft wirksamen Massnahmen (Kap. 4.2) sowie die allfälligen saisonalen temporären Massnahmen (Kap. 4.4) müssen durch nicht verordnete Massnahmen der Bevölkerung ergänzt werden. Die EKL fordert jede Einwohnerin und jeden Einwohner dazu auf, durch ihr Verhalten persönlich zur Verminderung der  $\text{NO}_x$ - und VOC-Emissionen beizutragen. Sie können z. B.

- so oft wie möglich zu Fuss gehen, mit dem Velo fahren oder öffentliche Verkehrsmittel benutzen
- kurze Fahrten mit dem PW vermeiden
- lösungsmittelfreie oder -arme Produkte verwenden (Farben, Lacke, Reinigungsmittel, Kleber, Spraydosens und Holzschutzmittel)
- Fahrgemeinschaften bilden, statt allein in einem Auto zu fahren
- Tempo drosseln, Eco-driving
- Skooter und Töffli nur mit 4-Takt- oder Elektro-Motoren verwenden
- in den Bereichen Gartenpflege und Hobby anstelle von Geräten mit 2-Takt-Motoren Elektro-Motoren oder 4-Takt-Motoren mit regeltem Katalysator benutzen. Falls 2-Takt-Motoren unvermeidlich sind, so genanntes Gerätebenzin verwenden
- Ferien in der Nähe planen, Flüge vermeiden
- regionale Produkte mit kurzen Transportwegen berücksichtigen.

## 5 Dokumentation

### 5.1 Bisherige Stellungnahmen der EKL zu Ozon

#### 5.1.1 EKL-Bericht «Ozon in der Schweiz» von 1989

Im Jahr 1989 veröffentlichte die EKL ihren Status-Bericht «Ozon in der Schweiz». Sein Thema ist das Ozon in den bodennahen Luftschichten und in der untersten Schicht der Atmosphäre (Troposphäre).<sup>3</sup>

Die EKL legte in diesem Bericht für die Schweiz erstmals eine zusammenfassende Darstellung des damaligen Kenntnisstandes zur Belastung der Luft mit Ozon vor, die im Wesentlichen auf den Erkenntnissen verschiedener Symposien beruhte, die im Vorjahr durchgeführt worden waren. Der Bericht enthält zum einen die hauptsächlich wissenschaftlichen Erkenntnisse über die Bildung, die Verfrachtung und den Abbau des Ozons sowie die Auswirkungen erhöhter Ozonbelastungen auf Mensch und Vegetation, Materialien und Klima. Er präsentiert zum anderen Daten zum natürlich vorkommenden und anthropogenen Ozon sowie zur Ozonbelastung in der Schweiz gemäss den Messungen des NABEL und des Nationalen Forschungsprogrammes NFP14+ (Lufthaushalt, Luftverschmutzung und Waldschäden in der Schweiz). Diese Daten werden ergänzt mit Hinweisen zu Ozon in Innenräumen und zur Ozon-Erzeugung durch Hochspannungsleitungen.

Im Sinne ihres Auftrags, den Bundesrat in lufthygienischen Angelegenheiten zu beraten, formulierte die EKL sodann Kriterien zur Beurteilung von Ozon-Immissionen. Sie setzte sich dabei vor dem Hintergrund der neuesten Arbeiten internationaler Gremien wie der Weltgesundheitsorganisation (WHO) oder der Wirtschaftskommission der UNO für Europa (UNECE) mit den vom Bundesrat im Jahr 1985 in Anhang 7 LRV festgelegten Immissionsgrenzwerten für (bodennahes) Ozon auseinander. Sie kam dabei zum Schluss, dass sich die international formulierten Qualitätsanforderungen an die Luft «nicht oder nur unwesentlich von den in der Luftreinhalte-Verordnung vorgegebenen Zielen unterscheiden» und fährt fort: «Allfällige Unterschiede ergeben sich dadurch, dass die Kriterien des schweizerischen Umweltschutzgesetzes recht umfassende Anforderungen stellen und dass insbesondere bei der Umsetzung der wissenschaftlichen Erkenntnisse in rechtsverbindliche Immissionsgrenzwerte zusätzliche und spezifisch für schweizerische Verhältnisse notwendige Überlegungen miteinbezogen werden mussten».

Diese spezifisch schweizerischen Anforderungen betreffen die tatsächliche Situation sowie die rechtlichen Vorgaben. So lässt sich in der Schweiz wegen der dichten Besiedlung und der kleinräumigen Gliederung – Ballungsräume und ländliche Gebiete liegen nah beieinander – nicht zwischen einer ausschliesslich human- bzw. ökotoxikologischen Betrachtung differenzieren. Zudem verlangt das Schweizer Recht, dass bei der Festlegung von Immissionsgrenzwerten auch die Wirkungen der Immissionen auf Personengruppen mit erhöhter Empfindlichkeit – wie Kinder, Kranke, Betagte und Schwangere – berücksichtigt wird (Art. 13 Abs. 2 USG). Vgl. zu den Immissionsgrenzwerten im Weiteren vorn Kapitel 2.4.

Seit jeher betont die EKL, dass dem Problem Sommersmog nur durch eine Reduktion der Vorläuferschadstoffe von Ozon – Stickoxide und Kohlenwasserstoffe (flüchtige organische Verbindungen VOC), vgl. Kap. 2.1 – wirkungsvoll begegnet werden kann. Es braucht daher in erster Linie dauerhaft wirksame Massnahmen.

<sup>3</sup> Davon zu unterscheiden ist die Ozonschicht in der Stratosphäre. Gasförmige Halogenverbindungen haben deren Fähigkeit, die natürliche UV-Strahlung zu absorbieren, reduziert. Mit den Massnahmen des Montrealer Protokolls von 1989 wurden inzwischen greifende Massnahmen beschlossen, um dieser schädlichen Entwicklung zu begegnen.

### 5.1.2 Stellungnahmen der EKL von 1993 und 2004

Die Kommission äusserte sich sodann in den Jahren 1993 und 2004 wiederum zum Problem Sommersmog. Dabei wurden zum einen die Erkenntnisse und Empfehlungen des Berichts von 1989 bestätigt und zum anderen auf besondere Entwicklungen hingewiesen.

Die Stellungnahme der EKL vom April 1993 bezog sich vorerst auf die Immissionslage im Vorjahr und hielt fest, dass Grenzwertüberschreitungen in der ganzen Schweiz auftraten, die Grenzwertspitzen auf der Alpennordseite trotz überdurchschnittlich warmen und sonnigen Monaten nicht speziell hoch gewesen seien, aber dennoch in verschiedenen Regionen des Landes noch immer Ozonkonzentrationen von über 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen wurden. Sie betonte sodann, dass die Entwicklung der Ozonbelastung – keine allgemeine Reduktion trotz einer Reduktion der Vorläuferschadstoffe um etwa 20 % bezogen auf den Schadstoffausstoss in der ersten Hälfte der 1980er-Jahre – den Erkenntnissen aus Modellen zur Ozonbildung entsprach. Im Übrigen dokumentierte die EKL neuere Forschungsergebnisse, die sowohl die im Bericht von 1989 dargestellten Erkenntnisse wie auch die daraus abgeleiteten Strategien – Notwendigkeit dauerhaft wirksamer Massnahmen – unterstützten. Erfreut konnte sodann festgestellt werden, dass die Schweiz im Jahr 1991 das im Rahmen der UNECE auf der Basis des Genfer Übereinkommens ausgearbeitete Protokoll zur Reduktion von VOC unterzeichnet hatte, nachdem bereits früher ein ähnliches Abkommen zur Stickoxid-Reduktion ratifiziert worden war. Damit wurde der Grundstein für die internationale Kooperation zur Ozonbekämpfung gelegt.

Gut zehn Jahre später, im Juni 2004, verabschiedete die EKL eine weitere, umfangreichere Stellungnahme zum Sommersmog. Sie musste feststellen, dass die Ozonbelastung in den Sommermonaten noch immer oft und während längerer Dauer über den Immissionsgrenzwerten der Luftreinhalte-Verordnung liegt – trotz erheblicher Reduktionen der Emissionen der Ozon-Vorläuferschadstoffe seit Mitte der 1980er-Jahre in der Schweiz ebenso wie im Ausland. So wurde für die Hitzeperiode im Sommer 2003 berechnet, dass von den insgesamt fast tausend zusätzlichen Todesfällen in den Monaten Juni bis August in der Schweiz etwa 13–30 % der übermässigen Ozonexposition zuzurechnen sind. Die EKL verlangte deshalb mit einer gewissen Eindringlichkeit, den eingeschlagenen Weg beschleunigt weiterzugehen. Die getroffenen Massnahmen sollten evaluiert und noch bestehende Lücken mit weiteren Massnahmen geschlossen werden. Zusätzlich zu den dauerhaft wirksamen Massnahmen könnten während des Sommers auch über einen längeren Zeitraum hin saisonale Massnahmen durchgeführt werden, um kurzfristig bzw. punktuell etwas zur Senkung der Sommersmog-Gesamtbelastung beizutragen. Die EKL äusserte sich sodann in grundsätzlicher und differenzierender Weise zur Information der Bevölkerung bei hohen Ozonwerten und speziell zu behördlichen Verhaltensempfehlungen.

Seither hat sie sich zu diesem Thema nicht mehr in spezifischen Publikationen geäussert.

## 5.2 Stellungnahme der Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK)

Für den Vollzug der Luftreinhaltevorschriften des Bundes sind im Wesentlichen die Kantone verantwortlich. Namentlich haben sie im Fall übermässiger Luftbelastung gemäss Art. 44a USG Massnahmenpläne zu erstellen und die notwendigen Emissionsbegrenzungen – vor allem der zweiten, verschärften Stufe – zu erlassen. Damit sind die Kantone bei übermässigen Ozonbelastungen speziell herausgefordert.

Je nach den spezifischen topografischen Verhältnissen, den massgeblichen Emissionsquellen und den bereits getroffenen Massnahmen sind die Kantone durch Sommersmog unterschiedlich betroffen. Sie haben denn auch, nicht zuletzt aufgrund politischer Einschätzungen, in den frühen 2000er-Jahren auf die Herausforderung Sommersmog in vielfältiger Weise reagiert. Um ein einheitliches Vorgehen sicherzustellen, hat sich die Bau-, Planungs- und Umweltdirektoren-Konferenz (BPUK) in der Folge im Herbst 2007 (bereinigt im Februar 2008) auf ein überkantonales Konzept geeinigt, das bei ausserordentlich hohen Sommersmog-Belastungen koordinierte Informationsaktivitäten und bei Wintersmog-Belastungen besondere Interventionen vorsieht (vgl. Kap. 4.4.1).

### 5.3 Werte in der EU im Vergleich mit der Schweiz

Die EU verabschiedete am 12. Februar 2002 die Ozonrichtlinie 2002/3/EG, welche von den Mitgliedstaaten bis zum September 2003 in national geltendes Recht umgesetzt werden musste. Heute gilt die Richtlinie 2008/50/EG, die auch Ozon erfasst. Darin werden Zielwerte und Langfristziele ( $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sowie eine Informationsschwelle ( $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und eine Alarmschwelle ( $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) festgelegt.

Als Zielwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit wurde ein 8-Stunden-Mittelwert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (berechnet aus stündlich gleitenden 8-Stunden-Mittelwerten) festgelegt, der nicht mehr als 25-mal pro Jahr überschritten werden darf. Dieser Wert war 2010 erstmals einzuhalten, berechnet als Mittel über 3 Jahre. Als Langfristziel zum Schutz der menschlichen Gesundheit gilt ein 8-Stunden-Mittelwert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ohne erlaubte Überschreitungen. Bei Einhaltung bietet das Langfristziel der EU für die Bevölkerung etwa den gleichen Schutz wie die Grenzwerte der Schweiz. Im Vergleich mit der Schweiz lässt sich die Anzahl Überschreitungen der 8-Stunden-Mittelwerte in guter Näherung als ein Zehntel der Überschreitungen des 1-Stunden-Mittelwertes berechnen (Abb. 9). Ein Ort in der Schweiz mit 250 Überschreitungen des Immissionsgrenzwertes von  $120$  (max. 1-Stunden-Mittelwert) würde also im Jahr 2010 die Anforderungen der EU für das Jahr 2010 noch knapp erfüllen, nicht jedoch das Langfristziel. Dies zeigt, dass der Zielwert der EU für 2010 noch weit vom Schutzziel entfernt ist und nur als Zwischenziel angesehen werden muss.

Als Langfristziel zum Schutz der Vegetation (Kulturpflanzen) hat die EU einen AOT 40 von  $6000 (\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{h}$  festgelegt. Der Mittelungszeitraum ist Mai bis Juli. AOT40 (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb, ausgedrückt in  $(\mu\text{g}/\text{m}^3) \times \text{Stunden}$ ) ist die Summe der Differenz zwischen Konzentrationen über  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (40ppb) als 1-Stunden-Mittelwert und  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  während einer gegebenen Zeitspanne unter ausschliesslicher Verwendung der 1-Stunden-Mittelwerte zwischen 8 Uhr morgens und 20 Uhr abends Mitteleuropäischer Zeit (MEZ) an jedem Tag. Wird die Ozonkonzentration auf der Höhe des Pflanzenbestandes gemessen, so entspricht dies dem Ziel, welches auch im Rahmen der UNECE-Konvention von Genf über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung angestrebt wird und damit auch in der Schweiz gültig ist.

### 5.4 Rechtsgrundlagen

Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (Umweltschutzgesetz, USG), SR 814.01.

Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (BV), SR 101.

Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV), SR 814.318.142.1.

Protokoll vom 18. November 1991 zu dem Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend die Bekämpfung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen oder ihres grenzüberschreitenden Flusses (mit Anhängen), 0.814.328.

Protokoll vom 30. November 1999 zum Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung, betreffend die Verringerung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon (Göteborg Protokoll), SR 0.814.327.

Protokoll vom 31. Oktober 1988 zu dem Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend die Bekämpfung von Emissionen von Stickstoffoxiden oder ihres grenzüberschreitenden Flusses (mit Anhang und Erkl.), SR 0.814.323.

Richtlinie 2008/50/eg des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa.

Übereinkommen vom 13. November 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Genfer Übereinkommen), SR 0.814.32.

## 5.5 Berichte und Literatur

ACCENT Atmospheric Composition Change – The European Network of Excellence 2005: Answers to Urbino questions. ACCENTs first policy-driven synthesis. Urbino.

Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz (BPUK) 2008: Informations- und Interventionskonzept bei ausserordentlich hoher Luftbelastung. Verfügbar auf Internet: [www.bpuk.ch](http://www.bpuk.ch) >Themen > Umwelt.

Bayer-Oglesby L., Grize L., Gassner M., Takken-Sahli K., Sennhauser F.H., Neu U., Schindler C., Braun-Fahrländer C. 2005: Decline of ambient air pollution levels and improved respiratory health in Swiss children. *Environ Health Perspect* 113 (11): 1632–1637.

Brönnimann S. 1997: Weekend–weekday differences of near-surface ozone concentrations for different meteorological conditions. *Atmos. Environ.* 31, 1127–1135.

Brönnimann S., Schuepbach E., Zanis P., Buchmann B., Wanner H 2000: A climatology of regional background ozone at different elevations in Switzerland (1992–1998). *Atmos. Environ.* 34, 5191–5198.

Bundesamt für Raumentwicklung ARE und Bundesamt für Umwelt BAFU 2008: Externe Kosten des Verkehrs in der Schweiz. Aktualisierung für das Jahr 2005 mit Bandbreiten.

Bundesamt für Umweltschutz BUS 1986: Immissionsgrenzwerte für Luftschadstoffe. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 52. Bern.

Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL 1996: Troposphärisches Ozon – Aktuelle Forschungsergebnisse und ihre Konsequenzen für die Luftreinhaltung. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 277. Bern.

Bundesrat 2009: Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie. BBl 2009 6585.

Cercl' Air und BAFU: Ozon schadet! Eine Internet-Plattform der Schweizerischen Gesellschaft der Luft- hygiene-Fachleute und des BAFU. Verfügbar auf Internet: [www.ozon-info.ch](http://www.ozon-info.ch)

Dervent D. 2003: Physical Linkages through Atmospheric Chemistry – Ozone. Workshop of the UNECE Task Force on Integrated Assessment Modelling. Laxenburg.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2010: 25 Jahre Luftreinhaltung auf der Basis des Umweltschutzgesetzes, Bern. Verfügbar auf Internet: [www.ekl.admin.ch](http://www.ekl.admin.ch) > Dokumentation > Publikationen.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 2004: Sommersmog, Bern. Verfügbar auf Internet: [www.ekl.admin.ch](http://www.ekl.admin.ch) > Dokumentation > Publikationen.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1993: Ozon in der Schweiz 1993, Stellungnahme der EKL. Bern.

Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL 1989: Ozon in der Schweiz, Status-Bericht. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 101. Bern.

EMIS-Daten: Verfügbar auf [www.ceip.at/submissions-under-clrtap/2011-submissions/](http://www.ceip.at/submissions-under-clrtap/2011-submissions/) (NFR Switzerland)

European Environment Agency 2009: Assessment of ground level ozone in EEA member countries, with a focus on long-term trends. EEA Technical report No7/2009. Copenhagen 2009. Verfügbar auf Internet: [www.eea.europa.eu/publications/](http://www.eea.europa.eu/publications/)

European Respiratory Society: Air Quality and Health – Luftverschmutzung und Gesundheit. Autoren: N. Künzli, L. Perez und R. Rapp, Swiss Tropical und Public Health Institute and University of Basel, Switzerland. Verfügbar unter: [www.ersnet.org/index.php/publications/air-quality-and-health.html](http://www.ersnet.org/index.php/publications/air-quality-and-health.html)

Hayes F., Mills G., Harmens H., Norris D. 2007: Evidence of Widespread Ozone Damage to Vegetation in Europe (1990–2006). Programme Coordination Centre for the ICP Vegetation Report. Verfügbar auf Internet: <http://icpvegetation.ceh.ac.uk/publications>

Roemer M. 2001: Trends of ozone and precursors in Europe, status report TOR-2. TNO report R2001/244.

The Royal Society 2008: Ground level ozone in the 21st century: future trends, impacts and policy implications. Summary for policy makers. London.

UNECE (2010): Mapping Critical Levels for Vegetation. International Cooperative Programme on Effects of Air Pollution on Natural Vegetation and Crops. Bangor, UK.

WHO 1992: Acute effects on health of smog episodes. WHO Regional Publications, European Series No 43.

WHO 2006: WHO Air Quality Guidelines for Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide – Global Update 2005. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO 2008: Health Risks of Ozone from Long-Range Transboundary Air Pollution. WHO, European Centre for Environment and Health. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.



## 5.6 Abkürzungen

AOT40	Accumulated Ozone above the Level of 40 ppb
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BV	Bundesverfassung der Schweizerischen Eidgenossenschaft vom 18. April 1999 (SR 101)
CercI'Air	Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute
EMIS	Schweizerisches Emissionsinventar für Luftschadstoffe und Treibhausgase
Göteborg-Protokoll	Protokoll vom 30. November 1999 zum Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung, betreffend die Verringerung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon (mit Anhängen) (SR 0.814.327)
IGW	Immissionsgrenzwert
LRK 2009	Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes, Bericht vom 11. September 2009 zur Motion 00.3184 der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie, BBI 2009 6585.
LRV	Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (SR 814.318.142.1)
NABEL	Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe
NMVOG	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
öV	Öffentlicher Verkehr
PM	Particulate matter
SOMO35	Sum of Maximum 8-hour Ozone Levels over 35 ppb
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNECE Genfer Übereinkommen	Genfer Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung von 1979 (SR 0.814.32)
USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (SR 814.01)
UVEK	Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation
VOC	Flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds)
VOCV	Verordnung über die Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen vom 12. November 1997 (SR 814.018)
WHO	World Health Organisation (Weltgesundheitsorganisation)