

# **Bodennahes Ozon -**

**Belastungen, Gegenmaßnahmen, Wirk-  
samkeit des Sommer-Smog-Gesetzes**

Dieter Teufel  
Sabine Arnold  
Klaus Lippolt  
Petra Bauer  
Thomas Wagner

im Auftrag von GREENPEACE Deutschland

**UPI-Bericht Nr. 40**  
**2. Auflage Juni 1997**

---

<b>Inhalt</b>	<b>Seite</b>
Wirkung von Ozon.....	1
Bildung von Ozon .....	9
Langfristiger Trend .....	10
Sommersmog-Gesetz der Bundesregierung .....	12
Reduktionsmöglichkeiten für Ozon .....	13
Änderung des Meßverfahrens .....	18
Wirksamkeit des Sommersmog-Gesetzes .....	19
Reduktion der Vorläufersubstanzen .....	24
Grenzwerte für Ozon .....	29
Greenpeace-Vorschlag für ein neues Sommersmoggesetz .....	31
Wirksamkeit des Greenpeace-Vorschlags .....	34
Schlußfolgerungen .....	36
Anhang zur 2. Auflage: Wirksamkeit der Vorschläge der Parteien zur Ozonminderung .....	37

## **Wirkung von Ozon**

Sommer-Smog ist eine Mischung chemisch aggressiver Photooxidantien, von denen Ozon, die dreiatomige Form des Sauerstoffs, das wichtigste ist. Neben Ozon besteht Sommer-Smog aus Wasserstoffperoxid, Salpetersäure, Peroxyacetylnitrat und anderen Peroxynitrat.

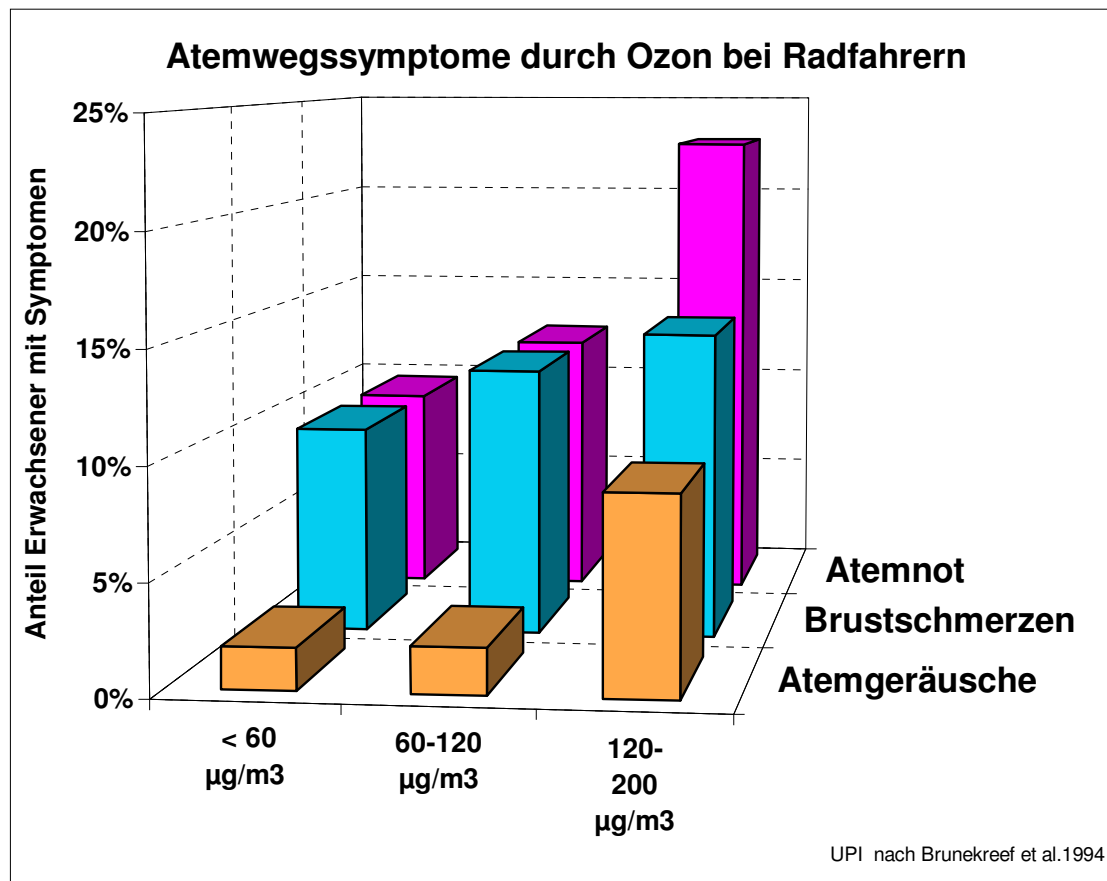
Ozon ist chemisch eines der stärksten Oxidationsmittel. Nur elementares Fluor und atomarer Sauerstoff haben höhere Redoxpotentiale. Aufgrund dieser Eigenschaft ist die Toxizität von Ozon vielseitig. Primär betroffen sind beim Menschen das Atemwegsystem und die Augenschleimhäute. Ozon greift u.a. die Zellmembranen an und führt zu einer Beschleunigung des Alterungsprozesses der Zellen. Über 90 % des eingeatmeten Ozons verbleibt in den

Atmungsorganen, weniger als 10 % wird wieder ausgeatmet.<sup>1)</sup> Als Folgen einer Ozonbelastung treten u.a. folgende Symptome auf: Beeinträchtigung der Lungenfunktionen, Verringerung des Atemvolumens, Müdigkeit, Beeinträchtigung der physischen Leistungsfähigkeit, Husten, Engegefühl der Brust, Lungenschmerzen, Kopfschmerzen, Nasen-, Rachen- und Augenreizungen, Atemnot, morphologische und biochemische Veränderungen am Lungen- und Flimmerepithel, Auslösung entzündlicher Prozesse, Fibrosierung (Vernarbungen) in der Lunge, Schädigung der für die Abwehr wichtigen Makrophagen, chronisch obstruktive Atemwegserkrankungen, Begünstigung von Allergien.

Eine Vielzahl von Untersuchungen (zusammengefaßt z.B. in Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 1989<sup>2)</sup>, VDI-Verein Deutscher Ingenieure, 1987<sup>3)</sup>, McDonnell, Environmental Protection Agency, 1991<sup>4)</sup> und Ostro, 1993<sup>5)</sup>) zeigt, daß die gesundheitlichen Beeinträchtigungen beim Menschen ab etwa 120 bis 140 µg Ozon/m<sup>3</sup> im Stundenmittel beginnen. Sie nehmen mit der Konzentration und der Atemrate (körperliche Aktivität) zu. Beeinträchtigungen der Lungenfunktionen zeigen sich bei körperlichen Anstrengungen bereits bei Ozonkonzentrationen ab 100 µg/m<sup>3</sup>.<sup>6)</sup>

Ein ausführlicher Review der medizinischen Wirkungen von Ozon kommt zum Ergebnis, daß der zur Zeit gültige Ozongrenzwert der USA (National Air Quality Standard von 240 µg/m<sup>3</sup>) zu hoch ist und ungeeignet ist, um die Bevölkerung vor den chronischen Auswirkungen von Ozon zu schützen.<sup>7)</sup> Bei empfindlichen Menschen kann der medizinische Schwellenwert auch unter 100 µg Ozon/m<sup>3</sup> liegen, z.B.<sup>8)</sup>

- 
- 1) Gerrity, T.R. et al., Extrathoracic and intrathoracic removal of ozone in tidal-breathing humans, *Journal of applied Physiology* 65, p. 393-400, 1988
  - 2) Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Ozon in der Schweiz, Schriftreihe "Umweltschutz" Nr. 101, Bern, Februar 1989
  - 3) Verein Deutscher Ingenieure, VDI, Maximale Immissionskonzentrationen für Ozon (und photochemische Oxidantien) zum Schutze des Menschen, VDI 2310, Blatt 15, 1987
  - 4) McDonnell, WF. et al, Environmental Protection Agency, Respiratory response of humans exposed to low levels of ozone, *Arch-Environ-Health*, 46(3), p145-50, May-Jun 1991
  - 5) Ostro, B. et al, Air Pollution and Respiratory Morbidity among Adults in Southern California, *Americ. Journal of Epidemiology*, Vol. 137, Nr. 7, April 1993, S. 691ff
  - 6) Brunekreef, B. et al, Hoek-G; Breugelmans-O; Leentvaar-M, Respiratory effects of low-level photochemical air pollution in amateur cyclists, Department of Epidemiology and Public Health, University of Wageningen, The Netherlands, *Am-J-Respir-Crit-Care-Med.* 1994 Oct; 150(4): 962-6
  - 7) Lippmann, M., Health effects of tropospheric ozone: review of recent research findings and their implications to ambient air quality standards, Nelson Institute of Environmental Medicine, New York University Medical Center, Tuxedo 10987, *J-Expo-Anal-Environ-Epidemiol.* 1993 Jan-Mar; 3(1): 103-29
  - 8) Schwartz-Klapp, P., Das "Trockene Auge" und Ozon, Korrelation zwischen dem Beschwerdebild der Keratoconjunctivitis sicca mit Luftschadstoffen mit Schwerpunkt Ozon. Schwartz-Klapp, P., Mozartstr. 12, 63688 Gedern-Wenings, Tel. 06045 1763, Dezember 1993



Schäden an der Vegetation beginnen ab Ozonkonzentrationen von  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Stundenmittel bzw.  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Tagesmittel. <sup>9)</sup>

Aufgrund theoretischer Überlegungen (Bildung freier Sauerstoffradikale durch Ozon) und als Ergebnis von Tierexperimenten muß heute davon ausgegangen werden, daß Ozon kanzerogen und co-kanzerogen ist. Daneben schädigen Photooxidantien die Reinigungsmechanismen (Flimmerepithel, Makrophagen) des Bronchialsystems, wodurch die Verweildauer anderer kanzerogener Luftschadstoffe (z.B. Dieselrußpartikel, Aerosole mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen wie Benzpyren u.a.) erhöht wird und deren kanzerogene Wirkung verstärkt wird. Daneben zeigte sich in zahlreichen Mutagenitätstests, daß Ozon an verschiedenen Testsystemen genetische Schäden verursacht. (siehe z.B. <sup>10)</sup>)

Bei der Bewertung der Ergebnisse von **Tierexperimenten** muß berücksichtigt werden, daß Tierversuche eine Reihe von Nachteilen haben, von denen die meisten in Richtung einer Unterschätzung des Risikos bei der Übertragung auf den Menschen führen:

<sup>9)</sup> Verein Deutscher Ingenieure, VDI, Maximale Immissionskonzentrationen für Ozon (und photochemische Oxidantien) zum Schutze der Vegetation, VDI 2310, Blatt 6, 1987

<sup>10)</sup> Victorin-K, Review of the genotoxicity of Ozone, Institute of Environmental Medicine, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden, Mutat-Res. 1992 Sep; 277(3): 221-38

So beträgt die Zeitdauer, denen die Versuchstiere einem Schadstoff im Experiment ausgesetzt sind, in der Regel nur einige Wochen bis Monate. Der Mensch hingegen ist dem Schadstoff in der Umwelt meist Jahre bis Jahrzehnte in unterschiedlichen Konzentrationen ausgesetzt.

Um zu eindeutigen Ergebnissen kommen zu können, wird im Tierversuch in den meisten Fällen nur ein Schadstoff, in seltenen Fällen die Kombination von zwei bis drei Schadstoffen untersucht. Auch dies ist eine völlig andere Situation als die Schadstoffbelastung, der der Mensch in der heutigen Umwelt ausgesetzt ist: Der Mensch leidet heute unter der Einwirkung von jeweils Dutzenden von Schadstoffen in der Atemluft, der Nahrung und im Trinkwasser, oft kombiniert mit Schadstoffen aus Arzneimitteln, Genußmitteln, Textilien, Kunststoffen o.ä.. Kombinationswirkungen von mehreren Schadstoffen werden sowohl in Tierexperimenten als auch bei der Festlegung von Grenzwerten jedoch nicht berücksichtigt. Gesetzliche Grenzwerte gelten jeweils nur für den einzelnen Schadstoff in einer ansonsten schadstofffreien Umwelt.

Um mit einer nicht zu großen Zahl von Versuchstieren in der meist kurzen Versuchsdauer zu eindeutigen Ergebnissen kommen zu können, werden bei Tierversuchen meist hohe Konzentrationen eines Schadstoffs eingesetzt. Daraus wird häufig der falsche Schluß gezogen, unterhalb der getesteten Konzentrationen sei der untersuchte Schadstoff wirkungslos.

Seit längerer Zeit schon werden in Tierexperimenten genetisch einheitliche Versuchstierstämme eingesetzt. Dies bringt zwar den Vorteil besserer wissenschaftlicher Reproduzierbarkeit, klammert jedoch die hohe genetische Variabilität beim Menschen und eine genetisch verursachte besondere Empfindlichkeit einzelner Menschen gegenüber bestimmten Schadstoffen aus. Dasselbe gilt für die Tatsache, daß im Tierexperiment in aller Regel nur gesunde Versuchstiere eingesetzt werden, während die Schadstoffe der Umwelt beim Menschen auf eine Gesamtbevölkerung treffen, in der Gesunde genauso vertreten sind wie Kranke, Ältere, Gebrechliche, Säuglinge und Kleinkinder.

Ähnliche Probleme ergeben sich bei der Bewertung der Ergebnisse von **Klimakammer-Experimenten** mit Ozon. Diese wurden in den 70er und 80er Jahren in großer Zahl durchgeführt und ergaben Beeinträchtigungen der Lungenfunktion bei Menschen ab Ozonkonzentrationen von ca. 200-240  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Auch diese Experimente werden in aller Regel nur mit einem Schadstoff (in diesem Fall Ozon) durchgeführt. Andere Photooxidantien, die in der Realität immer zusammen mit Ozon auftreten wie z.B. Wasserstoffperoxid, Salpetersäure, Peroxyacetylnitrat und andere Peroxynitrate bleiben ausgeklammert. Das zweite Problem ist, daß Klimakammer-Experimente meist mit gesunden jungen Erwachsenen durchgeführt werden (meist Studenten einer Hochschule), die kurze Zeit (Minuten bis Stunden) einer definierten Ozonkonzentration ausgesetzt werden. Die

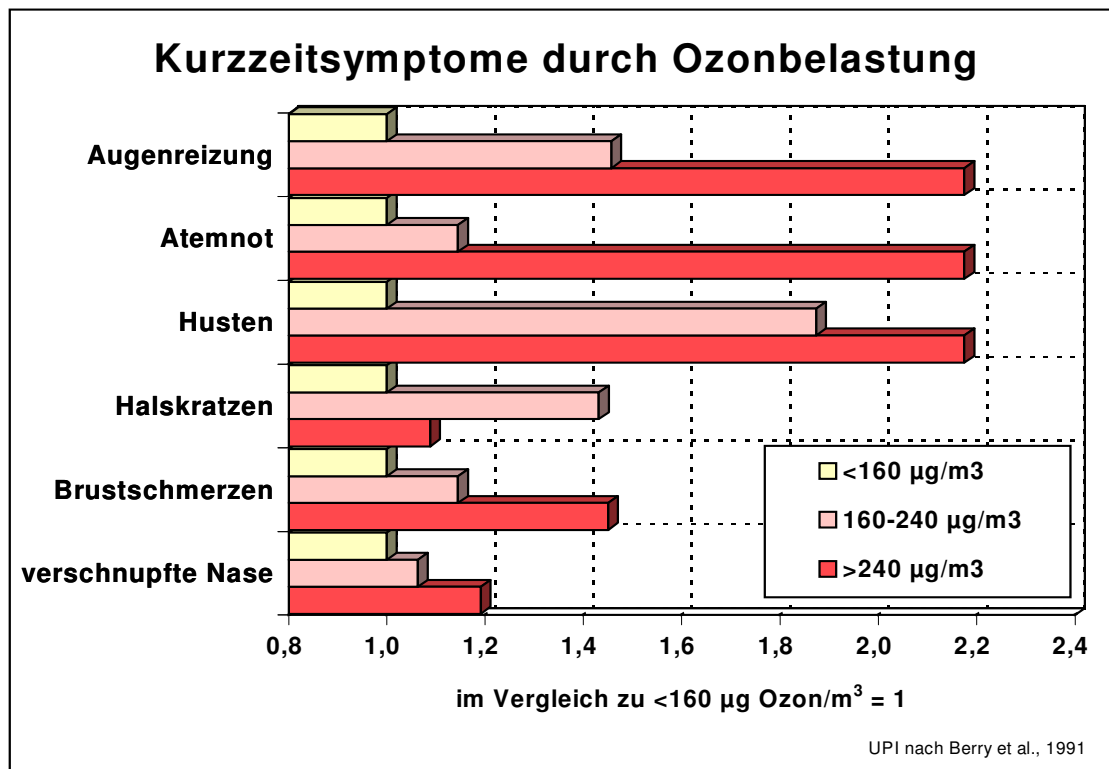
Übertragung der Ergebnisse von Klimakammer-Experimenten auf die reale Sommersmogsituation der Bevölkerung führt deshalb zu deutlichen Unterschätzungen des Risikos, da andere Photooxidantien außer Ozon genauso ausgeklammert werden wie andere Schadstoffe und die große Varianz innerhalb einer Bevölkerung (vielfältige Vorbelastungen, Krankheiten, Altersstufen und genetische Variationen) außer Acht bleiben.

Wesentlich besser als mit Tierversuchen oder Klimakammerexperimenten lassen sich durch **epidemiologische Untersuchungen** Aussagen über das Risiko beim Menschen treffen. Dabei wird versucht, die unter realen Umweltbedingungen beim Menschen auftretenden Gesundheitsschäden durch Umweltbelastungen oder andere Ursachen quantitativ zu ermitteln und den jeweiligen möglichen Ursachen zuzuordnen. Dabei werden Unterschiede in der zeitlichen oder räumlichen Verteilung von Gesundheitsschäden in Abhängigkeit von der zeitlichen oder räumlichen Verteilung von Ursachen berechnet. Dabei muß ein besonderes Augenmerk auf mögliche andere Ursachen der Gesundheitsschäden wie auf mögliche natürliche Ursachen gelegt werden. Um andere Ursachen möglichst auszuschließen, wird in der Regel eine Untersuchungsgruppe in einem Belastungsgebiet mit einer nach sozialen, beruflichen etc. Kriterien möglichst identischen Untersuchungsgruppe in einem Kontrollgebiet verglichen. Sofern dadurch mögliche andere Ursachen hinreichend herausgefiltert werden, stellen epidemiologische Untersuchungen eine sehr gute Basis zur Beurteilung des Risikos dar. Doch auch dabei treten prinzipielle Probleme auf, die in der Tendenz zu einer Unterschätzung des Risikos führen können. Dies sei am Beispiel von Ozon etwas näher erläutert.

Kurzzeitige (und meist vorübergehende) Gesundheitsschäden durch Ozon lassen sich am besten durch zeitlich differenzierte epidemiologische Untersuchungen ermitteln. Ein Beispiel ist die Studie von Berry et al, 1991<sup>11)</sup>, in der Kurzzeitsymptome an Besuchern von Sommercamps in Abhängigkeit vom zeitlichen Verlauf der Ozonbelastung (Stundenmittel) untersucht wurden (siehe Grafik "Kurzzeitsymptome durch Ozonbelastung").

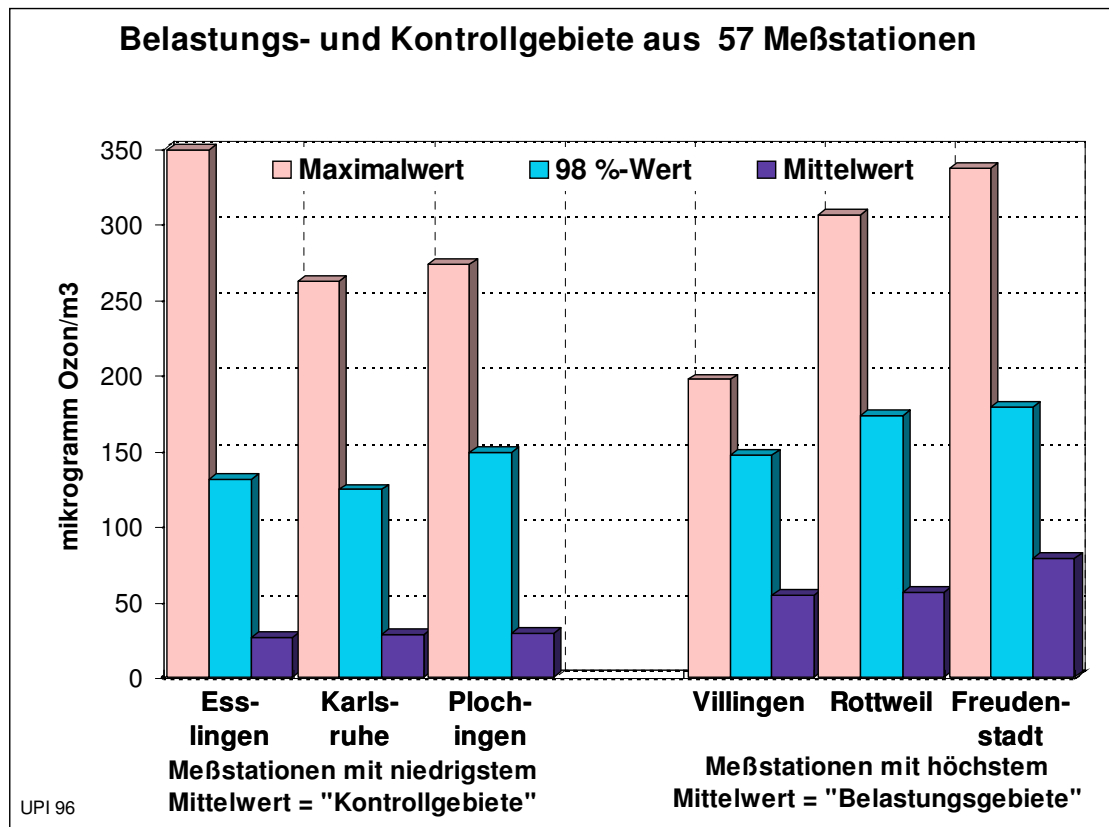
---

<sup>11)</sup> Berry, M., Liroy, P., Gelperin, K., Buckler, G., Klotz, J.: Accumulated Exposure to Ozone and Measurement of Health Effects in Children and Counselors at two Summer Camps, Environmental Research 54, 135-150, 1991



Schwieriger zu beantworten ist die Frage nach möglichen Langzeitschäden durch die Sommersmog-Belastung. Hier müßte versucht werden, Gebiete mit hoher Ozonbelastung solchen mit niedriger Ozonbelastung gegenüberzustellen. Sucht man unter 57 Meßgebieten die 3 Gebiete mit der niedrigsten Jahresmittelbelastung und stellt sie den 3 Gebieten mit der höchsten Belastung gegenüber, ergibt sich, daß die "Belastungsgebiete" 3 bis 4-mal höhere mittlere Ozonbelastungen aufweisen als die "Kontrollgebiete" (siehe Grafik "Ozonbelastungen an 57 Meßstationen").

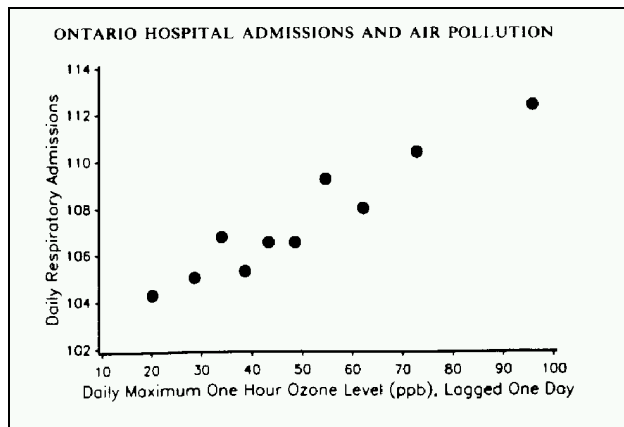
Epidemiologisch ermittelte Unterschiede in der Krankheitshäufung zwischen Belastungs- und Kontrollgebiet könnten nun als die Folge der Ozonbelastung definiert werden. Betrachtet man jedoch die Spitzenbelastungen, stellt man fest, daß zwischen Belastungs- und Kontrollgebiet praktisch kein Unterschied mehr besteht (Der 98 %-Wert gibt den Wert an, über dem 2 % der Meßwerte liegen; der Maximalwert gibt den in einem jeweiligen Zeitraum gemessenen Höchstwert an). Die 98 %-Werte liegen in den Belastungsgebieten nur etwa 1/4 höher als im Kontrollgebiet, die Maximalwerte liegen in den Belastungsgebieten sogar niedriger als in dem im Jahresmittel am wenigsten belasteten "Kontrollgebiet" Esslingen.



Mit anderen Worten: Bei einem epidemiologischen Vergleich zwischen Belastungs- und Kontrollgebiet (bzw. zwischen einer Zeitperiode mit hoher und niedriger Belastung) muß auch berücksichtigt werden, daß fast immer auch im Kontrollgebiet (bzw. in der Kontrollperiode) eine Schadstoffbelastung vorliegt. Wird dies versäumt, unterschätzt der aus der epidemiologischen Analyse ermittelte Risikowert das tatsächliche Risiko. Dies ist in vielen epidemiologischen Studien der Fall.

Ein weiteres Beispiel sind epidemiologische Untersuchungen, die die Zahl der in Krankenhäuser eingelieferten Patienten in Abhängigkeit der zum Zeitpunkt der Einlieferung vorherrschenden Wetter- und Schadstoffkonzentrationen untersuchen. Ein Beispiel ist die Studie von Burnett, R.T. et al, 1994, in der die Einlieferung von Patienten in 168 Krankenhäuser in Ontario im Zeitraum von 1983 bis 1988 untersucht wurde. Dabei ergaben sich deutliche und statistisch signifikante Zusammenhänge zwischen der Höhe der Luftverschmutzung und der Einlieferungsrate von Patienten mit schweren Atemwegserkrankungen. Die stärkste statistisch signifikante Korrelation ergab sich zwischen Atemwegserkrankungen und der Ozonkonzentration am Tag der Einlieferung bis drei Tage vor der Einlieferung. Die Zusammenhänge zeigten sich in allen Altersgruppen, allerdings waren Kleinkinder etwa 4-mal so stark betroffen wie ältere Erwachsene. Wichtig ist, daß die Einlieferungsrate von Patienten mit Atemwegserkrankungen kontinuierlich mit den Spitzenkonzentrationen von Ozon anstieg (siehe Grafik. 1 ppb = 2 µg Ozon/m<sup>3</sup>). Insgesamt traten in dem Einzugsgebiet der Krankenhäuser in Ontario keine sehr hohen Spitzenkonzentrationen von Ozon auf.





Statistisch signifikante gesundheitsschädigende Wirkungen zeigten sich bereits ab Konzentrationen von 100-120  $\mu\text{g}$  Ozon/ $\text{m}^3$ .

Abb: Zusammenhang zwischen der Zahl eingelieferter Patienten mit schweren Atemwegserkrankungen und der Ozonkonzentration ein Tag vor der Einlieferung, aus Burnett, R.T. et al, 1994

Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei Untersuchungen der Patienten von Krankenhäusern in New York, Minneapolis, Birmingham und Detroit. (siehe Tabelle)

Krankenhäuser	Risiko- erhöhung	pro x $\mu\text{g}$ $\text{O}_3/\text{m}^3$		Quelle
New York	10%	100 max h-Wert	alle Atemwegserkrankungen	Thurston et al 1992 <sup>12</sup>
Minneapolis	16%	100 24-h mittel	Lungenentzündung	Schwartz, 1994a <sup>13</sup>
Birmingham	14%	100 24-h mittel	Lungenentzündung	Schwartz, 1994b <sup>14</sup>
Birmingham	17%	100 24-h mittel	Chronische Obstruktive Bronchitis	Schwartz, 1994b
Detroit	30%	100 24-h mittel	Lungenentzündung	Schwartz, 1994c <sup>15</sup>
Ontario	13%	200 max h-Wert	alle Atemwegserkrankungen	Burnett et al, 1994 <sup>16</sup>

Dies steht in Übereinstimmung mit Untersuchungen an Kindern in Baden-Württemberg, bei denen sich ab Spitzenkonzentrationen von 180  $\mu\text{g}$  Ozon/ $\text{m}^3$  Entzündungen der oberen Atemwege zeigten.<sup>17)</sup>

In einer großangelegten Studie, in der alle Todesfälle im Distrikt Los Angeles County im Zeitraum von 1970-1979 ausgewertet wurden, ergab sich ein deutlicher und statistisch

12) Thurston GD, Ito K, Kinney PL, Lippman M. A multiyear study of air pollution and respiratory hospital admissions in three New York State metropolitan areas: results for 1988 and 1989 summers. J Expos Anal Environ Epidemiol 1992; 2:429-50

13) Schwartz J. PM, Ozone and hospital admissions for the elderly in Minneapolis-St.Paul, Minnesota, Archives of Environmental Health, 1994, 49 (5), 366-74

14) Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for the elderly in Birmingham, Al. Am J Epidemiol 1994;139:589-94

15) Schwartz J. Air pollution and hospital admissions for the elderly in Detroit, Department of Environmental Health, Harvard School of Public Health, Boston, Massachusetts 02115, Am-J-Respir-Crit-Care-Med. 1994 Sep; 150(3): 648-55

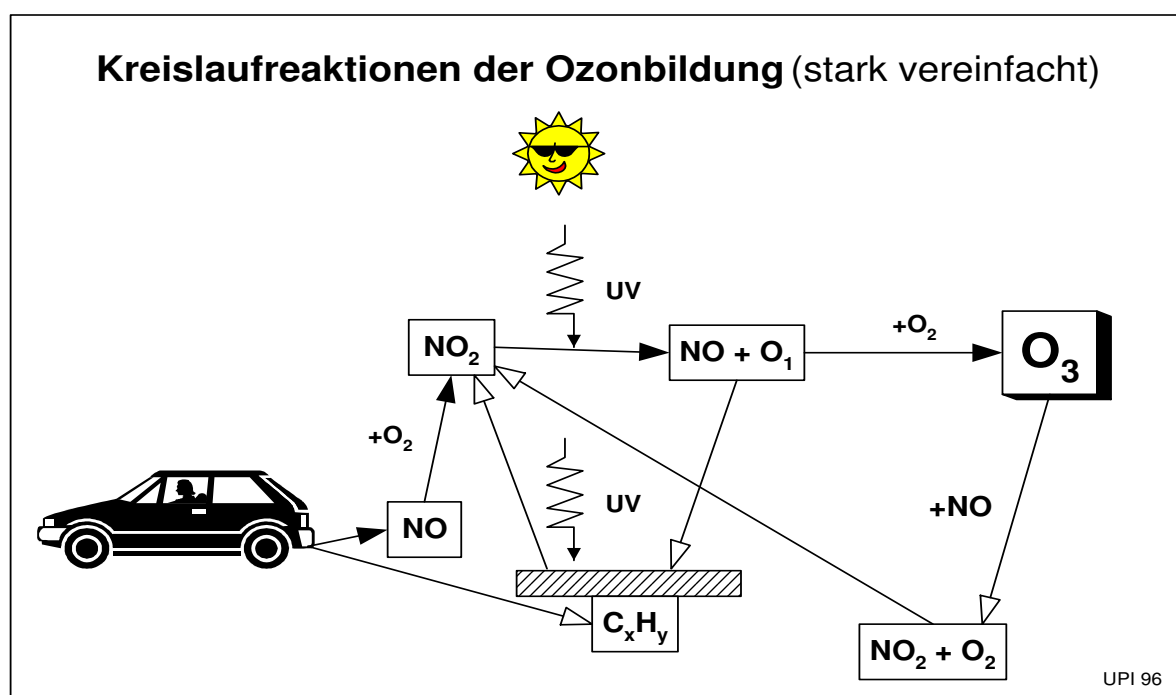
16) Burnett RT, Dales RE, Raizenne ME, Krewski D, Summers PW, Roberts GR, Raad-Young M, Dann T, Brooke T. Effects of low ambient levels of ozone and sulfates on the frequency of respiratory admissions to Ontario hospitals. Environ Research, 1994, 65, 172-194

17) Frischer-TM; Kuehr-J; Pullwitt-A; Meinert-R; Forster-J; Studnicka-M; Koren-H, Ambient Ozone causes upper airways inflammation in children, University Children's Hospital, Vienna, Austria, Am-Rev-Respir-Dis. 1993 Oct; 148(4 Pt 1): 961

signifikanter Einfluß von Ozon auf die Sterblichkeit.<sup>18)</sup> Von allen untersuchten Faktoren ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ , Kohlenwasserstoffe, Temperatur und Ozon) zeigte Ozon den stärksten Zusammenhang zu den kurzfristigen Schwankungen der Sterblichkeit. Die Effekte zeigten sich ab etwa  $300 \mu\text{g Ozon/m}^3$ .

## Bildung von Ozon

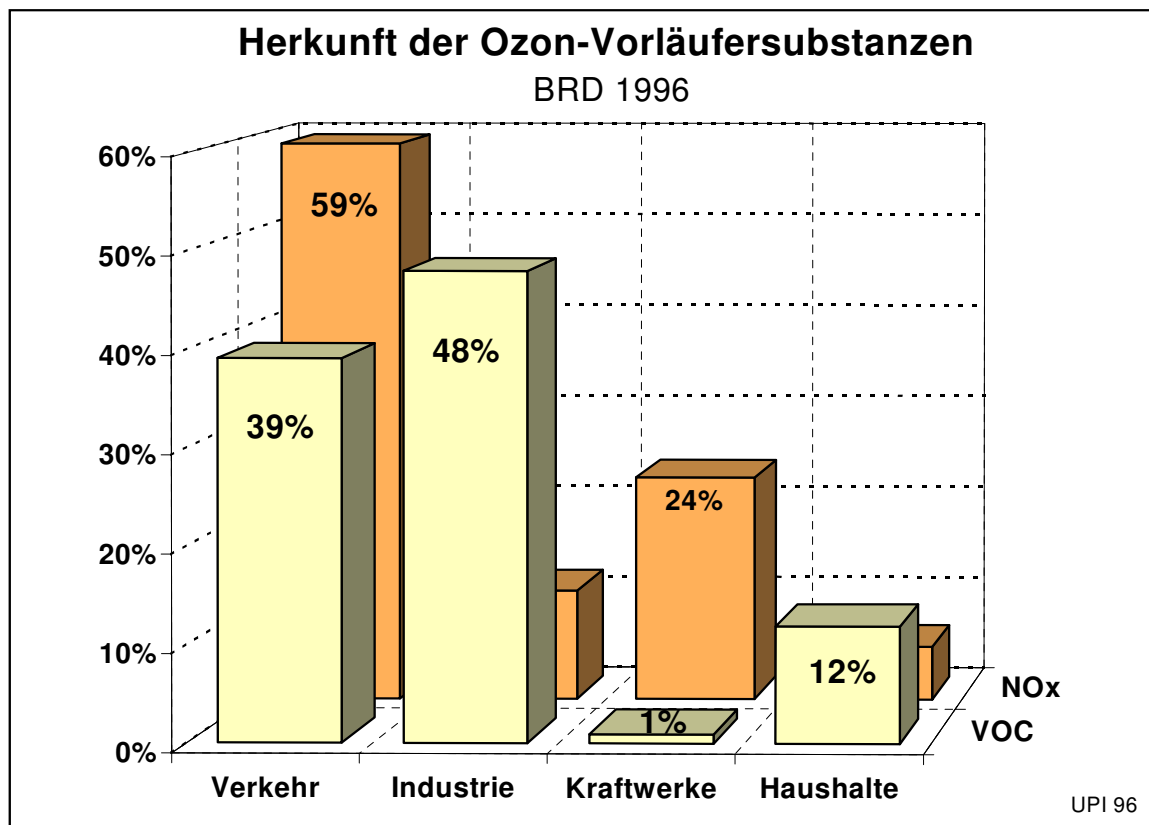
Ozon bildet sich in chemischen Kreislaufprozessen unter Einwirkung der UV-Strahlung der Sonne aus Stickoxiden, Kohlenwasserstoffen und Luftsauerstoff. Die Grafik „Kreislaufreaktionen der Ozonbildung“ zeigt stark vereinfacht die wichtigsten Reaktionen, die zur Bildung von Ozon führen.



Heute stammen 59 % der Stickoxid-Emissionen und 39% der VOC-Emissionen<sup>19)</sup> aus dem Verkehr (siehe Grafik "Herkunft der Ozon-Vorläufersubstanzen, BRD 1996").

<sup>18)</sup> Kinney, P. and Özkaynak, H., Associations of daily mortality and air pollution in Los Angeles County, Dep. of Environm. Health, Harvard School of Medicine, Boston, Environmental Research, 54, 99-120, 1991

<sup>19)</sup> VOC-Emissionen = Kohlenwasserstoffemissionen incl. Lösungsmittel (Volatile Organic Compounds)

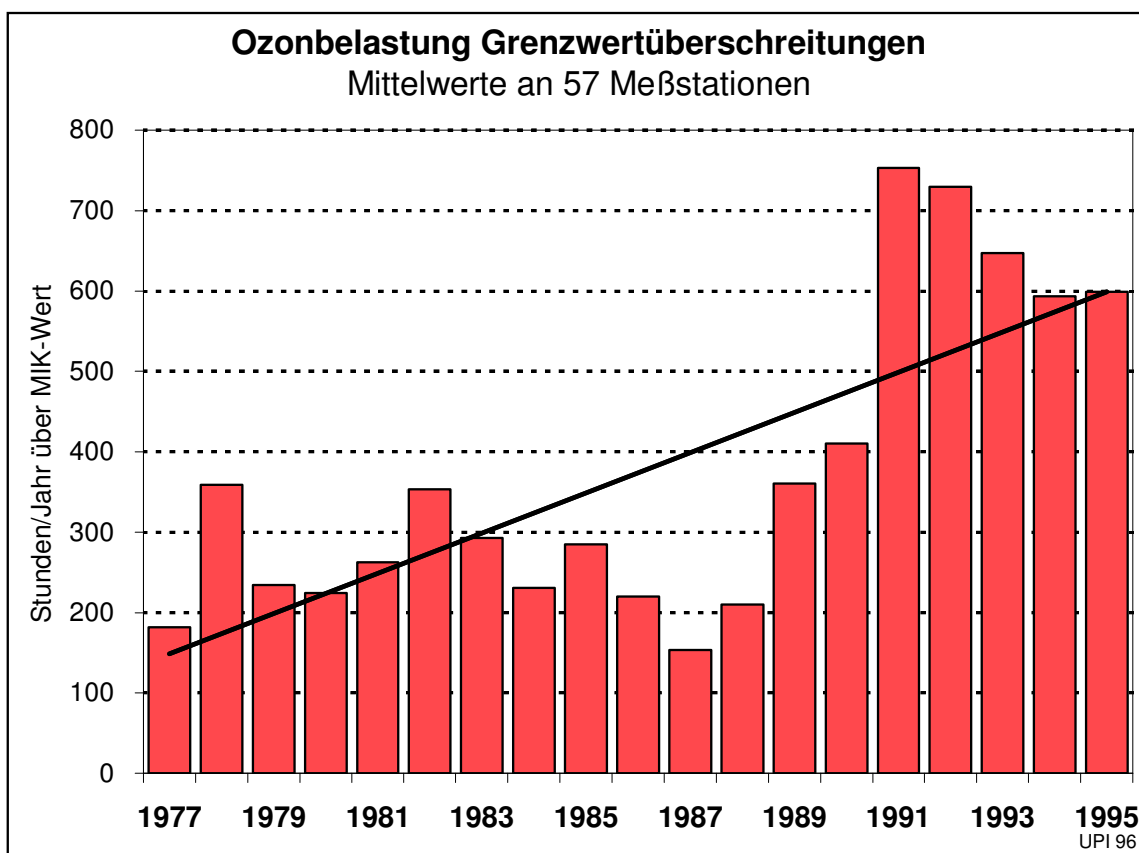
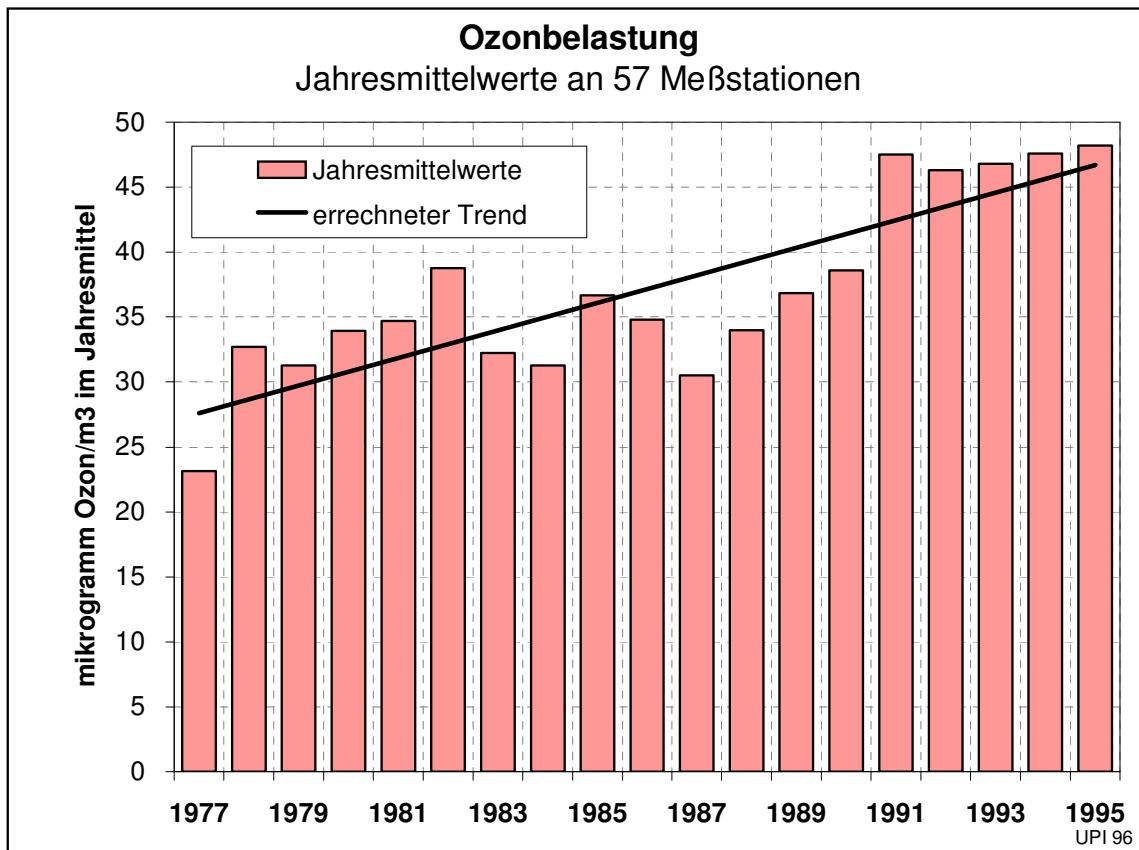


## Langfristiger Trend

Zur Analyse der langfristigen Entwicklung der Ozonbelastung werden vom UPI-Institut seit einigen Jahren 57 amtliche Meßstationen ausgewertet. Insgesamt wurde aus ca. 6 Millionen Einzelmeßwerten ein Trend über einen Zeitraum von mehr als eineinhalb Jahrzehnten berechnet. Die Berechnung ergibt im Durchschnitt einen zunehmenden Trend (siehe nachfolgende Grafik „Ozonbelastungen, Mittelwerte an 57 Meßstationen“).<sup>20</sup>

Jahresmittelwerte stellen einen Durchschnitt über alle Zeiträume des Jahres (Tag/Nacht, Sommer/Winter) dar. Hohe Ozonkonzentrationen treten jedoch nur im Sommer tagsüber bei Sonnenschein auf. Kritischer stellt sich die Situation deshalb dar, wenn statt eines über das gesamte Jahr gemittelten Wertes die Häufigkeit der Überschreitungen des Ozon-Richtwertes betrachtet wird. Dabei wird nur der Zeitraum mit hohen Ozon-Werten betrachtet, der als ökologisch und medizinisch kritisch zu bewerten ist. Die nachfolgende Grafik zeigt die Überschreitungszeit des VDI-Richtwertes für Ozon von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (identisch mit dem Schweizer Ozon-Grenzwert) an denselben Meßstellen. Die dargestellte Stundenzahl gibt dabei an, wieviel Stunden in dem betreffenden Jahr die Ozon-Konzentrationen im Durchschnitt der 57 Meßstellen über dem Ozon-Richtwert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lag.

<sup>20)</sup> UPI-Bericht 26, "Ozon - Entwicklung der Sommersmogbelastung, Ursachen und Folgen", Juni 1993



Vergleiche mit Ozonmessungen im vorigen Jahrhundert zeigen, daß sich die sommerlichen

Ozonkonzentrationen in der Umgebungsluft in den letzten 100 Jahren im Mittel etwa fünffacht haben.<sup>21)</sup>

## Sommersmog-Gesetz der Bundesregierung

Zur Abwehr gesundheitsschädlicher Ozon-Konzentrationen in den Sommermonaten erließ die Hessische Landesregierung im Juli 1993 eine „Verordnung zur Bekämpfung der Luftverschmutzung durch Ozon“, in der ab Konzentrationen von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Geschwindigkeitsbeschränkungen von 90 km/h auf Bundesautobahnen sowie 80 km/h auf sonstigen Straßen angeordnet wurden. Im Juli 1994 wurde der Auslösegrenzwert von 240 auf  $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$  herabgesetzt. Daraufhin kam es im Juli und August 1994 in Hessen dreimal zur Auslösung von Ozon-Alarm. Unter dem Druck der Hessischen Ozon-Verordnung legte die Bundesregierung im Jahr 1995 einen Entwurf für ein bundesweites Sommersmog-Gesetz vor.

In dieser Studie wird mit Hilfe des Datenbestandes der ca. 300 Ozon-Meßstationen in der Bundesrepublik Deutschland aus den letzten 6 Jahren (ca. 12 Millionen Ozon-Meßwerte im Zeitraum 1990-1995) untersucht, welche Wirksamkeit das Sommersmog-Gesetz hat und wie es gegebenenfalls verbessert werden kann. Grundlage dieser Auswertung sind die an den Meßstellen der Bundesländer<sup>22</sup> und des Umweltbundesamtes in den Jahren 1990 bis 1995 erhobenen Ozon-Meßwerte. Diese wurden vom Umweltbundesamt einheitlich auf photometrische Kalibrierung und eine Normierung auf  $20^\circ\text{C}$ <sup>23</sup> umgerechnet und dem UPI-Institut auf Datenträger zur Verfügung gestellt.

<sup>21)</sup> Volz, A. and Kley, D., Evaluation of the Montsouris series of ozone measurements made in the nineteenth century, Nature, Vol. 332, p240ff, 17.3.1988

<sup>22</sup> Quelle der Meßdaten:

Baden-Württemberg: UMEG GmbH, Daimlerstraße 5b, 76185 Karlsruhe  
 Bayern: Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Rosenkavalierplatz 3, 81925 München  
 Berlin: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umweltschutz; Lentzeallee 12-14, 14195 Berlin  
 Brandenburg: Landesumweltamt Brandenburg, Berliner Str. 21-25, 14467 Potsdam  
 Bremen: Senator für Umweltschutz und Stadtentwicklung, Am Wall 177, 28196 Bremen  
 Hamburg: Umweltbehörde Hamburg, Marckmannstraße 129b, 20539 Hamburg  
 Hessen: Hessische Landesanstalt für Umwelt, Rheingaustraße 186, 65203 Wiesbaden  
 Mecklenburg-Vorpommern: Landesamt für Umwelt und Natur, Boldebucker Weg 3, 18276 Güstrow-Gülzow  
 Nordrhein-Westfalen: Landesumweltamt, Wallneyer Straße 6, 45133 Essen-Bredeney  
 Niedersachsen: Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Göttinger Str. 14, 30449 Hannover  
 Rheinland-Pfalz: Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht, Rheinallée 97-101, 55118 Mainz  
 Saarland: Staatliches Institut für Gesundheit und Umwelt, Malstatter Str. 17; 66117 Saarbrücken  
 Sachsen: Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, Wasastr. 50, 01445 Radebeul  
 Sachsen-Anhalt: Landesamt für Umweltschutz, Reideburger Str. 47-49, 06116 Halle  
 Schleswig-Holstein: Gewerbeaufsichtsamt Itzehoe, Ölixdorfer Str. 2, 25524 Itzehoe  
 Thüringen: Thüringér Landesanstalt für Umwelt, Prüssing Str. 25, 07745 Jena  
 Umweltbundesamt, Bismarckplatz I, 14193 Berlin-Grünwald  
 Umweltbundesamt Pilotstation Frankfurt, Frankfurter Str. 135, 63067 Offenbach

<sup>23</sup> siehe Kapitel „Änderung des Meßverfahrens für Ozon“

## Reduktionsmöglichkeiten für Ozon

Ein häufig kontrovers beurteilter Sachverhalt im Vorfeld des Sommersmog-Gesetzes war die Frage, ob und wie stark die sommerlichen Ozon-Konzentrationen durch Reduktion der Vorläufersubstanzen Stickoxide und Kohlenwasserstoffe reduziert werden können. Auf der Anhörung des Ausschusses für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit des Deutschen Bundestages zum Sommersmog-Gesetz im Juni 1995 behauptete der Direktor des Meteorologischen Instituts der Universität Karlsruhe, Prof. Dr. Fiedler, als meteorologischer Sachverständiger, die normalen, verkehrsbedingten Reduktionen der Vorläufersubstanzen an Wochenenden hätten keinen signifikanten Einfluß auf die Ozon-Konzentrationen. Daraus sei ableitbar, daß Maßnahmen wie Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Fahrverbote keinen Einfluß auf die Ozon-Konzentrationen hätten.<sup>24</sup>

Eine Aufschlüsselung aller in den letzten 6 Jahren gemessenen Ozon-Werte an allen Ozon-Meßstationen der Bundesrepublik Deutschland, die im Rahmen dieser Studie zum ersten Mal durchgeführt wurde, ergibt folgendes Bild:

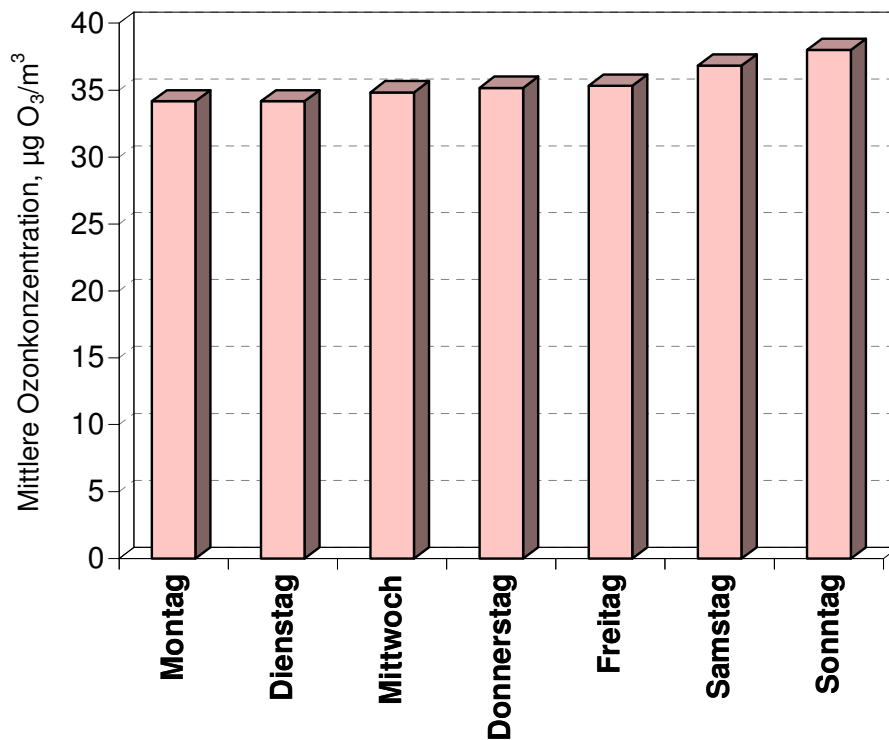
Während die durchschnittlichen Ozon-Konzentrationen nur einen geringen Einfluß des Wochentages zeigen (Grafik „Mittlere Ozon-Konzentrationen im Wochenverlauf“), steigt die Abhängigkeit vom Wochentag mit zunehmender Konzentration der Ozon-Meßwerte deutlich an. (Tabelle 1; Grafiken „Ozon-Konzentrationen >120 µg/m<sup>3</sup> im Wochenverlauf“ und folgende). Je höher die Ozon-Konzentrationen sind, umso stärker steigen sie im Wochenverlauf von Montag bis Freitag (kontinuierlich hohe Emission der Vorläufersubstanzen) an und erreichen am Samstag ihr Maximum. Danach fallen sie am Sonntag und Montag wieder ab, um danach wieder erneut anzusteigen. Diese Änderungen der Ozon-Konzentrationen im Wochenverlauf sind aufgrund der hohen Zahl der Meßwerte statistisch hoch signifikant.

1990-1995	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Mittelwert µg/m <sup>3</sup>	34,2	34,2	34,8	35,2	35,3	36,8	38,0
Überschreitung 120 µg, Std	51 892	54 698	60 039	64 956	67 639	77 645	65 204
Überschreitung 180 µg, Std	2 608	3 365	3 681	5 500	6 154	7 839	4 701
Überschreitung 220 µg, Std	195	354	272	622	766	1 252	508

Tabelle 1: Wochenverlauf der Ozonmittelwerte und Überschreitungshäufigkeiten von Ozonkonzentrationen als Summe aller Meßstationen im Bundesgebiet in den Jahren 1990 bis 1995

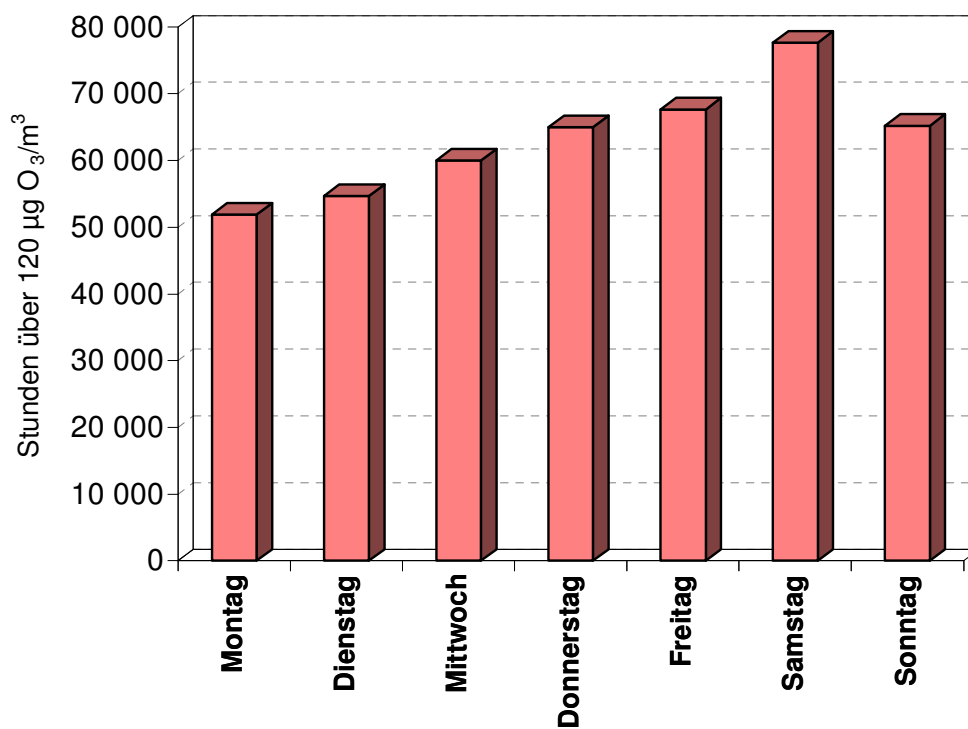
<sup>24</sup> Deutscher Bundestag, Ausschuß für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, stenografisches Protokoll der 14.Sitzung, 19. Juni 1995

### Mittlere Ozonkonzentrationen im Wochenverlauf Alle Meßstationen BRD 1990-1995

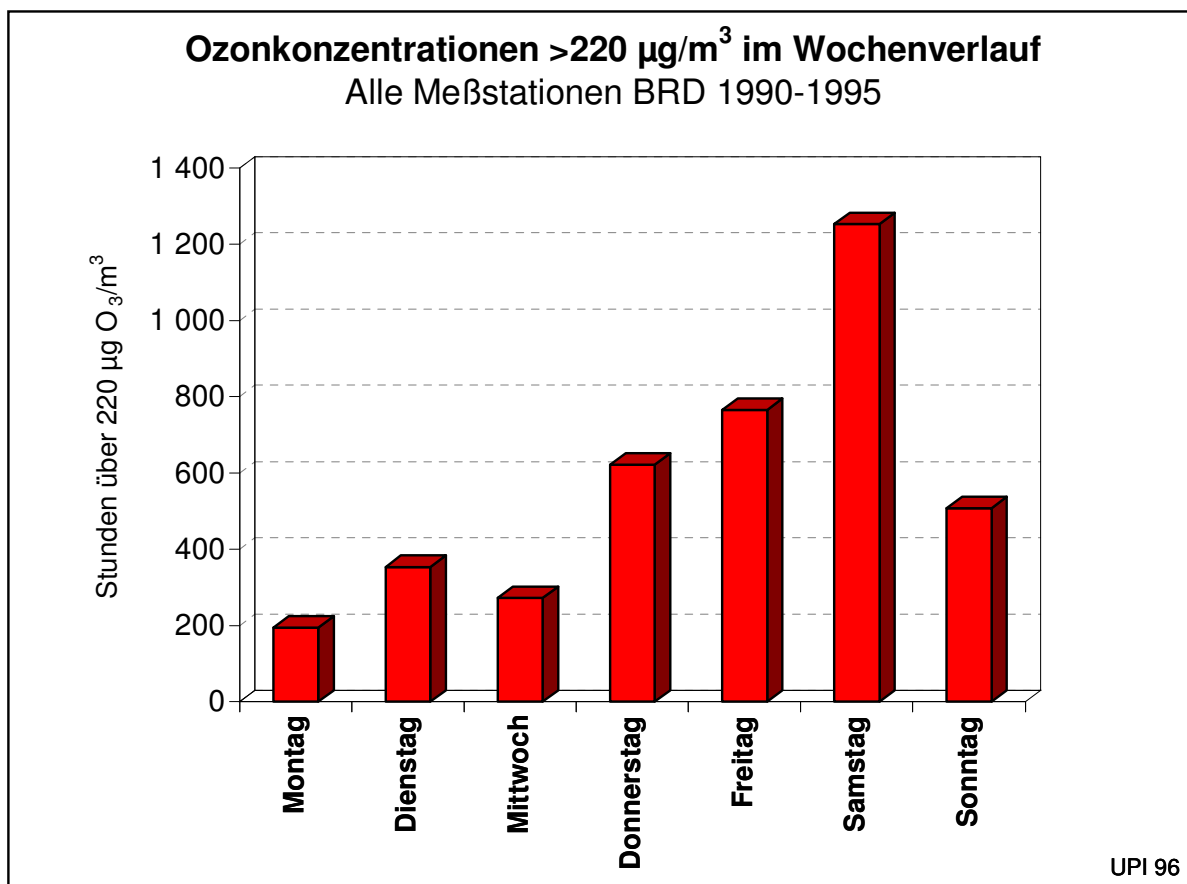
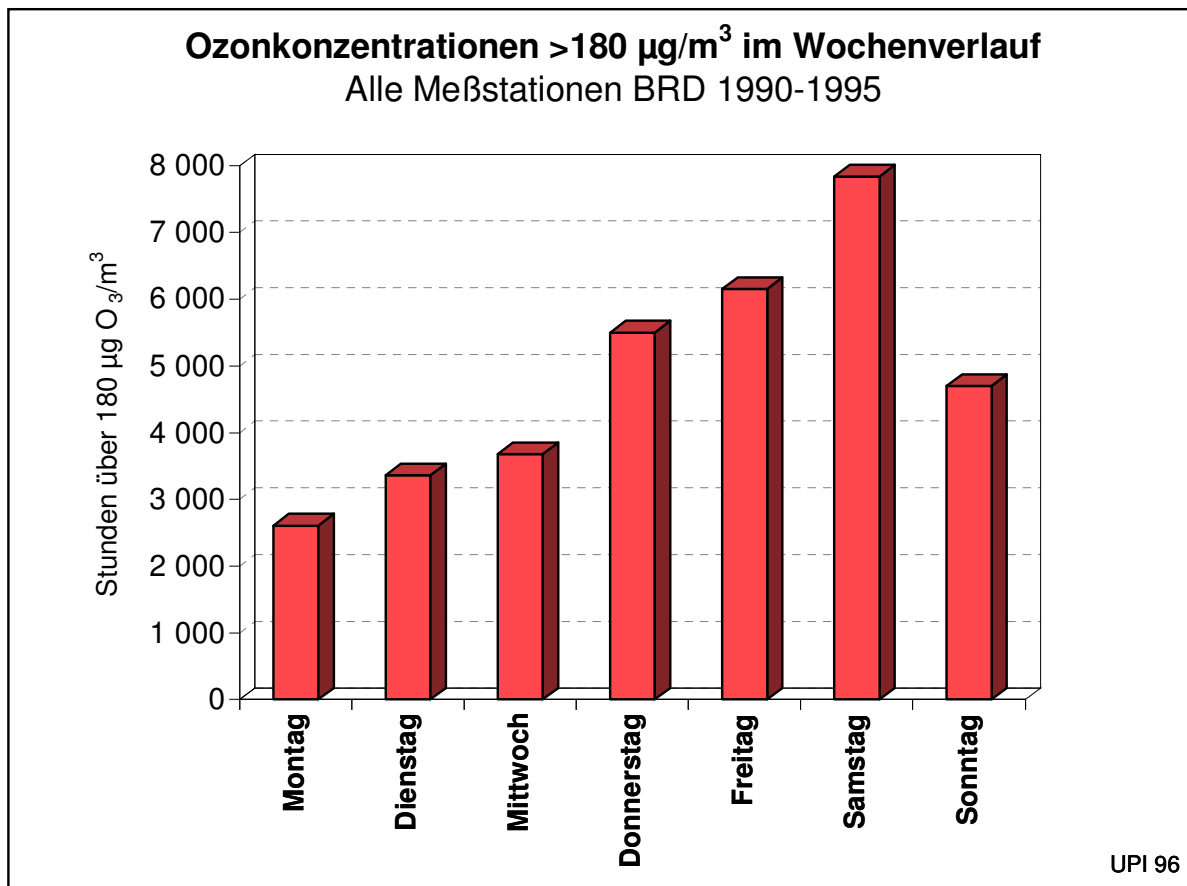


UPI 96

### Ozonkonzentrationen $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Wochenverlauf Alle Meßstationen BRD 1990-1995



UPI 96

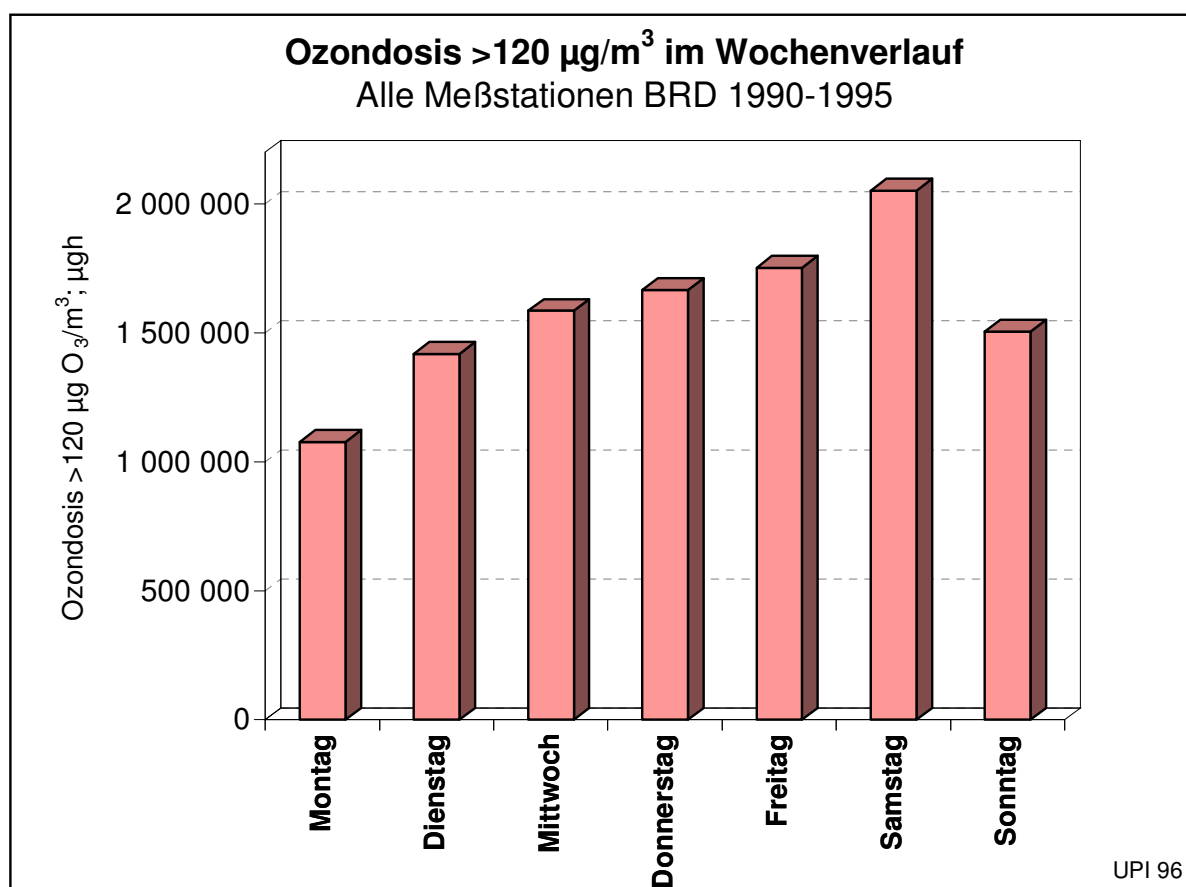




Noch deutlicher wird die Abhängigkeit der Ozon-Konzentrationen vom Wochenverlauf, wenn statt der Überschreitungshäufigkeit bestimmter Ozonkonzentrationen das Integral der Ozondosis oberhalb bestimmter Ozonkonzentrationen betrachtet wird.

Diese Ozon-Grenzwertüberschreitungs-Dosis ist gleichzeitig das beste Maß für die Ozon-Spitzenbelastung und deren medizinische Relevanz. Die Ozondosis besitzt die Einheit  $\mu\text{g} \cdot \text{Stunden}$  oder  $\mu\text{gh}$  (z.B.  $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Sie wird so berechnet, daß für jede Meßstelle bei einer Überschreitung z.B. des Ozonrichtwertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  die Differenz zwischen dem Meßwert und  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit der Stundenzahl der Grenzwertüberschreitung multipliziert und das Ergebnis über ein Jahr oder länger aufsummiert wird.

Die Grafik „Ozondosis  $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Wochenverlauf“ zeigt beispielhaft den Verlauf der Ozondosis  $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Tabelle 2 die Wochentagswerte der mittleren Ozonkonzentrationen und der Ozondosen in den Jahren 1990 bis 1995.



1990-1995	Montag	Dienstag	Mittwoch	Donnerstag	Freitag	Samstag	Sonntag
Ozondosis > 120 µgh	1 076 722	1 417 488	1 584 626	1 665 783	1 751 813	2 050 626	1 503 627
Ozondosis > 180 µgh	40 128	88 520	81 511	104 479	103 755	150 063	89 530
Ozondosis > 220 µgh	2 689	10 267	8 439	12 332	9 671	19 124	7 463

Tabelle 2: Wochenverlauf der Ozondosen; Durchschnitt aller Meßstationen im Bundesgebiet in den Jahren 1990 bis 1995

Da sich Werktagen und Wochenenden weder im Wettergeschehen noch im Strahlungshaushalt der Atmosphäre unterscheiden, können die Unterschiede in den Ozonbelastungen ihre Ursache nur in einer Änderung der Emissionsbedingungen der Vorläufersubstanzen haben.

Tabelle 3 zeigt die Höhe der Emissionen der Vorläufersubstanzen im Vergleich zwischen Werktagen und Wochenenden.

	Emission an einem Werktag	durchschnittlichen Wochenendtag
NO <sub>x</sub>	100%	70%
VOC	100%	79%
CO	100%	84%
CO <sub>2</sub>	100%	82%

Tabelle 3: Verhältnis der Emissionen der Vorläufersubstanzen Stickoxide, VOC und Kohlenmonoxid in der Bundesrepublik Deutschland 1996; Werktagen und Wochenenden (UPI 1996)

Bedingt durch das geringere Verkehrsaufkommen und das Fehlen des LKW-Verkehrs an Wochenenden liegen die Gesamtemissionen an NO<sub>x</sub> um 30%, an VOC-Emissionen um 21% und an Kohlenmonoxid um 16% niedriger als an Werktagen.

Wie die Grafiken über den Wochenverlauf der Ozon-Konzentrationen zeigen, bauen sich die Ozonkonzentrationen durch die erhöhten Werktags-Emissionen der Vorläufersubstanzen während der Woche von Montag bis Samstag auf und erreichen am Samstag ihr Maximum. Die verringerten Emissionen am Wochenende erreichen am Samstag noch keine Wirkung. Erst am Sonntag liegen die Ozon-Spitzen niedriger und erreichen einen Tag nach dem Wochenende am Montag ihr Minimum.

Auf diesem Wege läßt sich errechnen, wie stark die Ozon-Konzentrationen durch Verringerung der Vorläufersubstanzen gesenkt werden können.

Aus dem Meßkollektiv der letzten 6 Jahre ergibt sich, daß die Ozonwerte am Montag (ein bis zwei Tage nach der verringerten Emission der Vorläufersubstanzen am Wochenende) im Vergleich zum Freitag (letzter Tag der 5 Werktage mit hohen Emissionen der Vorläufersubstanzen) um folgende Werte niedriger liegen:

	Montag zu Freitag
Mittelwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-3,3%
Ozondosis >120 $\mu\text{gh}/\text{Jahr}$	-38,5%
Ozondosis >180 $\mu\text{gh}/\text{Jahr}$	-61,3%
Ozondosis >220 $\mu\text{gh}/\text{Jahr}$	-72,2%

Tabelle 4: Reduktion der Ozonwerte am Montag im Vergleich zum Freitag; alle Meßwerte 1990-1995

Daraus ergeben sich die in Tabelle 5 errechneten Reduktionen der Ozon-Werte ein bis zwei Tage nach einer Reduktion der Vorläufersubstanzen um 10%.

Eine Reduktion der Vorläufersubstanzen  $\text{NO}_x$  und VOC um jeweils 10% reduziert

die	um
Ozon-Mittelwerte	-1,3 %
Ozondosis $\mu\text{gh} >120$	-15,2%
Ozondosis $\mu\text{gh} >180$	-24,1 %
Ozondosis $\mu\text{gh} >220$	-28,4 %

Tabelle 5: Ozon-Reduktion durch eine Verringerung der Vorläufersubstanzen um 10% nach einer Zeitverzögerung von ein bis zwei Tagen (UPI 96, errechnet aus allen Ozonmeßwerten in der BRD 1990-1995)

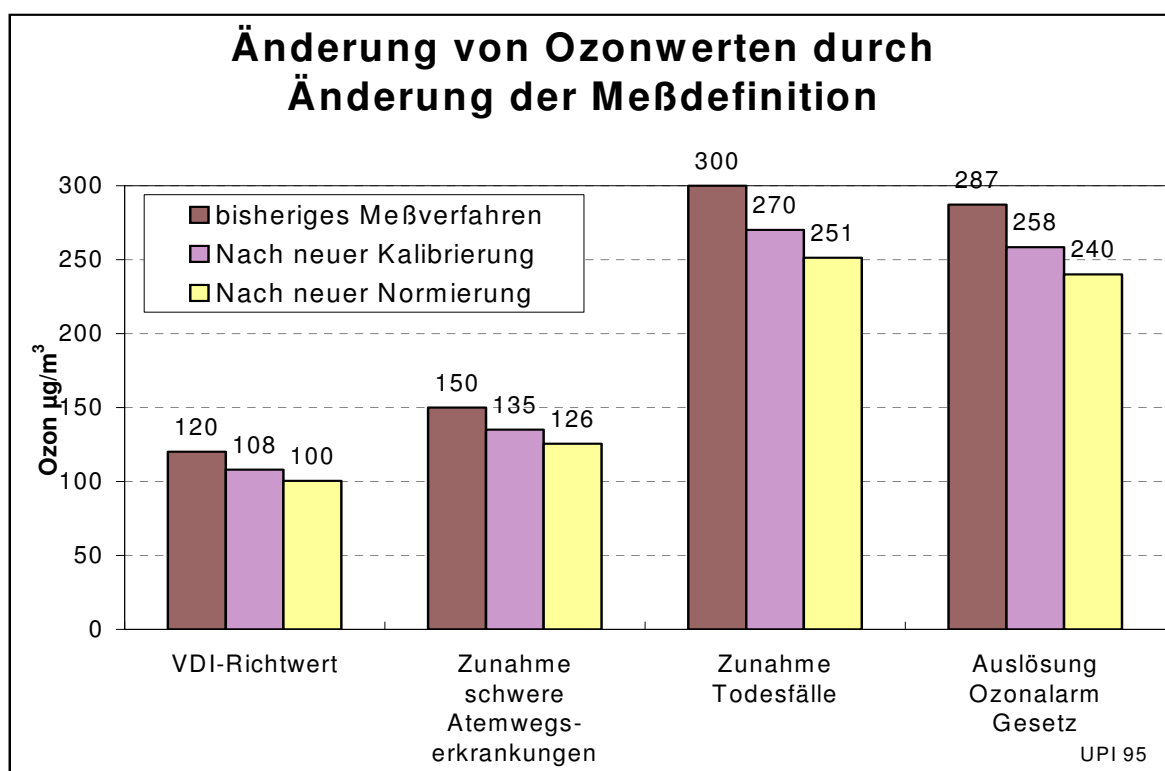
## Änderung des Meßverfahrens

Im Sommersmog-Gesetz wurde das Meßverfahren für Ozon so geändert, daß zukünftig gemessene Ozonwerte rechnerisch um 17 % niedriger liegen als die Ergebnisse früherer Ozonmessungen.

Das Meßverfahren für Ozon wurde auf 2 Arten geändert: Durch Umstellung der Kalibrierung (Eichung) der Meßgeräte von früher naßchemische (KJ) auf UV-Spektrometrische Kalibrierung ergeben sich ca. 10 % niedrigere Meßwerte, wie Ringversuche der Landesmeßstellen im Jahr 1994 zeigten. Diese Umstellung der Kalibrierung wurde von den meisten Meßstellen im Laufe des Jahres 1994 vorgenommen. Zusätzlich schreibt das

Sommersmoggesetz basierend auf der Ozon-Richtlinie der EU vor, daß die Normierung der gemessenen Ozonwerte auf 20 ° Grad Celsius erfolgen muß. Dies führt im Vergleich zur bisher üblichen Normierung auf 0 ° Grad Celsius zu einer weiteren rechnerischen Verringerung der Meßwerte um 7 %. Die nachfolgende Grafik zeigt die Einflüsse der Neu-Kalibrierung und Neu-Normierung auf einzelne Ozonwerte.

Das Hauptproblem ergibt sich daraus, daß praktisch die gesamte Literatur über die medizinischen Folgen von Ozon für Ozonkonzentrationen nach dem naßchemischen Kalibrierungsverfahren normiert auf 0 ° Grad Celsius gilt. Ein Vergleich des Auslösegrenzwerts für Ozonalarm von 240 µg/m<sup>3</sup> mit der wissenschaftlichen Literatur über die Folgen von Ozon ist nur möglich, wenn eine Umrechnung entsprechend dem neuen Meßverfahren durchgeführt wird. Der Grenzwert von 240 µg/m<sup>3</sup> entspricht demnach 287 µg/m<sup>3</sup> nach bisherigem Verfahren. Parallel zur Änderung des Meßverfahrens hätte deshalb der Grenzwert im Gesetz von 240 auf 200 Mikrogramm angepaßt werden müssen. Dies ist nicht geschehen.



## Wirksamkeit des Sommersmog-Gesetzes

---

Das Sommersmog-Gesetz sieht vor, daß Ozon-Alarm in einem Bundesland dann ausgelöst wird, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

1. Ein Grenzwert von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nach der neuen Berechnung muß an mindestens drei Meßstellen überschritten sein.
2. Die Meßstellen müssen mindestens 50 km auseinander liegen und dürfen nicht weiter als 250 km voneinander entfernt sein.
3. In dem betroffenen Bundesland muß an mindestens zwei Meßstellen der Grenzwert überschritten sein. Im Falle der Länder Berlin, Bremen und Hamburg genügt eine Meßstelle mit Grenzwert-Überschreitung.
4. Aufgrund der meteorologischen Situation müssen Ozon-Konzentrationen über  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auch am nächsten Tag zu erwarten sein.

Sind alle diese Kriterien erfüllt, wird in dem betreffenden Bundesland am nächsten Tag Ozon-Alarm mit Fahrverboten ausgelöst. Die durch das Fahrverbot bewirkte Reduzierung der Vorläufersubstanzen wirkt jedoch, wie aus der Analyse der Ozon-Situationen im letzten Kapitel ersichtlich, erst ein bis zwei Tage später. Das Sommersmog-Gesetz der Bundesregierung kann also, unabhängig von seiner quantitativen Wirkung, aus prinzipiellen Gründen die Ozon-Konzentration erst zwei bis drei Tage nach Auftreten der Ozon-Spitzenwerte über  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  beeinflussen.

Mit Hilfe des Datenmaterials aller Ozon-Meßstationen der letzten 6 Jahre wurde untersucht, wie häufig die oben beschriebenen Bedingungen des Sommersmog-Gesetzes zur Auslösung von Ozon-Alarm in den einzelnen Bundesländern vorlagen.

Tabelle 6 zeigt das Ergebnis der Auswertungen als Tage mit Ozon-Alarm in den einzelnen Bundesländern. Obwohl in den letzten 6 Jahren der Grenzwert von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  insgesamt 496 mal überschritten wurde und dabei Spitzenkonzentrationen bis  $336 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen wurden, wäre nach dem Sommersmog-Gesetz der Bundesregierung nur für 1 Tag (9.8.1992) und beschränkt auf zwei Bundesländer Ozon-Alarm ausgelöst worden.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Summe 1990-95
Baden-Württemberg	0	0	1	0	0	0	1
Bayern	0	0	0	0	0	0	0
Hessen	0	0	1	0	0	0	1
Rheinland-Pfalz	0	0	0	0	0	0	0
NRW	0	0	0	0	0	0	0
Niedersachsen	0	0	0	0	0	0	0
Saarland	0	0	0	0	0	0	0
Schleswig-Holstein	0	0	0	0	0	0	0
Bremen	0	0	0	0	0	0	0
Berlin	0	0	0	0	0	0	0
Hamburg	0	0	0	0	0	0	0
Thüringen	0	0	0	0	0	0	0
Sachsen	0	0	0	0	0	0	0
Sachsen-Anhalt	0	0	0	0	0	0	0
Brandenburg	0	0	0	0	0	0	0
Mecklenburg-Vorpommern	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 6: Zahl und Verteilung der Tage, an denen die Kriterien zur Auslösung des Ozon-Alerts nach dem Sommersmog-Gesetz erfüllt gewesen wären (Auswertung aller Meßwerte aller Meßstationen der Bundesrepublik Deutschland)

Durch die im Sommersmog-Gesetz der Bundesregierung vorgesehenen Maßnahmen werden die Gesamt-Emissionen an Stickoxiden kurzfristig um 22% und die Gesamt-Emissionen an VOC um 20% reduziert (siehe Kapitel „Reduktion der Vorläufersubstanzen“).

Als Maß für die Ozon-Spitzenbelastung kann die Ozon-Grenzwertüberschreitungs-Dosis berechnet werden. Diese besitzt die Einheit  $\mu\text{gh}$ . Sie wird so berechnet, daß für jede Meßstelle bei einer Überschreitung des Gesundheitsgrenzwertes der EU in Höhe von  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  die Differenz zwischen dem Meßwert und  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit der Stundenzahl der Grenzwertüberschreitung multipliziert und das Ergebnis über ein Jahr oder länger aufsummiert wird. Der in der Einheit  $\mu\text{gh}$  erhaltene Wert ist einer Ozon-Dosis oberhalb des EU-Grenzwertes gleichzusetzen, die als Maß für die Schädlichkeit einer Ozon-Belastung verwendet werden kann. Im Zeitraum der letzten 6 Jahre betrug die Ozon-Dosis (größer  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) im Durchschnitt aller Meßstationen der Bundesrepublik Deutschland  $63\,505 \mu\text{gh}$ , in Baden-Württemberg  $86\,597 \mu\text{gh}$  und in Hessen  $59\,139 \mu\text{gh}$ . (siehe Tabelle 7 und 8)

<b>Ozondosis &gt;110 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>Su. 1990-95</b>
Durchschnitt Bundesgebiet	10 607	10 607	11 304	7 638	12 171	11 178	63 505
Baden-Württemberg	11 935	17 718	16 677	12 652	13 652	13 964	86 597
Bayern	4 869	3 660	4 997	5 286		7 742	26 554
Hessen	5 929	3 349	10 473	10 195	13 991	15 202	59 139
Rheinland-Pfalz	14 857	10 793	8 987	6 081	11 713	13 872	66 304
NRW	12 777	5 276	11 317	6 175	12 539	12 763	60 846
Niedersachsen	9 842	5 447	15 238	5 555	14 909	11 840	62 831
Saarland	11 250	3 451	3 826	3 697	8 601	10 662	41 487
Schleswig-Holstein	4 822	2 088	5 261	2 222	6 952	5 329	26 673
Bremen	2 867	585	3 002	2 000	3 003	3 789	15 246
Berlin	7 404	7 893	15 268	6 715	11 145	9 870	58 295
Hamburg	1 838	292	580	1 469	7 682	5 555	17 416
Thüringen		4 092	18 035	7 148	8 267	11 282	48 823
Sachsen		2 147	5 522	5 308	8 727	6 563	28 268
Sachsen-Anhalt		4 235	9 053	2 721	12 955	7 303	36 266
Brandenburg		14 820	9 845	4 689	11 228	6 460	47 043
Mecklenburg-Vorpommern			8 984	1 850	3 721	2 393	16 948
Region Süd	10 270	6 906	10 616	7 319	11 460	12 212	55 679
Region Nord	5 355	4 688	8 084	3 614	8 925	6 567	34 332

Tabelle 7: Ozondosis >110 µg/m<sup>3</sup> in den Jahren 1990 bis 1995, aufgeschlüsselt als Mittelwerte der Stationen in den einzelnen Bundesländern

<b>Ozondosis &gt;180 µg/m<sup>3</sup></b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>Su. 1990-95</b>
Durchschnitt Bundesgebiet	3 278	2 397	2 527	1 404	2 708	2 233	14 547
Baden-Württemberg	3 931	5 088	3 970	2 302	2 894	3 224	21 408
Bayern	566	353	512	422		613	2 466
Hessen	1 146	621	2 318	2 297	3 483	3 926	13 792
Rheinland-Pfalz	3 224	1 290	1 920	521	2 878	2 485	12 318
NRW	5 027	525	2 264	1 111	3 852	3 419	16 198
Niedersachsen	2 646	1 123	3 015	346	3 112	1 485	11 726
Saarland	2 135	262	434	229	726	1 137	4 922
Schleswig-Holstein	257	9	66	2	197	84	615
Bremen	642		161		435	149	1 387
Berlin	2 277	1 584	2 902	173	1 696	1 302	9 933
Hamburg	286				806	523	1 615
Thüringen		184	5 651	847	274	697	7 652
Sachsen		220	827	455	1 562	434	3 497
Sachsen-Anhalt		2 096	772	284	2 788	781	6 720
Brandenburg		3 537	1 144		2 102	375	7 158
Mecklenburg-Vorpommern			4 368		284	608	5 260
Region Süd	2 671	1 189	2 438	1 104	2 351	2 214	11 251

Region Nord	1 221	1 428	1 657	252	1 442	638	5 323
-------------	-------	-------	-------	-----	-------	-----	-------

Tabelle 8: Ozondosis  $>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in den Jahren 1990 bis 1995, aufgeschlüsselt als Mittelwerte der Stationen in den einzelnen Bundesländern

Wie in Kapitel „Reduktion der Vorläufersubstanzen“ berechnet, könnten die Fahrverbote des Ozongesetzes die Emission der Vorläufersubstanzen um folgende Werte reduzieren:

Schadstoff	Reduktion Verkehrsemissionen	der Gesamtemissionen
Stickoxide	-43%	-25%
Kohlenwasserstoffe (VOC)	-51%	-20%

Tabelle 9: Reduktion der Vorläufersubstanzen durch die Maßnahmen des Ozongesetzes bei Smogalarm

Hätte das Sommersmog-Gesetz der Bundesregierung in den letzten 6 Jahren gegolten, hätte die Ozon-Dosis  $>110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  um insgesamt  $141 \mu\text{g/h}$  verringert werden können. Damit wären durch das Sommersmog-Gesetz die Überschreitungen des EU-Grenzwertes für Ozon in Höhe von  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Baden-Württemberg rechnerisch um 0,16 % und in Hessen um 0,24% gesenkt worden. Bezogen auf das gesamte Bundesgebiet wären die Überschreitungen des EU-Grenzwertes durch das Sommersmog-Gesetz um ca. 0,04 % verringert worden. Die Ozon-Spitzenbelastungen (über  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) hätte das Sommersmog-Gesetz in Baden-Württemberg um 0,2 %, in Hessen um 0,36 % und im Bundesgebiet um 0,053 % gesenkt.

Die Ursache für diese völlig zu vernachlässigende Wirksamkeit des Sommersmog-Gesetzes liegt vor allem an der Höhe des Auslöse-Grenzwertes von  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dieser Grenzwert, der mehr als 100% über dem EU-Grenzwert für den Gesundheitsschutz liegt, ist so hoch, daß damit bei praktisch allen in der Vergangenheit vorgekommenen Sommersmog-Perioden die Auslösekriterien für Ozon-Alarm nicht erreicht wurden. Da Gesundheitsschäden bereits ab  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auftreten und, wie die Analyse der Ozonbelastungen der letzten Jahre gezeigt hat, eine Verringerung der Ozonbelastungen durch eine Verringerung der Vorläufersubstanzen erst mit einer Verzögerungszeit von ein bis zwei Tagen erreicht werden kann, müssen Maßnahmen zur Emissions-Reduktion bereits wesentlich früher eingeleitet werden. Notwendig ist dazu ein gestaffeltes Verfahren mit mehreren Alarmstufen, wie es bereits Anfang der 70er Jahre in der Bundesrepublik Deutschland in den Wintersmog-Verordnungen realisiert wurde.



## Reduktion der Vorläufersubstanzen

Zur Beurteilung weitergehender Maßnahmen zur Emissionsreduktion wurden vom UPI-Institut verschiedene Szenarien zur Reduktion der Vorläufersubstanzen durchgerechnet. Grundlage dafür sind die neuen Emissionsfaktoren, die vom TÜV Rheinland unter Mitarbeit des ADAC und des Touring-Club der Schweiz (Beschaffung der Testfahrzeuge) in den letzten Jahren im Auftrag des Umweltbundesamtes gemessen und berechnet wurden.<sup>25 26</sup> Diese Emissionsfaktoren lösen die bisherigen Emissionsfaktoren bei der Berechnung von Emissionen aus dem Kraftfahrzeugbereich ab. Sie wurden deshalb vom UPI-Institut bei der Berechnung der Szenarien zugrunde gelegt. Dies geschieht jedoch mit Einschränkungen, da die neuen Emissionsfaktoren eine Reihe von Ungereimtheiten aufweisen, von denen die meisten zu einer Unterschätzung der Emissionen bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten führen. Die wichtigsten sind:

1. Fahrgeschwindigkeiten über 145 km/h werden im Modell der neuen Emissionsfaktoren nicht berücksichtigt, die Maximalgeschwindigkeit von PKW auf Autobahnen beträgt in dem Modell 145 km/h.
2. Die LKW-Geschwindigkeit auf Autobahnen wird prinzipiell mit  $v_m = 85,9$  km/h angenommen, obwohl Messungen<sup>27</sup> zeigen, daß LKW das gesetzliche Tempolimit auf Autobahnen deutlich überschreiten.
3. Die Fahrgeschwindigkeit von PKW auf Autobahnen bleibt in dem Rechenmodell über die Jahre hinweg konstant (1996 gleiche Freifahrt-Geschwindigkeit wie 1986), obwohl Messungen der Bundesanstalt für Straßenwesen zeigen, daß die Freifahrtgeschwindigkeiten auf den Autobahnen aufgrund der zunehmenden Motorleistung kontinuierlich ansteigen (ca. + 1 km/h pro Jahr).<sup>28</sup>

Aufgrund dieser Unzulänglichkeiten wird die Wirkung von Geschwindigkeitsbeschränkungen bei Anwendung des neuen Rechenmodells der Emissionsfaktoren unterschätzt.

---

<sup>25</sup> Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Abgasemissionsfaktoren von PKW in der Bundesrepublik Deutschland, Abschlußbericht, TÜV im Auftrag des Umweltbundesamtes, Dezember 1993

<sup>26</sup> Umweltbundesamt, Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs, CD Rom, Version 1.1, Oktober 1995

<sup>27</sup> z.B. UPI-Bericht 16, Geschwindigkeitsänderung von PKW und LKW nach Anordnung von Tempo-100 auf der A-5 bei Heidelberg, im Auftrag des Landesamts für Straßenwesen Baden-Württemberg, 1989

<sup>28</sup> siehe z.B. UPI-Bericht 31 "Analyse der Verkehrsemissionsprognosen 1992-2002 für den Rhein-Neckar-Raum", März 1994

---

Zur Bewertung der Möglichkeiten einer Reduktion der Vorläufersubstanzen für Ozon wurden im Rahmen dieser Studie folgende Szenarien berechnet:

1. **„Ohne“**: Emissionssituation im Sommer 1996 in der Bundesrepublik Deutschland
2. **„T-120“**: Anordnung einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 120 km/h auf Autobahnen
3. **„T-100“**: Anordnung einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h auf Autobahnen
4. **„T-100/80“**: Anordnung einer Geschwindigkeitsbegrenzung von 100 km/h auf Autobahnen und 80 km/h auf Landstraßen
5. **„Fahrverbot PKW konv.“**: Fahrverbot für konventionelle PKW ohne geregelten Katalysator
6. **„Fahrverbot PKW konv. + T-100/80“**: Fahrverbot für konventionelle PKW ohne geregelten Katalysator + Tempo-100 auf Autobahnen und Tempo-80 auf Außerortsstraßen
7. **„Fahrverbot Kfz konv.“**: Fahrverbot für konventionelle KFZ ohne Abgasreinigung (PKW ohne geregelten Katalysator und LKW, die die EURO-Norm 1 nicht einhalten).
8. **„Fahrverbot Kfz konv. + T-100/80“**: Fahrverbot für konventionelle Kraftfahrzeuge ohne Abgasreinigung + Tempo-100 auf Autobahnen und Tempo-80 auf Außerortsstraßen.
9. **„Fahrverbot alle PKW 90%“**: Fahrverbot für alle PKW, wobei unterstellt wurde, daß 10% der Fahrzeuge eine Ausnahmegenehmigung erhalten.
10. **„Fahrverbot alle PKW 90% + T-100/80“**: Fahrverbot für alle PKW, wobei unterstellt wurde, daß 10% der Fahrzeuge eine Ausnahmegenehmigung erhalten + Tempo-100 auf Autobahnen und Tempo-80 auf Außerortsstraßen.
11. **„Fahrverbot alle PKW + NFZ konv. 90%“**: Fahrverbot für alle PKW und konventionelle Nutzfahrzeuge, die die EURO-Norm 1 nicht einhalten. Es wurde unterstellt, daß 10% der Fahrzeuge eine Ausnahmegenehmigung erhalten.
12. **„Fahrverbot alle PKW + NFZ konv 90% + T-100/80“**: Fahrverbot für alle PKW und konventionelle Nutzfahrzeuge, die die EURO-Norm 1 nicht einhalten + Tempo-100 auf Autobahnen und Tempo-80 auf Außerortsstraßen. Es wurde unterstellt, daß 10% der Fahrzeuge eine Ausnahmegenehmigung erhalten.

13. „**Ozon-Gesetz**“: Maßnahmen aufgrund des Sommersmog-Gesetzes der Bundesregierung: Im wesentlichen Fahrverbot für konventionelle Kraftfahrzeuge. Ausgenommen sind alle PKW mit geregelter Kat; Diesel-PKW, die nach dem 1.1.1993 zugelassen wurden; alle LKW, die die Euro-Norm 1 oder 2 einhalten oder jünger als 5 Jahre sind. Konventionelle PKW erhalten Ausnahmegenehmigungen für Fahrten zum Beruf und in den Urlaub, konventionelle LKW für Tier- und leichtverderbliche Lebensmitteltransporte etc. Für die Berechnung wird optimistisch unterstellt, daß bei konventionellen PKW und LKW nur 25% die Ausnahmegenehmigungen in Anspruch nehmen.

Die Ergebnisse der Szenarienberechnungen sind für die Ozon-Vorläufersubstanzen NO<sub>x</sub>, VOC, Benzol und CO in den 4 nachfolgenden Grafiken als Emission pro Tag im Sommerhalbjahr 1996 dargestellt.

Die Emissionen sind unterteilt nach folgenden Kategorien:

IOS = Innerortsstraßen

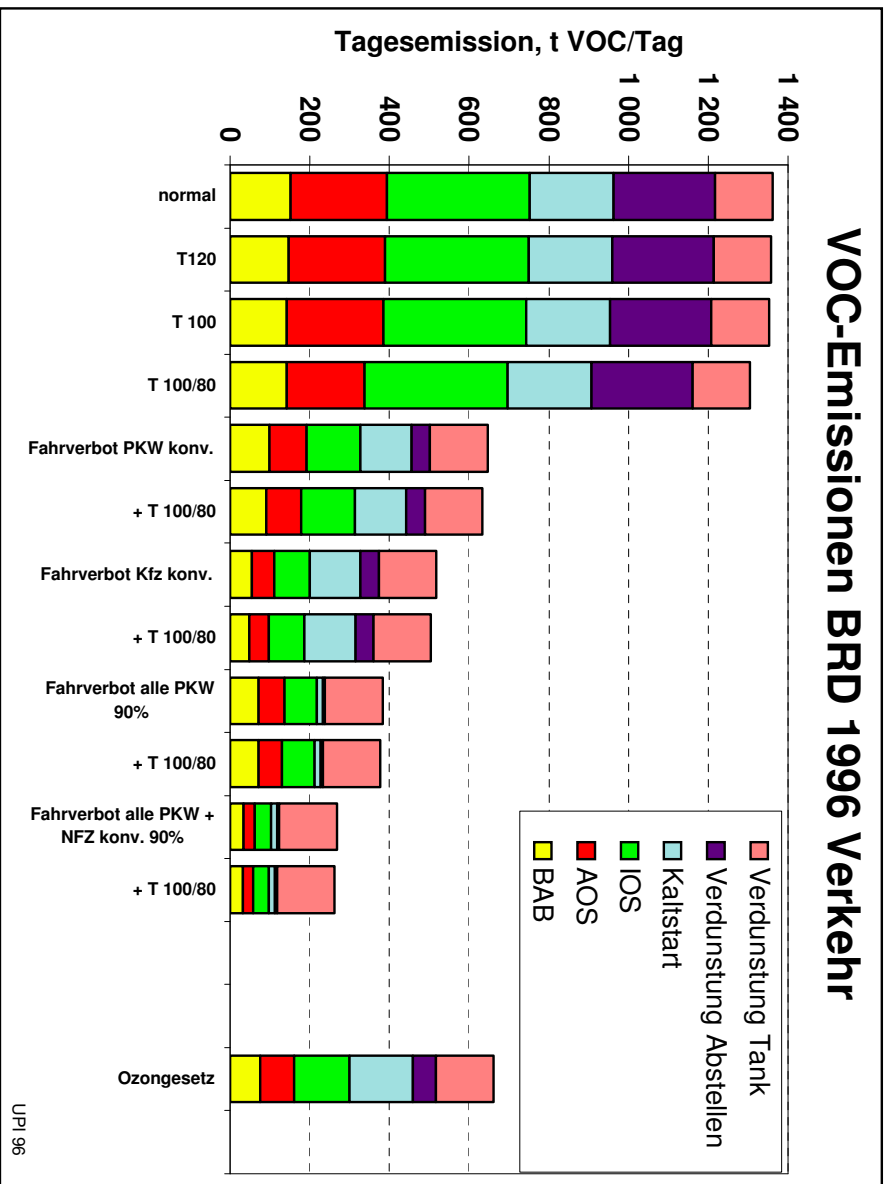
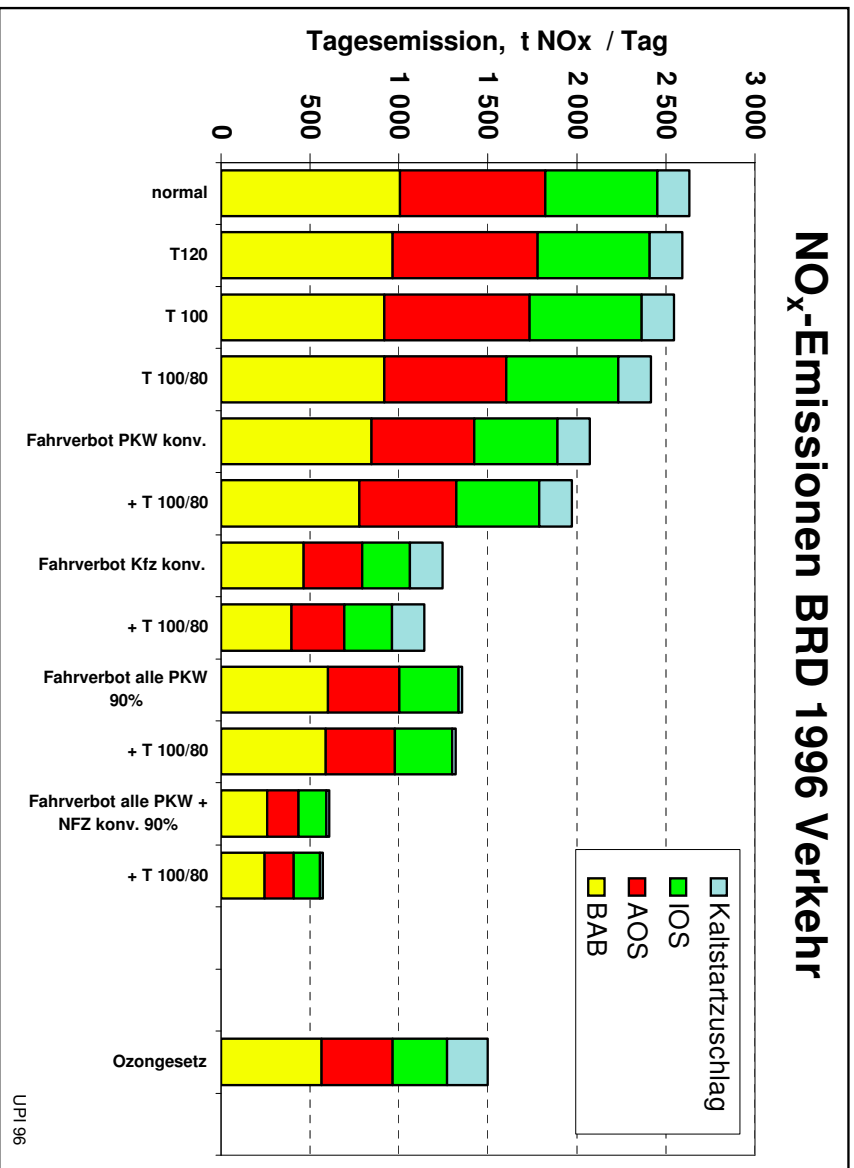
AOS = Außerortsstraßen

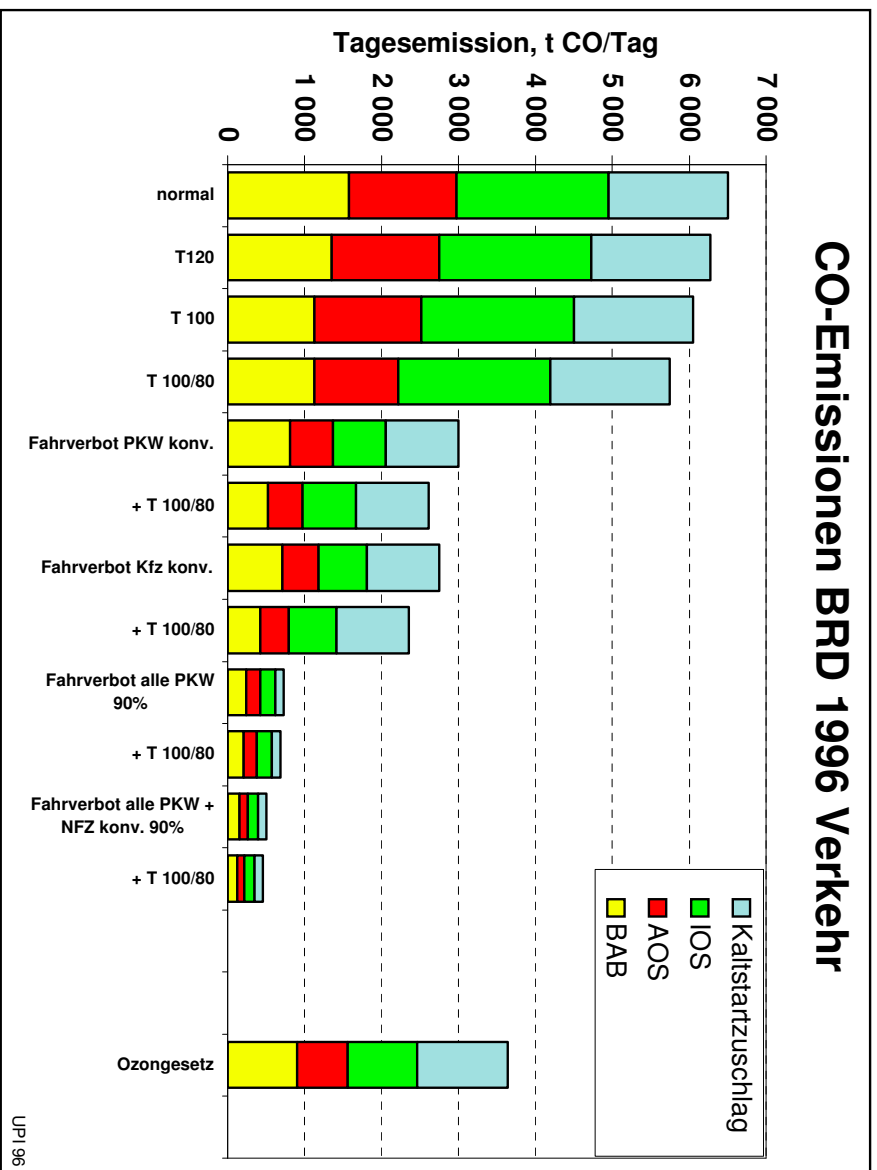
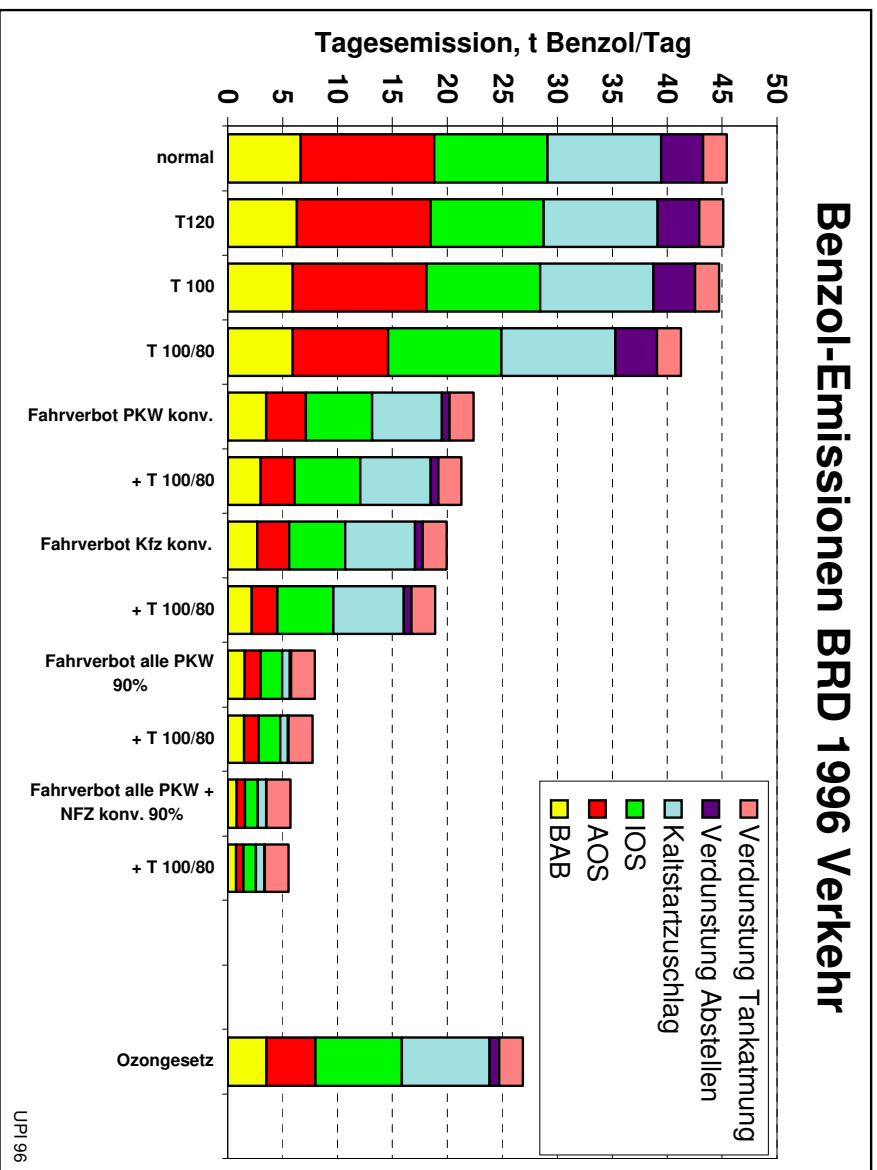
BAB = Bundesautobahnen

Kaltstartzuschlag = Emissionen in der Phase des Kaltstarts, die vom Katalysator nicht oder kaum reduziert werden

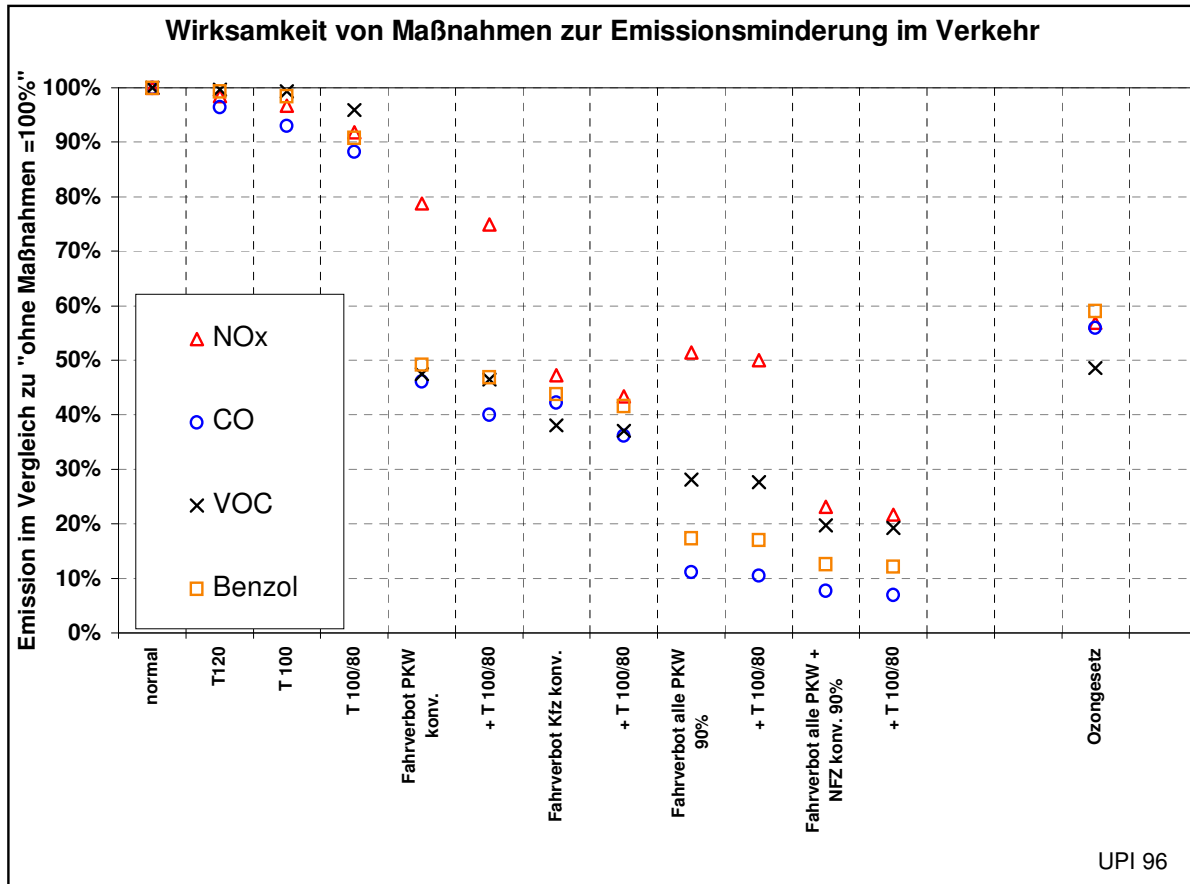
Verdunstung abstellen = Bei Kohlenwasserstoffen; Verdunstung aus dem heißen Motorraum nach Abstellen des Fahrzeugs

Verdunstung Tank = Bei Kohlenwasserstoffen; Verdunstung aus dem Tanksystem





Die Grafik „Wirksamkeit von Maßnahmen zur Emissionsminderung im Verkehr“ zeigt die Emissionsminderung der 4 betrachteten Schadstoffarten im Vergleich.

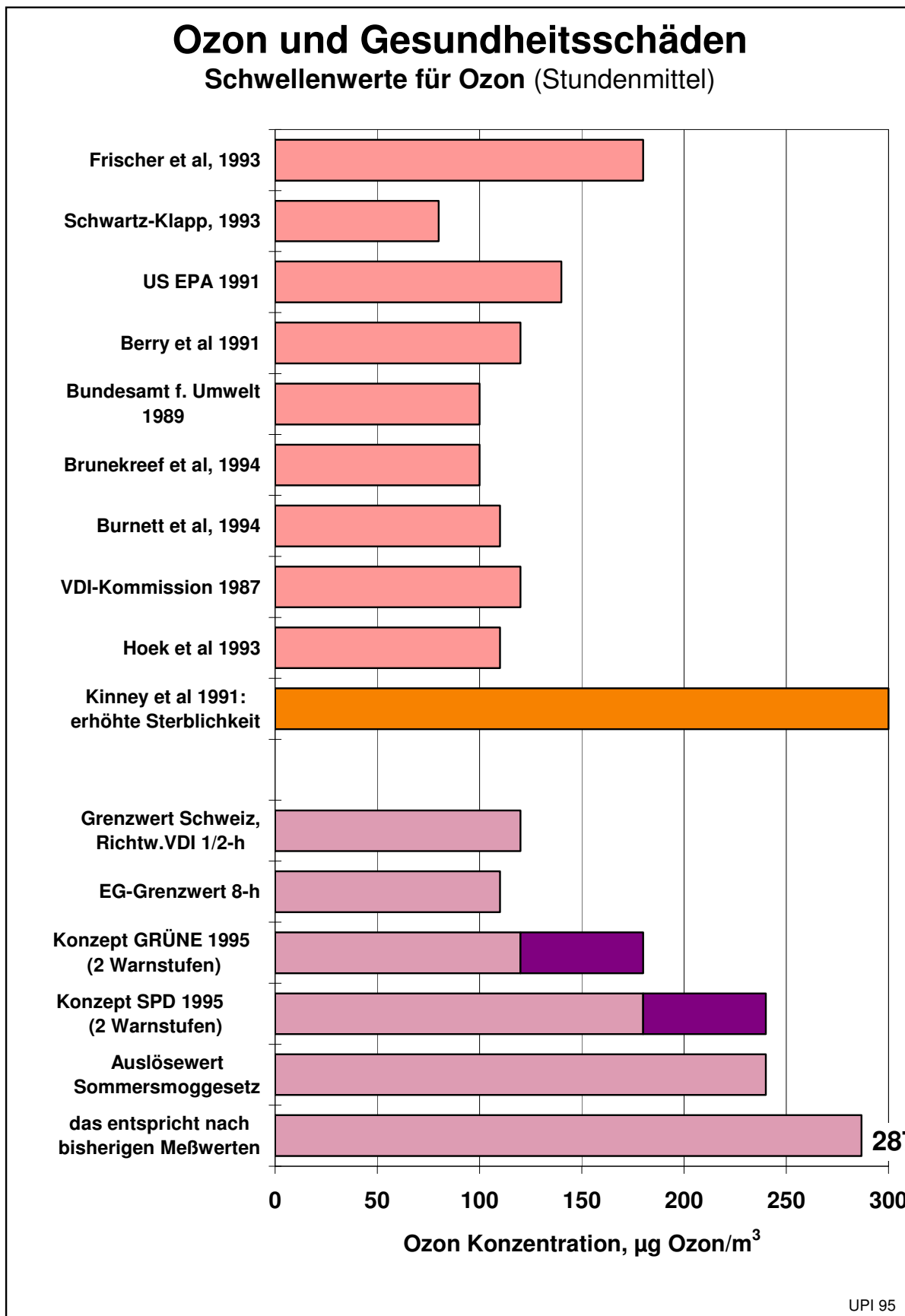


## Grenzwerte für Ozon

Die Grafik „Ozon und Gesundheitsschäden - Schwellenwerte für Ozon (Stundenmittel)“ zeigt zusammengefaßt die aus der Literatur beschriebenen Schwellenwerte für Gesundheitsschäden durch Ozon, die Höhe geltender gesetzlicher Grenzwerte und die von den Parteien im Vorfeld der Verabschiedung des Sommersmog-Gesetzes 1995 angestrebten Auslösegrenzwerte für Smogalarm.<sup>29</sup> Es ist ersichtlich, daß der Auslösegrenzwert des Ozongesetzes weit über den Werten liegt, ab denen gesundheitliche Schäden durch Ozon verursacht werden und in dem Bereich liegt, in dem erhöhte Sterblichkeit durch Ozonspitzenbelastungen auftritt.

<sup>29</sup>

Literatur siehe UPI Bericht 36 „Beantwortung des Fragenkatalogs der Anhörung des Bundestages zum Sommersmoggesetz“, Juni 1995



## Greenpeace-Vorschlag für ein neues Sommersmoggesetz

Unter Abwägung der medizinischen Erfordernisse und der ökonomischen Folgen von Fahrverboten schlägt Greenpeace Deutschland folgende Staffelung der Alarmstufen, Grenzwerte und Maßnahmen vor:

Alarmstufe 1: ab 120 µg/m <sup>3</sup>	Fahrverbot für konventionelle PKW *
Alarmstufe 2: ab 180 µg/m <sup>3</sup>	Fahrverbot für alle PKW und konventionelle LKW **

Tabelle 10: Auslösekriterien für Ozonalarm; Vorschlag Greenpeace

\* = Fahrverbote PKW wie in Ozongesetz (bei 240 µg/m<sup>3</sup>), restriktivere Regelung der Ausnahmen

\*\* = bei Fahrverboten für alle PKW Ausnahmeregelungen für ca. 10 % der PKW; Fahrverbote LKW wie in Ozongesetz, gleiche Regelung der Ausnahmen

Damit könnten die Vorläufersubstanzen um folgende Anteile gesenkt werden:

Reduktion der Verkehrsemissionen	NO <sub>x</sub>	VOC	Benzol	CO
Alarmstufe 1	-21,3%	-52,5%	-51,0%	-53,9%
Alarmstufe 2	-77,0%	-80,4%	-87,0%	-92,3%

Tabelle 11: Senkung der Vorläufersubstanzen für Ozon nach Ozonalarm Greenpeace; Verkehrsemissionen

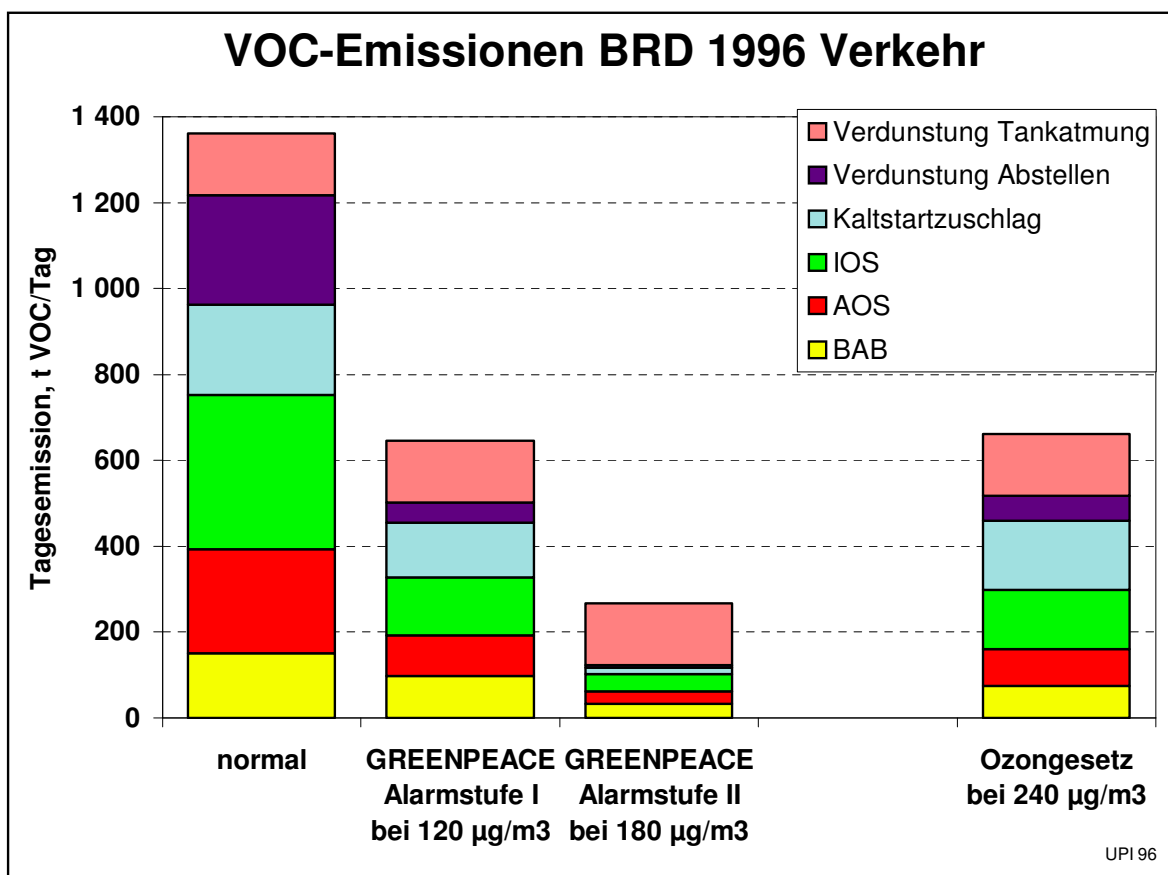
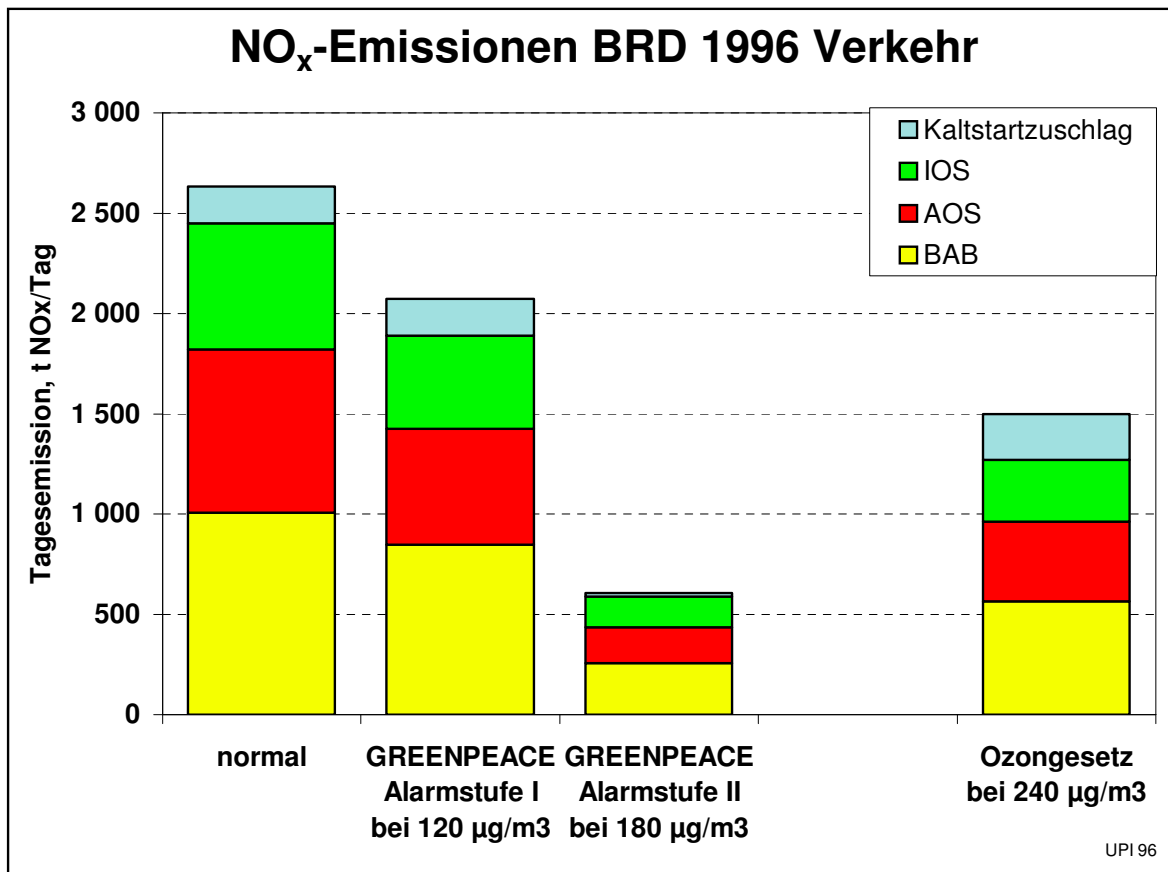
Die nachfolgenden Grafiken zeigen die Emissionsreduktion der Vorläufersubstanzen im Vergleich zwischen dem Greenpeacevorschlag und dem bestehenden Ozongesetz. Bei letzterem muß berücksichtigt werden, daß die in dem Balken „Ozongesetz“ dargestellte Emissionsminderung mehr oder weniger fiktiv ist, da sie aufgrund des hohen Auslösegrenzwertes so gut wie nie realisiert werden wird.

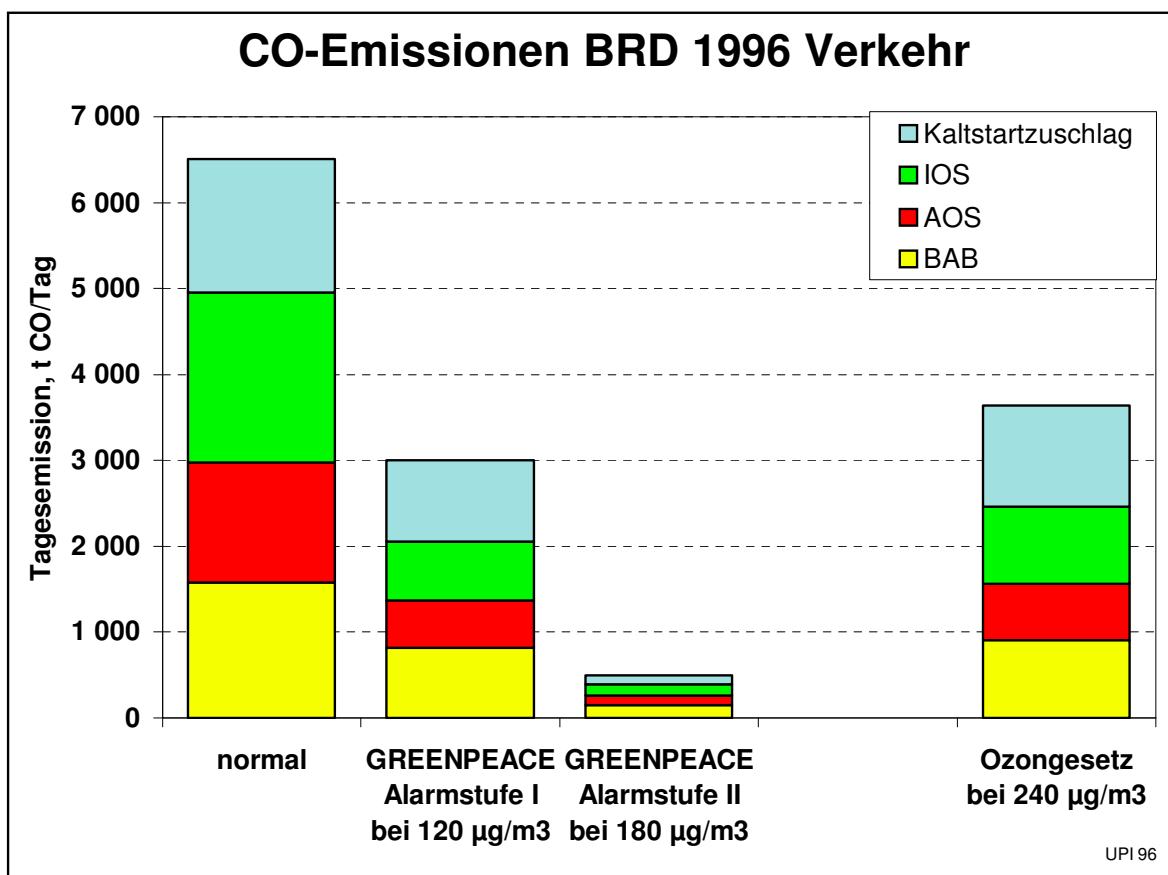
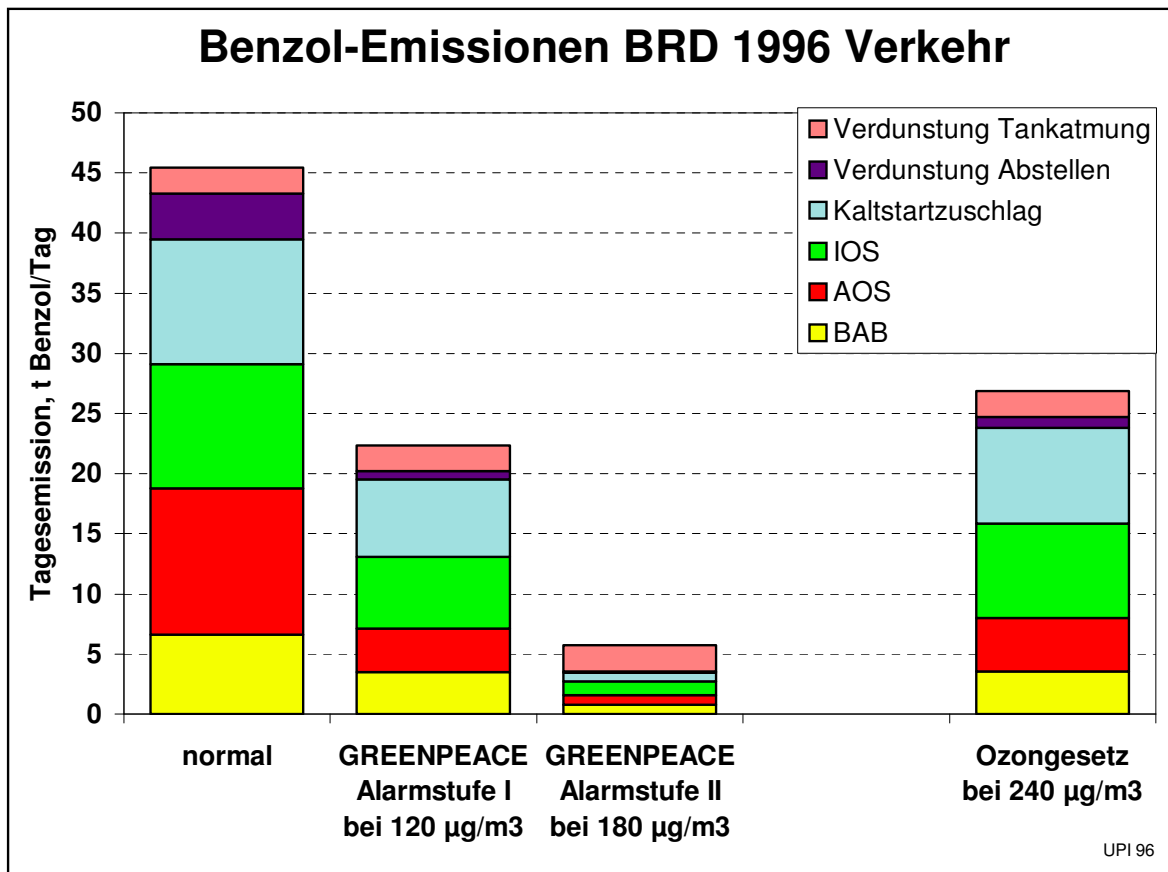
Dies würde die Gesamtemissionen wie folgt reduzieren:

Reduktion der Gesamtemissionen	NO <sub>x</sub>	VOC	Benzol	CO
Alarmstufe 1	-12,3%	-20,5%	-44,3%	-31,9%
Alarmstufe 2	-44,5%	-31,4%	-75,7%	-54,6%

Tabelle 12: Senkung der Vorläufersubstanzen Ozonalarm Greenpeace; Gesamtemissionen







## Wirksamkeit des Greenpeace-Vorschlags

Mit Hilfe der in Kapitel „Reduktionsmöglichkeiten für Ozon“ beschriebenen Auswertung der Meßergebnisse der letzten 6 Jahre läßt sich berechnen, wie stark die Ozonbelastungen eines durchschnittlichen Jahres durch dieses Maßnahmenpaket reduziert werden könnten.

Dazu wurde erhoben, wie häufig im Durchschnitt der letzten Jahre in den einzelnen Bundesländern an mindestens 3 Meßstationen die Auslösewerte von 120 bzw. 180 µg Ozon/m<sup>3</sup> für die Dauer von mindestens 2 Tagen überschritten wurden.

Tage/Jahr Bundesland	Kriterium, ohne Ozonalarm		Ozonalarm wirksam	
	Alarmstufe 1	Alarmstufe 2	Alarmstufe 1	Alarmstufe 2
Baden-Württemberg	84	17	52	9
Bayern	28	2	18	1
Hessen	58	11	38	6
Rheinland-Pfalz	66	10	44	5
NRW	64	13	40	7
Niedersachsen	66	9	45	6
Saarland	39	4	24	2
Schleswig-Holstein	20	0	12	0
Bremen	16	2	10	1
Berlin	41	8	26	4
Hamburg	18	3	11	1
Thüringen	52	3	32	2
Sachsen	36	3	22	2
Sachsen-Anhalt	46	6	28	3
Brandenburg	49	6	30	3
Mecklenburg-Vorpommern	19	5	12	3

Tabelle 13: Tage mit Überschreitung der Auslösewerte von 120 bzw. 180 µg Ozon/m<sup>3</sup> an mindestens 3 Meßstationen in Sommersmogperioden von mindestens 2 Tagen Dauer; mit und ohne Ozonalarm nach Vorschlag Greenpeace; Durchschnitt der Jahre 1990 - 1995

Tabelle 13 zeigt als Ergebnis die Zahl der Tage in den einzelnen Bundesländern. Die Spalten „Kriterium, ohne Ozonalarm: Alarmstufe 1“ und „Kriterium, ohne Ozonalarm: Alarmstufe 2“ geben an, an wieviel Tagen im Durchschnitt der letzten 6 Jahre die Kriterien der Alarmstufen 1 und 2 (ohne die Wirkung von Ozonalarm) erfüllt waren. Die Spalten „Ozonalarm wirksam: Alarmstufe 1“ und „Ozonalarm wirksam: Alarmstufe 2“ geben die Überschreitungshäufigkeiten an, wenn in dieser Zeit bereits Ozonalarm nach dem Vorschlag von Greenpeace wirksam gewesen wäre. Darin ist die Reduktion der Ozonspitzen durch den Ozonalarm eingerechnet. Die Unterschiede der beiden Spalten zeigen die Wirksamkeit eines frühzeitigen Ozonalarms und den Vorteil mehrerer Alarmstufen.

Tabelle 14 zeigt die absolute Reduktion der Ozondosen  $>110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw.  $>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  durch die Maßnahmen der einzelnen Alarmstufen für ein durchschnittliches Jahr.

<b>Reduktion Ozondosis, <math>\mu\text{gh}/\text{Jahr}</math></b>	$\mu\text{gh}>110 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{gh}>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Alarmstufe 1	-2 840	-678
Alarmstufe 2 (zusätzlicher Effekt)	-3 732	-891
Summe	-6 572	-1 569

Tabelle 14: Absolute Reduktion der Ozondosen pro Jahr durch Ozonalarm Greenpeace; Durchschnitt Bundesgebiet

Verglichen mit den Ozondosen eines durchschnittlichen Jahres (siehe Tabellen 7 und 8) ergeben sich die in Tabelle 15 dargestellten prozentualen Reduktionen der Ozonbelastung.

<b>Prozentuale Reduktion der Ozondosis</b>	$\mu\text{gh}>110 \mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{gh}>180 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Alarmstufe 1	-22,4%	-27,7%
Alarmstufe 2 (zusätzlicher Effekt)	-29,4%	-36,4%
Summe	-51,7%	-64,0%

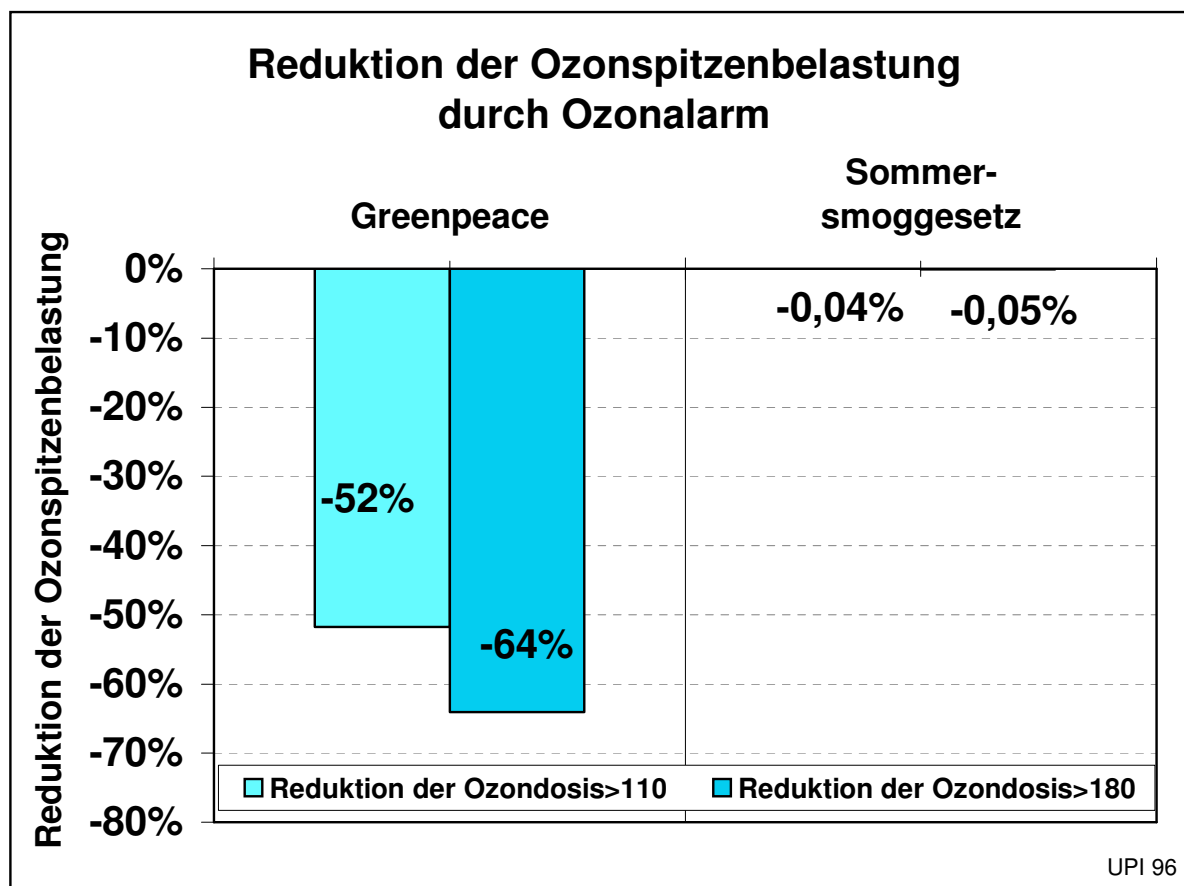
Tabelle 15: Prozentuale Reduktion der Ozondosen eines durchschnittlichen Jahres durch Ozonalarm Greenpeace; Durchschnitt Bundesgebiet

Diese Wirksamkeit eines Ozonalarms nach dem Vorschlag von Greenpeace kann verglichen werden mit der Wirksamkeit des Sommersmog-Gesetzes der Bundesregierung (siehe Kapitel „Wirksamkeit des Sommersmog-Gesetzes“). Dabei ergibt sich, daß das Maßnahmenpaket nach dem Vorschlag von Greenpeace die Überschreitungen des EU-Grenzwertes von  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und das Auftreten von Ozonspitzenwerten über  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  über 1 000 mal stärker reduzieren würde als das bestehende Sommersmoggesetz.

<b>Vergleich Greenpeace-Ozongesetz</b>	<b>Greenpeace</b>	<b>Ozongesetz</b>
Reduktion der Ozondosis $>110$	-52%	-0,040%
Reduktion der Ozondosis $>180$	-64%	-0,053%
Wirksamkeit Reduktion Grenzwertüberschreitung	1 282	1
Wirksamkeit Reduktion Ozonspitzen	1 216	1

Tabelle 16: Vergleich der Wirksamkeit des Maßnahmenpakets nach dem Vorschlag von Greenpeace mit der Wirksamkeit des Ozon-Gesetzes der Bundesregierung

Die Ursache für diese enormen Unterschiede liegen nicht so sehr in unterschiedlichen Maßnahmen als vor allem in der durch zwei Alarmstufen mit niedrigeren Grenzwerten ermöglichten früheren Auslösung von Ozonalarm und damit früheren Reduktion der Vorläufersubstanzen.



## Schlußfolgerungen

Die in dieser Untersuchung zum ersten Mal vorgenommene Auswertung aller Ozonmeßwerte des Bundesgebietes aus den letzten sechs Jahren zeigt, daß zwischen den im Wochenverlauf schwankenden Emissionen der Vorläufersubstanzen für Ozon und den Ozonkonzentrationen signifikante Zusammenhänge bestehen. Steigende Emissionen der Vorläufersubstanzen bewirken steigende Ozonkonzentrationen, absinkende Emissionen reduzieren die Ozonbelastungen mit einer Zeitverzögerung von 1 bis 2 Tagen. Die Zusammenhänge sind dabei umso ausgeprägter, je höher die Ozonkonzentrationen sind. Damit ist bewiesen, daß die in den letzten Jahren gestiegene Sommersmogbelastung durch kurzfristige Reduktionen der Vorläufersubstanzen wirksam verringert werden könnte.

Eine Berechnung der Wirksamkeit des im Jahr 1995 beschlossenen Ozongesetzes, die in dieser Studie ebenfalls zum ersten Mal durchgeführt wurde, zeigt, daß das Gesetz seinen Zweck in keiner Weise erfüllen kann. Eine Durchrechnung der Sommersmogperioden der Vergangenheit zeigt, daß das Gesetz die Ozonspitzenbelastungen praktisch nicht beeinflussen kann.

Eine Revision des Ozongesetzes ist deshalb dringend notwendig. Der von Greenpeace vorgelegte Vorschlag für ein neues Ozongesetz ist dazu geeignet. Er stellt einen Kompromiß zwischen gesundheitlichen Erfordernissen und ökonomischen Bedingungen dar. Er könnte die Ozonbelastung der Bevölkerung in der Bundesrepublik Deutschland über 1 000 mal besser reduzieren als das Ozongesetz der Bundesregierung.

## Anhang zur 2. Auflage: Wirksamkeit der Vorschläge der Parteien zur Ozonminderung

Zwischenzeitlich wurden von der SPD, den GRÜNEN und der Landesregierung Schleswig-Holstein eigene Vorschläge zur Verbesserung des Sommersmoggesetzes vorgelegt. Diese sehen wie folgt aus:

### SPD: <sup>30</sup>

Alarmstufe 1 bei 160 µg/m <sup>3</sup> : (neues Meßverfahren)	Tempolimit PKW 80 km/h auf BAB und 60 km/h auf AOS Tempolimit LKW 60 km/h auf BAB und 60 km/h auf AOS Fahrverbot PKW und LKW älter 8 Jahre ohne Euronorm I
Alarmstufe 2 bei 210 µg/m <sup>3</sup> : (neues Meßverfahren)	Fahrverbot PKW und LKW ohne Euronorm I Produktionseinschränkungen emissionsintensiver Betriebe

### GRÜNE: <sup>31</sup>

- Herabsetzung des Auslöseschwellenwertes der Ozonverordnung von 240 auf 180 µg/m<sup>3</sup>
- Einschränkungen der Ausnahmeregelungen bei Kfz
- autofreie Sonntage

<sup>30</sup> Antrag der SPD-Fraktion zur Änderung des Sommersmoggesetzes, Deutscher Bundestag, 13. Wahlperiode, Bonn, 5.6.1996

<sup>31</sup> Antrag der Fraktion der GRÜNEN zur Änderung des Sommersmoggesetzes, Deutscher Bundestag, 13. Wahlperiode, Bonn, Juni 1996

- allgemein: Tempo 100/80/30 auf BAB/AOS/IOS

Die Bundestagsanträge der SPD und der GRÜNEN wurden im Umweltausschuß des Bundestages mit der Mehrheit der CDU/FDP-Koalition Ende 1996 abgelehnt.

### **Bundesland Schleswig-Holstein:** <sup>32</sup>

Der zur Zeit aussichtsreichste Vorstoß zur Verbesserung des Sommersmoggesetzes wurde von Schleswig-Holstein als Bundesratsantrag im Mai 1997 vorgelegt. Er sieht folgende Verbesserung vor:

- Herabsetzung des Auslöseschwellenwertes der Ozonverordnung von 240 auf 180 µg/m<sup>3</sup>
- Kriterium „Überschreitung an 3 Meßstationen, die mindestens 30 km und höchstens 250 km auseinanderliegen dürfen“ statt bisher „3 Meßstationen, die mindestens 50 km und höchstens 250 km auseinanderliegen dürfen“
- Tempolimit PKW 80 km/h auf BAB und 60 km/h auf AOS und LKW 60 km/h auf BAB und AOS
- Produktionseinschränkungen emissionsintensiver Betriebe

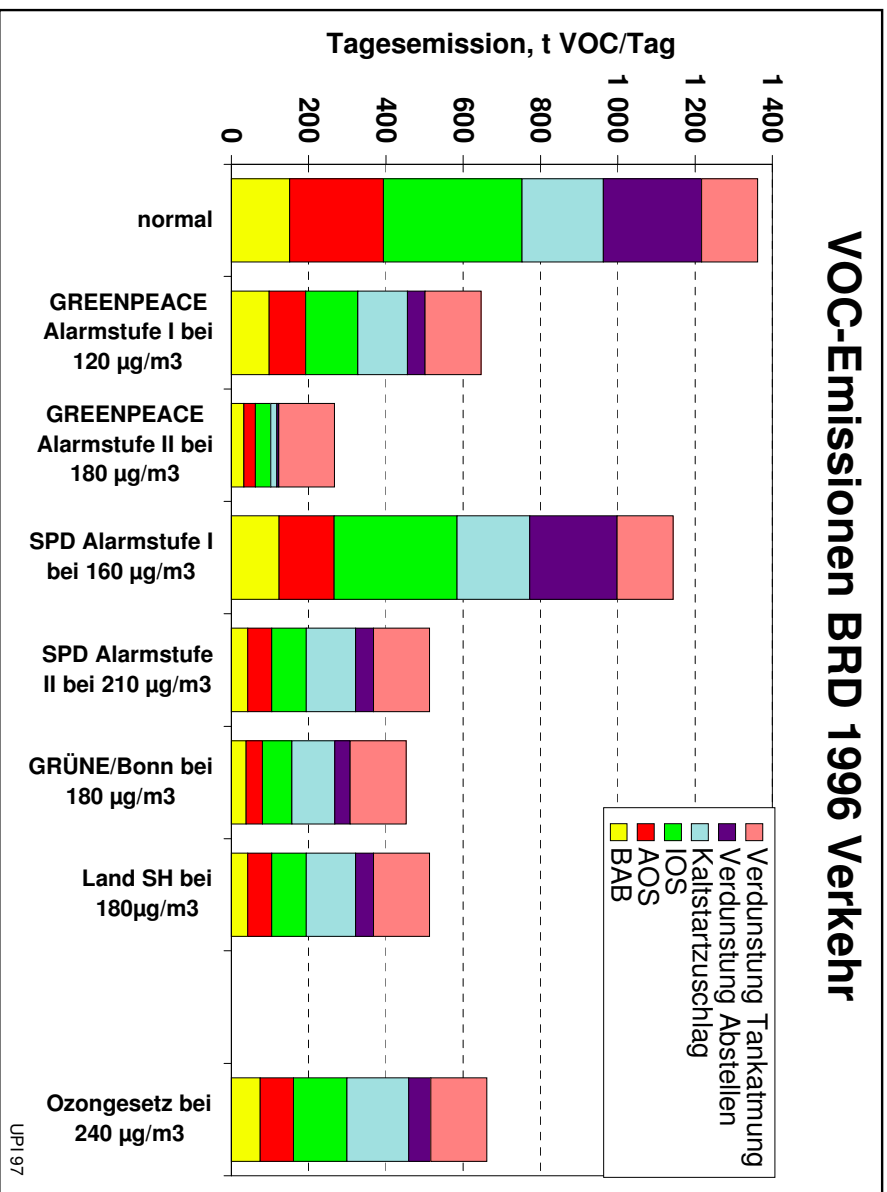
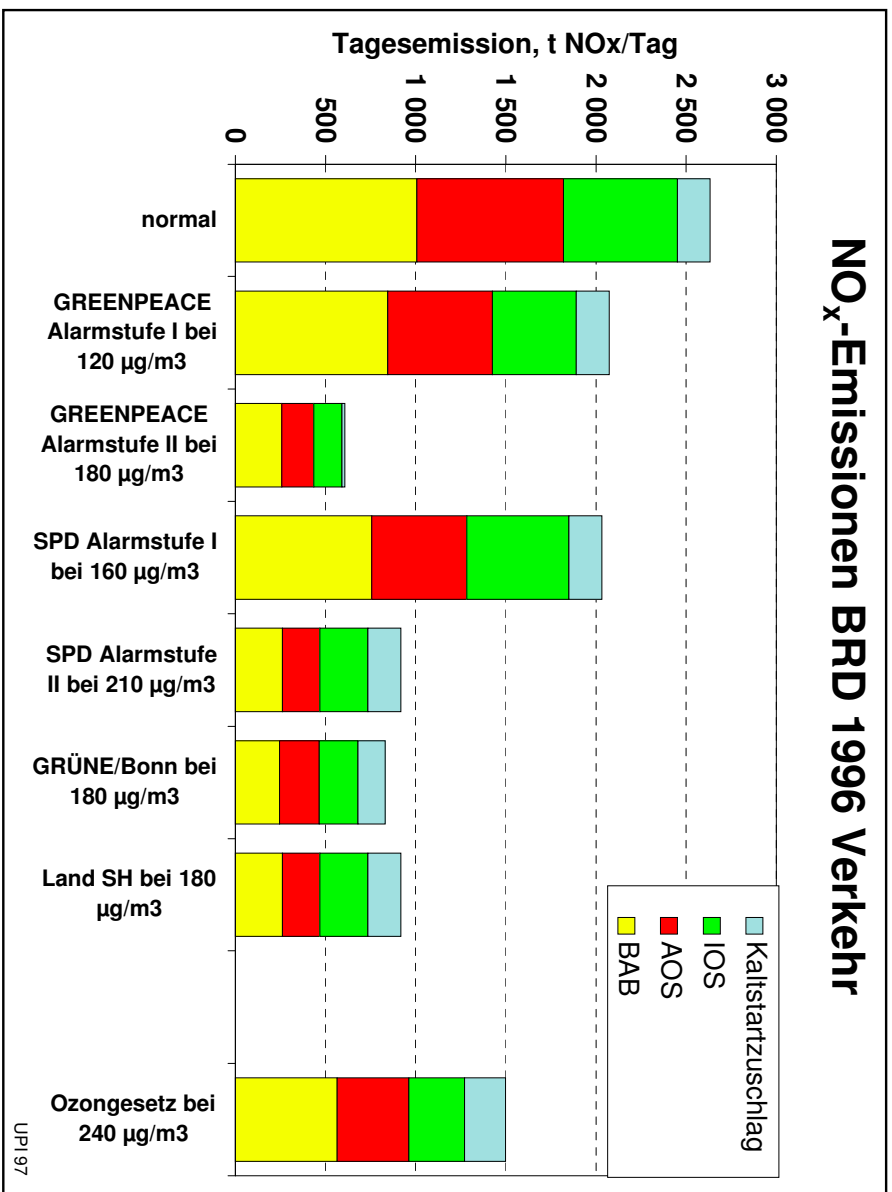
Der Bundesratsantrag des Landes Schleswig-Holstein wird am 6.6.97 zum ersten Mal im Bundesrat verhandelt. Im Vorfeld haben mehrere andere Bundesländer ihre Zustimmung signalisiert.

Das UPI-Institut berechnete die Wirkung der verschiedenen Vorschläge zur Verschärfung des Sommersmoggesetzes. Die nachfolgenden Grafiken zeigen die Ergebnisse.

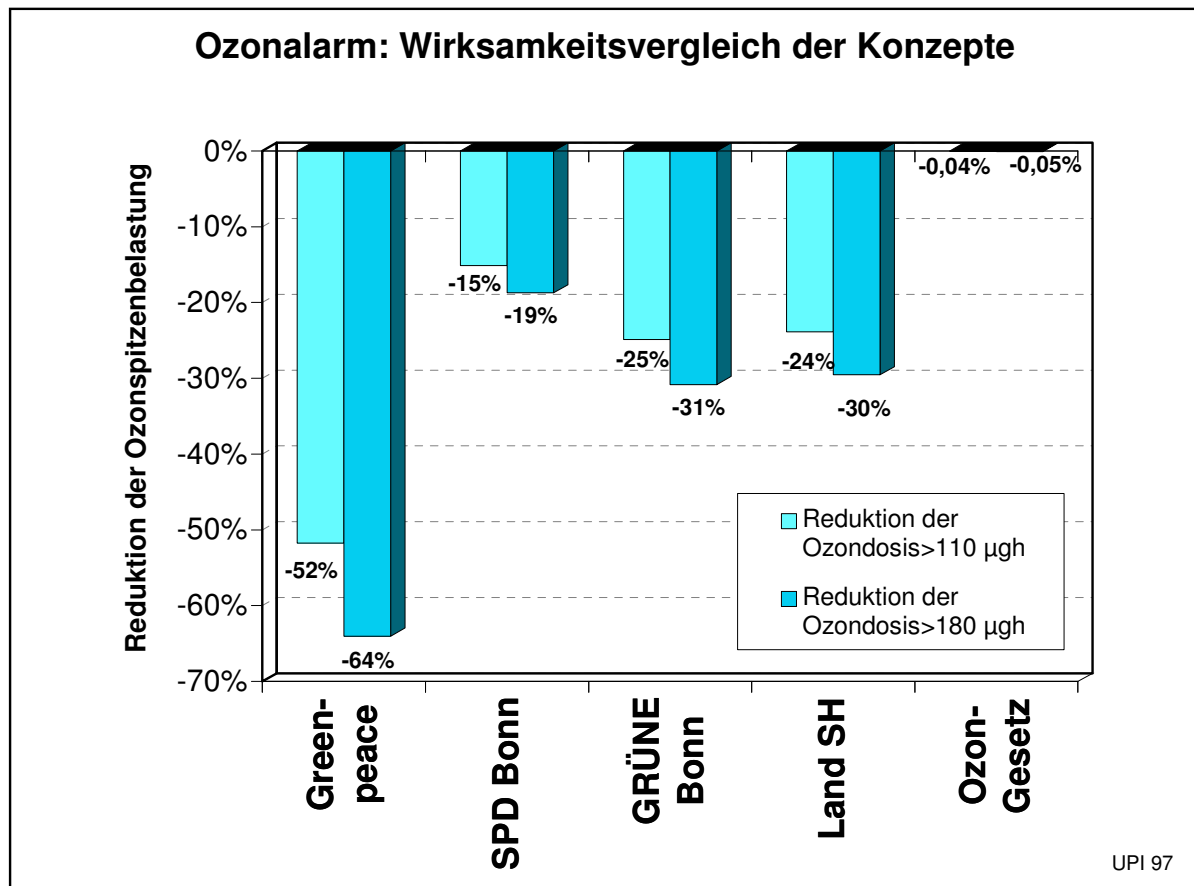
Falls der Vorschlag des Landes Schleswig-Holstein realisiert würde, würde damit die Sommersmogbelastung der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland um rund 24 % und die Ozonspitzbelastung um 30 % reduziert werden.

---

<sup>32</sup> Landesregierung Schleswig-Holstein, Gesetz zur Änderung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Entwurf vom 5.5.1997, Kiel, Mai 1997







Dieser UPI-Bericht 40 „Bodennahes Ozon -Belastungen, Gegenmaßnahmen, Wirksamkeit des Sommer-Smog-Gesetzes“ kann zum Preis von DM 15,- beim UPI-Umwelt- und Prognose-Institut Heidelberg, Handschuhsheimer Landstr.118a, D-69121 Heidelberg, Tel + Fax: 06221/47 35 00 bezogen werden.