



Umweltinstitut des Landes Vorarlberg

Ozonimmissionen in Vorarlberg

Messergebnisse der Sommer 1999 und 2000

Dipl.-Ing. Arthur Sottopietra
Mag. Bernhard Anwander

unter Mitarbeit von:
Dr. Richard Werner
Reinhard Lorenz

Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 50

Ozonimmissionen in Vorarlberg

Messergebnisse der Sommer 1999 und 2000

Dipl.-Ing. Arthur Sottopietra
Mag. Bernhard Anwander

unter Mitarbeit von:
Dr. Richard Werner
Reinhard Lorenz

Schriftenreihe Lebensraum Vorarlberg, Band 50

Impressum

Herausgeber und Medieninhaber:
Amt der Vorarlberger Landesregierung
Römerstraße 15, 6900 Bregenz

Hersteller, Verleger:
Amt der Vorarlberger Landesregierung
Büro für Zukunftsfragen
Weiherstraße 22, 6901 Bregenz
Tel. 05574/511-20600

Druck: Druckerei Wieder, Götzis

Bregenz, Dezember 2001

ISBN 3-901487-33-6

Inhalt

1. Einleitung	1
2. Theoretische Grundlagen des Phänomens „Sommersmog“	1
2.1. Entstehung von bodennahem Ozon	1
2.2. Meteorologische Verhältnisse und Einflussfaktoren	3
3. Interpretation der Messergebnisse der Sommer 1999 und 2000	4
Anhang A: Messtechnik und Messstellen	6
Anhang B: Abkürzungen	7
Erläuterung der Grenzwerte und Kennzahlen (Perzentile)	7
Anhang C: Berichterstattung über die aktuellen Ozonwerte	9
Anhang D: Gesetzliche Grundlagen und Richtlinien	10
Anhang E: Tabellen und Abbildungen	11

1. Einleitung

Das Umweltinstitut erstellt seit 1990 regelmäßig Ozonberichte. Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Ozonmessungen der Sommer 1999 und 2000 jeweils für die Monate Mai bis August überblicksartig dargestellt und erläutert. Die Interpretation der Messergebnisse orientiert sich an humanhygienischen Grenzwerten. Hinsichtlich der Messmethoden, der Beurteilungskriterien und der gesetzlichen Grundlagen sowie der Beschreibung der Messstellen wird auf die Anhänge verwiesen.

Die Messergebnisse sind in Tabellen und Abbildungen dargestellt (Anhang E). Tabelle 1 enthält die maximalen Mittelwerte, Tabelle 2 die Überschreitungshäufigkeiten der Ozongrenzwerte der Jahre 1991 bis 2000. Die Abbildungen 1 und 2 beschreiben anhand ausgewählter meteorologischer Monatskennzahlen den Verlauf der Witterung im Sommer 1999 und 2000. Abbildung 3 zeigt die 95-Perzentil-Werte der täglichen maximalen 3-Stunden-Mittelwerte der Jahre 1991 bis 2000. Abbildung 4 zeigt die Anzahl der Tage mit Überschreitungen des Vorsorgegrenzwertes (maximaler 3-Stunden-Mittelwert $>0,110 \text{ mg/m}^3$) der Jahre 1991 - 2000. In den Abbildungen 5, 6 und 7 sind die mittleren Tagesgänge der Ozon- und Stickstoffdioxidmissionen einzelner Messstellen dargestellt. Abbildung 7 verdeutlicht die Vorgänge der Ozonbildung und des Ozonabbaues.

1

2. Theoretische Grundlagen des Phänomens „Sommersmog“

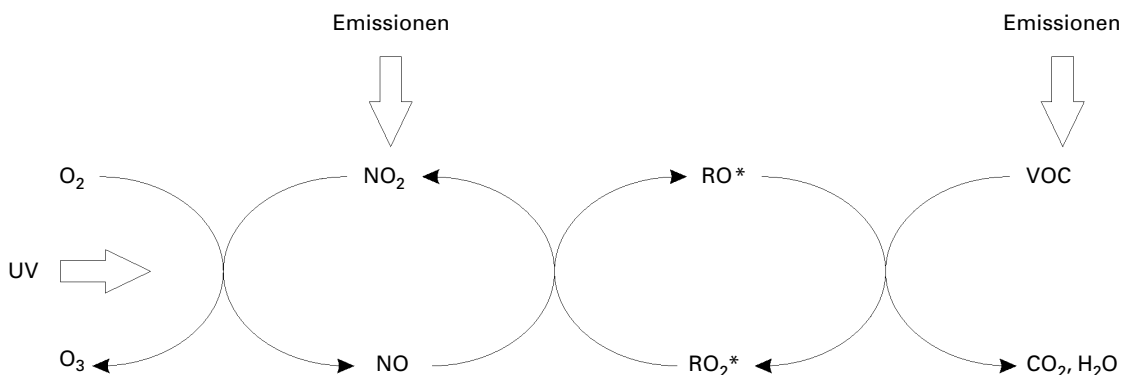
2.1. Entstehung von bodennahem Ozon

Beim photochemischen Smog (auch Sommersmog genannt) handelt es sich um ein Schadstoffgemisch, das in der unteren Atmosphäre aus einer Vielzahl von Vorläufersubstanzen unter dem Einfluss von Sonnenlicht entsteht: Bei intensiver Sonneneinstrahlung werden durch komplexe photochemische Reaktionen vor allem aus den Vorläufersubstanzen Stickstoffoxide (NO_x) und flüchtige organische Verbindungen (VOC = volatile organic compounds) so genannte photochemische Oxidantien (Photooxidantien) wie Ozon, aber auch Stickstoffdioxid, organische Nitrate, Wasserstoffperoxid, Aldehyde und organische Säuren gebildet. Ozon ist die Leitsubstanz des Sommersmogs, da es von der Konzentration und den Wirkungen her dominiert.

In den unteren Luftschichten bis zehn Kilometer Höhe (Troposphäre) gibt es einen Sockelanteil natürlich vorhandenen Ozons. Zusätzliches Ozon bildet sich durch oben genannte komplexe photochemische Reaktionen von Sauerstoff und Luftverunreinigungen bei intensiver Sonneneinstrahlung. Diese Luftverunreinigungen stammen zum großen Teil aus menschlicher Tätigkeit (z.B. Industrie, Verkehr u.a.). Ozon wird also nicht direkt emittiert und daher als sekundärer Schadstoff bezeichnet.

Für hohe Ozonkonzentrationen müssen folgende Voraussetzungen erfüllt sein: Das Vorhandensein der Vorläuferstoffe Stickstoffoxid und flüchtige organische Verbindungen, eine intensive Sonnenstrahlung und eine mehrere Tage andauernde stabile sommerliche Schönwetterperiode, die zu einer Speicherung von Ozon innerhalb der atmosphärischen Mischungsschicht führt. Unter Mischungsschicht wird jene bodennahe Luftschicht verstanden, die tagsüber durch die von der Sonneneinstrahlung verursachte Thermik (Aufwinde) eine vertikal sehr gute Durchmischung hat.

Voraussetzung für die Bildung des Ozons ist die NO_2 -Photolyse ($\text{NO}_2 = \text{Stickstoffdioxid}$), das heißt: die Aufspaltung eines NO_2 -Moleküls durch kurzwelliges Licht (UV-Strahlung) in ein Sauerstoffatom (O) und ein NO-Molekül. Nachfolgend reagiert das abgespaltene Sauerstoffatom mit molekularem Sauerstoff (O_2) zu Ozon (O_3). Von entscheidender Bedeutung ist die schnelle Rückbildung des entstandenen Stickstoffmonoxids (NO) zu NO_2 , das dann für eine erneute Ozonbildung zur Verfügung steht. Diese Oxidation geschieht letztlich durch Peroxiradikale (RO_2^*). Gebildet werden diese durch die Reaktion flüchtiger organischer Verbindungen mit OH-Radikalen nach Anlagerung von Luftsauerstoff. Die NO_2 -Photolyse ist also der „Motor“ der Ozonbildung, und flüchtige organische Verbindungen sind der „Treibstoff“, der dafür sorgt, dass NO immer wieder schnell zu NO_2 umgewandelt wird.



Stickstoffmonoxid (NO) reagiert aber auch mit Ozon. Dabei wird Ozon abgebaut. Es bilden sich „normaler“ Sauerstoff und NO_2 . Da NO zu großen Teilen durch den Verkehr emittiert wird, kommt es im Sommer regelmäßig - vornehmlich in großen Städten - zu der scheinbar paradoxen Situation, dass die Ozonbelastung an besonders verkehrsreichen Straßen niedriger ist als am Stadtrand und in den angrenzenden ländlichen Gebieten. An verkehrsreichen Straßen übersteigt also der Ozonabbau die Ozonbildung. Die vordergründige Folgerung, deshalb bei hohen Ozonkonzentrationen vermehrt Auto zu fahren, ist jedoch widersinnig. Obwohl dadurch tatsächlich die Ozonbelastung in den Innenstädten verringert würde, steigt gleichzeitig die Belastung durch andere Schadstoffe an. Außerdem würde das zusätzlich gebildete NO_2 großräumig zu einem Anstieg des Ozonniveaus führen.

2.2. Meteorologische Verhältnisse und Einflussfaktoren

Die photochemische Bildung von bodennahem Ozon ist vielfältig mit dem Wettergeschehen, also den atmosphärischen Zustandsparametern, in Raum und Zeit vernetzt. Die Ozonbildung ist eine Funktion insbesondere des Strahlungsangebotes (Sonnenscheindauer, Bewölkung, Feuchte) und der Temperatur (Regulativ der Geschwindigkeit chemischer Prozesse und von VOC-Emissionen). Abgesehen von den anthropogenen Quellen der Vorläufersubstanzen zur Ozonbildung sind alle wesentlichen Prozesse wie: Ozonbildung, horizontaler Ozontransport, vertikale Durchmischung und Trockendeposition von den meteorologischen Bedingungen abhängig.

Schon diese kompakte Darstellung der durch meteorologische Bedingungen geprägten Prozesse zeigt die Abhängigkeit der kausalen Zusammenhänge zwischen der Emission der Vorläufersubstanzen und der Bildung bzw. Konzentration des Ozons von der zeitlichen und räumlichen Veränderlichkeit der Wetterbedingungen.

Eine Studie im Auftrag des Umweltinstituts des Landes Vorarlberg und in Zusammenarbeit mit den Kantonen Appenzell Innerrhoden, Appenzell Außerrhoden und St. Gallen befasste sich u.a. mit dem Einfluss der Wettervariabilität auf die Ozonbildung. Es zeigte sich im Rahmen dieser Untersuchung allerdings, dass keine einheitliche, für alle Messstellen gültige wechselseitige Beziehung zu finden ist. In einer weiterführenden Untersuchung müssten die aufgezeigten komplexen, stationsspezifischen Zusammenhänge vertieft analysiert werden.

In gleichgelagerten Untersuchungen z.B. in Deutschland hat sich gezeigt, dass das Temperaturregime die höchste Korrelation aufweist, aber auch die aus Radiosondenaufstiegen abgeleiteten Stabilitätsparameter - das sind Parameter, welche das vertikale Durchmischungsvermögen beschreiben - einen wesentlichen Beitrag leisten. Nicht überraschend ist auch der inverse Zusammenhang zwischen Sonnenscheindauer, Niederschlag, Bewölkung und Windgeschwindigkeit. Der in diesen Untersuchungen gefundene, auf meteorologische Einflüsse zurückzuführende Erklärungsanteil der Variabilität der täglichen Ozonmaxima beträgt fast 50%.

Die zeitliche und räumliche Gegenüberstellung von Ozonmessdaten, welche einen derart hohen Varianzanteil durch meteorologische Einflüsse aufweisen und die bezüglich der meteorologischen Bedingungen nicht vereinheitlicht sind, erschwert die Interpretation der Ergebnisse. Vor allem Trendaussagen (mittlere Trends, Trends für Überschreitungshäufigkeiten, u.a.) sind mit solchen vom Wettereinfluss nicht bereinigten Daten unmöglich. Der Vergleich einzelner Ozonepisoden geht daher derzeit nur von Messdaten ohne Wetterbereinigung aus. Die Berücksichtigung meteorologischer Einflüsse kann dabei nur qualitativ erfolgen.

3. Interpretation der Messergebnisse der Sommer 1999 und 2000

Die Bewertung der Luftqualität orientiert sich allgemein an Immissionsgrenzwerten, die wissenschaftlich abgesicherte, tolerierbare Höchstkonzentrationen darstellen. Die Grenzwerte sind in verschiedenen Gesetzen und EU-Richtlinien festgelegt (siehe Anhang B und D).

In den Jahren 1999 und 2000 wurde wie in den Vorjahren die im Ozongesetz festgelegte Vorwarnstufe nicht erreicht (Definition: der 3-Stunden-Mittelwert der Ozonkonzentration überschreitet gleichzeitig an zwei Messstellen in Vorarlberg den Vorwarnwert in Höhe von $0,200 \text{ mg/m}^3$). Die in der „EU-Richtlinie über die Luftverschmutzung durch Ozon“ genannte Informationsstufe für die Unterrichtung der Bevölkerung ($0,180 \text{ mg/m}^3$ im 1-Stunden-Mittel), bei deren Erreichen in Vorarlberg in Übereinkunft mit den Bodenseeanrainerländern bei der täglichen Luftgüteberichterstattung zusätzlich Verhaltensempfehlungen ausgegeben werden, wurde ebenfalls nicht erreicht.

Der höchste Ozonwerte im Jahr 1999 lag im 3-Stunden-Mittel bei $0,160 \text{ mg/m}^3$ (siehe Tabelle 1). Die Maximalwerte der Ozonbelastung lagen im Sommer 1999 auf niedrigstem Niveau seit 1991. Dies ist vor allem auf meteorologische Einflüsse zurückzuführen. Der Sommerbeginn 1999 und vor allem der Mai 1999 war durch ungewöhnlich starke Niederschläge gekennzeichnet, die katastrophale Vermurungen und Überschwemmungen verursachten. Die Niederschlagssumme lag um mehr als das Doppelte über dem langjährigen Mittelwert (siehe Abbildung 1). Im August 1999 führten häufige Schlechtwettereinbrüche trotz überdurchschnittlicher Temperaturen und relativ geringer Niederschläge zu ebenfalls sehr niedrigen Ozonbelastungen.

Im Jahr 2000 trat die höchste Ozonbelastung am 21. Juni an der Messstelle Sulzberg auf und erreichte im 3-Stunden-Mittel $0,170 \text{ mg/m}^3$. Dieser Wert wurde am Ende einer hochsommerlichen und großräumigen Schönwetterperiode gemessen. In dieser Phase erreichten sämtliche Messstellen die Höchstwerte des Jahres 2000.

Im Vergleich zu den Vorjahren ist die Ozonbelastung des Sommers 2000 ebenfalls als niedrig zu bezeichnen. Häufige Niederschläge in den Monaten Juli, August sowie ein außergewöhnlich kühler Juli prägten den Sommer 2000 (siehe Abbildung 2).

Eine ausschließlich an Höchstwerten der Ozonbelastung orientierte Beurteilung einzelner Sommer kann problematisch sein. Immissionsspitzen können z. B. als lokale Einzelereignisse am Ende von Schönwetterperioden auftreten und die Bewertung verfälschen.

Die Interpretation der Ozonbelastung anhand der Häufigkeit von Grenzwertüberschreitungen (siehe Tabelle 2) oder anhand der statistischen Kenngröße des 95-Perzentil-Wertes (siehe Abbildung 3) ergibt ein schwach differenziertes Bild.

Die Häufigkeit von Grenzwertüberschreitungen im Jahr 2000 war trotz niedriger Spitzenwerte auffallend hoch. Insbesondere für das Jahr 2000 an der Messstelle Lustenau wurde der Vorsorgegrenzwert für Ozon (3-Stunden-Mittelwert $> 0,110 \text{ mg/m}^3$) häufiger als in den Vorjahren überschritten.

Die Darstellung der 95-Perzentil-Werte der Jahre 1991 bis 2000 verdeutlicht, dass die Ozonbelastung von Jahr zu Jahr erheblichen Schwankungen unterworfen ist. Die Ozonbelastung weist im Zeitraum 1991 bis 2000 trotz deutlicher Reduktion der Vorläuferschadstoffe um mehr als 40% keinen eindeutigen Trend auf. Aus den vorliegenden Messungen kann jedenfalls kein Rückgang der Ozonbelastung abgeleitet werden.

Diese Feststellungen decken sich mit den Ergebnissen der Ozonmessungen in den benachbarten Ländern. Trotz unterdurchschnittlicher Belastungen in den Jahren 1999 und 2000 wurden an praktisch allen Messstellen häufige Grenzwertüberschreitungen verzeichnet.

Um ein abgerundetes Bild über die Ozonbelastung in Vorarlberg zu gewinnen, werden neben den drei fixen Messstellen auch temporäre Messstationen betrieben. 1999 und 2000 wurden aufgrund des grenzüberschreitenden, internationalen Projektes „Luftqualität Bodenseeraum“ zwei temporäre Messstellen betrieben. 1999 waren dies die Stationen Dornbirn-Karren und Hohenweiler-Haslach; im Jahr 2000 waren dies die Stationen St. Gerold-Kloster und Bregenz-Umweltinstitut.

Die Ergebnisse dieser temporären Messstellen bestätigen im Wesentlichen die Ergebnisse der Vorjahre. Die Ozonentstehung und Ozonbelastung stellt ein großräumiges Problem dar. In mittleren Höhenlagen treten häufiger Grenzwertüberschreitungen auf als in Tallagen.

Der Tagesgang der sommerlichen Ozonkonzentrationen entwickelt sich nach typischen Mustern. Die Abbildungen 5 und 6 zeigen, dass sich in Tallagen ein typischer Tagesgang mit einem Minimum in den frühen Morgenstunden und einem Maximum in den späten Nachmittagsstunden ausbildet. In Höhenlagen ist dieser Tagesgang kaum oder zumindest weniger ausgeprägt. Die Maximalwerte nehmen allerdings sowohl in Höhen- als auch in Tallagen vergleichbare Werte an.

Ein Vergleich des mittleren Tagesganges der Ozon- und der Stickstoffdioxid (NO_2)-Belastung zeigt den gegenläufigen Verlauf zwischen diesen beiden Luftschadstoffen. In Tallagen, in Bereichen mit höheren Emissionen an Vorläuferschadstoffen entsteht Stickstoffdioxid aus der Reaktion von Stickstoffmonoxid und Ozon; Ozon wird abgebaut. Stickstoffdioxid wird auch durch Reaktion von Stickstoffmonoxid mit flüchtigen Kohlenwasserstoffverbindungen gebildet. Das gebildete Stickstoffdioxid kann über weite Strecken durch Windströmungen verfrachtet werden. In größerer Entfernung zu Emittenten und Ballungsräumen wird Stickstoffdioxid unter Sonneneinstrahlung abgebaut, wobei Ozon entsteht. Abbildung 7 zeigt die prinzipiellen Vorgänge der Ozonbildung und des Ozonabbaues.

Messtechnik und Messstellen

Im Berichtszeitraum standen insgesamt sieben kontinuierlich registrierende Messgeräte zur Verfügung. Alle Geräte arbeiten nach dem Prinzip der UV-Absorption. Die Kontrolle und Einstellung der Messgeräte erfolgt mit Kalibriereinrichtungen, die ihrerseits mit dem Standard des Umweltbundesamtes Wien abgeglichen wurden. Die Qualitätssicherung erfolgt durch eine wöchentliche Kontrolle und Wartung durch die Messtechniker des Umweltinstitutes.

Von folgenden Messstellen liegen durchgehend Messserien mit lediglich geringfügigen Unterbrechungen vor:

6

Bregenz-Umweltinstitut	<ul style="list-style-type: none">- Temporäre Messstelle gemäß Ozongesetz- Erfassungszeitraum 05.04.2000 bis 05.12.2000- Tallage, 400 m Seehöhe- starker Verkehrseinfluss, Agglomeration
Bludenz-Rathaus	<ul style="list-style-type: none">- Fixe Messstelle gemäß Ozongesetz- Hanglage in einem engen Tal, 600 m Seehöhe- mäßiger Verkehrseinfluss, Agglomeration
Dornbirn-Karren	<ul style="list-style-type: none">- Temporäre Messstelle gemäß Ozongesetz- Erfassungszeitraum 06.03.1999 bis 14.03.2000- schroffe Hanglage über breitem Tal, 970 m Seehöhe- kein Verkehrseinfluss- Situierung in Naherholungsgebiet
Lustenau-Wiesenrain	<ul style="list-style-type: none">- Fixe Messstelle gemäß Ozongesetz- Breites Tal im Mittelgebirge, 400 m Seehöhe- Geringer Verkehrseinfluss, Agglomeration
Hohenweiler-Haslach	<ul style="list-style-type: none">- Temporäre Messstelle gemäß Ozongesetz- Erfassungszeitraum 22.04.1999 bis 29.03.2000- Tal im Alpenvorland, 490 m Seehöhe- kein Verkehrseinfluss
Sulzberg-Gmeind	<ul style="list-style-type: none">- Fixe Messstelle gemäß Ozongesetz- Messstelle auf Gipfel im Bergland, 1.000 m Seehöhe- kein Verkehrseinfluss
St. Gerold-Kloster	<ul style="list-style-type: none">- Temporäre Messstelle gemäß Ozongesetz- Erfassungszeitraum 19.03.2000 bis 05.12.2000- Hanglage im Mittelgebirge, 900 m Seehöhe- kein Verkehrseinfluss

Abkürzungen

- mMW8 maximaler 8-Stunden-Mittelwert im Beobachtungszeitraum Mai - August eines Jahres
- mMW3 maximaler 3-Stunden-Mittelwert
- mMW1 maximaler 1-Stunden-Mittelwert
- mHMW maximaler Halbstunden-Mittelwert
- P95 (mMW3) 95-Perzentil-Wert der max. 3-Stunden-Mittelwerte

Erläuterung der Grenzwerte und Kennzahlen (Perzentile)

1. Vorsorgegrenzwerte gemäß dem Luftqualitätskriterium Ozon der Österreichischen Akademie der Wissenschaften
 - 8-Stunden-Mittelwert (MW8)
Dieser Grenzwert gilt als überschritten, wenn der 8-Stunden-Mittelwert der Ozonkonzentration den Wert von 0,100 mg/m³ übersteigt
 - Halbstunden-Mittelwert (HMW)
Dieser Grenzwert gilt als überschritten, wenn der Halbstunden-Mittelwert der Ozonkonzentration den Wert von 0,120 mg/m³ übersteigt.

2. 3-Stunden-Mittelwert in der täglichen Ozoninformation des Umweltinstitutes
Gemäß Ozongesetz ist täglich der höchste 3-Stunden-Mittelwert der Ozonbelastung zu veröffentlichen. Zur Bewertung der Ozonbelastung wird daher in Anlehnung an die Vorsorgegrenzwerte der Akademie der Wissenschaften ein orientierender Bezugswert von 0,110 mg/m³ zugrunde gelegt; dieser bildet im allgemeinen eine etwas strengere Schranke als die Grenzwerte für den MW8 und HMW.

3. Grenzwerte des Ozongesetzes

Vorwarnstufe	3-Stunden-Mittelwert	0,200 mg/m ³
Warnstufe 1	3-Stunden-Mittelwert	0,300 mg/m ³
Warnstufe 2	3-Stunden-Mittelwert	0,400 mg/m ³

Die Vorwarnstufe wird ausgelöst, wenn gleichzeitig an mindestens zwei Messstationen eines Ozon-Überwachungsgebietes der 3-Stunden-Mittelwert der Ozonkonzentration den Wert von 0,200 mg/m³ überschreitet. Die Warnstufe 1 bzw. die Warnstufe 2 wird ausgelöst, wenn gleichzeitig an mindestens zwei Messstationen eines Ozon-Überwachungsgebietes der 3-Stunden-Mittelwert einen Wert von 0,260 bzw. 0,360 mg/m³ überschreitet und eine weiter andauernde Schönwetterlage prognostiziert wird.

4. Grenzwerte gem. der EU-Richtlinie über die Luftverschmutzung durch Ozon

EU-Informationsstufe	1-Stunden-Mittelwert	0,180 mg/m ³
Warnstufe	1-Stunden-Mittelwert	0,360 mg/m ³

5. Vereinbarung der Internationalen Bodenseekonferenz (Subkommission „Waldschäden und Luftreinhaltung“) für zusätzliche Verhaltensempfehlungen in der täglichen Ozoninformation.

Bei Erreichen einer Ozonbelastung von 0,180 mg/m³ (1-Stunden-Mittelwert entsprechend der EU-Informationsstufe) an einer Messstelle des Ozon-Überwachungsgebietes Vorarlberg werden in der täglichen Ozoninformation zusätzlich Verhaltensempfehlungen ausgegeben.

8

6. Erläuterung der statistischen Kennzahlen (Perzentile)

P 95 (mMW3): Gibt jenen Ozonwert an, unter welchem 95 % der täglichen maximalen 3-Stunden-Mittelwerte im Beobachtungszeitraum Mai-August liegen.

Berichterstattung über die aktuellen Ozonwerte

1. Tagesbericht über die täglichen maximalen 3-Stunden-Mittelwerte (inklusive Ozonprognose in den Sommermonaten): dieser ergeht täglich von Montag bis Freitag um ca. 9.30 Uhr und 16.30 Uhr als Telefax an den ORF und die regionalen Medien; das Fax kann unter der Nr. 05574/48929 abgefragt werden; bei Bedarf erfolgen Wochenendberichte.
2. Tonbandansage über die täglichen maximalen 3-Stunden-Mittelwerte (inklusive Ozonprognose in den Sommermonaten): diese wird jeweils von Montag bis Freitag gegen 9.30 Uhr und 16.30 Uhr erneuert; sie kann unter der Tel. Nr. 05574/1552 vom „Ozontelefon“ abgehört werden; bei Bedarf erfolgt eine Aktualisierung auch am Wochenende.
3. Luftgütebericht über den Ozonatenverbund mehrmals täglich an das Umweltbundesamt: die Messreihen können via Internet unter der Adresse <http://www.ubavie.gv.at> als 3-Stunden-Mittelwerte in einer Graphik abgerufen werden.
4. Österreichweite Ozon-Messwerte findet man im ORF Teletext auf den Seiten 782 und 783.
5. Allgemeine Auskünfte über die Ozonsituation und die saisonalen Verhältnisse können beim Amt der Vorarlberger Landesregierung, Büro für Zukunftsfragen, eingeholt werden (05574/511-20600).

Gesetzliche Grundlagen und Richtlinien

(1) Ozongesetz, BGBl. 210/1992 vom 24.4.1992

(2) Verordnung: Ozon-Messkonzept, BGBl. 677/1992, vom 4.11.1992

(3) Verordnung: Empfehlungen zu freiwilligen Verhaltensweisen der Bevölkerung im Falle der Auslösung von Ozonwarnstufen, BGBl. 2/1993, vom 8.1.1993

(4) Richtlinie über die Luftverschmutzung durch Ozon, Richtlinie 92/72 des EWG-Rates vom 21.9.1992

(5) Beschluss der Konferenz der Regierungschefs der Bodenseeländer vom 13.11.1992

(6) Luftqualitätskriterium Ozon Photooxidantien in der Atmosphäre, Österr. Akademie der Wissenschaften, Hrsg. vom Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, 1989

Tabellen und Abbildungen

Tabelle 1

Maximale Mittelwerte der Ozonimmissionen (mg/m³)

Sommer 1991	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,176	0,192	0,199	0,200	0,160
Sulzberg Gmeind	0,190	0,201	0,204	0,210	0,169
Bludenz Rathaus	0,154	0,168	0,179	0,186	0,157
Sommer 1992	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,172	0,183	0,185	0,186	0,153
Sulzberg Gmeind	0,172	0,180	0,182	0,188	0,165
Bludenz Rathaus	0,161	0,175	0,181	0,182	0,149
Sommer 1993	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,164	0,186	0,190	0,196	0,157
Sulzberg Gmeind	0,179	0,184	0,188	0,194	0,170
Bludenz Rathaus	0,145	0,162	0,161	0,166	0,142
Sommer 1994	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,178	0,192	0,196	0,198	0,162
Sulzberg Gmeind	0,181	0,198	0,200	0,206	0,175
Bludenz Rathaus	0,178	0,193	0,201	0,204	0,158
Sommer 1995	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,175	0,185	0,192	0,194	0,161
Sulzberg Gmeind	0,192	0,204	0,208	0,208	0,165
Bludenz Rathaus	0,156	0,162	0,164	0,166	0,149
Sommer 1996	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,154	0,183	0,186	0,192	0,149
Sulzberg Gmeind	0,155	0,163	0,166	0,168	0,149
Bludenz Rathaus	0,151	0,170	0,174	0,174	0,137
Sommer 1997	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,172	0,176	0,181	0,184	0,149
Sulzberg Gmeind	0,142	0,151	0,152	0,152	0,157
Bludenz Rathaus	0,147	0,160	0,168	0,168	0,138
Dornbirn Karren	0,166	0,168	0,169	0,178	0,153
Sommer 1998	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,179	0,185	0,188	0,188	0,169
Sulzberg Gmeind	0,160	0,173	0,176	0,178	0,167
Bludenz Rathaus	0,173	0,196	0,201	0,204	0,156
Dornbirn Karren	0,177	0,186	0,188	0,192	0,174

Sommer 1999	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,142	0,153	0,157	0,158	0,141
Sulzberg Gmeind	0,152	0,160	0,168	0,172	0,142
Bludenz Rathaus	0,131	0,141	0,145	0,148	0,132
Dornbirn Karren	0,153	0,160	0,164	0,164	0,145
Hohenweiler Haslach	0,146	0,157	0,160	0,160	0,143

Sommer 2000	mMW8	mMW3	mMW1	mHMW	P95(mMW3)
Lustenau Wiesenrain	0,161	0,164	0,168	0,170	0,151
Sulzberg Gmeind	0,168	0,170	0,173	0,174	0,158
Bludenz Rathaus	0,160	0,169	0,170	0,174	0,142
Bregenz Montfortstr.	0,132	0,145	0,148	0,156	0,124
St. Gerold Kloster	0,145	0,159	0,162	0,162	0,145

Tabelle 2

Überschreitungshäufigkeiten der Ozongrenzwerte**Anzahl der Tage mit Überschreitungen der Grenzwerte in den Monaten Mai - August**

	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
mMW8>0,100										
Lustenau	60	53	49	57	55	49	52	65	45	59
Sulzberg	94	89	86	91	81	71	96	94	76	89
Bludenz	55	42	28	53	35	36	44	54	29	50
Dornbirn Karren	-	-	-	-	-	-	77	83	73	-
Hohenweiler Haslach	-	-	-	-	-	-	-	-	48	-
Bregenz Montfortstr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11
St. Gerold Kloster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	49
mMW3>0,110										
Lustenau	57	46	44	54	51	43	45	57	42	59
Sulzberg	87	72	69	81	68	50	81	75	58	76
Bludenz	53	41	30	51	36	39	39	50	28	42
Dornbirn Karren	-	-	-	-	-	-	62	75	58	-
Hohenweiler Haslach	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-
Bregenz Montfortstr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19
St. Gerold Kloster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	45
mHMW>0,120										
Lustenau	47	38	41	47	46	29	32	49	36	50
Sulzberg	75	59	57	75	57	33	64	62	47	59
Bludenz	45	31	23	41	33	21	31	40	18	38
Dornbirn Karren	-	-	-	-	-	-	46	59	46	-
Hohenweiler Haslach	-	-	-	-	-	-	-	-	38	-
Bregenz Montfortstr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15
St. Gerold Kloster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36
mMW1>0,180										
Lustenau	1	1	2	1	1	1	0	5	0	0
Sulzberg	3	0	2	4	3	0	1	4	0	0
Bludenz	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Dornbirn Karren	-	-	-	-	-	-	-	5	0	-
Hohenweiler Haslach	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
Bregenz Montfortstr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
St. Gerold Kloster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
mMW3>0,200										
Lustenau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulzberg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bludenz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dornbirn Karren	-	-	-	-	-	-	-	0	0	-
Hohenweiler Haslach	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-
Bregenz Montfortstr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
St. Gerold Kloster	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0

Abbildung 1

Verlauf der Monatskennzahlen im Sommer 1999 bei Niederschlag, Lufttemperatur und Sonnenscheindauer in Feldkirch

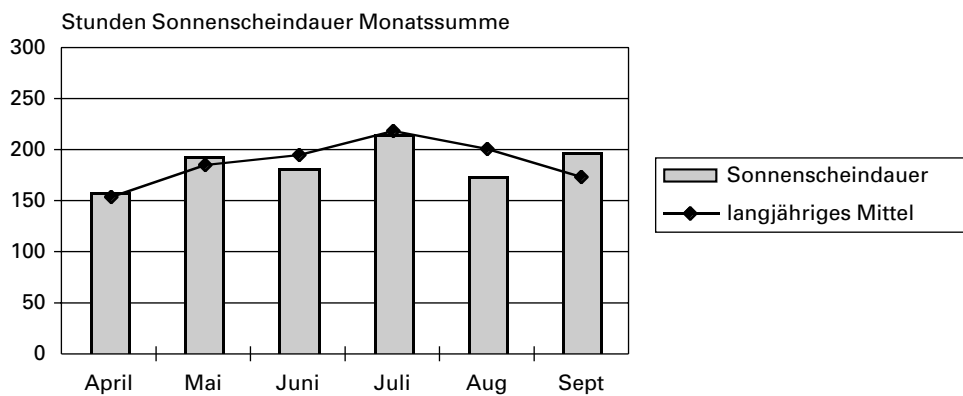
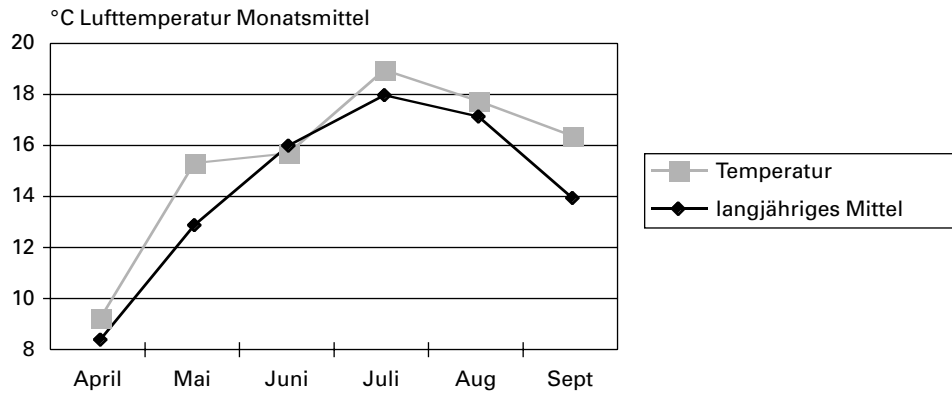
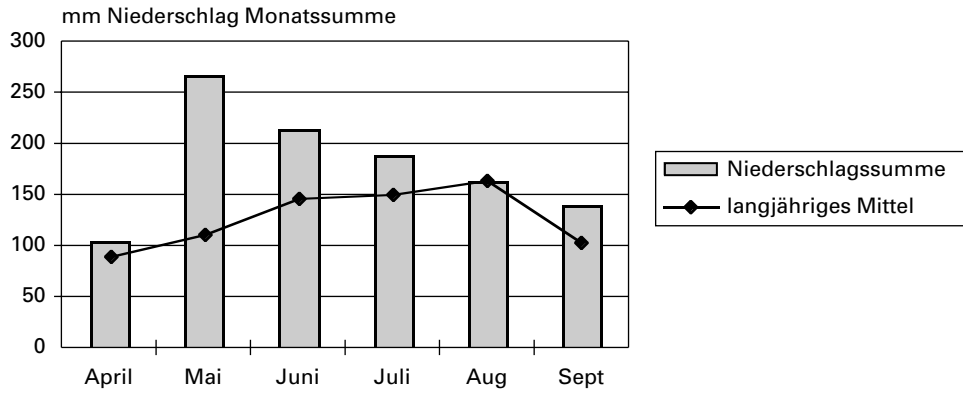


Abbildung 2

Verlauf der Monatskennzahlen im Sommer 2000 bei Niederschlag, Lufttemperatur und Sonnenscheindauer in Feldkirch

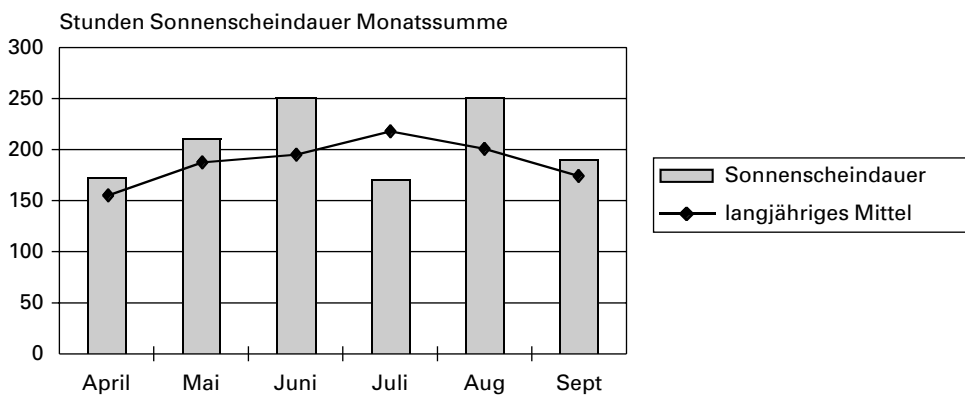
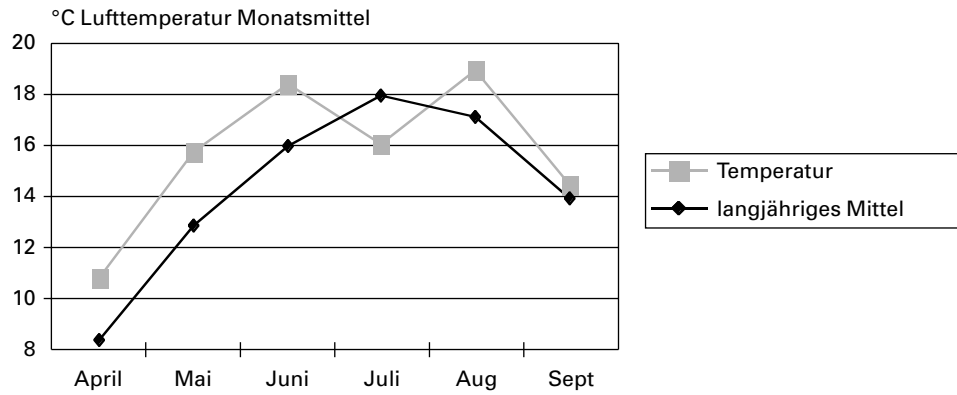
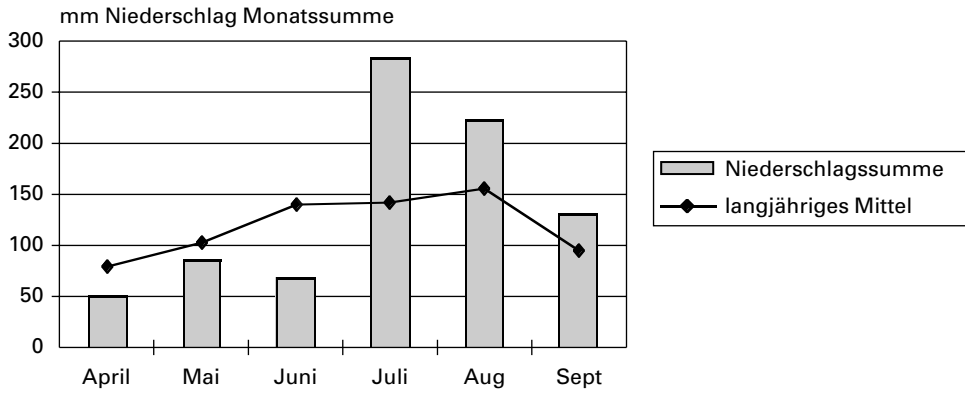
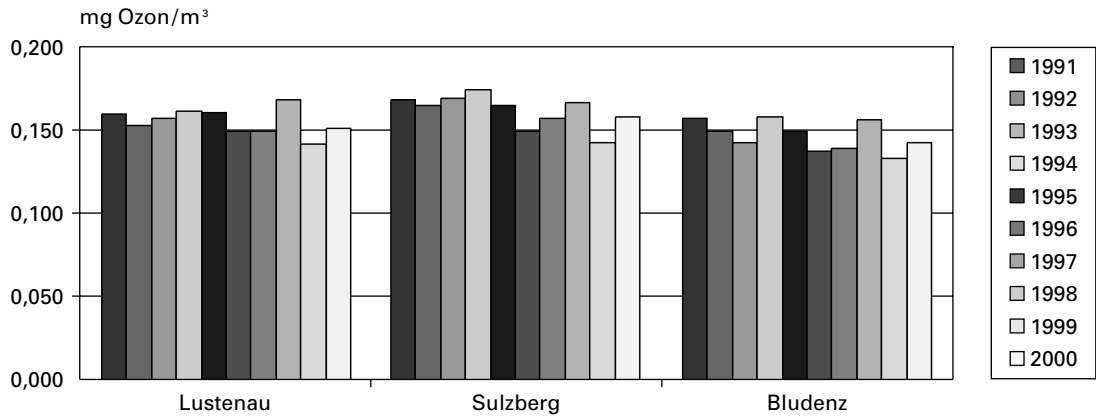


Abbildung 3

95-Perzentil-Wert der täglichen maximalen 3-Stunden-Mittelwerte von Mai bis August



16

Abbildung 4

Anzahl der Tage mit Überschreitungen des Vorsorgegrenzwertes (0,110 mg/m³) für den 3-Stunden-Mittelwert

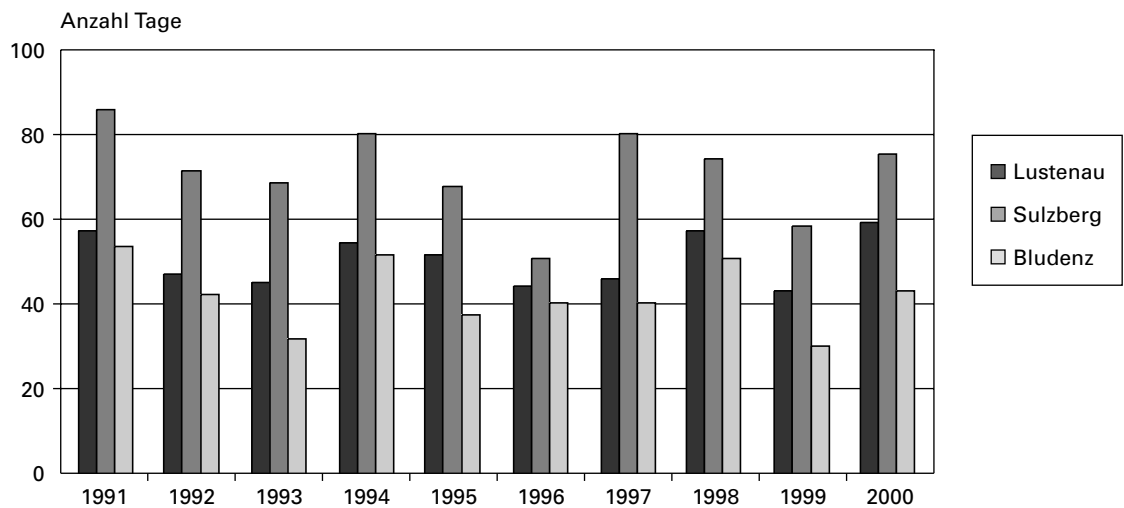


Abbildung 5

Mittlere Tagesgänge der Ozon- und Stickstoffdioxidimmissionen im Jahr 1999

Zeitraum: 01.05.99 bis 31.08.99
Wertebasis: 3 h Gleitmittelwert

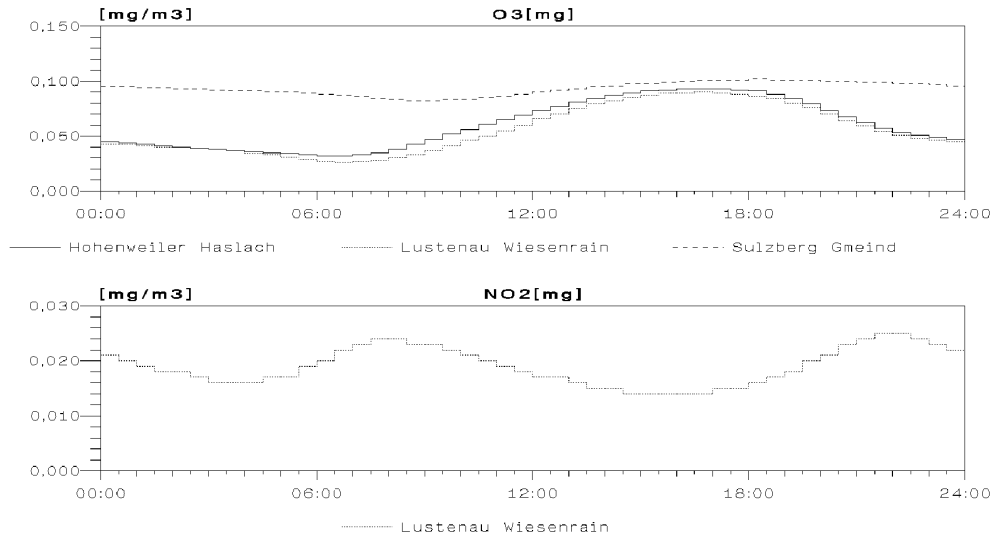
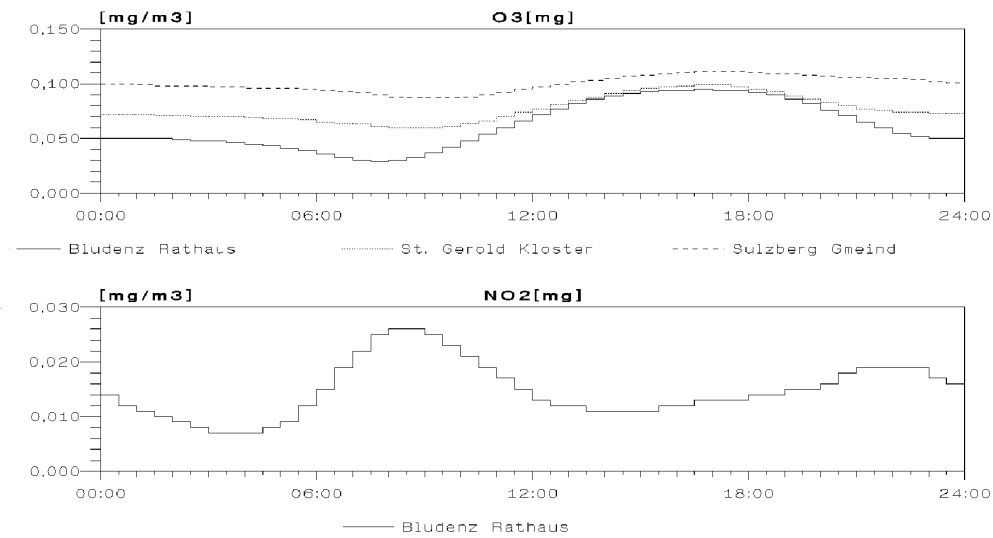


Abbildung 6

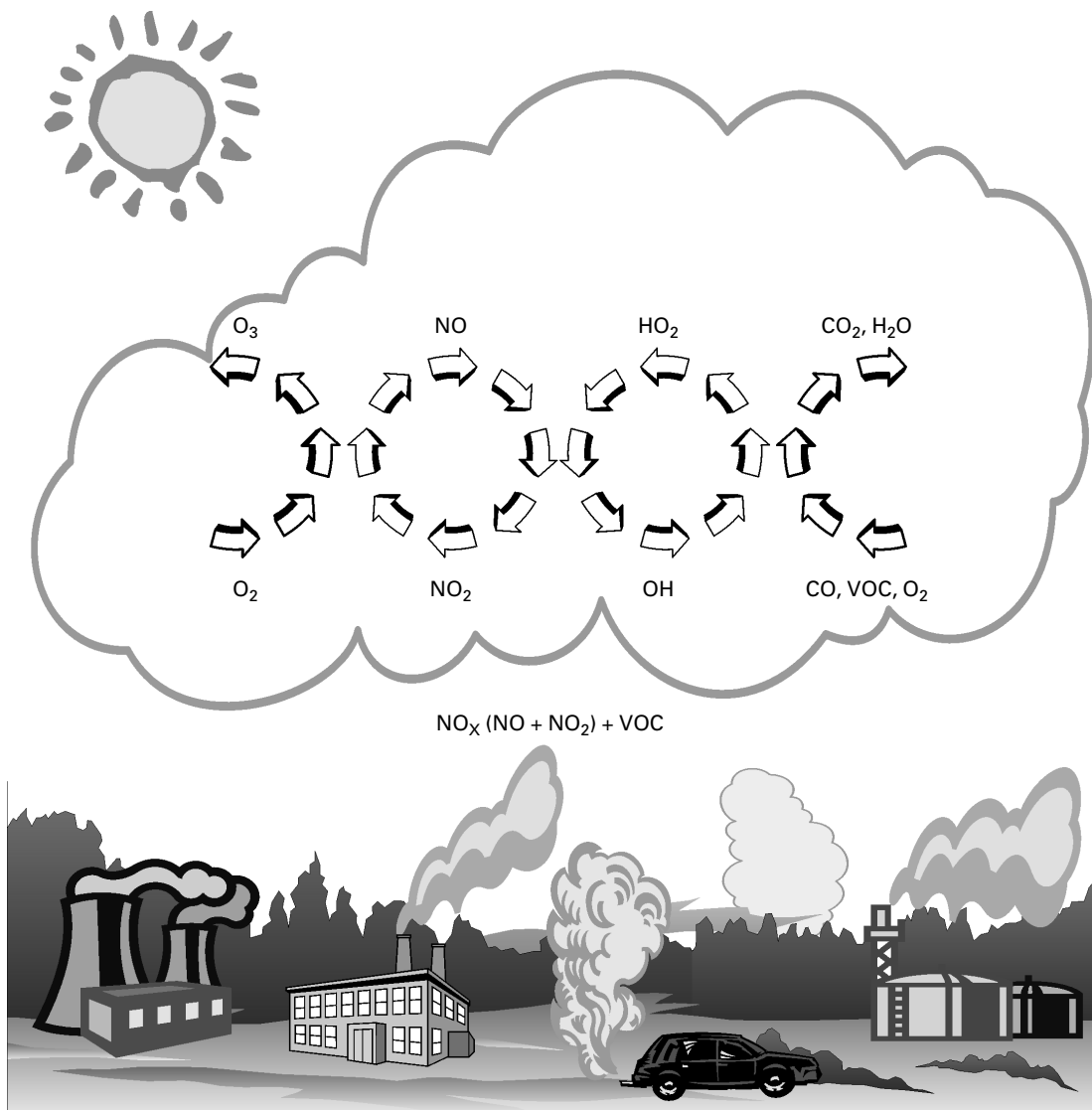
Mittlere Tagesgänge der Ozon- und Stickstoffdioxidimmissionen im Jahr 2000

Zeitraum: 01.05.00 bis 31.08.00
Wertebasis: 3 h Gleitmittelwert



Ozonbildung in der Atmosphäre

18



Es gibt ein Optimum von NO_x für die O₃-Bildung

- viel NO: O₃-Abbau ($\text{NO} + \text{O}_3 \Rightarrow \text{NO}_2 + \text{O}_2$)

- wenig NO₂: keine O₃-Bildung

Reduzierung von NO_x in Ballungsgebieten kann zu höheren O₃-Konzentrationen führen

⇒ Reduktion von NO_x und VOC notwendig

Schriftenreihe „Lebensraum Vorarlberg“

Folgende Bände der Schriftenreihe „Lebensraum Vorarlberg“ können beim Amt der Vorarlberger Landesregierung, Büro für Zukunftsfragen, 6901 Bregenz, Weiherstraße 22, Tel. 05574/511-20600, angefordert werden.

Band 1 (1986) Sanierung von Baggerseen im Walgau	Band 13 (1993) Fließgewässer in Vorarlberg Gütezustand 1992. Aufnahmen 1989-1992
Band 2 (1986) Bodenzustandserhebung Vorarlberg	Band 14 (1993) Luftdatendokumentation 1992 (vergriffen)
Band 3 (1989) Waldforschung in Vorarlberg	Band 15 (1993) Ozonimmissionen in Vorarlberg Meßergebnisse Oktober 1992 - September 1993
Band 4 (1992) Der Wald im Naturschutzgebiet Gadental	Band 16 (1993) Projekt „Waldökosystemforschung - Waldbodensanierung“ Abschließender Bericht
Band 5 (1993) Fließgewässerinventur Vorarlberg (vergriffen)	Band 17 (1994) Luftdatendokumentation 1993
Band 6 (1991) Jahresbericht Immissionsmessungen von Luftschadstoffen von April 1989 bis März 1990 in Vorarlberg	Band 18 (1994) Radioaktive Belastung von Böden in Vorarlberg
Band 7 (1991+1992) Badequalität der Vorarlberger Gewässer Die Ergebnisse der Kontrolluntersuchungen für die Badesaison 1990 sowie als Beilage die aktuell verfügbaren Untersuchungsergebnisse aus dem Jahr 1992 (vergriffen)	Band 19 (1994) Ozonimmissionen in Vorarlberg Meßergebnisse Sommer 1994
Band 8 (1991) Ozonimmissionen in Vorarlberg Bericht über die Meßergebnisse von April 1990 bis September 1991 (vergriffen)	Band 20 (1994) Die Häufigkeit der Ausbreitungsklassen im Nordteil des Vorarlberger Rheintales Zur Verdünnung in der bodennahen Atmosphäre
Band 9 (1992) Luftdatendokumentation 1990 - 1991 (vergriffen)	Band 21 (1995) Grundlagen für ein Entwicklungskonzept Naturschutzgebiet Rheindelta ATS 180,--
Band 10 (1993) Stickstoffdioxid-Immissionen in Vorarlberg Meßergebnisse Oktober 1991 - September 1992 Vergleich der Sommer 1990-1991-1992 (vergriffen)	Band 22 (1995) Einfluß von Entwässerungen auf Boden, Vegetation und Fauna im Naturschutzgebiet Rheindelta ATS 120,--
Band 11 (1992) Schwermetalldepositionen in Vorarlberg (vergriffen)	Band 23 (1995) Luftdatendokumentation 1994
Band 12 (1993) Ozonimmissionen in Vorarlberg Meßergebnisse Oktober 1991 - September 1992 Vergl. der Sommer 1990-1991-1992 (vergriffen)	Band 24 (1995) EDTA - ein schwer abbaubarer/eliminierbarer Stoff in den Gewässern Vorarlbergs
	Band 25 (1995) Entwicklungskonzept für die Kernzone des Lauteracher Riedes ATS 120,--

- Band 26 (1995)
Eine Akzeptanzstudie zum Natur- und Landschaftsschutz im Vorarlberger Rheindelta
(vergriffen)
- Band 27 (1995)
Tagungsband Naturschutz-Symposium ATS 120,-
- Band 28 (1995)
Chemisch-bakteriologische Überprüfung der Freibecken- und Hallenbäder in den Jahren 1993 und 1994
- Band 29 (1995)
Fließgewässer in Vorarlberg. Wassergüteerhebung an den Hauptflüssen
Aufnahmen 1992 - 1994 (vergriffen)
- Band 30 (1996)
Bodenzustand und Bewirtschaftungspraxis der Vorarlberger Hausgärten
Erhebung 1993/94 ATS 180,-
- Band 31 (1996)
Luftdatendokumentation 1995 (vergriffen)
- Band 32 (1996)
Naturschutzgebiet Matschels
Untersuchungen zum Bodenaufbau und zur Nährstoffversorgung im Unterried
- Band 33 (1996)
Fließgewässer in Vorarlberg
Gewässerstrukturen. Erfassen - Bewerten - Darstellen. Ein Konzept
- Band 34 (1997)
Trinkwasser in Vorarlberg
Wasserhärten im Überblick
- Band 35 (1997)
Emissionskataster Vorarlberg 1994
- Band 36 (1997)
Ozonimmissionen in Vorarlberg
Meßergebnisse der Sommer 1995 und 1996
Vergleich der Sommer 1990 bis 1996
- Band 37 (1998)
Fließgewässer in Vorarlberg
Renaturierung des Schwarzbachs in Bludesch/Gais - Erfolgskontrolle
- Band 38 (1998)
Die Überprüfung automatisch beschickter Holzheizungen
- Band 39 (1998)
Klärschlammbericht Vorarlberg
Untersuchungsergebnisse 1991 - 1997
- Band 40 (1998)
Erhaltung und Gestaltung naturnaher Landschaften in Vorarlberg. Chancen einer Lebensraumpartnerschaft
Tagungsband zum gleichnamigen Symposium am 22. Jänner 1998 in Bregenz
- Band 41 (1998)
25 Jahre Heizungsüberwachung in Vorarlberg
- Band 42 (1998)
Ozonimmissionen in Vorarlberg
Messergebnisse der Sommer 1997 und 1998
- Band 43 (1998)
Luftdatendokumentation 1996 - 1997
- Band 44 (1999)
Fließgewässer in Vorarlberg
Gewässergüte und Wasserbeschaffenheit 1998
- Band 45 (1999)
Luftdatendokumentation 1998
- Band 46 (2000)
Luftdatendokumentation 1999
- Band 47 (2001)
Fließgewässer in Vorarlberg - Gewässerinventar
Teil 1: Strukturgüte der Fließgewässer des Vorarlberger Rheintals - Stand 1999
- Band 48 (2001)
Emissionsmessungen an modernen Kachelöfen
- Band 49 (2001)
Luftdatendokumentation 2000
- Außerdem erhältlich:
- Abfallwirtschaftsdaten Vorarlberg 1998** (1999)
- Vorarlberger Abfallwirtschaftskonzept 1. Fortschreibung** (1999)
- Umweltdaten Vorarlberg 1999** (1999)
Eine kleine Auswahl der wichtigsten Zahlen und Fakten rund um die Umwelt in Vorarlberg
- Neuigkeiten aus der Zukunft - Energiekonzept Vorarlberg 2010** (2001)



ISBN 3-901487-33-6