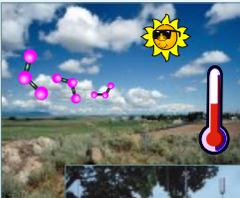




Ozon in Rheinland-Pfalz



► **Entstehung**

► **Messung**

► **Bewertung**

► **Maßnahmen**



Inhalt	Seite
1 Wissenswertes über Ozon	1
2 Ozon in der Stratosphäre	3
3 Ozon in der Troposphäre	4
4 Wirkungen	7
5 Beurteilungswerte, Verhaltensempfehlungen	9
6 Ozonmessungen in Rheinland-Pfalz	12
7 Maßnahmen	21
8 Ausblick	26
9 Zugang zu Messdaten	27
10 Verwendete Abkürzungen und Begriffe	28
11 Impressum	31

Vorwort

Jeder weiß, dass an heißen Sommertagen die Ozonkonzentrationen in der Luft ansteigen. Wissenschaft und Luftreinhaltepolitik haben immer noch Probleme mit Ozon, dessen komplexe Entstehung und Ausbreitung weder vollends verstanden werden noch unmittelbar zu beeinflussen sind.

Immerhin ist klar, dass die erhöhten bodennahen Ozonbelastungen und der sogenannte Sommersmog zwar in erster Linie von der Witterung abhängen, letztlich aber Folgen vielfältiger Emissionen unserer Industriegesellschaft sind. Damit ist die Umweltpolitik gefordert. Sie hat hier, ungeachtet der bisher erreichten Erfolge der Luftreinhaltung, noch eine ebenso schwierige wie langwierige Aufgabe zu lösen.

Die Herausforderung besteht darin, die Emissionen der Vorläuferstoffe drastisch zu senken. Erst Emissionsminderungen ab etwa 50 Prozent zeigen nach wissenschaftlichen Modellrechnungen eine erkennbare Wirkung. Diese Emissionsminderungen sollten dauerhaft sein, um schon in der Vorphase von Schönwetterperioden die Kette der Ozonbildungsprozesse erst gar nicht in Gang kommen zu lassen. Schließlich hat das Ozonproblem eine großräumige und grenzüberschreitende Dimension. Wirksame Gegenmaßnahmen erfordern deshalb eine bundesweit einheitliche, bes-

ser noch europaweit abgestimmte Strategie.

Heute gehören die Maßnahmen gegen das bodennahe Ozon zu den Schwerpunkten der Luftreinhaltepolitik. Dazu gehört auch die Reduzierung der Emissionen des Verkehrs, der einen großen Teil der Vorläuferstoffe freisetzt. Die bereits eingeleiteten Maßnahmen zeigen Wirkung, besonders durch den Rückgang der Ozon-Spitzenbelastungen. Dies zeigen unsere Ozonmessungen in Rheinland-Pfalz, mit mittlerweile bis zu 20-jährigen Messreihen.

Weitere Emissionsminderungen sind teils veranlasst oder in Vorbereitung. Sie tragen dazu bei, das Ausmaß und die Häufigkeit sog. **Ozonepisoden** weiter einzuschränken. Um die Luftqualitätsziele für Ozon dauerhaft zu erreichen, müssen darüber hinaus alle Möglichkeiten zur Emissionsminderung konsequent ausgeschöpft werden, sei es mit den Mitteln der Technik, der Umwelt- und Steuerpolitik, der Verkehrsplanung oder der Verbraucheraufklärung.

Nicht zuletzt ist jeder Bürger angesprochen, durch sein Verhalten beispielsweise als Autofahrer einen eigenen Beitrag zum Schutz unserer Umwelt vor erhöhten Ozonbelastungen zu leisten. Die vorliegende Informationsbroschüre soll hierzu eine Hilfestellung geben.

Dr.-Ing. Karl-Heinz Rother
Präsident des Landesamtes für Umwelt,
Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht



1 Wissenswertes über Ozon

Ozon ist ein in der Atmosphäre natürlich vorkommendes Spurengas. Chemisch betrachtet handelt es sich um eine sehr reaktionsfreudige Form des Elementes Sauerstoff, das im Unterschied zu diesem nicht aus zwei, sondern aus drei Sauerstoffatomen zusammengesetzt ist.

Ozon gilt als Leitkomponente und Hauptbestandteil des sogenannten Sommersmogs, der sich an heißen Sommertagen aus Luftverunreinigungen unter Einwirkung des Sonnenlichts bilden kann und weitere Stoffe, wie Peroxide, Salpetersäure, Nitrate und Aldehyde enthält.

Ozon kommt aber auch in den höheren Schichten der Atmosphäre vor. Es ist in der Atmosphäre sehr ungleichmäßig verteilt und übt unterschiedliche Wirkungen aus:

- **Stratosphärisches Ozon als Schutzschild**

Die Hauptmenge des Ozons befindet sich in der **Stratosphäre**, dem oberen Stockwerk der Atmosphäre (10 bis 50 km Höhe). Die höchste Konzentration erreicht das Ozon in etwa 25 km Höhe (vgl. Abbildung 1, roter Graph). Dennoch stellt das stratosphärische Ozon nicht mehr als einen fein verteilten zarten Schleier dar, der zusammengepresst auf Normaldruck lediglich eine Dicke von etwa 3 mm hätte. Diese Menge reicht aber aus, um die kurzweilige ultraviolette (UV-) Strahlung der Sonne zu absorbieren und so das Leben auf der Erde wie ein Schild vor deren zellschädigenden Wirkungen zu schützen. Das stratosphärische Ozon ist deshalb ein lebenswichtiger Bestandteil der Atmosphäre.

Steckbrief Ozon

Name	Ozon (griechisch: das Riechende)
Chemische Summenformel	O ₃ (vgl. Sauerstoff: O ₂)
Eigenschaften	farbloses giftiges Gas, wenig wasserlöslich, stark oxidierend.
Geruch	charakteristisch, unangenehm, wahrnehmbar in geschlossenen Räumen ab Konzentrationen von etwa 50 µg/m ³
Lebensdauer	3 Tage bei 20°C (Halbwertszeit in reiner Luft)
Gehalt in der Luft in Rheinland-Pfalz	
- ländliche Gebiete	50 - 80 µg/m ³ im Jahresmittel
- Städte	25 - 50 µg/m ³ im Jahresmittel
- höchste bisher in Rheinland-Pfalz gemessene Einzelkonzentration	308 µg/m ³ über 1 Stunde
Gehalt in der Luft in vorindustrieller Zeit in ländlichem Umfeld	10 - 20 µg/m ³ im Jahresmittel

● **Umwelt- und Gesundheitsgefahren durch bodennahes Ozon**

Ein Überschuss an Ozon in der **Troposphäre**, insbesondere in den bodennahen Luftschichten, beeinträchtigt aufgrund der toxischen und aggressiven Eigenschaften des Ozons die menschliche Gesundheit und die Vegetation. Erhöhte Ozonkonzentrationen, wie sie während anhaltender sommerlicher Schönwetterperioden im Atembereich des Menschen immer wieder auftreten, sind schädlich und deshalb unerwünscht.

● **Ozon als Klimagas**

Sowohl in der Troposphäre als auch in der unteren Stratosphäre kann Ozon auf Grund seines Absorptionsvermögens für Lichtstrahlung auf den Wärmefluss innerhalb der Atmosphäre einwirken. Ozon spielt deshalb trotz seines insgesamt geringen Anteils eine wichtige Rolle bei den physikalischen und chemischen Prozessen in der Atmosphäre. Veränderungen der Ozonkonzentration oder Verschiebungen des Ozonprofils können deshalb die natürlichen Abläufe in der Atmosphäre stören und Auswirkungen auf das Klima haben.

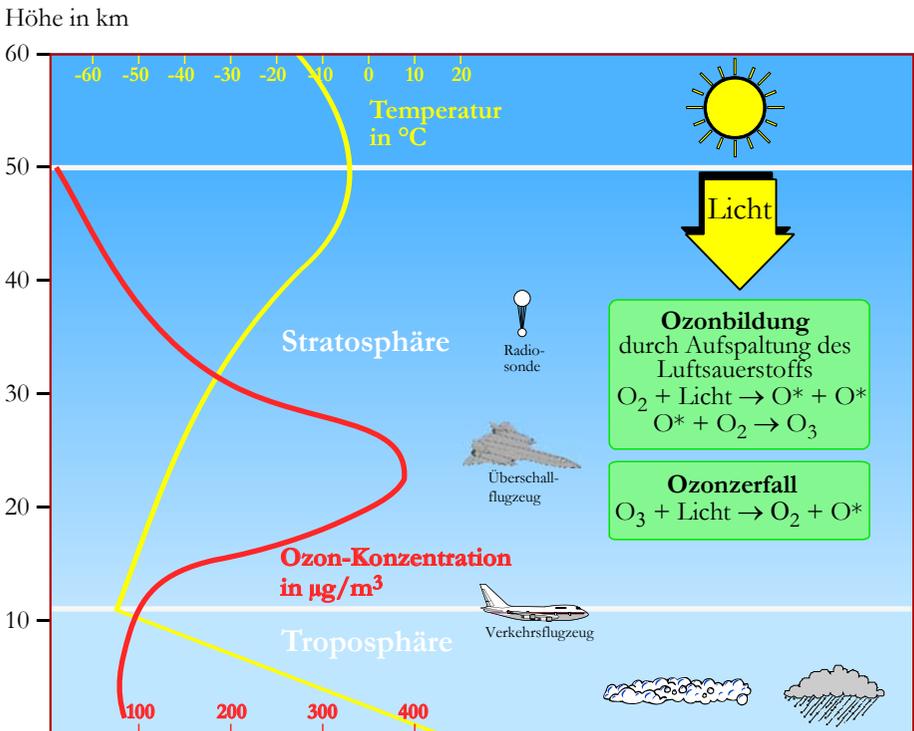


Abbildung 1: Ozonentstehung in der Stratosphäre

2 Ozon in der Stratosphäre

Ozon ist im eigentlichen Sinne kein Luftschadstoff, da es in der Stratosphäre auf natürlichem Wege durch die energiereiche UV-Strahlung der Sonne direkt aus Sauerstoff (O_2) entsteht (vgl. Abbildung 1).

Auf diese Weise entstehen über 90% des Ozons. Dieser Anteil verbleibt wegen der Sperrschicht zwischen Stratosphäre und Troposphäre weitgehend im oberen Stockwerk der Atmosphäre. Dennoch sorgt ein begrenzter Stoffaustausch zwischen der ozonreichen oberen und der ozonarmen unteren Luftschicht dafür, dass unsere Atemluft immer etwas Ozon enthält.

Das entstandene Ozon kann durch das Sonnenlicht auch wieder in Sauerstoff zerlegt werden, so dass sich in der Stratosphäre ein Konzentrations-Gleichgewicht einstellt.

Allerdings gefährden Emissionen unserer Industriegesellschaft dieses natürliche Gleichgewicht. Jährlich wiederkehrend wird über den Polen eine Ausdünnung des stratosphärischen Ozons beobachtet. In manchen Frühjahrswochen tritt sogar ein ausgedehntes **Ozonloch** auf, das sich erst mit der jahreszeitlich ansteigenden Sonnenscheindauer wieder schließt.

Hervorgerufen wird diese Erscheinung durch bestimmte langlebige und stabile Chlor- und Bromverbindungen, die sich lange genug in der Troposphäre aufhalten, um die Sperrschicht zum oberen Stockwerk der Atmosphäre, der Stratosphäre, allmählich überwinden zu können. Hierzu zählen die in der Vergangenheit wegen ihrer Ungiftigkeit und Unbrennbarkeit als Treibgase, Kühl- und Schäumittel weit verbreiteten **Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW)** und die als

Feuerlöschmittel eingesetzten **Halone**, die sich trotz Produktionsverbots noch viele Jahre in der Atmosphäre werden nachweisen lassen.

Da mit dem Abbau der schützenden Ozonschicht die ultraviolette Strahlung zunimmt, werden Auswirkungen auf Menschen, Tiere und Pflanzen befürchtet. Es besteht die Gefahr, dass Hautkrebs- und Augenerkrankungen zunehmen. Um dies zu verhindern, haben die Vereinten Nationen im sogenannten Montrealer Protokoll den weltweiten Ausstieg aus der Produktion der FCKW und anderer ozonschädigender Halogenverbindungen beschlossen.

So entsteht das Ozonloch

In der Stratosphäre werden Chlorverbindungen durch die in dieser Höhe ungefilterte energiereiche Sonnenstrahlung gespalten.

Die entstehenden Chlor-Radikale greifen in die Spurengaskreisläufe der Atmosphäre ein. Dabei entstehen zum Teil stabilere Verbindungen, wie Chlornitrat oder Chlorwasserstoff, die z.B. in sehr kalten polaren stratosphärischen Wolken über der Antarktis zu labilen Zwischenstufen umgewandelt werden, die den antarktischen Winter überdauern. Wenn im Frühjahr die Sonne wieder über den Horizont tritt, werden aus diesen angereicherten Chlorverbindungen die Chlor-Radikale durch die Einwirkung des Sonnenlichts in großer Menge freigesetzt und können ihre Ozon abbauende Wirkung schlagartig entfalten.

Die Chlor-Radikale sind dazu imstande, viele Ozonmoleküle zu spalten, ehe sie selbst durch andere Prozesse umgewandelt werden oder die Stratosphäre verlassen.

3 Ozon in der Troposphäre

Ozon kann auch in den bodennahen Luftschichten gebildet werden, allerdings auf ganz anderem Wege als in der Stratosphäre und in deutlich geringem Ausmaß.

Da in der Troposphäre das Sonnenlicht nicht mehr die erforderliche Energie hat, um Ozon direkt aus Sauerstoff zu bilden, müssen Luftverunreinigungen bei ihrem photochemischen Abbau Hilfestellung geben. Stickoxide und flüchtige organische Verbindungen aus dem Verkehr, der Industrie und den privaten Haushalten spielen als sogenannte **Ozonvorläuferstoffe** eine besondere Rolle.

Stickstoffdioxid (NO₂) wird in einem auslösenden Schritt im Sonnenlicht zu Stickstoffmonoxid (NO) und Sauerstoffatomen gespalten. Letztere reagieren mit Luftsauerstoff zu Ozon. Umgekehrt setzt sich Ozon aber auch wieder mit NO zu Stickstoffdioxid und Sauerstoff um, so dass sich ein Gleichgewicht zwischen Ozonbildung und -abbau einstellt.

Da die Stickstoffoxide zu mehr als 90% als Stickstoffmonoxid emittiert werden, können auf diesem Wege allein keine hohen Ozonkonzentrationen entstehen. Hier kommen **organische Luftverunreinigungen** ins Spiel. Sie sind an der Ozonbildung

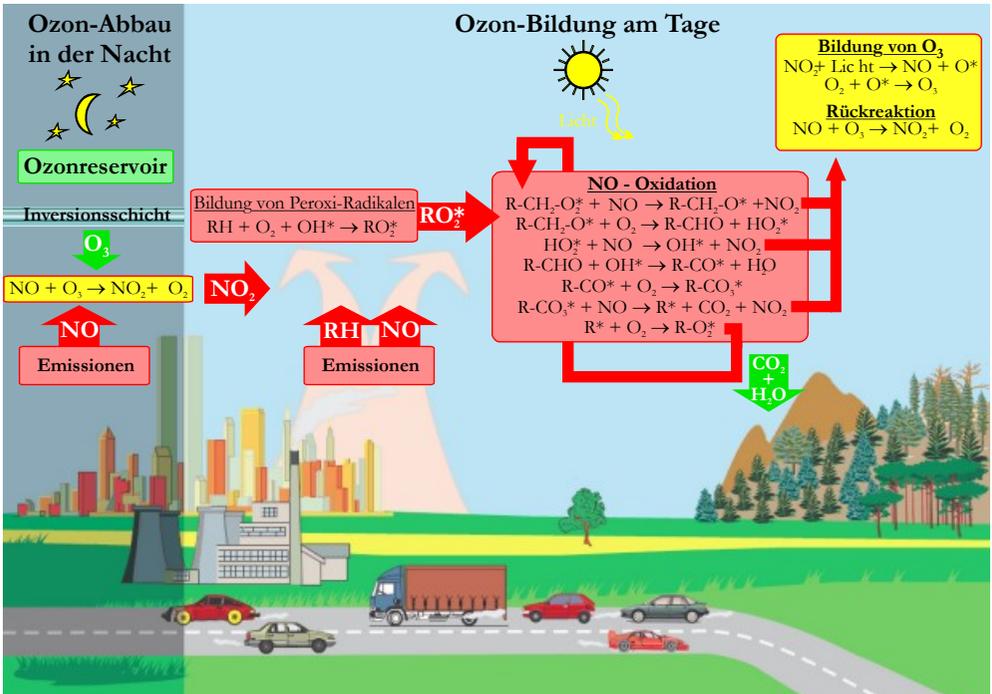


Abbildung 2: Ozonbildung und -abbau in den bodennahen Luftschichten

dadurch beteiligt, dass sie durch verschiedene Mechanismen in der Luft oxidativ abgebaut werden und ihre Abbauprodukte die Oxidation von NO zu NO₂ unterstützen. Auf diese Weise schließen sie den Kreislauf der Stickoxide; weiteres Ozon kann gebildet werden, solange organische Stoffe als „Brennstoffe“ und Sonnenlicht zur Verfügung stehen:

Bodennahes Ozon wird nicht wie andere Luftschadstoffe direkt emittiert, sondern bildet sich in der Luft aus sogenannten Vorläuferstoffen, nämlich Stickoxiden und organischen Gasen und Dämpfen unter Einwirkung des Sonnenlichts. Hohe Temperaturen wirken reaktionsbeschleunigend.

Die Gruppe der **organischen Verbindungen** umfasst eine Vielzahl von Einzelstoffen, die je nach ihrer Stabilität die „Ozonpumpe“ schneller oder langsamer antreiben. Besonders schnell reagieren Olefine, wie Ethen oder Propen, aber auch Verbindungen natürlichen Ursprungs, wie Terpene aus den Wäldern. Langsam reagieren z.B. Benzol oder das als Sumpfgas bekannte Methan.

Das entstandene Ozon wird durch Reaktionen mit NO und anderen Luftverunreinigungen, oder an Oberflächen (Boden, Pflanzen) abgebaut. In den Abend- und Nachtstunden gewinnen aufgrund der fehlenden Sonnenenergie die Abbaureaktionen die Oberhand und führen zu einem Absinken der Ozonkonzentration. Mit dem Ende von Schönwetterperioden normalisieren sich die Ozonkonzentrationen wieder sehr rasch.

In den letzten 100 Jahren ist der Ozongehalt im Jahresdurchschnitt in ländlichen Regionen auf von etwa 20 µg/m³ auf 50 bis 80 µg/m³ und damit um ein Mehrfaches gegenüber dem vorindustriellen Pegel angestiegen. Verantwortlich hierfür ist die mit der Industrialisierung einhergehende Erhöhung der Schadstoffemissionen.

Bei **Sommersmog**-Wetterlagen steigen die Ozonkonzentrationen nicht selten kurzzeitig auf Werte über 180 µg/m³ an. Der bisher höchste in Rheinland-Pfalz über eine Stunde gemessene Wert betrug 308 µg/m³.

Die rheinland-pfälzischen Ozon-Messtationen

mit den höchsten gemessenen 1-Stunden-Mittelwerten im Zeitraum 1980-2005

Station	Konzentration ^{*)}	Datum	Zeit
Wörth	308	08.08.92	17:00
Mainz	303	11.07.84	15:00
Neuwied	286	11.08.98	18:00
Westerwald-Süd	270	09.08.03	20:00
Pfälzerwald	266	11.08.88	03:00
Westeifel	264	21.07.90	20:00
Bad Kreuznach	258	28.07.90	17:00
Trier	258	06.06.86	18:00
Speyer	252	07.08.92	16:00
Hunsrück	246	15.06.92	22:00
Westerw-Nord	245	11.08.98	18:00
Westpfalz	243	11.08.98	20:00
Kaiserslautern	236	05.08.90	14:00
Ludwigshafen	235	12.08.03	14:00
Worms	229	03.07.94	16:00
Koblenz	217	11.08.98	20:00
Pirmasens	211	26.06.01	19:00
Neustadt	208	09.07.95	15:00

^{*)} höchster 1-Stunden-Mittelwert in µg/m³ seit Beginn der Messungen

Abbildung 3 zeigt am Beispiel einer hochsommerlichen Ozonperiode den Tagesverlauf der Ozon-Konzentration in Deutschland. Man erkennt den Anstieg des Ozons im Tagesverlauf. Am späten Nachmittag wird das Maximum

erreicht, die Ozonbelastung geht im Verlauf der Abend- und Nachtstunden zurück, und zwar in Ballungsräumen rascher und weitgehender als in ländlichen Regionen.

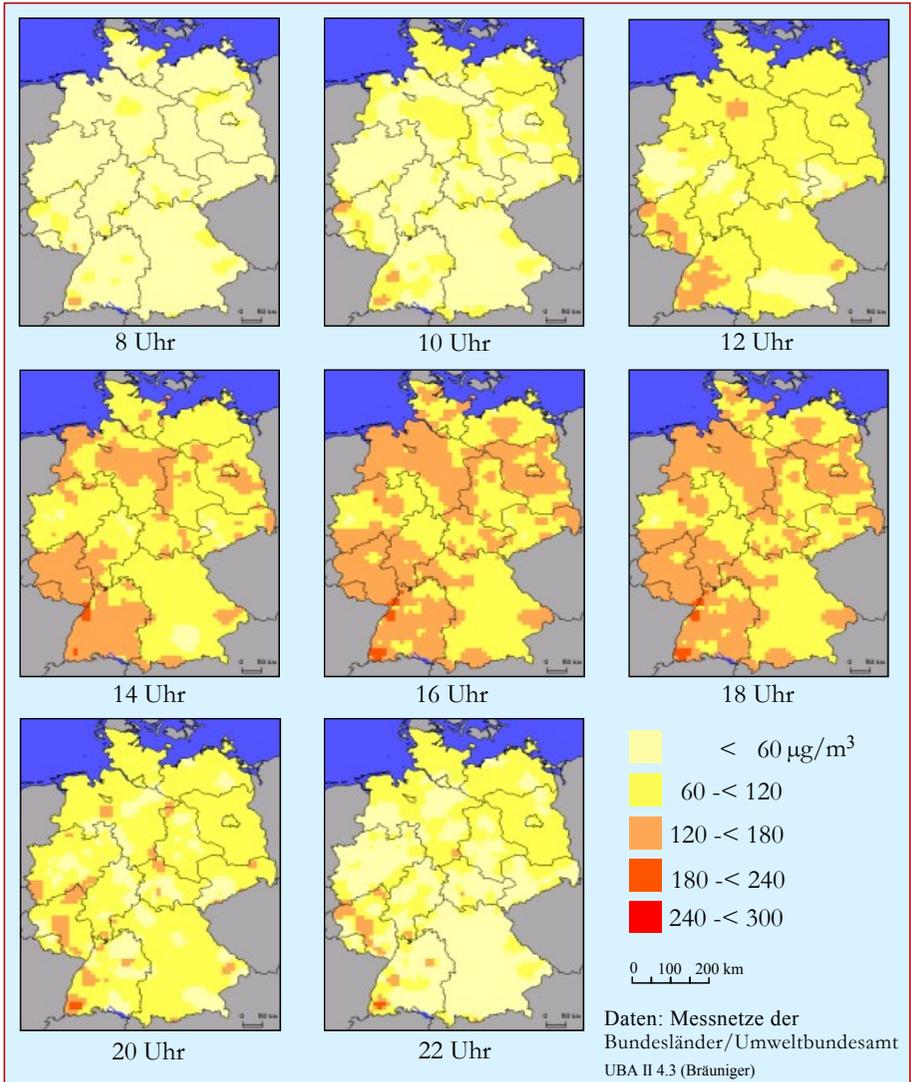


Abbildung 3: Ozonkonzentration während einer Sommervetterlage

4 Wirkungen

Ozon ist ein Reizgas und wirkt bei erhöhten Konzentrationen beim Menschen vor allem auf die Atemwege. Es löst sich nur schlecht in Wasser und dringt beim Atmen deshalb tief in die Lunge ein. Dort trifft es auf Gewebe, das nicht mehr durch Schleimhäute geschützt ist. Auf Grund seines hohen Oxidationsvermögens kann es Zellmembranen schädigen und damit entzündliche Prozesse auslösen.

Die bei Sommersmog oft festzustellenden Reizungen der Augen und der Schleimhäute gehen auf ebenfalls reizende, aber besser wasserlösliche Begleitsubstanzen des Ozons, wie Peroxiacetylnitrat, Acrolein oder Formaldehyd zurück, die als Nebenprodukte bei der Ozonbildung entstehen. Im Hinblick auf ihre gesundheitlichen Wirkungen sind diese Stoffe aber wegen der geringeren Konzentrationen und ihrer geringeren Toxizität weniger bedeutend als Ozon.

Entscheidend für das Ausmaß der Wirkung ist die aufgenommene **Ozondosis**. Diese ergibt sich aus der Ozonkonzentration, der Dauer der Einwirkung

und der eingeatmeten Luftmenge. Durch Ozon besonders betroffen sind dementsprechend Personen, die im Freien über längere Zeit körperlich anstrengende Tätigkeiten, z.B. bei der Arbeit oder beim Sport, ausüben. Da das Atemvolumen bei körperlicher Anstrengung stark ansteigt, sollten bei extremen Ozonwetterlagen ungewohnte körperliche Anstrengungen unterbleiben.

Nach mehrstündiger Einwirkung und gleichzeitiger körperlicher Aktivität können Veränderungen von Lungenfunktionsparametern und Beeinträchtigungen der körperlichen Leistungsfähigkeit beobachtet werden. Die Symptome bilden sich bei abnehmender Ozonbelastung wieder zurück.

Die Einwirkung von Ozon wird subjektiv unterschiedlich empfunden. Erfahrungsgemäß reagieren 10% bis 15% der Bevölkerung besonders empfindlich auf Ozon, ohne dass sich diese Gruppe genau eingrenzen ließe. Als Beschwerden werden schon bei mittleren Konzentrationen Tränenreiz, Reizung der Atemwege, Atembeschwer-



*Abbildung 4:
Erhöhte Ozondosis
beim Ausdauersport*

den, Kopfschmerzen und Müdigkeit genannt.

Ozon ist selbst kein Allergen. Durch die von Ozon hervorgerufene entzündliche Gewebereaktion können jedoch sensibilisierende Begleitsubstanzen tiefer in das Gewebe eindringen, was die Entstehung einer Allergie fördern kann. Ozon zeigt in Versuchen an Zellen gentoxische Wirkungen. In einzelnen Tierversuchen wurde darüber hinaus eine Krebs erzeugende Wirkung bei sehr hohen Ozonkonzentrationen ($2000 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und lang anhaltender Einwirkung nachgewiesen. Eine klare Dosis-Wirkungs-Beziehung fand sich in den Versuchen nicht, eine Wirkungsschwelle wird jedoch angenommen. Die in Deutschland maximal bislang gemessenen Konzentrationen in der Umwelt erreichen diese hohen Konzentrationen nicht. Weiterhin wird in einigen Studien ein Zusammenhang zwischen erhöhten Ozonkonzentrationen in der Atemluft und einer zu dieser Zeit erhöhten Sterberate, insbesondere in Folge von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, festgestellt.



- ✗ Störung der Photosynthese
- ✗ Zerstörung von Zellstrukturen
- ✗ Bleichung von Zellgewebe (Nekrosen und Chlorosen)
- ✗ Hemmung des Pflanzenwachstums
- ✗ Ertrags- und Qualitätseinbußen in Land- und Forstwirtschaft

Abbildung 5: Pflanzenschäden durch Ozon

Ozon kann auch **Pflanzen** schädigen, indem es über die Spaltöffnungen ins Blattinnere gelangt und die Zellstrukturen angreift. In Abhängigkeit von der Dauer der Belastung und der Konzentration können Wachstumsstörungen, aber auch sichtbare Schäden auftreten. Eine Beteiligung des Ozons an den durch Luftverunreinigungen verursachten Waldschäden gilt heute als gesichert.



Abbildung 6: Der Wald - ein sensibler Indikator für Luftverunreinigungen wie Ozon

5 Beurteilungswerte, Verhaltensempfehlungen

Beurteilungswerte

Die **Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt in der Luft** wurde in nationales Recht in die 33. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommer-

smog, Versauerung und Nährstoffeinträgen) umgesetzt. Mit der **33.BImSchV** vom 13.07.2004 wurden die Schwellenwerte und Zielwerte zur Beurteilung von Belastungssituationen durch bodennahes Ozon neu festgesetzt:

Ozon	Mittelungszeitraum	Schwellenwert
Informationsschwelle	1-Stunden-Mittelwert	180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Alarmschwelle	1-Stunden-Mittelwert	240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Schutzziel	Mittelungszeitraum	Zielwert für 2010
Zielwert für den Schutz der menschlichen Gesundheit	Höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages (darf an höchstens 25 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden), gemittelt über drei Jahre	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Zielwert für den Schutz der Vegetation	AOT40 ⁷⁾ berechnet aus 1-Stunden-Mittelwerten von Mai bis Juli, gemittelt über 5 Jahre	18.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)h
Schutzziel	Mittelungszeitraum	Langfristziel
Langfristiges Ziel für den Schutz der menschlichen Gesundheit	Höchster 8-Stunden-Mittelwert eines Tages während eines Jahres	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Langfristiges Ziel für den Schutz der Vegetation	AOT40 ⁷⁾ berechnet aus 1-Stunden-Mittelwerten von Mai bis Juli	6.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)h

⁷⁾AOT40, genaue Berechnung siehe „Verwendete Abkürzungen und Begriffe“ am Ende der Broschüre.

Verhaltensempfehlungen

Folgende **Verhaltensregeln** helfen, sich vor zuviel Ozon zu schützen:

- Ab einer Ozonkonzentration von 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ werden ozonempfindliche Bürger über die Ozonbelastung unterrichtet (Informationsschwelle). Hierbei wird vor allem Personen, die empfindlich auf Ozon reagieren, empfohlen, ungewohnte körperliche Anstrengungen im Freien zu vermeiden.
- Ab einer Ozonkonzentration von mehr als 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird die gesamte Bevölkerung unterrichtet (Alarmschwelle). Hierbei wird empfohlen, länger andauernde und körperlich anstrengende Tätigkeiten im Freien zu vermeiden.
- Unterhalb einer Ozon-Konzentration von 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ über 8 Stunden wird davon ausgegangen, dass



keine gesundheitsbeeinträchtigenden Wirkungen auftreten.

Diese grundsätzlichen Empfehlungen geben in Verbindung mit den bisher in Rheinland-Pfalz gemessenen Ozon-Spitzenwerten keinen Anlass, den Aufenthalt von Personen im Freien einzuschränken. Auch gegen Beschäftigungen im Freien, wie Rad fahren, Baden, Boot fahren und Spielen bestehen im Allgemeinen keine Bedenken.

Allerdings sollten sportliche Ausdauerleistungen und länger dauernde, körperlich anstrengende Tätigkeiten an

heißem Sommertagen im Freien nach Möglichkeit auf den Vormittag oder den späten Abend verlegt oder verschoben werden.

Die Ozonkonzentrationen in Innenräumen sind auch bei Sommersmog-Wetterlagen deutlich niedriger als im Freien, soweit die Fenster geschlossen gehalten werden. Für den Aufenthalt in Innenräumen besteht daher unabhängig von der Art der Tätigkeit kein Risiko durch Ozon. Gelüftet werden sollte bevorzugt in den frühen Morgen- und in den späten Abendstunden.

Empfehlungen des Ministeriums für Bildung, Frauen und Jugend Rheinland-Pfalz für den **Schulsport** bei erhöhten Ozonkonzentrationen (Auszug):

1 Vorbeugendes Verhalten gegenüber Hitze hilft auch gegen Ozon. Bei heißem Sommerwetter sollte der Schulsport schon wegen der temperaturbedingten Kreislaufbelastungen den äußeren Gegebenheiten angepasst werden und vorzugsweise schattige Bereiche aufgesucht werden.



2 Bei einer Ozonkonzentration bis zu $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ als Mittelwert über eine Stunde sind bei gesunden Kindern keine Einschränkungen beim Sport treiben nötig.

3 Bei einer Ozonkonzentration von mehr als $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sollen intensive Ausdauerleistungen im Freien unterbleiben. Dazu zählen Langstreckenläufe, aber auch laufintensive Mannschaftsspiele. Gegebenenfalls sollte der Sportunterricht in die Halle verlegt werden.

4 Bei einer Ozonkonzentration von über $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ist aus Vorsorgegründen kein Schulsport im Freien durchzuführen.



Die vorstehenden Hinweise für den Schulsport gelten auch für sportliche Betätigungen bei Sportfesten, Wandertagen und Schullandheimaufenthalten.

Aus dem Merkblatt der rheinland-pfälzischen Gewerbeaufsicht über **Arbeiten im Freien** bei erhöhter Ozonkonzentration:

Die Staatliche Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz empfiehlt den Betrieben und den Beschäftigten bei Überschreitung des Informationswertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ozon bei Arbeiten mit erhöhter körperlicher Belastung im Freien folgende Schutz- und Ausgleichsmaßnahmen zu prüfen:



- Morgens früher mit der Arbeit beginnen, um hohen Ozonbelastungen am Nachmittag auszuweichen,
- körperlich anstrengende Arbeiten in die Morgen- und Vormittagsstunden verlegen,



- nachmittags leichtere Arbeiten wie Wartungs- und Aufräumarbeiten durchführen,
- im Schatten arbeiten, zum Beispiel unter einem Sonnendach, um die zusätzliche Hitzebelastung zu verringern,



- Arbeiten, wenn möglich, in das Innere von Gebäuden verlagern,
- Pausen möglichst in Räumen verbringen,
- Mehrarbeit im Freien an solchen Tagen vermeiden,
- bei extremen Wetterlagen die Möglichkeit eines Zeitausgleichs prüfen.



Beim Erreichen des Ozon-Informationswertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sollten die Beschäftigten, die körperlich anstrengende Tätigkeiten im Freien ausführen, informiert werden.

Beschäftigten, die häufig im Freien arbeiten und Beschwerden haben oder an Erkrankungen der Atemwege leiden, sollte es ermöglicht werden, sich betriebsärztlich beraten und untersuchen zu lassen.

Informationen zur aktuellen Ozonsituation können Sie per Internet oder im Fernsehtext des Südwestrundfunks erhalten (siehe Seite 27)

6 Ozonmessungen in Rheinland-Pfalz

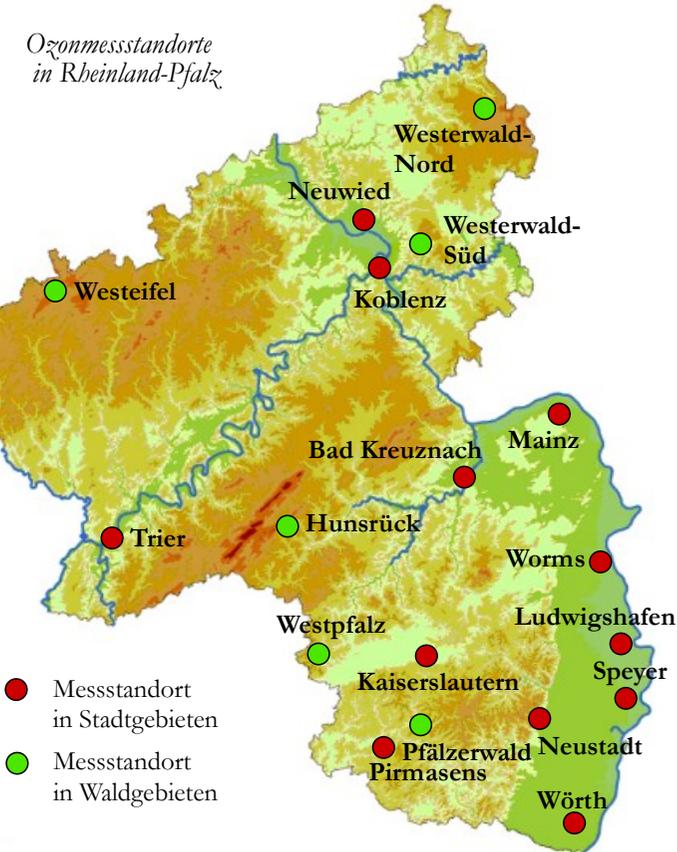
Das Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht betreibt im Auftrag der Landesregierung seit 1978 ein Luftmessnetz, das mehrfach erweitert und ausgebaut wurde. Dieses **Zentrale Immissionsmessnetz (ZIMEN)** überwacht „rund um die Uhr“ die Luftqualität, stellt die Schadstoffkonzentrationen der wichtigsten Luftverunreinigungen fest und registriert meteorologische Einflussgrößen wie Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Sonnenscheinintensität, Luftdruck und Niederschlag, die für

die Ausbreitung von Luftverunreinigungen maßgeblich sind.

Zu den Aufgaben des Messprogramms gehört auch die aktuelle Feststellung der Immissionsbelastung durch Ozon im Rahmen des Ozonwarndienstes bei Sommersmog-Situationen.

Von den insgesamt 33 Stationen sind 18 Stationen mit Ozonmessgeräten ausgerüstet (vgl. Abb. 7). 12 Messstandorte für Ozon befinden sich in größeren Städten (bzw. am Stadtrand) und 6 in Waldgebieten.

Abbildung 7: Ozonmessstandorte in Rheinland-Pfalz



Wie hat sich die Ozonbelastung über die Jahre entwickelt?

Der Trend der langfristigen Ozonbelastung lässt sich am anschaulichsten durch den Verlauf der Jahresmittelwerte, jeweils gemittelt über die Stadt- und Waldstationen, darstellen; Abbildung 8 zeigt die Entwicklung im Zeitraum 1990 bis 2004.

Zunächst fällt ein deutlicher Unterschied der Ozonlangzeitwerte zwischen den Messstandorten in Stadt-

und in Waldgebieten auf. Die Jahresmittelwerte bewegen sich in den Städten in einer Größenordnung von etwa 25 bis 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, während **in den Wäldern** und ländlichen Regionen von Rheinland-Pfalz die Werte zwischen 50 und 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen, also **etwa doppelt so viel Ozon** gemessen wurde.

Verantwortlich für diesen zunächst überraschenden Befund ist der höhere Grad der Luftverschmutzung in den Ballungsräumen. Dieser bewirkt, dass das Ozon in den Städten fortwährend

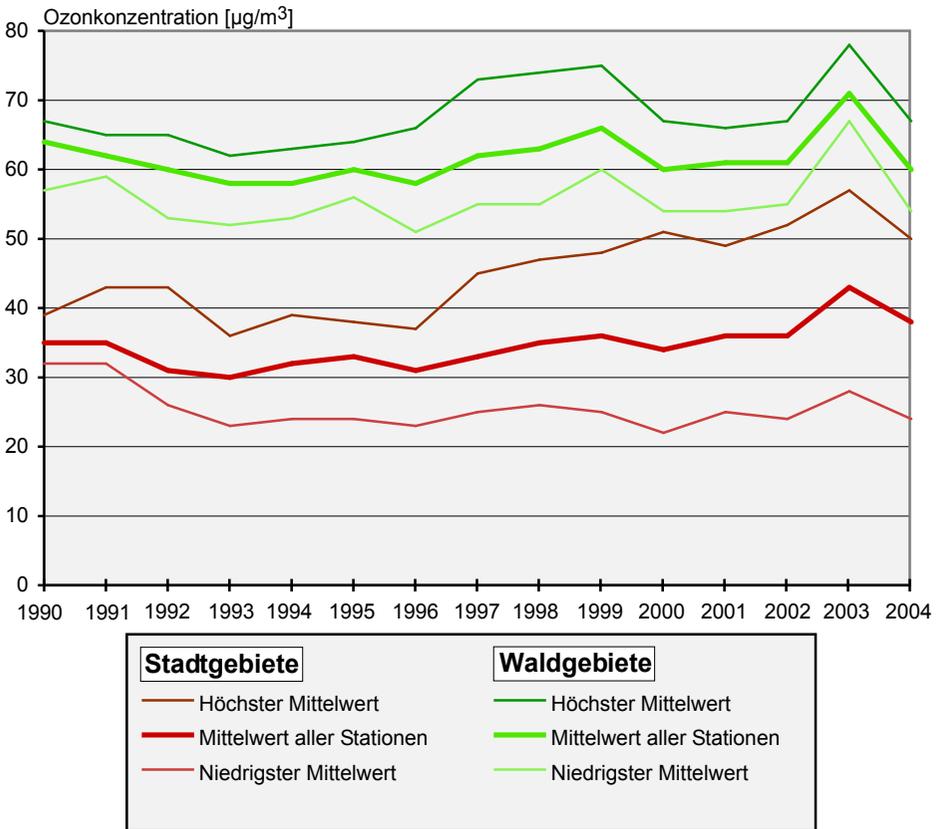


Abbildung 8: Entwicklung der Ozonkonzentration im Jahresmittel in Rheinland-Pfalz

Reaktionspartner findet und in den Nachtstunden daher fast vollständig abgebaut wird. In den Waldgebieten und den ländlichen Regionen ist hingegen die Luft sauberer, so dass die Ozonpegel hier in der Nacht, aber auch im Winterhalbjahr nicht so stark sinken und daher entsprechend höhere Tages- und Jahresmittelwerte festgestellt werden.

Wegen des beherrschenden Einflusses des Wetters auf die Ozonbildung wird der langjährige Trend sehr stark von den jährlich wechselnden Witterungsverhältnissen bestimmt. Darüber hinaus deuten sich aber auch Einflüsse durch die Entwicklung der Emissionen von Ozonvorläuferstoffen an.

Seit Anfang der 90er Jahre stagnieren die Ozon-Langzeitbelastungen oder gehen sogar zum Teil leicht zurück. Offensichtlich haben die mit der Einführung des schadstoffarmen Autos und den Luftreinhaltemaßnahmen in der Industrie erreichten Emissionsminderungsmaßnahmen seit etwa 1991 den weiteren Anstieg des Ozons gebremst. Die leichte Zunahme des Ozons seit Mitte 1996 wird auf ozonbegünstigende Witterungseinflüsse zurückgeführt.

Der gemessene Jahresmittelwert des Jahres 2003 ist der höchste seit Beginn der Messungen und ist auf das besondere und außergewöhnliche hochsommerliche Wetter im August 2003 zurück zu führen.



Abbildung 9: ZIMEN-Waldluftmessstation „Pfälzerwald-Hortenkopf“

Wie haben sich die Ozon-Spitzenbelastungen entwickelt?

Nur in den Sommermonaten können normalerweise Ozonkonzentrationen auftreten, welche die gesetzlich festgelegten Schwellenwerte überschreiten. Unter Wirkungsgesichtspunkten spielt die Betrachtung der Ozonepisoden deshalb eine besondere Rolle.

Die erreichten Ozon-Spitzenkonzentrationen hängen naturgemäß sehr stark von extremen Wetterlagen ab. Im Gegensatz zu den Langzeitwerten ist hier kein systematischer Unterschied zwischen Stadt- und Waldgebieten erkennbar. An Stationen am Rand von Ballungsräumen und Industrieregionen (Mainz, Wörth) sowie an Waldstationen in Mittelgebirgslagen treten die höchsten Kurzzeitwerte auf.

Bei den kurzzeitigen Ozon-Spitzenbelastungen weist der zeitliche Trend seit Anfang der 90er Jahre auf eine zunehmende Entspannung der Immissionssituation hin.

Dies wird verdeutlicht am Gang der Überschreitungshäufigkeiten der Informationsschwelle von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der Alarmschwelle von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, und des Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Wie häufig wurde der Schwellenwert für die Information der Bevölkerung überschritten?

Zur Erinnerung: Treten im Verlauf eines Tages Ozonkonzentrationen von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und mehr über mindestens eine Stunde auf, wird die Bevölkerung unterrichtet.

In Abbildung 10 ist für alle Stationen die Zahl der Tage im Jahr angegeben, an denen der Schwellenwert überschritten wurde. Auch hier zeichnet sich ab, dass Häufigkeit und Ausmaß der „Ozonepisoden“ mit Ausnahme des Hitzerekordjahres 2003 abnehmen.

Während zum Beispiel 1990 an den Messstationen die $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -Marke je nach Standort noch an 8 bis 19 Tagen im Jahr überschritten wurde, nahm in den folgenden Jahren die Häufigkeit dieser hohen Werte trotz ausgeprägter Schönwetterperioden spürbar ab. 2005 traten an fünf Messstandorten keine Überschreitungen mehr auf, an den übrigen Stationen wurde der Schwellenwert nur noch an maximal 8 Tagen überschritten. 1990 wurden im Mittel 10,6 Überschreitungstage pro Station verzeichnet, 1998 waren es 4,2 Tage und 2005 nur noch 2,8 Tage pro Station.

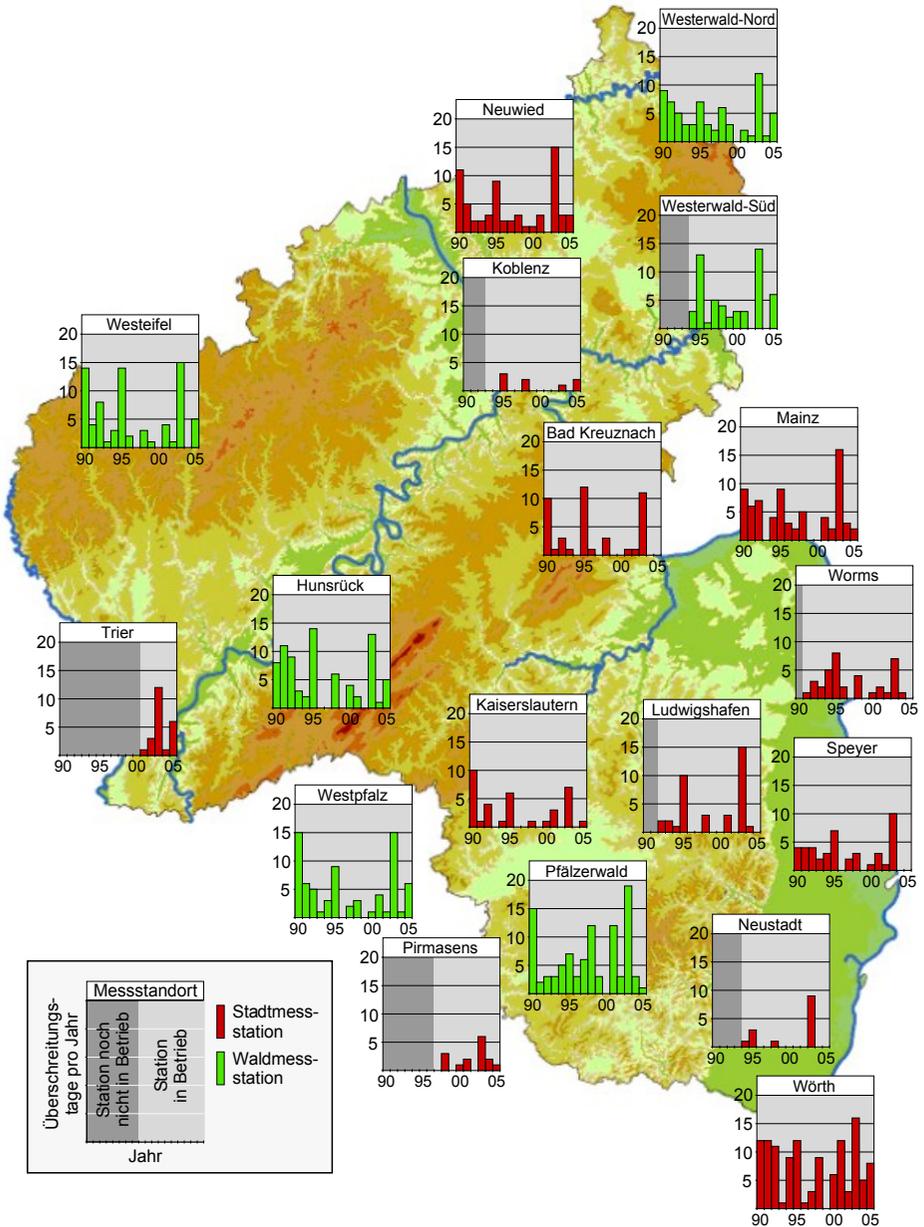


Abbildung 10: Anzahl der Überschreitungstage der Informationsschwelle $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr von 1990 bis 2005

Wie oft wurde die Schwelle von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht?

Zur Erinnerung: Treten im Verlauf eines Tages Ozonkonzentrationen von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und mehr über mindestens eine Stunde auf, wird die gesamte Bevölkerung unterrichtet. Ihr wird empfohlen, Schutzmaßnahmen vor erhöh-

ter Ozonimmission zu treffen.

In der nachfolgenden Tabelle sind die Tage pro Jahr aufgeführt, an denen eine Überschreitung von $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen wurde:

Überschreitungstage der Alarmschwelle $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr																
Station	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
Ludwigshafen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mainz	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Speyer	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neustadt	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Kaiserslautern	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pirmasens	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trier	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Worms	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Neuwied	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-
Koblenz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bad Kreuznach	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wörth	-	1	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
Westpfalz	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Hunsrück	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Westeifel	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
Westerw-Nord	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Westerwald-Süd	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	2
Pfälzervald	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
Summe der Kalendertage	3	2	3	0	1	1	0	0	2	0	0	1	0	4	0	2

Wie oft wird der Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit überschritten?

Zur Erinnerung: Zum Schutz der menschlichen Gesundheit bei länger andauernden Belastungen gilt in der Europäischen Union (ab 2010) ein Wert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ über acht Stunden, der an höchstens 25 Tagen im Jahr überschritten werden darf (Vorsorgewert), gemittelt über drei Jahre.

In Abbildung 12 ist für die 18 Messstationen die jährliche Überschreitungshäufigkeit des Vorsorgewertes in Überschreitungstagen dargestellt. Die Auswertung erfolgte auf der Basis des höchsten 8-Stunden-Mittelwertes, gleichzeitig berechnet aus Stundenwerten in Stundenschritten. Es wird deutlich, dass der anspruchsvolle Vorsorgewert in den Städten nicht immer eingehalten wird und besonders in Waldgebieten und ländlichen Zonen die erhöhten Ozonkonzentrationen länger andauern.



Abbildung 11: Messgeräte in einer automatisch arbeitenden Messstation

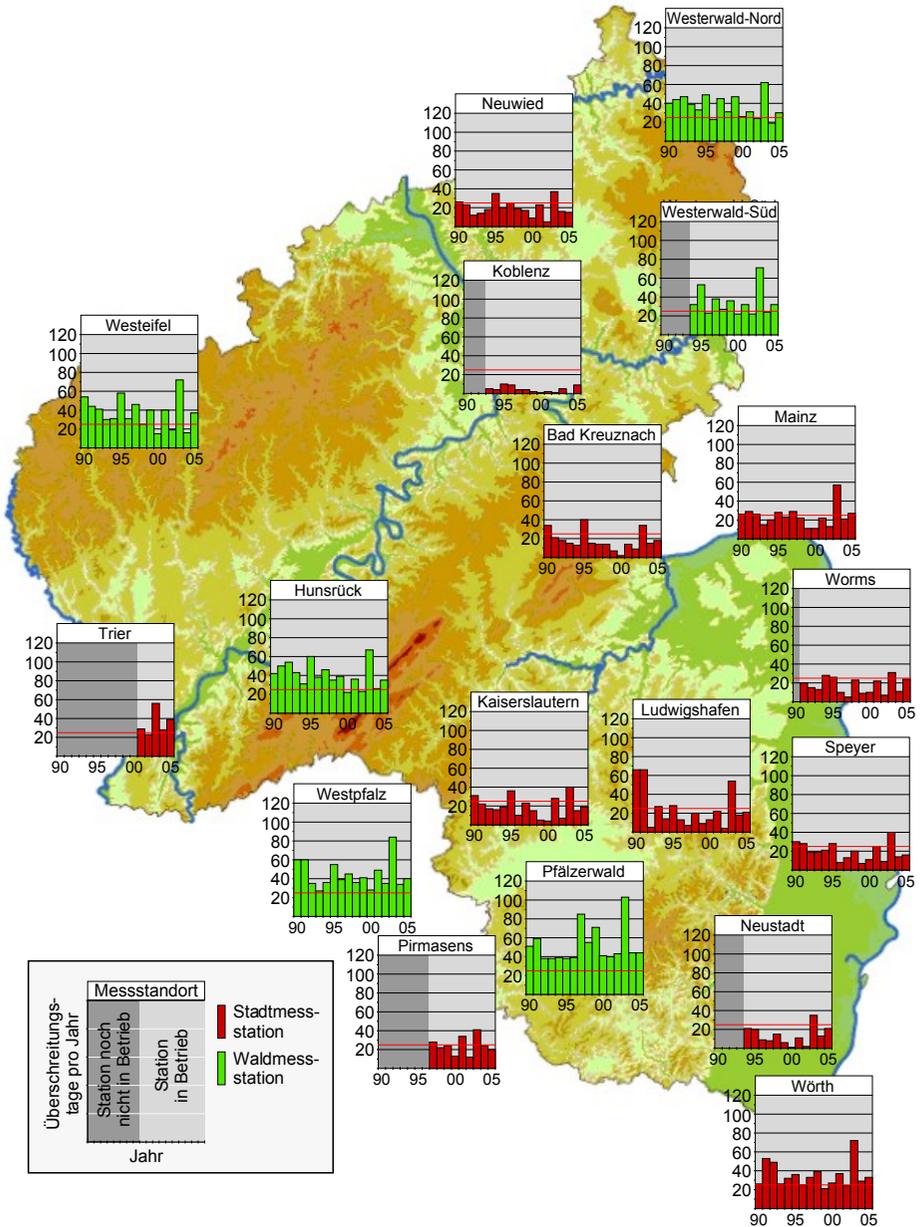


Abbildung 12: Anzahl der Überschreitungstage des 8-Stunden-Mittelwertes $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pro Jahr von 1990 bis 2005

Wie oft wird der Zielwert zum Schutz der Vegetation überschritten?

Zur Erinnerung: Zum Schutz der Vegetation sieht die Europäische Union einen Zielwert von 18.000 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)h vor (als AOT40 über den Zeitraum von Mai bis Juli, gemittelt über fünf Jahre, einzuhalten ab 2010).

Die neben stehende Tabelle zeigt für jede Messstation die o.g. AOT40-Werte gemittelt über die Jahre 2001-2005. Die AOT40-Werte sind nur für ländliche Zonen von Bedeutung, da dort die Schutzgüter (Vegetation, insbesondere Wälder) überwiegen.

Man sieht, dass die gemessenen Werte in Stadtgebieten größtenteils unter dem Zielwert liegen, in den Waldgebieten jedoch darüber oder nur knapp darunter.

AOT40-Messwerte in Rheinland-Pfalz Mittelwerte für 2001-2005	
Station	AOT40 ^{*)}
Ludwigshafen	13.630
Mainz	15.191
Speyer	12.340
Neustadt	9.676
Kaiserslautern	13.089
Pirmasens	16.096
Trier	17.079
Worms	11.865
Neuwied	11.294
Koblenz	3.323
Bad Kreuznach	9.877
Wörth	22.147
Westpfalz	22.051
Hunsrück	18.576
Westeifel	17.533
Westerwald-Nord	14.790
Westerwald-Süd	17.015
Pfälzerwald	22.422

^{*)} in ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)h, jeweils für den Zeitraum Mai-Juli, hochgerechnet auf 100% Verfügbarkeit

7 Maßnahmen

Ozon wird nicht direkt emittiert, sondern über komplexe Mechanismen gebildet. Sowohl die Vorläuferstoffe als auch das gebildete Ozon selbst werden weiträumig verfrachtet. Eine erfolgversprechende Minderungsstrategie muss diese naturwissenschaftlichen Fakten beachten und wie folgt angelegt sein:

- Maßnahmen können nur wirksam sein, wenn sie weiträumig und frühzeitig einsetzen. Diesen Anforderungen wird am besten eine planmäßige und dauerhaft angelegte Luftreinhaltestrategie im nationalen, besser noch grenzüberschreitenden Rahmen gerecht.
- Die Verminderung der Vorläuferemissionen führt wegen der komplexen Bildungsprozesse dazu, dass die Ozonbelastung nicht in gleichem Umfang, sondern nur zu einem Bruchteil der Minderungsrate zurückgeht. Der Ausstoß der Vorläuferstoffe muss deshalb nach Modellbetrachtungen um mehr als 50% gesenkt werden, um die Ozonkonzentrationen in nennenswertem Umfang zu verringern.

Die Messdaten geben Hinweise, dass die bisher eingeleiteten Maßnahmen Wirkung zeigen. Vor allem beim Ausmaß und der Dauer der Ozonepisoden zeichnet sich eine Entspannung ab.

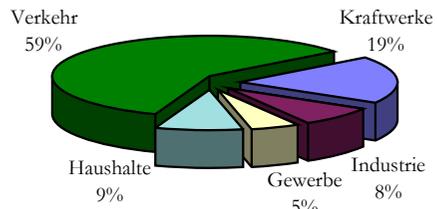
Quellen der Vorläuferstoffe

Die erhöhte Ozonbelastung bei Schönwetterperioden geht auf verschiedene Quellen zurück, welche die Vorläuferstoffe Stickoxide und organische Verbindungen freisetzen. So wurden 1996 in Deutschland insgesamt etwa 1,86 sowie 2000 etwa 1,55 Millionen Tonnen **Stickoxide** emittiert. Die im Jahr 2005 emittierten 1,34 Millionen Ton-



Abbildung 13: Ungefilterte Industrieemissionen gehören der Vergangenheit an

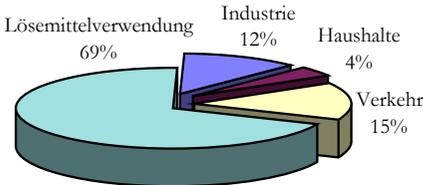
nen Stickoxide verteilen sich auf die folgenden Quellen:



Quelle: Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung im Auftrag des Umweltbundesamtes, September 2003

Stickoxide werden also überwiegend vom Verkehr freigesetzt und dies im Sommer noch ausgeprägter als hier ausgewiesen, da andere Quellen wie Gebäudeheizungen dann ausfallen. Außerdem kann der Verkehr in Flächenländern einen noch höheren Anteil an den Stickoxidemissionen als im Bundesdurchschnitt erreichen.

Die Gesamtemissionen an **flüchtigen organischen Verbindungen** (ohne Methan) betragen 1994 in Deutschland rund 2,1 Millionen Tonnen. Die 2005 emittierten 1,46 Millionen Tonnen verteilen sich auf folgende Quellen:



Quelle: Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung im Auftrag des Umweltbundesamtes, September 2003

Hier steht die Freisetzung von Lösemitteln im Vordergrund.

Nicht beeinflussbar sind die Emissionen organischer Verbindungen aus **natürlichen Quellen** (z.B. Wäldern), die gerade bei Schönwetterperioden ihr Maximum erreichen. Ihr Anteil beträgt im Jahresdurchschnitt etwa 6% der vom Menschen verursachten Emissionen. Er steigt an Sommertagen auf bis zu 17% an.

Auch Kleinvieh macht Mist!



Bei sommerlichen Schönwetterperioden kommen verstärkt Mopeds, Motorräder, Motorboote sowie

Rasenmäher und andere mobile Maschinen mit Verbrennungsmotoren zum Einsatz und begünstigen durch ihre vergleichsweise hohen Emissionen die Ozonbildung. Deshalb werden auch in diesem Bereich Abgasnormen innerhalb der EU festgesetzt. Nach Möglichkeit sollte bei ausgeprägten Ozonepisoden nicht nur das Auto stehen bleiben, sondern auch der Einsatz dieser Fahrzeuge und Maschinen unterbleiben.



Abbildung 14: Erhöhte Schadstoffemissionen durch Verkehrsstaus

Was wurde zur Bekämpfung des Sommersmogs bisher veranlasst ?

Folgende dauerhaft angelegte Maßnahmen haben Emissionsminderungen bei den Ozonvorläuferstoffen bewirkt:

- Der Schadstoffausstoß der Industrieanlagen wurde seit Mitte der 80er Jahre insbesondere durch die Umsetzung und weitere Novellierungen der **Großfeuerungsanlagen-Verordnung** und der **Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (TA Luft)** nachhaltig vermindert. Beide Vorschriften wurden 2002 bzw. 2004 dem Stand der Technik angepasst. Für weitere relevante Anlagentypen (z.B. Abfallverbrennungsanlagen) sind spezielle Regelungen getroffen worden.



Zur Verbesserung der Luftqualität in den Ballungsräumen hat die Landesregierung **Luftreinhaltepläne** für die Regionen Mainz, Ludwigshafen, Koblenz und Trier erstellt. Mithilfe dieses gebietsbe-

zogenen Instruments der Luftreinhaltung gelang es, die Emissionen einschließlich der Ozonvorläuferstoffe in den Ballungsräumen nachhaltig zu senken, wie die Daten für den Raum Ludwigshafen-Frankenthal zeigen.

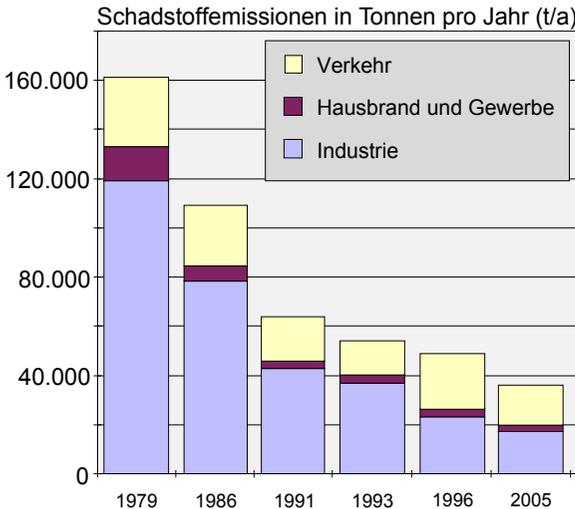


Abbildung 15: Emissionsentwicklung im Raum Ludwigshafen-Frankenthal

Zur Senkung der Emissionen organischer Verbindungen wurden z. B. für Chemische Reinigungsanlagen und Oberflächenbehandlungsanlagen 1991 die Anforderungen zur **Begrenzung der Lösemittelverluste** verschärft und 2001 auf alle Lösemittel verarbeitenden Betriebe ausgedehnt. Beim **Umschlag von Kraftstoffen** in Tanklagern und an Tankstellen sind seit 1992/1993 die Kraftstoffdämpfe zurückzuführen oder abzuscheiden.

Lösemittelarme Farben und Lacke werden mit dem Umweltzeichen „Blauer Engel“ ausgezeichnet. Dadurch erhält der Verbraucher die Information, wie er im privaten Bereich Lösemittelmmissionen vermeiden kann.



Die Einführung und Verbreitung des schadstoffarmen Kraftfahrzeugs seit 1985 sowie die in der Folgezeit vorgenommenen stufenweisen Verschärfungen der Abgasnormen für PKW und LKW haben die Stickoxid- und Kohlenwasserstoffemissionen beim Betrieb der Fahrzeuge nachhaltig gesenkt. Verdunstungsfilter begrenzen darüber hinaus die Stillstandsverluste von Benzindämpfern.

Seit Dezember 1993 unterliegen alle Kraftfahrzeuge der Pflicht zur Abgasuntersuchung. Fahrzeuge, welche die Anforderungen nicht einhalten, müssen instandgesetzt werden.

Soviel Ozon-Vorläuferstoffe emittiert ein Auto im Jahr

PKW ohne Kat



Kohlenmonoxid 190,3 kg
 Stickoxide 38,8 kg
 Kohlenwasserstoffe 24,0 kg

PKW mit Kat



Kohlenmonoxid 53,4 kg
 Stickoxide 7,7 kg
 Kohlenwasserstoffe 4,0 kg

Diesel - PKW



Kohlenmonoxid 8,4 kg
 Stickoxide 9,8 kg
 Kohlenwasserstoffe 1,4 kg

Annahmen: jährliche Fahrleistung 15.000 km
 Mittelklassefahrzeug 1,4 - 2,0 l Hubraum
 Fahrstrecken: 1/3 innerorts, 1/3 außerorts, 1/3 Autobahn

Seit Juli 1997 wird die Kraftfahrzeugsteuer für Kraftfahrzeuge nach Schadstoffausstoß festgesetzt. Damit soll ein Anreiz gegeben werden, hoch emittierende Altfahrzeuge rascher außer Betrieb zu nehmen oder nachzurüsten.

Für Nutzfahrzeuge wurde für die Nutzung von Autobahnen 2005 eine Mautpflicht eingeführt, die schadstoffarme Fahrzeuge begünstigt.

Auf der Grundlage des Genfer **Übereinkommens vom 13. November 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung** sind in mehreren Protokollen im Rahmen der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) interna-

tionale Verpflichtungen zur Reduzierung der Emissionen von Luftschadstoffen vereinbart worden, die auch die Senkung der Ozonvorläuferstoffe in Europa betreffen.

Mit der Richtlinie 2001/81/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 über nationale Emissionshöchst-mengen für bestimmte Luftschadstoffe (**NEC-Richtlinie**) werden die EU-Mitgliedsstaaten angehalten, die nationalen Emissionen bis 2010 weiter zu senken. Die Höchst-mengen lauten für Deutschland wie folgt:

- SO₂ 520 kt/a
- NO_x 1.051 kt/a
- NMVOC 995 kt/a
- NH₃ 550 kt/a

Im **1. Schwefelprotokoll** (Helsinki, 1985) verpflichteten sich die EG-Mitgliedsstaaten zu einer Reduzierung der nationalen SO₂-Emissionen um 30% bis 1993 (verglichen mit 1980).

Beim **Stickstoffprotokoll von Sofia** (1988) verpflichtete sich Deutschland zusammen mit 11 weiteren Staaten wiederum zu einer 30%-Reduzierung bis 1998, diesmal in Bezug auf 1985.

Mit dem **VOC-Protokoll** (Genf, 1991) wurde beschlossen, die Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) bis 1999 um mindestens 30% (verglichen mit 1988) zu senken.

Beim **2. Schwefelprotokoll** (Oslo,

1994) legten die EU-Mitgliedsstaaten nationale SO₂-Emissionsobergrenzen für die Jahre 2000, 2005 und 2010 fest.

Das **Schwermetallprotokoll** und das **POP-Protokoll** (beide Aarhus, 1998) befassten sich mit den Schwermetallen Cadmium, Blei und Quecksilber sowie 16 „persistente organische Verbindungen“ (u.a. DDT, Dioxine, PCB, Furane); es wurden Regelungen zur Verringerung der Emissionen getroffen.

Im **Multikomponentenprotokoll** (Göteborg, 1999) wurden schließlich länderspezifische Emissionshöchst-mengen für SO₂, NO_x, NH₃ und VOC festgelegt. Ab 2010 dürfen diese nicht mehr überschritten werden.

8 Ausblick

Durch die dargestellten Maßnahmen sind in den letzten Jahren bei nahezu allen Luftverunreinigungen trotz einer Zunahme der Bevölkerungszahl und des Verkehrsaufkommens mehr oder weniger ausgeprägte Emissionsminderungen erreicht worden.

Aufgrund weiterer bereits eingeleiteter Maßnahmen und absehbarer Entwicklungen kann die Emissionsentwicklung der Ozon-Vorläuferstoffe bis zum Jahre 2010 wie folgt abgeschätzt werden:

	Emissionen in Millionen Tonnen pro Jahr			
	1990	2000	2005	2010
Stickoxide	2,64	1,55	1,34	1,12
organische Verbindungen (ohne Methan)	3,16	1,16	1,4	1,20

Abbildung 16: Emissionsentwicklung der Ozon-Vorläuferstoffe

Die Bilanz zeigt, dass bei den Ozonvorläuferstoffen seit den 90er Jahren weitere deutliche Emissionsminderungen erzielt wurden. Bis zum Jahr 2010 sinken die Emissionen aufgrund der heute erkennbaren Maßnahmen weiter, wenn auch nicht mehr so deutlich. Das Umweltbundesamt hat im Rahmen seiner Studie „Aktions- und Maßnahmenprogramm Ozon“ auf der Basis der absehbaren Emissionsentwicklung für den Zeitraum von 1990 bis 2005 einen Rückgang der Überschreitungshäufigkeit der Schwelle $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ von rund 70% ermittelt.

Um die Ziele für die Luftqualität bei Ozon in vollem Umfang erreichen zu können, müssen weitere Anstrengungen unternommen werden, die Vorläuferstoffe aus allen Quellen drastisch zu reduzieren.

Dazu müssen alle Möglichkeiten in den Bereichen der Technik, Umwelt- und Steuerpolitik, Verkehrsplanung, Verbraucheraufklärung usw. genutzt werden, um Emissionsminderungspotenziale auszuschöpfen.

Wichtige Einzelmaßnahmen sind z. B.

- die Umsetzung der neuen europäischen Richtlinie zur Verminderung des Umwelteintrags der flüchtigen organischen Verbindungen bei allen wichtigen gewerblichen Anwendungen,
- die Fortschreibung der europäischen Abgasnormen für PKW und LKW ab 2005 (EURO 5 und EURO 6),
- die weitere Verbesserung der Kraftstoffqualität in Europa,
- die europaweite Harmonisierung und Umsetzung der Anforderungen zur Luftreinhaltung bei gewerblichen und industriellen Anlagen nach dem Stand der Technik.

Was kann der Einzelne tun ?

Bei einem so weiträumigen und grenzüberschreitenden Problem wie dem Sommersmog können sich viele kleine Beiträge jedes Einzelnen zur Verringerung des Ausstoßes von Luftschadstoffen zu einer wirksamen Größe summieren. Schließlich bestimmen wir alle durch unser Verhalten, unsere Gewohnheiten und Ansprüche maßgeblich die Umweltsituation, in der wir leben.

Deshalb:

- ✘ Achten Sie beim Autokauf auf sparsame und schadstoffarme Fahrzeuge. Verzichteten Sie nach Möglichkeit bei erhöhten Ozonkonzentrationen auf das Auto und den Gebrauch sonstiger Maschinen und Geräte mit Verbrennungsmotoren.
- ✘ Nehmen Sie im Übrigen möglichst das Fahrrad bei Kurzstrecken oder benutzen Sie öffentliche Verkehrsmittel anstelle des Autos.
- ✘ Bilden Sie nach Möglichkeit Fahrgemeinschaften.
- ✘ Kaufen und verwenden Sie nur lösungsmittelarme Farben, Lacke oder Reinigungsmittel (oft am „blauen Umweltengel“ zu erkennen).



Abbildung 17: Grenzen des motorisierten Individualverkehrs

9 Zugang zu Messdaten

Wo kann ich mich über die aktuelle Ozonbelastung in Rheinland-Pfalz informieren ?



World Wide Web:

<http://www.luft-rlp.de>



Südwestrundfunk:

Fernsehtext-Seiten 181 und 184

10 Verwendete Abkürzungen und Begriffe

33. BImSchV	Die 33. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung zur Verminderung von Sommersmog, Versauerung und Nährstoffeinträgen), kurz 33. BImSchV , ist eine Rechtsverordnung, mithilfe derer die europäische Richtlinie 2002/3/EG in nationales Recht umgesetzt wurde. Sie enthält Bestimmungen zur Beurteilung und Messung der Ozonimmission: die Beurteilungswerte selbst, Maßstäbe zur Beurteilung der Luftqualität, Bestimmungen zur Unterrichtung der Öffentlichkeit und Vorgaben zur Messung der Ozonkonzentration und der Ozonvorläuferstoffe.
AOT40	Ein wie folgt ermittelter Dosiswert: Der AOT40 (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb), ausgedrückt in ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)h, bedeutet die Summe der Differenz zwischen Konzentrationen über $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (=40 ppb) als 1-Stunden-Mittelwert und $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ während einer gegebenen Zeitspanne (Mai-Juni) unter ausschließlicher Verwendung der 1-Stunden-Mittelwerte zwischen 08:00 und 20:00 MEZ (Mittel-europäische Zeit) an jedem Tag.
Emissionen	Von einer Schadstoffquelle ausgehende Luftverunreinigung.
Exposition	Einer Einwirkung (hier von Ozon) ausgesetzt sein.
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe , ungiftige und nicht brennbare leicht flüchtige Lösemittel, Treibgase oder Schäummittel, welche die stratosphärische Ozonschicht gefährden und deshalb heute nicht mehr hergestellt werden dürfen.
Globalstrahlung	Durch Thermoelemente gemessene Sonnenstrahlung im Wellenlängenbereich 0,3 bis 3 Mikrometer. Die Globalstrahlung beeinflusst zusammen mit der Lufttemperatur und den Luftschadstoffgehalten die Produktion des bodennahen Ozons.
Halone	Bromhaltige Chlor- oder Fluorkohlenwasserstoffe, die als Feuerlöschmittel verwendet wurden. Auch sie werden wegen ihres Ozonabbau-potentials nicht mehr hergestellt.
Immission	Auf einen Menschen oder ein Objekt einwirkende Luftverunreinigung.
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mikrogramm (Millionstel Gramm) pro Kubikmeter Luft; eine Konzentrationsangabe für Gase in der Luft (Alle Angaben zu Ozonkonzentrationen in dieser Broschüre

	beziehen sich auf 20°C und 101,3 kPa. Nach dem Kaliumjodidverfahren bis 1995 bestimmte Ozonkonzentrationen wurden mit dem Korrekturfaktor 0,91 multipliziert, um die Vergleichbarkeit mit den photometrisch ermittelten Werten herzustellen).
mW/cm ²	Milliwatt pro Quadratcentimeter, Maßeinheit für die Intensität der Globalstrahlung.
NMVOC	Flüchtige organische Verbindungen, ausgenommen Methan (n on- m ethane v olatile o rganic c ompounds).
Organische Verbindungen	Sammelbegriff für eine Vielzahl meistens gasförmiger Verbindungen oder leicht flüchtiger organischer Stoffe, die als Lösemittel, als Kraftstoffdämpfe, als Produkte der unvollständigen Verbrennung oder aus natürlichen Quellen in die Luft gelangen und dort letztlich zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert werden. Typische Stoffgruppen sind Kohlenwasserstoffe (wie Alkane, Olefine, Aromaten), Alkohole, Aldehyde, Ketone, Ester, Terpene, Amine usw.
Ozonloch	Jahreszeitliches Phänomen der Ausdünnung des stratosphärischen Ozons, hervorgerufen durch langlebige Chlor- und Bromverbindungen.
Photolyse	Spaltung von Stoffteilchen (Molekülen) durch energiereiches Sonnenlicht unter Bildung reaktiver Bruchstücke, der sog. Radikale. Unter den oxidierenden Bedingungen der Atmosphäre schließen sich oxidative Abbauprozesse und weitere durch Licht ausgelöste Reaktionen an (Photooxidation, Photochemie).
Photooxidantien	Aus der Photooxidation von Luftverunreinigungen hervorgehende reaktive und oxidierend wirkende Luftschadstoffe, wie Ozon, Peroxide, Aldehyde, Säuren, Nitrate und gemischt zusammengesetzte Verbindungen.
Sommersmog	Belastungssituation, hervorgerufen durch einen hohen Gehalt an Photooxidantien bei hochsommerlichen Schönwetterlagen.
Stick(stoff)oxide	Sammelbegriff für die Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs. Meistens werden darunter das bei Verbrennungsprozessen primär gebildete Stickstoffmonoxid (NO) und das daraus durch Oxidation entstehende Stickstoffdioxid (NO ₂) verstanden. Für nicht näher bestimmbare Mischungen dieser beiden Gase wird auch die Bezeichnung NO _x verwendet.

Stratosphäre	Die sich an die Troposphäre oberhalb anschließende Luftschicht. Sie wird durch die Tropopause von der Troposphäre getrennt und reicht von ca. 10 km Höhe bis zu etwa 50 km Höhe.
Troposphäre	Unterste Luftschicht der Erdatmosphäre. Sie reicht in mitteleuropäischen Breiten bis zu einer Höhe von etwa 10 bis 12 km.
UV-Strahlung	<p>Ultraviolette, unsichtbare energiereiche Strahlung der Sonne, die sich an das kurzwellige (violette) Ende des Spektrums des sichtbaren Lichts anschließt. Die Energie der Strahlung und ihre biologische Wirkung (z. B. Hautschäden) nehmen mit kleineren Wellenlängen zu. Folgende Wellenlängenbereiche werden deshalb unterschieden:</p> <p>UV A: 400 bis 320 Nanometer UV B: 320 bis 280 Nanometer UV C: 280 bis 200 Nanometer</p>
Vorläuferstoffe	Luftschadstoffe des Verkehrs, der Industrie, der privaten Haushalte oder natürlichen Ursprungs (Wälder), bei deren photochemischen Abbauprozessen in der Atmosphäre bodennahes Ozon gebildet wird. In dieser Weise reagieren vor allem Stickoxide und organische Verbindungen.

11 Impressum

Herausgeber:

Ministerium für Umwelt und Forsten
Kaiser-Friedrich-Straße 1 · 55116 Mainz

Bearbeitung:

Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht
Kaiser-Friedrich-Straße 7 · 55116 Mainz

Gestaltung:

Björn Schließmann
65474 Bischofsheim

Bildnachweis:

Deutsche Presseagentur (Abb. 4, 13, 14, S. 11)
F. Fuchs (Titel, Abb. 5)
Landesamt für Umweltschutz, Wasserwirtschaft
und Gewerbeaufsicht (Titel, Abb. 9, 10, 11, 12)
Kreuselberg (Abb. 6)
C. Plachetka (Titel)
Umweltbundesamt (Abb. 3)

2. Auflage, Mainz 2006 ©

Alle Rechte, insbesondere die der Vervielfältigung, des Nachdrucks und der Übersetzung, sind vorbehalten.

Diese Informationsschrift wird von der Landesregierung von Rheinland-Pfalz im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Unterrichtung der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, da dies als Parteinahme der Herausgeberin zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist es jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.