

**Wolfgang LOIBL
Johann ZÜGER
Alexander KOPCSA**

Reports

UBA-94-091

**Darstellung des Ozonverlaufs während
der Ozonepisoden 1992 und Analyse der
Stationen je Überwachungsgebiet auf
redundante Information**

Wien, Februar 1994

Bundesministerium für Umwelt,
Jugend und Familie



Autoren: Wolfgang LOIBL, Johann ZÜGER, Hauptabteilung Umweltplanung
Alexander KOPCSA, Hauptabteilung Technologieforschung
des Forschungszentrums Seibersdorf

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5
Druck: Riegelnik, Wien

© Umweltbundesamt, Wien, Februar 1994

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-150-X

**DARSTELLUNG DES OZONVERLAUFS WÄHREND DER
OZONEPISODEN 1992 UND ANALYSE DER STATIONEN JE
ÜBERWACHUNGSGEBIET AUF REDUNDANTE INFORMATION
(Report UBA-94-091) – Kurzzusammenfassung**

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Erstellung eines Verfahrens, mit dessen Hilfe die an Luftgütemeßstellen punktförmig erfaßte Ozonkonzentration flächenhaft für ganz Österreich dargestellt werden kann.

Für 21 zumeist hoch belastete Tage des Sommers 1992 werden Karten auf Basis dieses Verfahrens dargestellt.

Die Arbeit baut auf einer Studie analoger Zielsetzung auf, welche mit Daten des Sommers 1991 durchgeführt wurde.

Dem Darstellungsverfahren liegt die typische Variation des Mittleren Tagesganges der Ozonkonzentration in Abhängigkeit von der relativen Höhe zugrunde.

So zeigen Meßstellen in der Ebene oder in Tälern einen ausgeprägten Tagesgang mit niedrigen Werten nachts und einem Minimum morgens, sowie einem raschen vormittäglichen Anstieg und einem Maximum nachmittags. Das nächtliche Absinken der Ozonkonzentration ist durch die hohe Wirksamkeit ozonabbauender Prozesse bedingt, der Verlauf während des Tages von photochemischer Ozonbildung und vertikalem Austausch mit höheren Luftschichten, wo sich nachts höhere Konzentrationen halten.

Sowohl ozonabbauende Prozesse als auch photochemische Ozonbildung nehmen mit zunehmender Höhe über Talboden bzw. Ebene ab, sodaß der mittlere tägliche Konzentrationsverlauf an hochgelegenen Stationen zunehmend flacher wird.

Aufbauend auf eine standardisierte tageszeitliche Abhängigkeit der Ozonkonzentration von der relativen Höhe werden für jeden Zeitpunkt, zu dem die Ozonbelastung flächenhaft dargestellt werden soll, die Residuen (Differenzen) zwischen der tatsächlich gemessenen Ozonkonzentration und jener laut Standard-Höhenabhängigkeitsfunktion berechnet, wobei in verschiedenen Höhenbereichen Korrekturen zur besseren Anpassung der Standard-Höhenabhängigkeitsfunktion vorgenommen werden. Die Residuen werden zudem einer höhenabhängigen Dämpfung unterzogen, da Meßwerte in Tälern oft lokalen Einflüssen unterworfen sind und ihre Extrapolation in höhere Lagen problematisch sein kann.

Die solcherart bearbeiteten Residuen werden mittels "inverse distance weighting" flächig interpoliert; diese Methode bewährt sich für die gedämpften Residuen besser als das in der vorangegangenen Studie angewandte Kriging-Verfahren.

Durch Addition mit der Standard-Höhenabhängigkeitsfunktion erhält man aus den interpolierten Residuen die flächenhafte Konzentrationsverteilung.

Neben der Dokumentation des mathematischen Verfahrens und der damit erstellten Karten für ausgewählte hoch belastete Tage bietet die Studie eine Analyse von Stationen, welche – wahrscheinlich aufgrund lokaler Einflüsse – keine flächenrepräsentativen Werte liefern und daher verlegt werden sollten.

Zudem werden jene Regionen angeführt, wo eine Verdichtung des Meßnetzes sinnvoll wäre, um die Ozonverteilung dort zuverlässig darstellen zu können.

**PRESENTATION OF THE OZONE DISTRIBUTION ON DAYS WITH
HIGH OZONE CONCENTRATIONS IN 1992 AND ANALYSIS ON
REDUNDANCE FOR THE MONITORING SITES IN EACH OZONE
MONITORING AREA**

(Report no. UBA-94-091) – Short Summary

This report presents a method which allows to establish an Austrian-wide, two-dimensional presentation of ozone values measured at monitoring sites throughout the national territory. Maps of the ozone concentration are presented for 21 days with high ozone concentrations.

This report is based upon a similar study, which was carried out with data from 1991.

This presentation method uses the mean daily variation of the ozone concentration dependent on the relative height.

Measuring sites in planes or valleys show a clear daily variation with low values at night and a minimum in the morning, a fast increase before noon and a maximum in the afternoon. The nocturnal decrease of ozone concentration is due to the high efficacy of ozone depleting processes, the increase during the daytime is directed by photochemical ozone production and vertical exchange with higher air masses, where high concentrations prevail during the night.

Both ozone depleting processes as well as photochemical ozone production decrease with increasing height above the ground of the valley or plane. Therefore the mean daily variation in higher altitudes is less distinct.

For each time, at which ozone concentration is to be presented on a two-dimensional map, the residuals (differences) between the concentration actually measured and the concentration according to the standardized altitude-dependence-function are calculated. At several altitude ranges, however, the standardized altitude-dependence-function is adjusted. Furthermore, residuals from sites in valley or planes are reduced, since values measured in valleys often are subjected to local influences, and their extrapolation to higher altitudes therefore could cause problems.

The residuals prepared in this way are interpolated in two dimensions by "inverse distance weighting"; this method yields better results for the use of reduced residuals than the Kriging method, which was used in the preceding study.

Adding the interpolated residuals to the standardized altitude-dependence-function one gets the two-dimensional ozone concentration map.

Apart from the documentation of this mathematical method and the elaboration of the map for selected days with high concentration, the study gives an analysis of measuring sites, which do not – probably due to local influences – provide regionally representative values and which therefore should be relocated.

Additionally, regions are listed, where new sites in order to complete the existing measuring network would be useful for a more reliably representation of the ozone concentration.

Inhaltsverzeichnis

	Vorbemerkungen	1
1.	Grundlagen für die Abschätzung der flächenhaften Ozonbelastung aufgrund von punktuellen Meßdaten	3
1.1	Grundlegendes zum Ablauf der Ozonbildung und des Ozonabbaus	3
1.2	Grundlagen zur flächenhaften Darstellung der Ozonbelastung	4
1.2.1	Berechnung der relativen Höhe über dem Talboden als Ozonbezugshöhe	5
2.	Überprüfung der Höhenabhängigkeitsfunktion und Begründung eventuell notwendiger Revisionen	6
2.1	Datengrundlagen	6
2.2	Überprüfung der Höhenabhängigkeit und Begründung notwendiger Revisionen	7
2.3	Definition der Basisfunktion der Ozon-Höhenabhängigkeit	8
2.4	Berücksichtigung der generellen Ozonbelastungssituation -automatische Anpassung der Standard-Ozonfunktion an die tagespezifische Ozonbelastung	17
2.5	Berücksichtigung der lokalen Abweichung von der tagespezifischen Ozonkonzentration.	23
2.5.1	Ermittlung der Dämpfungsfunktion für die Residuen	24
2.5.2	Interpolation der lokalen Residuen	25
3.	Berechnung der flächenhaften Ozonbelastung aus den Halbstundenmittelwerten für 21 Tage der Ozonepisoden 1992	27
4.	Überprüfung der Situierung der Ozonmeßstationen mit konkreten Vorschlägen zur Optimierung des Meßnetzes aufgrund der Ozonepisoden 1992	30
4.1	Vorschläge zur Meßnetzergänzung	30
4.2	Vorschläge zur Ausdünnung des Meßnetzes	34
4.2.1	Residuenanalyse - hohe negative Residuen	34
4.2.2	Für die Kartendarstellung irrelevante Meßstellen	36
4.2.3	Vorschläge zur kleinräumigen Verlagerung von Meßstationen	37

Quellenverzeichnis	40
---------------------------------	-----------

Anhänge

Anhang 1: Ozonkarten, Interpretation des Ozonverlaufs

Anhang 2: Durchschnittlicher Ozon-Konzentrationsverlauf je Meßstation

Anhang 3: Überprüfung der Plausibilität des Modells zur Darstellung der flächenhaften
Ozonbelastung

Vorbemerkungen

Im Jahr 1990 wurde gemeinsam von den Bundesministerien für Wissenschaft und Forschung bzw. für Umwelt, Jugend und Familie die Studie "Ozon in Österreich" in Auftrag gegeben. Im Teil 1 dieses Projektes analysierte das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Wien umweltmeteorologische Grundlagen für die räumliche Verteilung der Ozonkonzentrationen und die allgemeinen Abhängigkeiten der Ozonkonzentration von der Geländehöhe anhand österreichweiter Daten von 60 Meßstationen aus dem Jahre 1988 (RAU G., KOLB H.; 1991). Im Teil 2 entwickelte die Hauptabteilung Umweltplanung im Forschungszentrum Seibersdorf Verteilungsmodelle und Flächeninterpolationsverfahren für die Kartendarstellung der Ozonkonzentration (LOIBL W., ORTHOFER R. et.al., 1991).

1992 wurde die erste Folgestudie "Flächenhafte Ozonverteilung in Österreich für ausgewählte Ozonepisoden 1991" (LOIBL W. et al. 1992) vom Umweltbundesamt in Auftrag gegeben, um ein Instrument zu entwickeln, mit welchem die flächenhafte Ozonbelastung anhand der vorhandenen Meßdaten zuverlässig abgeschätzt und dargestellt werden kann. Die gegenständliche Studie baut auf den Erkenntnissen der oben genannten Arbeiten auf.

Die wesentlichen Beweggründe für die nun vorliegende Studie sind in der vorhergehenden Arbeit (LOIBL W. et al., 1992) bereits dargelegt worden. Sie seien für jene Leser, die die vorhergehenden Arbeiten zu dem Thema nicht kennen, nochmals zusammengefaßt.

Die sommerliche Ozonbelastung wurde während der letzten Jahre in immer stärkerem Ausmaß zu einem zentralen Thema in der Umweltdiskussion. Als Konsequenz trat am 1. Mai 1992 das "Ozongesetz" - Bundesgesetz für Maßnahmen zur Abwehr der Ozonbelastung und zur Information der Bevölkerung über hohe Ozonbelastungen (BGBl. 210/1992) in Kraft. Die Durchführungsverordnung über den täglichen Ozon-Luftgütebericht (BGBl. 231/1992) vom 4. November 1992 fordert, die Ozonbelastung während des Sommerhalbjahres räumlich und zeitlich in ganz Österreich zu erfassen. Da die Erfassung nicht flächendeckend, sondern nur für eine beschränkte Anzahl von Meßpunkten erfolgen kann, muß die Ozonbelastung zwischen den Meßstationen berechnet werden.

Wegen der kleinräumigen, starken Schwankungen der Ozonbelastung zwischen den Meßstationen - abhängig von der Höhe über Talboden und der Tageszeit -, können die Meßdaten nicht einfach interpoliert werden, sondern es muß ein Verfahren eingesetzt werden, mit welchem die Ozonkonzentration - ausgehend von den vorhandenen Halbstundenmittelwerten des Ozonmeßnetzes - für beliebige Tageszeiten, kleinräumig mit ausreichender Genauigkeit berechnet und in Kartenform dargestellt werden kann.

Die vorliegende Arbeit hat folgende konkrete Zielsetzungen:

- a) Überprüfung der bisher verwendeten Höhenabhängigkeitsfunktion und Begründung eventuell notwendiger Revisionen
- b) Erstellung von Karten der tageszeitlichen Entwicklung der Ozonkonzentration in Österreich für Tage hoher Ozonwerte des Jahres 1992 mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen
- c) Überprüfung der Situierung der Ozonmeßstationen mit konkreten Vorschlägen zur Ausdünnung und Ergänzung des Meßnetzes aufgrund der Ozonepisoden 1992 im Hinblick auf die Erstellung von Ozonbelastungskarten
- d) Neukonzeption der Bearbeitungsschritte mit automatischer Parametrisierung des Interpolationsverfahrens inklusive Darstellung der Hard- und Softwareanforderungen für eine künftige selbständige Erstellung der Ozonkonzentrationskarten im UBA

Die Bearbeitung der Studie erfolgte durch die Hauptabteilung Umweltplanung des Forschungszentrums Seibersdorf in enger Kooperation mit dem Umweltbundesamt (Abteilung für Lufthygiene) als Auftraggeber.

W. LOIBL

war für Projektkonzeption und -leitung verantwortlich, adaptierte die Höhenabhängigkeitsfunktion, entwarf und realisierte die Modifikation des Interpolationsverfahrens mit automatischer Anpassung der Standard-Ozonkonzentration an die tägliche Belastungssituation und Residuendämpfung, lieferte die Vorschläge zur Meßnetzoptimierung und verfaßte den Bericht.

J. ZÜGER

bewerkstelligte die Meßdatenintegration in das GIS, programmierte die Makros für die automatische Berechnung der Ozonbelastung und für die Erstellung der Karten.

A. KOPCSA

entwickelte die Grundfunktion der Höhenabhängigkeit der Ozonkonzentration sowie die Funktion zur Residuendämpfung.

Von **W. SPANGL** (Umweltbundesamt) sind im Anhang 2 Interpretationen des Ozonverlaufs beigelegt.

1. Grundlagen für die Abschätzung der flächenhaften Ozonbelastung aufgrund von punktuellen Meßdaten

Die folgenden Grundlagen wurden bereits ausführlich im Bericht des Jahres 1992 (LOIBL W. et al. 1992) dargestellt. Sie wurden gekürzt für jene Leser zusammengefaßt, die die o.a. Studie nicht kennen.

1.1 Grundlegendes zum Ablauf der Ozonbildung und des Ozonabbaus

Wie bekannt, entsteht Ozon durch photochemische Oxidation von Luftschadstoffen. In einer Reihe von Arbeiten, die sich mit Höhenprofilmessungen der Ozonkonzentration auseinandersetzten, konnte der Höheneinfluß auf die Ozonkonzentration nachgewiesen werden. (vgl. hierzu LOIBL W. et al. 1992, veröffentlicht als UBA-Report 93-071).

Als Ursache wird folgendes angenommen:

Die Bildung des troposphärischen Ozons erfolgt unter Einwirkung von Sonnenlicht bei Anwesenheit der Ozonvorläuferstoffe (NO_x , flüchtige organische Verbindungen), die besonders in Ballungsräumen und entlang der Hauptverkehrsachsen emittiert werden. Aufgrund der tagsüber hohen Mischungsschicht können die Vorläuferstoffe nach oben transportiert werden und die Ozonbildung erfolgt in der ganzen Mischungsschicht. Bei Nacht ist die Mischungshöhe wesentlich niedriger. Aus den bodennahen Luftmassen wird Ozon einerseits trocken deponiert, andererseits durch Reaktion mit NO (aus den erwähnten Emissionsquellen) zerstört. Dieser Effekt wirkt sich aufgrund der geringen Mischung in Höhenlagen immer schwächer aus. Die Tagesgangkurven der Ozonkonzentration werden daher mit zunehmender Höhe immer flacher, verbleiben jedoch auf hohem Niveau.

Von RAU und KOLB (1991) wurde dieser Höheneinfluß präzisiert als Einfluß der relativen Höhe, also der Höhe über Talniveau. Dieser aus Streudiagrammen der Variablen "Relativhöhe" und "mittlere Ozontagesmaxima der Ozonepisoden 1988" empirisch abgeleitete Einfluß wurde im Teil 2 der Studie "Ozon in Österreich" (LOIBL W., ORTHOFER R. et al. 1991) mittels einer Funktion quantifiziert. In der Studie 1992 (LOIBL W. et al., 1992) wird eine österreichweit gültige zeitabhängige Höhenabhängigkeitsfunktion zur Berechnung der Ozonkonzentration für die Ozonepisoden 1992 entwickelt.

1.2 Grundlagen zur flächenhaften Darstellung der Ozonbelastung

Das Ozongesetz und dessen Durchführungsverordnungen machen es notwendig, die Ozonbelastung während des Sommers räumlich und zeitlich in ganz Österreich zu erfassen. Da die Ozonkonzentration kleinräumig stark schwanken kann, ist es nicht möglich, durch einfache Interpolation zwischen Meßstellen realistische flächenhafte Ozonbelastungen zu berechnen. Als generelle Einflußparameter auf die Ozonkonzentration wurden, abgesehen von der großräumigen meteorologischen Situation, die Höhe über Talboden und die Tageszeit eingegrenzt. Lokale Einflußparameter - die Nähe zu Emittenten sowie spezielle örtliche klimatische Gegebenheiten - führen zu Ozonwerten, die von der typischen zeit- und höhenspezifischen Ozonkonzentration abweichen können.

Zur Erstellung von Ozonbelastungskarten wurde ein stufenweises Verfahren entwickelt, wobei folgende Schritte die wesentlichen sind:

Berechnung des tageszeitspezifischen Höhentrends

In einem ersten Schritt wird die Höhen- und Zeitabhängigkeit der Ozonkonzentration anhand der Meßdaten durch eine Funktion erfaßt. Als zweiter Schritt wird mittels eines österreichweiten digitalen Höhenmodells und dieser Höhenabhängigkeitsfunktion für alle 48 Halbstundenmittelwerte berechnet. Damit liegt die zu erwartende Ozonbelastung als Standard-Ozonkonzentration für typische Schönwetterlagen je Halbstundenmittelwert für Österreich flächenhaft vor.

Berechnung der lokalen Abweichungen vom Höhentrend

Die Ozonwerte an den Meßpunkten weichen aufgrund lokaler Einflüsse von der Standard-Ozonkonzentration ab. Wenn der Höhentrend eliminiert wird, d.h. die der Höhe der Meßstation und der Tageszeit entsprechende theoretische Ozonkonzentration von den Meßwerten subtrahiert wird, verbleibt der lokale Einfluß als Restgröße - ein von den Ergebnissen der Ozonfunktion positiv oder negativ abweichendes Residuum.

Berechnung der regionalen Abweichungen durch Interpolation

Unter der Annahme, daß die Meßstationen an repräsentativen Standorten stehen und der Wirkungsbereich dieser lokalen Einflüsse eine entsprechende räumliche Ausdehnung hat, liefert die Interpolation dieser Residuen die flächenhafte Abweichung von der Standard-Ozonkonzentration für jeden HMW aufgrund der lokalen Einflüsse für Österreich.

Hinzurechnen des Höhentrends

Durch Hinzurechnen des Höhentrends (der Standard-Ozonkonzentration) zu den - nun flächenhaften - Abweichungen von diesem Höhentrend - kann die flächenhafte Ozonbelastung mit ihren kleinräumigen Schwankungen österreichweit abgeschätzt werden.

1.2.1 Berechnung der relativen Höhe über dem Talboden als Ozonbezugshöhe

Eine sinnvolle flächige Interpolation von Punktdaten kann nur erfolgen, wenn keine weiteren Einflußgrößen auf die Werte der Meßpunkte wirken als die Entfernung zwischen den Meßpunktpaaren. Deshalb ist der Höheneinfluß aus den Meßwerten herauszurechnen. Dieser Höheneinfluß - die relative Höhe über Talboden als "Ozonbezugshöhe" wurde in der Studie von RAU und KOLB (1991) empirisch ermittelt. Die Ozonbezugshöhe ist jedoch nicht nur für Meßstationsstandorte relevant. Für die Rückrechnung des Höheneinflusses für alle interpolierten Punkte sind die relativen Höhen flächendeckend notwendig, was nicht mehr empirisch zu lösen ist. Deshalb wurde im Zuge der vorhergehenden Studien ein Verfahren entwickelt, das ausgehend von einem digitalen Höhenmodell (DHM) für jeden beliebigen Punkt in Österreich die relative Höhe über Talboden entsprechend Gleichung (1) ermittelt. Die relative Höhe $h_{rel}(x_0, y_0)$ am Meßpunkt (x_0, y_0) ergibt sich aus der Differenz der absoluten Seehöhe $h(x_0, y_0)$ am Meßpunkt von der Minimalhöhe $\min h(x, y)$ des darauf zu beziehenden Talbodens innerhalb einer Entfernung von 5000 m (5000 m wurden nach mehreren Tests als geeignete Maximalentfernung befunden):

$$h_{rel}(x_0, y_0) = h(x_0, y_0) - \min_{(x, y) \in U} h(x, y) \quad (1)$$

mit $U = \{(x, y) : \|(x_0, y_0) - (x, y)\| < 5000 \text{ m}\}$

(vgl. hierzu LOIBL W., R. ORTHIOFER et al., 1991, bzw. LOIBL W., et al. 1992). Die Generierung des Modells der Ozonbezugshöhen erfolgt seit der Studie 1992 mit Hilfe des Geographischen Informationssystems ARC/INFO.

2. Überprüfung der Höhenabhängigkeitsfunktion und Begründung eventuell notwendiger Revisionen

Die Funktion des Jahres 1991 war als bestapproximierte für die Ozonepisoden 1991 entwickelt worden. Im Rahmen der gegenständlichen Studie ist diese Funktion im Hinblick auf ihre Allgemeingültigkeit zu überprüfen, gegebenenfalls zu revidieren und Ozonbelastungskarten für 21 Tage des Jahres 1992 zu erstellen.

2.1 Datengrundlagen

Die zur Verfügung stehenden Daten sind die Halbstundenmittelwerte der 117 Ozonmeßstationen der Länder und des Bundes für die Monate April bis September 1992. Vom Umweltbundesamt wurden aus dieser zur Verfügung stehenden Zeitreihe die Daten von 21 Tagen aus vier Episoden hoher Ozonwerte für die Erstellung von Karten der Ozontagesgänge ausgewählt:

- 11.7. - 13.7. als Episode mit relativ geringen Ozonwerten,
- 28.7. - 1.8. mit dem 31.7. als Tag der höchsten Ozonkonzentrationen des Jahres 1992,
- 5.8. - 10.8. sowie
- 19.8. - 24.8.

Zusätzlich wurden für diese Tage, soweit verfügbar, Daten von etwa 20 benachbarten, ausländischen Stationen zur Verfügung gestellt, die zum Großteil in die Berechnungen einbezogen werden konnten.

2.2 Überprüfung der Höhenabhängigkeit und Begründung notwendiger Revisionen

Die in der vorhergehenden Studie abgeleitete Funktion wurde anhand der Meßdaten 1991 approximiert. Durch die von den Meßdaten abgeleitete analytische Funktion repräsentiert die Kurve den Durchschnitt der Ozontagesgänge aller zur Verfügung stehenden Meßstationen mit allen ihren Einflüssen. Sie weist dadurch einige Schwächen auf, die eine allgemeingültige Funktion, die nicht nur für die Ozonepisoden eines Jahres sondern generell für alle - auch extreme - Ozonepisoden beliebiger Jahre gelten sollte, nicht haben sollte.

Diese Schwächen sind vor allem folgende:

- Am frühen Vormittag ist bei dieser Funktion in den Höhenlagen ebenso eine Ozonsenke zu finden, wie in den niederen Lagen. Diese Senke ist dadurch bedingt, daß viele Meßstationen auch in höheren Lagen aufgrund der Nähe zu Emittenten diese - für Emittentennähe typische - morgentliche Ozonsenke aufweisen. Die nur wenigen Hintergrundstationen ohne derartige Senke können den Verlauf der Kurve nicht ausreichend beeinflussen.
- Eine weitere Schwachstelle der Funktion der Studie 1992 ist der Ozonkonzentrationsverlauf in großen Höhen während der Nachmittags- und Abendstunden: die Kurve steigt über das Maximum um 14 Uhr hinausgehend leicht an, was im Mittel der Realität nicht entspricht.
- Als weiterer Nachteil der Kurve ist zu nennen, daß der Ozonkonzentrationsanstieg von Tal- zu Berggebieten ab einer gewissen Relativhöhe nicht ausreichend rasch verflacht (in Zonen mit höherer h_{rel} wird dadurch ein zu starker Ozonanstieg simuliert).

Weiters stellte sich heraus, daß die Abweichungen der tagespezifischen österreichweiten Belastung von der durchschnittlichen Ozonbelastung bei Ozonepisoden mit weit vom Durchschnitt entfernt liegenden Ozonwerten zu extremen großen Residuen führt. Die Residuen repräsentieren dann nicht nur die lokalen Abweichungen, sondern zusätzlich die Abweichung zwischen der Standard-Ozonkonzentration und der generellen, tagespezifischen Ozonkonzentration. Die eigentliche "Aufgabe" der Residuen - die Erfassung der lokalen Abweichungen - kann so durch die Miterfassung der österreichweiten Abweichung von der Standard-Ozonkonzentration völlig überdeckt werden.

Aus diesen Gründen schien es sinnvoll, ausgehend von der vorliegenden Funktion eine verbesserte Version abzuleiten, die eine größere Allgemeingültigkeit aufweist, und das Verfahren im Hinblick auf eine automatische Anpassung der Standardfunktion an die tagesspezifische Ozonsituation zu verbessern.

2.3 Definition der Basisfunktion der Ozon-Höhenabhängigkeit

Um die zeitliche Entwicklung der Halbstundenmittelwerte der Ozonkonzentration in Abhängigkeit von der Höhe zu simulieren, wurde in der Studie 1992 ein Basismodell (d.h. eine analytische Funktion) entwickelt, welche den Einfluß der Höhe als auch jenen der Tageszeit auf die Ozonkonzentration wiedergibt:

$$O_{\text{Std}}(h_{\text{rel}}) = a \cdot \ln \left(\frac{h_{\text{rel}}}{100} + b \right) \quad (2)$$

Dabei wird die relative Höhe mit h_{rel} und die höhenpezifische Standard-Ozonkonzentration mit $O_{\text{Std}}(h_{\text{rel}})$ bezeichnet.

Bei der Verbesserung der Funktion wird von diesem im allgemeinen bewährten Modell ausgegangen. Die neue Funktion entspricht in ihrer Konzeption der obigen, sie wurde jedoch um 2 Parameter erweitert, die eine flexiblere Kurvenanpassung erleichtern und die erwähnten Schwachstellen eliminieren:

$$O_{\text{Std}}(h_{\text{rel}}) = a \cdot \ln \left(\frac{b_5 \cdot h_{\text{rel}}}{100} + b \right) - c \quad (3)$$

Mit Hilfe der Parameterschätzung nichtlinearer Modelle (WILKINSON L, 1990) wurde für jeden Meßzeitpunkt ein Parameterpaar (a,b) berechnet. Für die Formulierung einer allgemeingültigen Funktion war es notwendig, den bereits in der vorhergehenden Studie festgestellten Tagesgang der Parameter (a(t),b(t)) allgemeiner zu formulieren.

- a) Zur Modellierung der Zeitabhängigkeit des Parameters a(t) wurde für die Studie LOIBL W. et al. 1992, die folgende Funktion verwendet, die in dieser Form beibehalten wird:

$$a(t) = a_1 + a_2 \cdot e^{- (t-a_3)^2 \cdot a_4} \quad (4)$$

Dabei repräsentiert t die Zeit in Dezimalnotierung von 0 bis 24 den tageszeitlichen Einfluß in der Funktion.

- b) Zur Modellierung der Zeitabhängigkeit des Parameters $b(t)$ wurde in der Studie LOBL W., et al. 1992 eine 8-parametrische Funktion entwickelt, die für die gegenständliche Studie durch eine einfachere, analog jener von a), ersetzt wird:

$$b(t) = b_1 + b_2 \cdot e^{- (t-b_3)^2 \cdot b_4} \quad (5)$$

- c) b_5 in der Funktion (3) dient dazu, den Ozonanstieg in großen Relativhöhen rascher verflachen zu lassen.
- d) Zusätzlich wurde ein Korrekturparameter c eingeführt, der die Absenkung der Ozonwerte während der Nachmittags- und Abendstunden höhenpezifisch lenkt.

$$c(h_{rel},t) = \frac{c_1}{1 - (t-c_2)} \cdot \frac{h_{rel}}{c_3} \quad (6)$$

Das Gesamtmodell der Höhenabhängigkeitsfunktion sieht daher wie folgt aus:

$$O_{std}(h_{rel},t) = (a_1 + a_2 \cdot e^{- (t-a_3)^2 \cdot a_4}) \cdot \ln (b_5 \cdot h_{rel}/100 + b_1 + b_2 \cdot e^{- (t-b_3)^2 \cdot b_4}) - \frac{c_1}{1 - (t-c_2)} \cdot \frac{h_{rel}}{c_3} \quad (7)$$

Die Parameter der neuen Funktion 1993 wurden in erster Linie anhand der Daten 1992 approximiert, wobei nach einigen Tests eine Variante gewählt wurde, mit welcher der lokal wirksame Einfluß von Emittenten unberücksichtigt bleibt. Dadurch wird die durchschnittliche Ozonbelastung für Tal- und Bergregionen ohne Emissionsbelastung und somit ein idealtypischer Ozonkonzentrationsverlauf nachvollzogen.

Die analytische Kurvenanpassung erfolgte in dieser Variante nur anhand der Meßstationen mit einer Relativhöhe über 150 m. Aufbauend auf diese analytische Kurvenapproximation erfolgte eine weitere Anpassung der Kurvenparameter auch für die Stationen unter 150 m, um einen repräsentativen Ozonkonzentrationsverlauf im Berg- wie im Talbereich mit einer einzigen Funktion simulieren zu können. Die Parameter dieser Funktion (7) haben im einzelnen folgen-

den Einfluß, der allerdings nicht linear ist, da die Parameter zum Teil Exponenten darstellen und zum Teil logarithmiert werden:

- a_1 : Shift der Ozonwerte für hohe Relativhöhen nach oben/unten
(Anheben/Absenken des oberen Kurvenendes für alle HMW's)
- a_2 : Intensität der morgentlichen Senke
- a_3 : Uhrzeit des Senkenmaximums
- a_4 : Varianz (zeitlicher Wirkungsbereich) des Senkenmaximums

- b_1 : Shift der Ozonwerte für niedrigere Relativhöhen hinauf oder hinunter
(Anheben/Absenken der Kurvenbasis)
- b_2 : Intensität des Kurvenmaximums (v.a. wirksam bei geringen h_{rel})
- b_3 : Uhrzeit des Maximums
- b_4 : Varianz (Breite) des Kurvenanstiegs/absinkens (v.a. wirksam bei geringen h_{rel})
- b_5 : Knicken der Kurve bei geringen h_{rel} in den Morgen- und Abendstunden und Verflachung der Kurve in großen h_{rel} durch Stauchen des Logarithmus

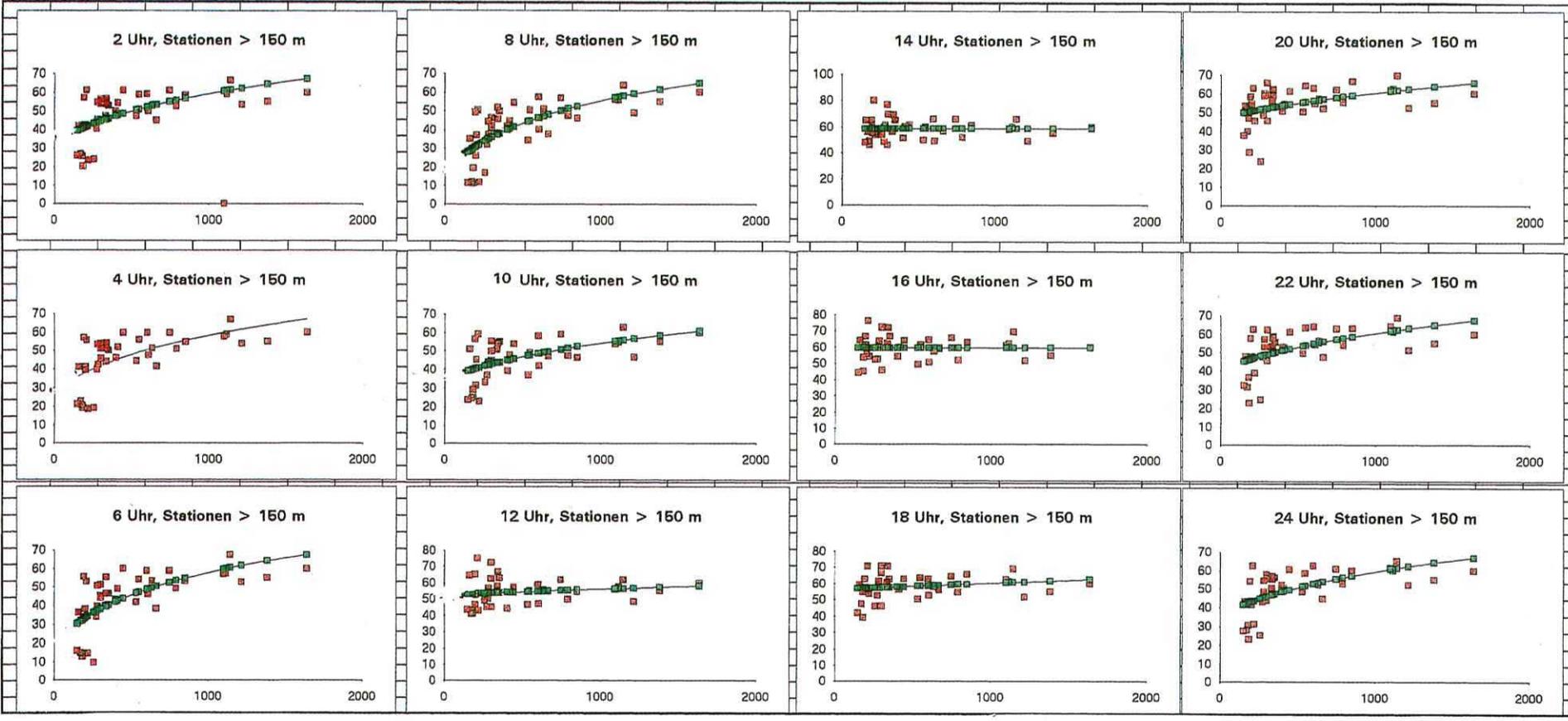
- c_1 : Höhe des Absenkens der Nachmittagswerte (zur Verhinderung eines weiteren Anstiegs nach 14 h in großen h_{rel})
- c_2 : Einfluß auf den zeitlichen Beginn des Absenkens
- c_3 : Gewichtung des Einflusses der Relativhöhe ab dem die Absenkung wirksam wird

Die Standard-Ozonfunktion (7) wurde schließlich mit folgenden Parameter-Werten approximiert:

$a_1 =$	19.	$b_1 =$	5.0	$c_1 =$	40
$a_2 =$	-6.7	$b_2 =$	60.0	$c_2 =$	30
$a_3 =$	8.0	$b_3 =$	14.0	$c_3 =$	800
$a_4 =$	0.0016	$b_4 =$	0.07		
$b_5 =$	8.5				

Abb. 1 und 2 zeigt die Einzelkurven der Höhenabhängigkeit ausgewählter HMW's im Zweistundenintervall erzielt durch automatische Kurvenapproximation für die Relativhöhen über 150 m (Abb. 1) und durch interaktive Nachjustierung der Parameter der Funktion für alle relativen Höhen (Abb. 2). Gegenüber der Kurven aus Abbildung 1 wird bei jenen der Abbildung 2 deutlich, daß für Relativhöhen unter 150 m die Kurven in geringem Ausmaß nach unten geknickt wurden.

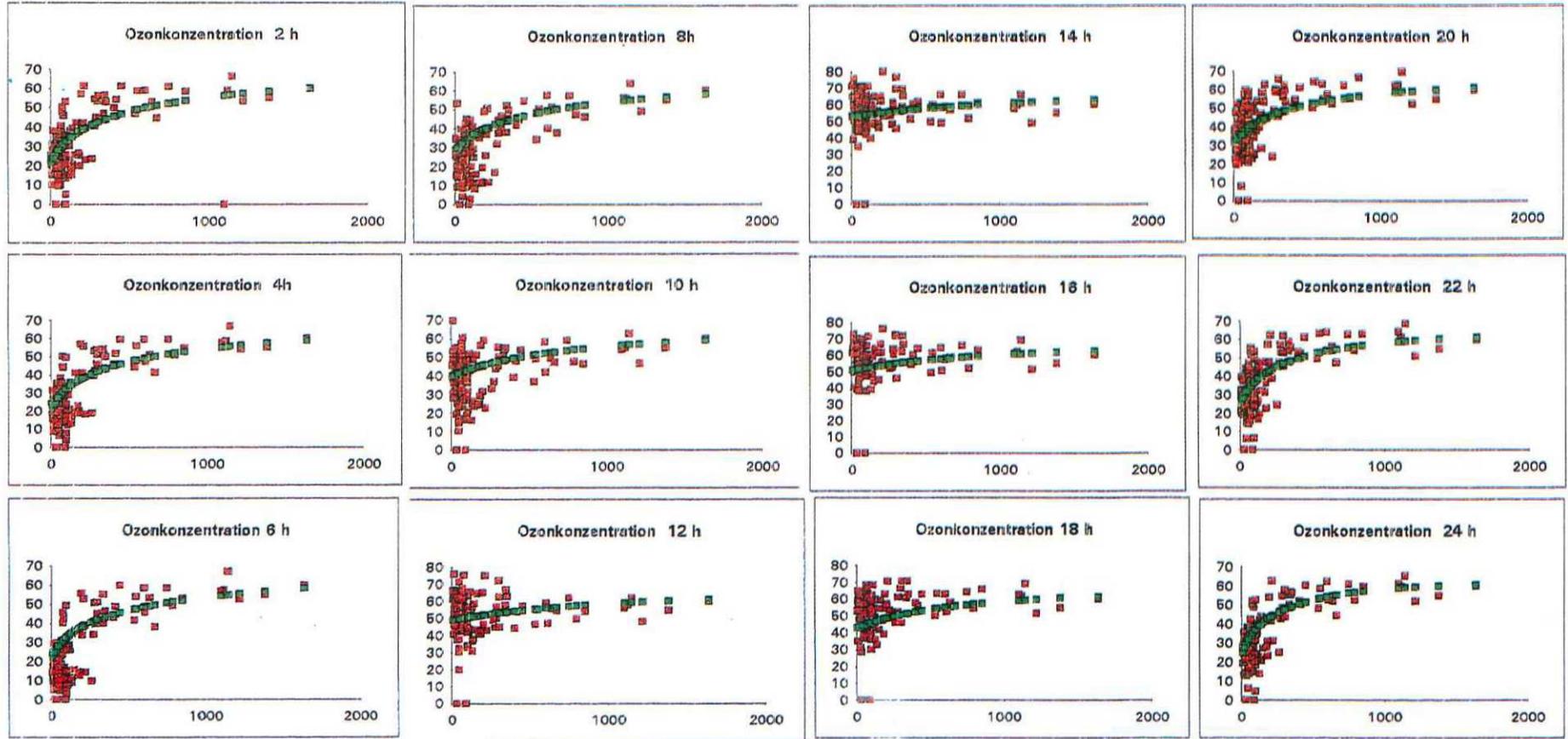
Abbildung 1: Standardkurven anhand der Stationen mit hrel > 150 m



x-Achse: relative Höhe in m
y-Achse: ppb Ozon

Rot: Meßdaten
Grün: Ozonstandardkonzentration aus Funktion

Abbildung 2: allgemeingültige Standardkurven



x-Achse: relative Höhe in m
y-Achse: ppb Ozon

Rot: Meßdaten
Grün: Ozonstandardkonzentration aus Funktion

In Abbildung 3 wird die ursprüngliche Funktion der neuen in Abb. 4 gegenübergestellt.

Abb. 3 zeigt, wie beschrieben, für alle Höhen eine vormittägliche Ozonsenke, einen nachmittäglichen Ozonanstieg über den 14 - Uhr Zeitpunkt hinaus, sowie in großen Höhen nur wenig verflachende Ozonanstiegskurven.

Abb. 4 zeigt die aktuelle Funktion, in der diese Schwachstellen nicht mehr festzustellen sind.

Abb. 5 verdeutlicht den zeitlichen Verlauf anhand zweier Schnitte in x-Richtung durch die Trendfläche aus Abbildung 4 - jene für 10 m relative Höhe, die dem theoretischen Ozonkonzentrationsverlauf im Tal- und Beckenbereich (ohne lokale Beeinflussung) entspricht und jene für 1600 m über Talboden, was der Station Sonnblick als idealtypischer Berg-Meßstation entspricht. Der Ozonverlauf in den Talgebieten verläuft in einer flacheren Glockenkurve als bei der Funktion der Daten 1991, hat sein Maximum gegen 14 Uhr und weist keine morgentliche/vormittägliche emittentenbedingte Ozonsenke auf. Der Ozonverlauf in den Berggebieten verläuft ziemlich gleichförmig mit einem Maximum um 14 Uhr, das sich von den sonstigen HMW's nur geringfügig abhebt. Die derart modellierten Ozonkonzentrationsverläufe stimmen von ihrer Form her mit jenen der Meßstationen in Reinluftgebieten weitgehend überein, wie ein Vergleich mit Anhang 2 zeigt.

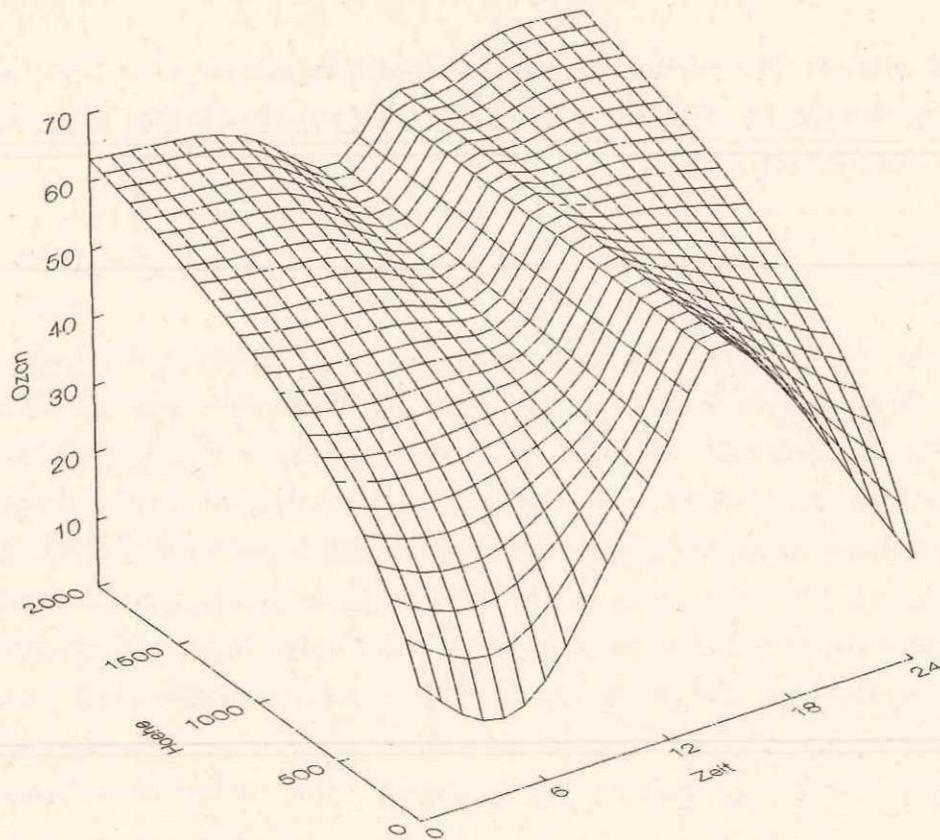
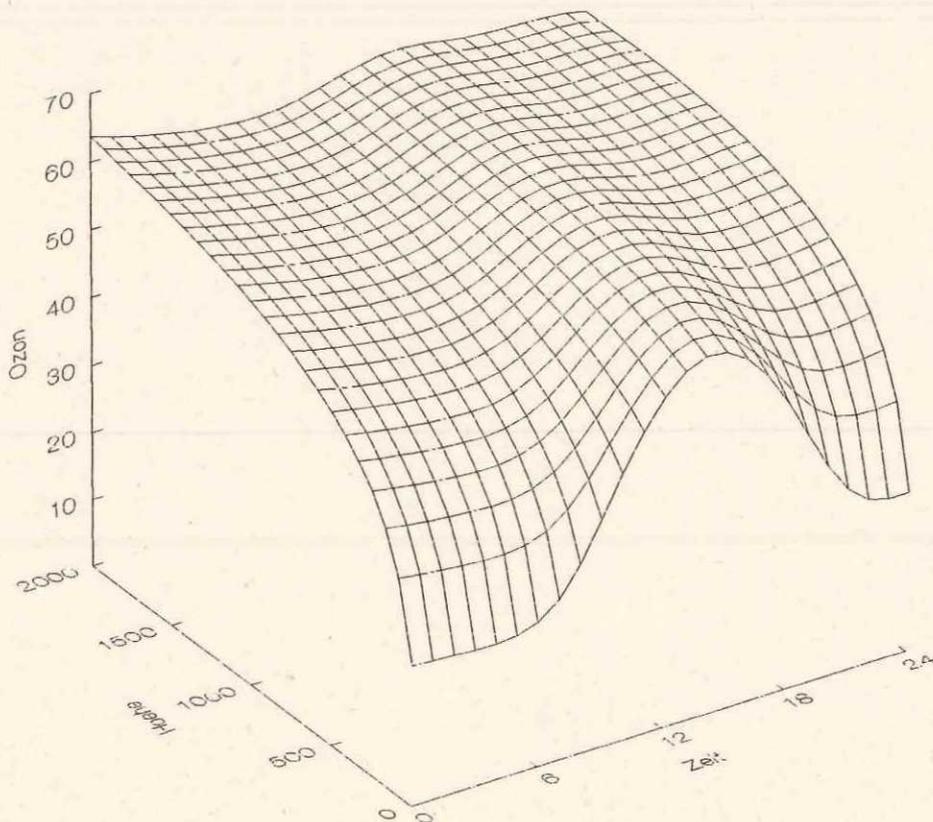
Abbildung 3: Trendfläche der Ozonfunktion der Ozonepisoden 1991**Abbildung 4:** Trendfläche der allgemeingültigen Ozonfunktion

Abbildung 5: Tagesgang des Ozonkonzentration für 10 m und 1600 m Relativhöhe

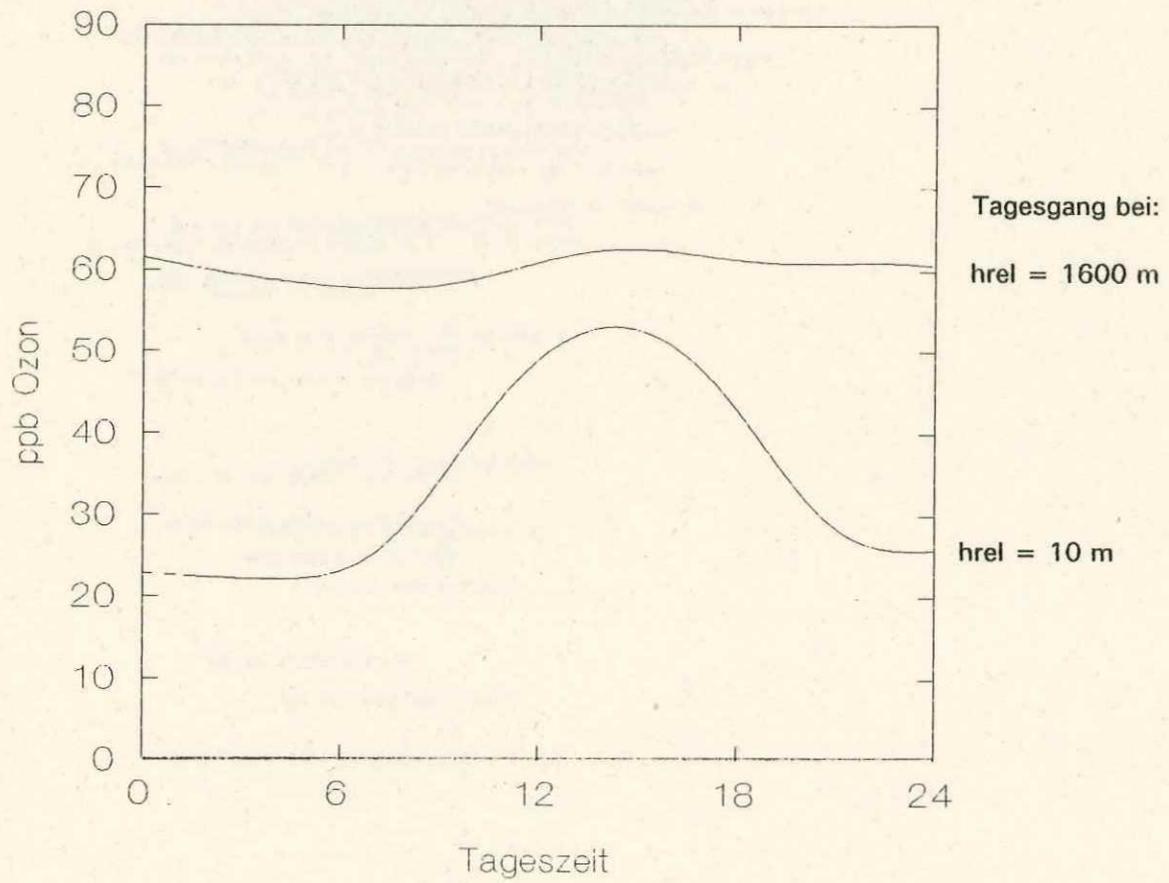
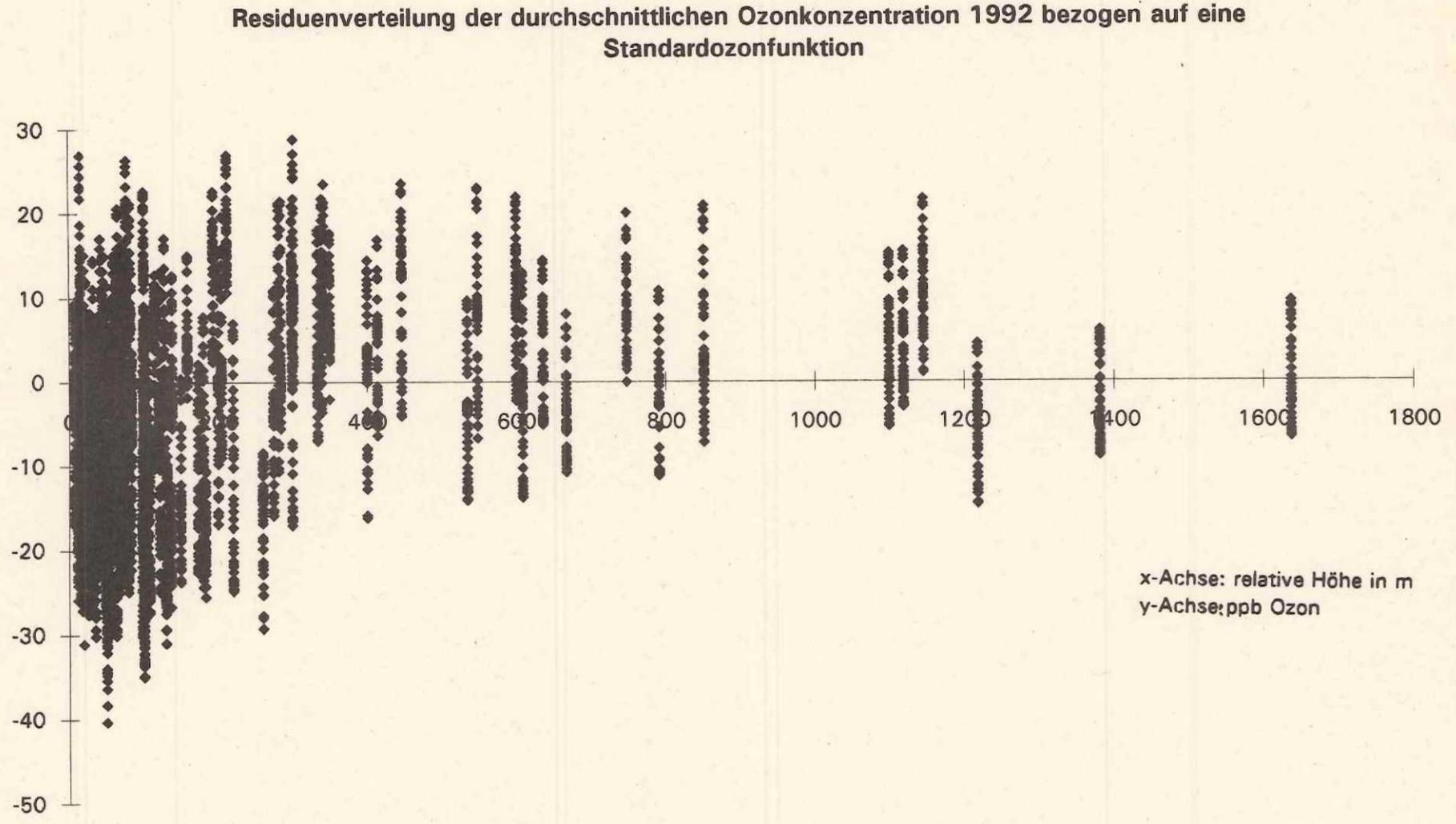


Abbildung 6: Abweichung der durchschnittlichen Ozonkonzentration von der Standard-
Ozonkonzentration



2.4 Berücksichtigung der generellen Ozonbelastungssituation - automatische Anpassung der Standard-Ozonfunktion an die tagespezifische Ozonbelastung

Die Standard-Ozonkonzentrationen aus Höhenabhängigkeitsfunktion und Relativhöhenmodell liefern natürlich nur ein allgemeingültiges Ozonbelastungsbild bei durchschnittlicher Hintergrundbelastung mit Ozon und Vorläuferstoffen, und (über den darzustellenden Tag) stabilen meteorologischen Verhältnissen. Die tagespezifischen, österreichweiten Abweichungen von der errechneten Standard-Ozonkonzentration aufgrund der spezifischen meteorologischen Situation wurde bisher nur durch die Residuen und deren Interpolation berücksichtigt. Dies war für die bisher zu bearbeitenden Ozonepisoden im allgemeinen zu tolerieren, da die Ozonfunktion des Jahres 1991 nur zur Modellierung der flächenhaften Ozonbelastung anhand der Meßdaten von 9 Tagen herangezogen wurde.

Je länger der Zeitraum ist, für welche Ozonbelastungskarten zu generieren sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß die Abweichung der Meßwerte von der Standard-Ozonbelastung nicht nur die lokalen Einflußgrößen, sondern auch unterschiedliche meteorologische Einflüsse in sich birgt, v.a. muß betont werden, daß die photochemischen Reaktionen für Extremsituationen nicht berücksichtigt werden können. Die vorherige Abbildung 6 zeigt die durchschnittlichen Abweichungen der tagespezifischen Ozonbelastung von den entsprechenden HMW's der Standard-Ozonkonzentration für alle Tage der Ozonepisoden.

Die Residuen ergeben sich aus der Differenz zwischen den für die Tageszeit und Relativhöhe errechneten und den gemessenen Ozonwerten .

$$R(h_{\text{rel}}(x,y),t) = O_{\text{mess}}(h_{\text{rel}}(x,y),t) - O_{\text{std}}(h_{\text{rel}},t) \quad (8)$$

Wenn die Residuen bei extremen Wettersituationen neben den lokalen Abweichungen auch einen hohen Anteil an generellen Abweichungen aufgrund der allgemeinen Ozonsituation enthalten, können diese in Extremfällen höher sein als die Ozonwerte der Standardfunktion. Dies führt zu plausiblen Ergebnissen, wenn eine ausreichende Anzahl von Meßstationen vorhanden ist, die im Idealfall räumlich und höhenstufenspezifisch im Untersuchungsgebiet gleichverteilt sein müßten. Wenn gewisse Regionen keine ausreichende Abdeckung mit Meßstationen aufweisen und extreme Ozonsituationen darzustellen sind, wird durch die Residueninterpolation - vor allem in den Gebirgslagen - ein unrealistisches Belastungsbild generiert.

Um dies zu verhindern, wurde ein relativ einfaches Kurvenfitverfahren entwickelt, welches die Standardfunktion der tages- und zeitspezifischen Ozonsituation anpaßt.

Die Anpassung der Standardkurve an die tagesspezifische Ozonkonzentrationsverteilung erfolgt getrennt für 3 Stützbereiche - Höhenstufen, die deshalb gewählt wurden, weil sie bei gewissen Wettersituationen (z.B. hohen Ozonwerten im Alpenvorland) größere Abweichungen von der Standardfunktion zeigen.

Die Daten des 1. Stützbereichs (Meßstationen mit einer relativen Höhe unter 100 m) streuen generell breit - sowohl nach oben wie nach unten. Der Schwerpunkt der Punktwolke verschiebt sich durch tagespezifische Abweichungen entsprechend der meteorologischen Situation. Die Kurvenbasis kann durch Berücksichtigung dieser Stationsgruppe an diesen Tagen entsprechend angehoben oder abgesenkt werden.

Der 2. Stützbereich (200 - 600 m) zeigt an Tagen hoher Ozonkonzentration bereits ab dem frühen Vormittag von der Standardkurve weit nach oben abweichende Residuen.

Der 3. Stützbereich - Relativhöhen über 1000 m - weist während Episoden mit durchschnittlicher oder hoher Ozonkonzentration (vor allem während der Mittagsstunden) Werte auf, die der Standardfunktion gut entsprechen, allerdings bei extremen Ozonepisoden geringer sind, als jene der Stationen des Stützbereichs 2. In Episoden geringer Ozonkonzentration ist gegenüber der Standardfunktion ein entsprechender Abfall zu verzeichnen.

Aus den Residuen der Meßwerte jener 3 Stützbereiche wird je ein Mittelwert errechnet. Die Standard-Ozonkurve wird diesen Mittelwerten entsprechend angepaßt, indem die Standardwerte an 3 Stützstellen um die Residuenmittelwerte verschoben werden. Die Stützstellen sind:

0 m für Stufe 1 mit einem Stützbereich von 0 - 100 m

400 m für Stufe 2 mit einem Stützbereich von 200 - 600 m

1650 m für Stufe 3 mit einem Stützbereich von 1000 - 1650 m

Der Kurvenfit der Werte zwischen den 3 Stützstellen erfolgt durch Interpolation der Residuenmittelwerte der jeweils oberen und unteren Stützstelle mit den Relativhöhenwerten als Interpolationsgewichte und anschließender Addition zum Standardwert. Für Relativhöhen oberhalb der 3. Stützstelle (die der höchstgelegenen Meßstation entspricht), wird das mittlere Residuum des 3. Stützbereiches beibehalten.

Die Funktion wird laut folgender Formel gefittet:

$$O_{\text{tag}}(h_{\text{rel}}, t) = O_{\text{std}}(h_{\text{rel}}, t) + R1_t \cdot ((h2 - h_{\text{rel}}) / (h2 - h1)) + R2_t \cdot ((h_{\text{rel}} - h1) / (h2 - h1)) \quad (9)$$

mit h_{rel} = Relativhöhe,

t = Tageszeit

O_{std} = Standardozonkonzentration

O_{tag} = tagesspezifische Ozonkonzentration

$R1$ = Residuenmittel der Stützstelle mit Höhe $\leq h_{\text{rel}}$ (Stützstelle 1) für die HMW's zum Zeitpunkt t und

$R2$ = Residuenmittel der Stützstelle mit Höhe $\geq h_{\text{rel}}$ (Stützstelle 2) für die HMW's zum Zeitpunkt t

$h1$ = Höhe der gegenüber h_{rel} unteren Stützstelle für die Kurveninterpolation

$h2$ = Höhe der gegenüber h_{rel} oberen Stützstelle für die Kurveninterpolation

$R1$ bzw. $R2$ ergibt sich aus

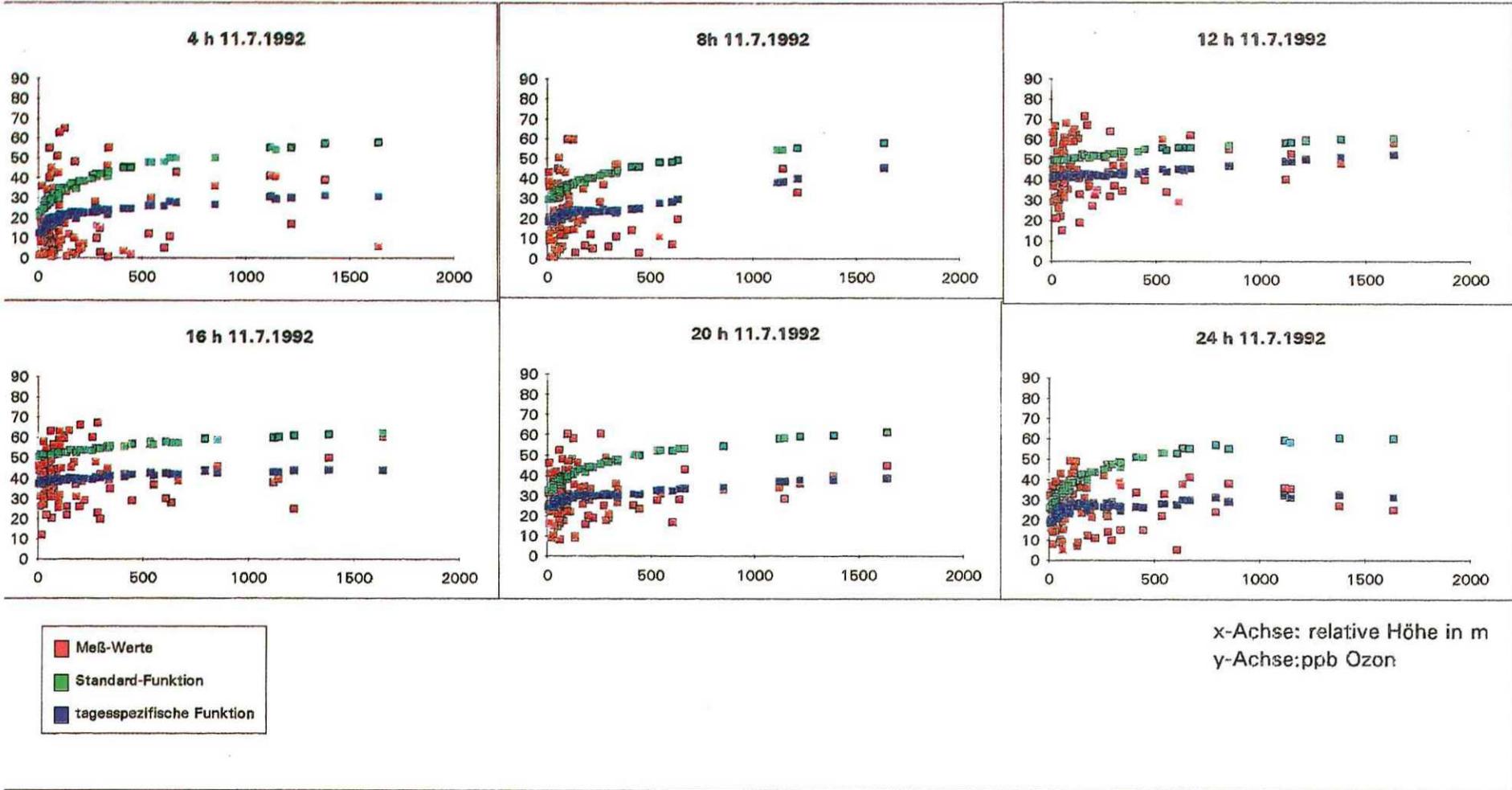
$$R_x = \frac{\sum_{i=1}^n R_i(h_{\text{rel}}(x, y), t)}{n} \quad (10)$$

wobei n der Anzahl der Residuen des entsprechenden HMW's innerhalb des jeweiligen Stützbereichs entspricht.

Mit Hilfe dieses Verfahrens können aus der generellen Standard-Ozonkonzentration tageszeit-spezifische Basis-Ozonkonzentrationen für jeden beliebigen Tag des Jahres mit nennenswerter Ozonbelastung erstellt werden. Die folgenden beiden Abbildungen 7 und 8 zeigen die Meßdatenverteilung, die Standardkurve und die tagesspezifische Ozonkurve für ausgewählte Halbstundenmittelwerte für den 11.7.1992 als einen der schwächsten Tage der Ozonepisoden 1992 und den 31.7.1992 als den Tag mit der stärksten Ozonbelastung dieses Jahres. Es zeigt sich deutlich, daß die Anpassung der Ozonstandardkurve an tagesspezifische Kurven zu einer wesentlichen Reduktion der Residuenspannweiten führt. Während die grüne Kurve - ermittelt anhand der durchschnittlichen Ozonkonzentration der Ozonepisoden 1992 - den idealtypischen Verlauf einer durchschnittlichen Ozonepisode zeigt, ist der Verlauf der blauen Kurve der tatsächlichen Ozonkonzentrationen aufgrund der generellen meteorologischen Situation des jeweiligen Tages optimal angepaßt:

- Die tagespezifischen Kurven des 11.7.1992 verlaufen durchwegs niedriger als die Standardkurven, da dies der 1. Tag einer sich aufbauenden Ozonepisode mit unterdurchschnittlich hohen Ozonwerten war.
- Die tagesspezifischen Kurven des 31.7.1992 liegen generell über dem Niveau der Standardkurve und passen sich atypischen Konzentrationswerten in spezifischen Höhen entsprechend an. Damit können die an diesem Tag während der Mittagsstunden in Tallagen gegenüber Gebirgslagen wesentlich höheren Ozonwerte oder die stärker ansteigenden Ozonkonzentrationen am Vormittag mit einer markanten Verflachung im Bereich 300 - 500 m besser simuliert werden.

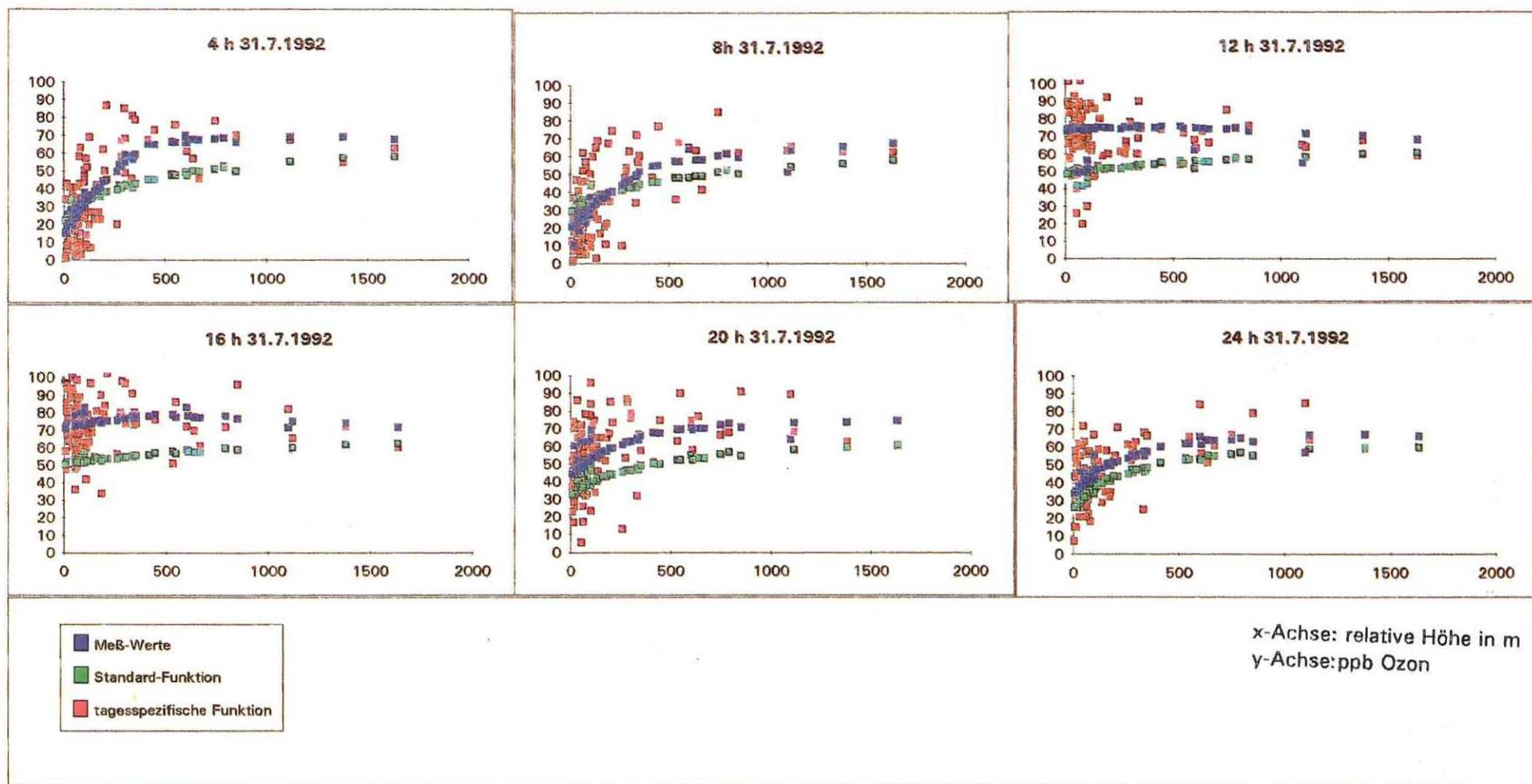
Abbildung 7: Ozonkurven 11.7.1992



- Meß-Werte
- Standard-Funktion
- tagesspezifische Funktion

x-Achse: relative Höhe in m
y-Achse: ppb Ozon

Abbildung 8: Ozonkurven 31.7.1992



2.5 Berücksichtigung der lokalen Abweichung von der tagespezifischen Ozonkonzentration.

Die Abweichung der gemessenen Werte von den errechneten, tagesspezifisch angepaßten Ozonkonzentrationen $O_{\text{tag}}(h_{\text{rel}},t)$ ist nun weitgehend auf die lokalen Einflüsse an der Meßstation reduziert. Die Abweichung bzw. das Residuum $R'(h_{\text{rel}}(x,y),t)$ (des Meßpunktes der Koordinaten (x,y) in der Höhe h_{rel} des HMW's zum Zeitpunkt t) ergibt sich analog Gleichung (8) aus der Differenz der gemessenen von den berechneten und tagespezifisch angepaßten Ozonkonzentrationswerten.

$$R'(h_{\text{rel}}(x,y),t) = O_{\text{mess}}(h_{\text{rel}}(x,y),t) - O_{\text{tag}}(h_{\text{rel}},t) \quad (11)$$

Unter der Annahme, daß die lokalen Residuen an den Meßstationen repräsentativ für deren Umgebung sind, läßt sich durch Interpolation die flächige Abweichung der tatsächlichen Ozonwerte von der theoretischen und tagesspezifischen Basis-Ozonkonzentration errechnen.

Wie bereits ausgeführt, kann die Residueninterpolation zu unplausiblen Werten führen, wenn die Meßstationen an nicht repräsentativen (weil emittentennahen) Standorten liegen, bzw. wenn eine kleinräumige Strukturierung des Geländes die Repräsentativität der Meßstation auf ein kleines Gebiet beschränkt, benachbarte Regionen mit anderer Ozonbelastungscharakteristik jedoch über keine Stationen verfügen. So erhält man weit überhöhte Ozonwerte in Gebirgsregionen, wenn zu den (dort ohnehin höheren) Ozonwerten aus der Standardfunktion im Zuge der Interpolation noch hohe Residuen von den im Talbereich liegenden Meßstationen hinzukommen. Dies zeigte sich bei ersten Tests mit morgentlichen Ozon - HMW's des Jahres 1992 und einer steileren Höhenabhängigkeitsfunktion.

Um dieses Problem zu lösen, muß von lediglich entfernungsbezogenen Interpolationsmodellen abgegangen werden. Die Abweichungen der umliegenden Meßstationen darf nicht nur entfernungsbezogen gewichtet werden, sondern es muß auch die Abweichung im Hinblick auf die Relativhöhe der Meßstationen und deren Höhendifferenz zu dem zu interpolierenden Zwischenpunkt berücksichtigt werden (vgl. Abb. 6).

Die Umsetzung in die Praxis erfolgt auf folgende Art:

- Die Residuen werden vorbereitend für die Interpolation durch eine Dämpfungsfunktion höhenpezifisch reduziert. Damit weisen sie eine gleichmäßige Varianz über alle Höhenbereiche auf und bergen keine Höhentrends in sich, was für eine zuverlässige Interpolation die theoretische Voraussetzung sein sollte.
- Die Interpolation erfolgt dann mit diesen relativ einheitlichen Residuen. Nach der Interpolation werden die Residuen für jeden Punkt des Höhenmodells mit Hilfe der inversen Dämpfungsfunktion und dem Relativhöhenmodell wieder auf das, der relativen Höhe entsprechende Niveau angehoben.
- Für die Meßwerte von Bergstationen erfolgt eine zweite Interpolation der originalen Residuen. Ansonsten wurde durch Anwendung der inversen Dämpfungsfunktion eine Erhöhung der Residuen im Talbereich erfolgen.

2.5.1 Ermittlung der Dämpfungsfunktion für die Residuen

Aus den obigen Ausführungen geht hervor, daß die Residuen höhenpezifisch unterschiedlich streuen. Die durchschnittliche Breite der Streuung zeigt die Abb. 6. Um nun eine Dämpfungsfunktion zu erstellen, wurden die Absolutwerte der Residuen aller Stationen auf der y-Achse und deren relative Höhe auf der x-Achse aufgetragen. Die folgende Abb. 9 zeigt die Residuenmaxima und -mittelwerte sowie die Kurve der Dämpfungsfunktion (je Relativhöhe, wo Stationen liegen). Die Dämpfungsfunktion wurde entsprechend dem oberen Umriß der Punktwolke gefittet. Der höhenpezifische Dämpfungsfaktor läßt sich wie folgt berechnen:

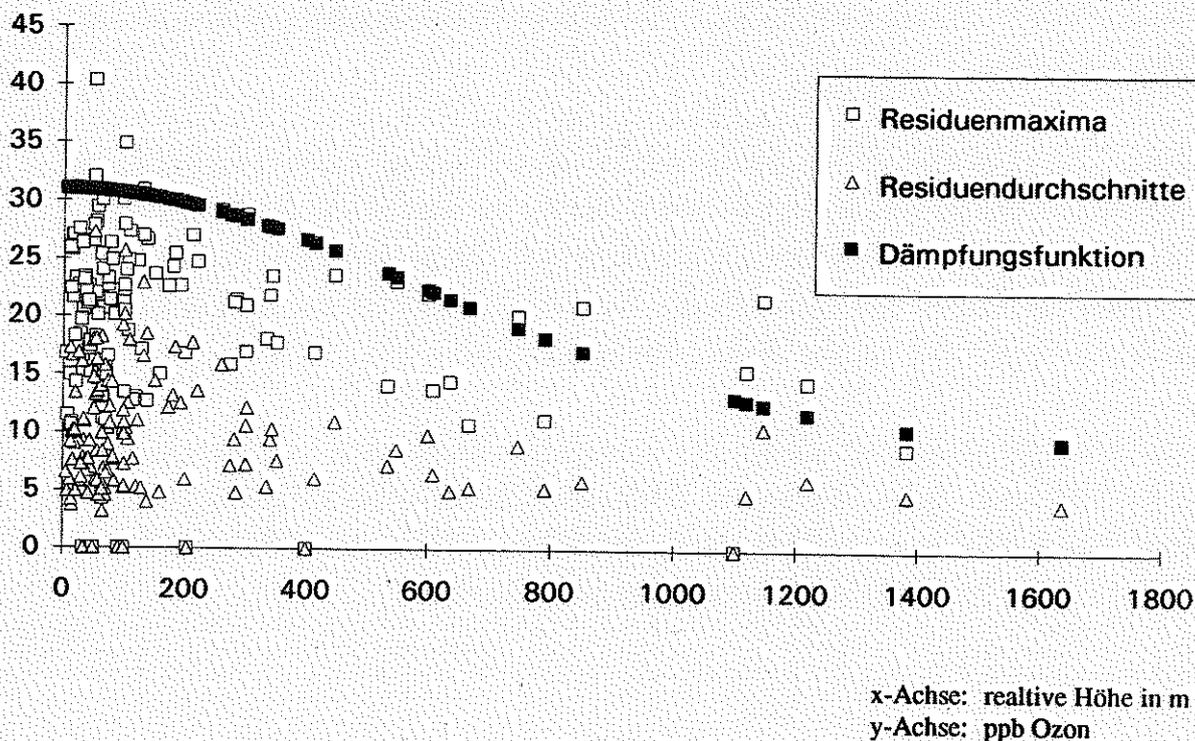
$$d_{h_{rel}} = a' \cdot e^{-(h_{rel}/c')^2} + b' \quad (12)$$

wobei als Parameter folgende Werte herangezogen wurden:

$$a' = 23$$

$$b' = 9$$

$$c' = 850$$

Abbildung 9: Residuenmittelwerte und -maxima mit Dämpfungsfunktion

2.5.2 Interpolation der lokalen Residuen

Die Interpolation erfolgt in dieser Variante nicht mehr mit Kriging, da durch die Dämpfung der Residuen keine entfernungsabhängigen Residuendifferenzen mehr vorliegen, die sinnvolle Variogramme liefern. Durch die Nivellierung der Residuen verschwinden Residuenähnlichkeiten zwischen benachbarten Stationen, die Wirkungsbereiche der Variogramme steigen angesichts dieser Nivellierung auf einige 100 km.

Die Interpolation erfolgt mittels "invers distance weighting", einer linearen Interpolation, unter Einbezug aller Stationen innerhalb eines Radius von 50 km und dem Exponenten 1.5 für die Entfernung als inverses Gewicht des Einflusses der Stationsnähe auf den zu interpolierenden Punkt.

Nach der Interpolation erfolgt die höhen spezifische Dehnung der interpolierten Residuen anhand des Relativhöhenmodells. Die Dehnung kommt allerdings nur dann zur Anwendung, wenn die Interpolation in höhergelegenen Regionen aufgrund der Residuen von Talstationen erfolgt. Bei

der Interpolation von Residuen an Bergstationen zum Tal hin würden die Dehnung unter Umständen eine Vergrößerung der Abweichung gegenüber den umliegenden Meßstationen bewirken, was nicht unbedingt realistisch ist. Deshalb erfolgt zusätzlich eine Interpolation der nicht gedämpften Residuen.

Abschließend wird überprüft, welche dieser beiden Interpolationsergebnisse den jeweils kleineren Wert liefert - also eher dem tagesspezifischen Durchschnitt des Modells entspricht. Je Rasterpunkt des Modells wird nun jener interpolierte Wert für die Integration in die Ergebniskarte verwendet, dessen Interpolationsverfahren (jenes mit gedämpften oder jenes mit ungedämpften Residuen) das jeweils kleinere flächenhafte Residuum generiert.

Die Verknüpfung der derart ausgewählten Residuen mit den Ergebnissen des tagesspezifischen Ozonbelastungsmodells ergibt als gesuchtes Ergebnis die flächenhafte Darstellung der Ozonbelastung anhand der Daten an den Meßpunkten unter Berücksichtigung des Höheneinflusses und der allgemeinen tagesspezifischen, meteorologischen Situation.

3. Berechnung der flächenhaften Ozonbelastung aus den Halbstundenmittelwerten für 21 Tage der Ozonepisoden 1992

Nach der Erarbeitung der in 1 und 2 dargestellten Grundlagen steht nun ein wesentlich verbessertes Verfahren für die Kartenherstellung zur Verfügung. Die Kartenberechnung für jeden Halbstundenmittelwert und einer räumlichen Auflösung von 2.5 x 2.5 km erfordert auf einem 30 mips-RISC-Rechner unter der GIS-Software ARC/INFO einen Zeitaufwand von ca. 5 Minuten, was auf die umfangreichen Zwischenschritte zurückzuführen ist:

A. Berechnung der tagesspezifischen Standard-Ozonkonzentration

1. Berechnung der Residuenmittelwerte für 3 Stützbereiche aus den Meßdaten und der Standard-Ozonkurve des jeweiligen HMW
2. Kurvenfit der Standard-Ozonkurve zur Erzielung einer tagesspezifischen Ozonkurve des jeweiligen HMW
3. Berechnung der flächenhaften tagesspezifischen Ozonkonzentration des jeweiligen HMW aus Relativhöhenmodell und gefitteter Ozonkurve für Österreich

B Berechnung der regionalen Abweichung von der Standard-Ozonkonzentration

4. Berechnung der Residuen aller Stationen von der tagesspezifischen Ozonkurve des HMW
5. höhenspezifische Dämpfung der Residuen (von Schritt 4)
6. Interpolation der gedämpften Residuen
7. höhenspezifische Dehnung der interpolierten, gedämpften Residuen
8. Interpolation der originalen Residuen (von Schritt 4)
9. Auswahl der jeweils geringeren Residuen je Rasterfeld (aus Schritt 6 und 8)

C Kombination der Standard-Ozonkonzentration und der regionalen Abweichungen

10. Verknüpfung der interpolierten Residuen und der tagesspezifischen Ozonkonzentrationen
11. Herausschneiden der Österreichfläche aus dem Rechteckraster der modellierten Ozonkonzentrationen

Für folgende Tage wurde die flächenhafte Ozonbelastung je Halbstundenmittelwert gerechnet:

- 11.7. - 13.7. als Episode mit relativ geringen Ozonwerten,
- 28.7. - 1.8. mit dem 31.7. als Tag der höchsten Ozonkonzentrationen des Jahres 1992,
- 5.8. - 10.8. sowie
- 19.8. - 24.8.

Die Kartendarstellungen in Anhang 1 zeigen den Ozontagesgang beispielhaft für 5 Tage jeweils zwischen 8 und 20 Uhr.

- Für die 1. Kartenserie wurde der 30.7.1992 ausgewählt, ein Tag der zweiten Ozonepisode im Juli 1992, die den Aufbau der Ozonkonzentrationen der folgenden Tage zeigt.
- Die 2. Kartenserie zeigt den Tagesgang der Ozonbelastung am 31.7.1992 - jenem Tag mit der stärksten Ozonkonzentration der letzten Jahre mit einem Maximum von 225 ppb um 12³⁰ an der Station Exelberg. Dieser Tag wurde herangezogen, um die Anwendbarkeit des Interpolationsverfahrens auch für außergewöhnliche Situationen zu zeigen. Durch die extrem hohen Werte mehrerer Stationen in und nordwestlich von Wien und der geringen Stationsdichte (auch durch fehlende Daten der Station Mistelbach) im Norden bzw. Nordosten wird für die Karten von 12 Uhr und 14 Uhr die Zone maximaler Ozonbelastung relativ stark nach Norden und leicht nach Nordosten gezogen, was durch eine oder zwei weitere Stationen im nordöstlichen Grenzbereich vermieden worden wäre.
- Die 3. Kartenserie beschreibt die Ozonbelastung am 1.8.1992.
- Die 4. und 5. Kartenserie zeigt zwei Tage der 3. Ozonepisode (6.8. und 7.8.1992).

Im Anhang ist im Anschluß an die Karten eine kurze Interpretation der in den Darstellungen wiedergegebenen Ozonepisoden beigefügt.

Abgesehen von geringfügigen o.a. Inplausibilitäten beim 14 Uhr-Zeitpunkt der Karte vom 31. Juli kann festgestellt werden, daß das hier entwickelte Verfahren zur Schätzung der flächenhaften Ozonbelastung seine allgemeine Einsetzbarkeit gerade anhand dieses Tages positiv unter Beweis stellen konnte.

Die in die Karten eingedruckten Meßergebnisse an den Stationsstandorten zeigen, daß die rückgerechneten Ergebnisse nach der Interpolation den gemessenen Ergebnissen mit geringfügigen Abweichungen von wenigen ppb O₃ entsprechen. Die Abweichungen kommen dadurch zustande, daß die Relativhöhen der Meßstationen nicht exakt mit den Relativhöhen der Modell-

Rasterzellen - sie werden auf die Rasterzellenmittelpunkte bezogen, in denen sie liegen - übereinstimmen.

Die Rasterzellen wurden deshalb mit 2.5 x 2.5 km gewählt, damit die Ergebnisse nicht den Eindruck einer völligen - geometrischen wie quantitativen - Genauigkeit der Ergebnisse vermitteln, sondern dem Betrachter der modellhafte Charakter der Ergebnisse, die für die Räume zwischen den Meßstationen immer noch Schätzungen sind, im Bewußtsein bleibt.

Anhang 3 zeigt die Überprüfung der Plausibilität durch Berechnung der Ozonbelastung für spezifische Stationen unter Ausklammerung der Meßdaten dieser Stationen. Die Überprüfung zeigt, daß das Interpolationsverfahren bei Weglassen von Meßdaten in der Regel nahezu idente Ergebnisse wie bei jenen Berechnungen, wo keine Meßdaten ausgeklammert wurden, erzielt werden.

4. Überprüfung der Situierung der Ozonmeßstationen mit konkreten Vorschlägen zur Optimierung des Meßnetzes aufgrund der Ozonepisoden 1992

Die Vorschläge zur Optimierung des Meßnetzes setzen sich aus 3 Teilen zusammen:

- Schaffung neuer Stationen
 - Stilllegung irrelevanter Stationen
 - Verlegung von unrepräsentativen Stationen
-
- Neue Stationen sind dort zu schaffen, wo die Stationsdichte zu gering ist, um allfällige Abweichung von der österreichweiten, tagesspezifischen Ozonkonzentration erfassen zu können.
 - Als irrelevant werden jene Stationen angesehen, die 1. redundante Information enthalten - Stationen, die in räumlicher Nähe zu anderen liegen und etwa dieselbe Tagesgangscharakteristik aufweisen, bzw. 2. die nicht repräsentativ für die regionale Ozonbelastung scheinen.
 - Jene Stationen, deren Meßziel die Erfassung der regionalen Ozonbelastung ist, deren Tagesgang jedoch vermuten läßt, daß sie an lokal belasteten Standorten mit relativer Emittenten-nähe liegen, sind kleinräumig zu verlegen.

Die Lokalisierung der Meßstationen sollte aus der Sicht der Kartenerstellung im Idealfall in relativ regelmäßiger Entfernung an Standorten mit für die Region repräsentativer Ozonbelastung erfolgen. Dabei ist darauf Bedacht zu nehmen, daß auch die größeren Gebirgsketten zwischen den Haupttälern in allen Ozonüberwachungsgebieten mit Meßstationen bestückt werden sollten, um die gegebenenfalls unterschiedliche lokale Abweichung in Berg- und Talregionen von der Standard-Ozonkonzentration gut erfassen zu können

4.1 Vorschläge zur Meßnetzergänzung

Die folgenden Karten (Abb. 10 und 11) zeigen das Meßnetz mit den Meßstationen sowie einen jeweiligen Einzugsbereich von 30 km. Bei den Variogrammanalysen mit den Daten des Jahres 1991 (vgl. Abschnitt 5.1 aus LOIBL W. et al., 1992) zeigte sich, daß der gegenseitige Einfluß der Residuen mindestens 30 km beträgt. Die Interpolation wurde für die gegenständliche Kartenserie mit einem Radius von 50 km und einer Gewichtung der Entfernung mit dem Exponenten 1.5

durchgeführt, was einem wesentlichen Rückgang des Einflusses bei Vorhandensein von Nachbarstationen ab einem Umkreis von 30 km entspricht.

Anhand der in Abb. 11 dargestellten regionalen Verteilung der theoretischen "Einzugsgebiete" der Ozonmeßstationen zeigt sich, daß in allen Ozonüberwachungsgebieten kleinere Lücken im Meßnetz vorzufinden sind, welche sich bei Ausfall einzelner Stationen noch vergrößern können. Wenn künftig Karten mit den in Echtzeit erfaßten Daten des Ozonatenverbundes erstellt werden sollen, muß auf den Einbezug von Daten ausländischer Stationen verzichtet werden. Im Hinblick auf diese Rahmenbedingungen ist für nachstehende Räume eine Verdichtung des Meßnetzes sinnvoll. Der Vorschlag der Verdichtung geht einher mit einem Vorschlag zur Ausdünnung des Meßnetzes, sodaß die Gesamtzahl der Stationen in etwa ident bleibt. Die im Jahr 1993 neu in Betrieb genommenen Stationen sind bereits berücksichtigt.

Ozon- Überwachungsgebiet I (Wien, NÖ, Nord-Bgld)

Bezirk Hollabrunn (NÖ)
Bezirk Oberpullendorf (Bgld)

Ozon- Überwachungsgebiet II (Stmk südlich der Niederen Tauern, Sbg - Lungau, S-Bgld) ¹⁾

Bezirk Güssing oder Oberwart (Bgld)
Bezirk Feldbach (Stmk)
Bezirk Judenburg - nord (Stmk)

Ozon- Überwachungsgebiet III (OÖ, Sbg - Flachgau, Tennengau)

Bezirk Kirchdorf/Krems (OÖ)
Bezirk Grieskirchen (OÖ)

Ozon- Überwachungsgebiet IV (Sbg - Pinzgau, Pongau, Stmk - Niedere Tauern)

Bezirk Zell/See - West (Sbg)
Bezirk Liezen - Ost (Stmk)
Bezirk Liezen - West (Stmk)

Ozon- Überwachungsgebiet V (Nord-Tirol) ²⁾

Bezirk Imst - Süd

Ozon- Überwachungsgebiet VI (Vorarlberg)

Bezirk Feldkirch - Ost

Ozon- Überwachungsgebiet VII (Kärnten, O-Tirol) ³⁾

Bezirk Lienz - Nordwest (O-T)
Bezirk St. Veit - Nord (Ktn)

¹⁾ 1993 Inbetriebnahme der Station Oberwart

²⁾ 1993 Inbetriebnahme der Station Grins

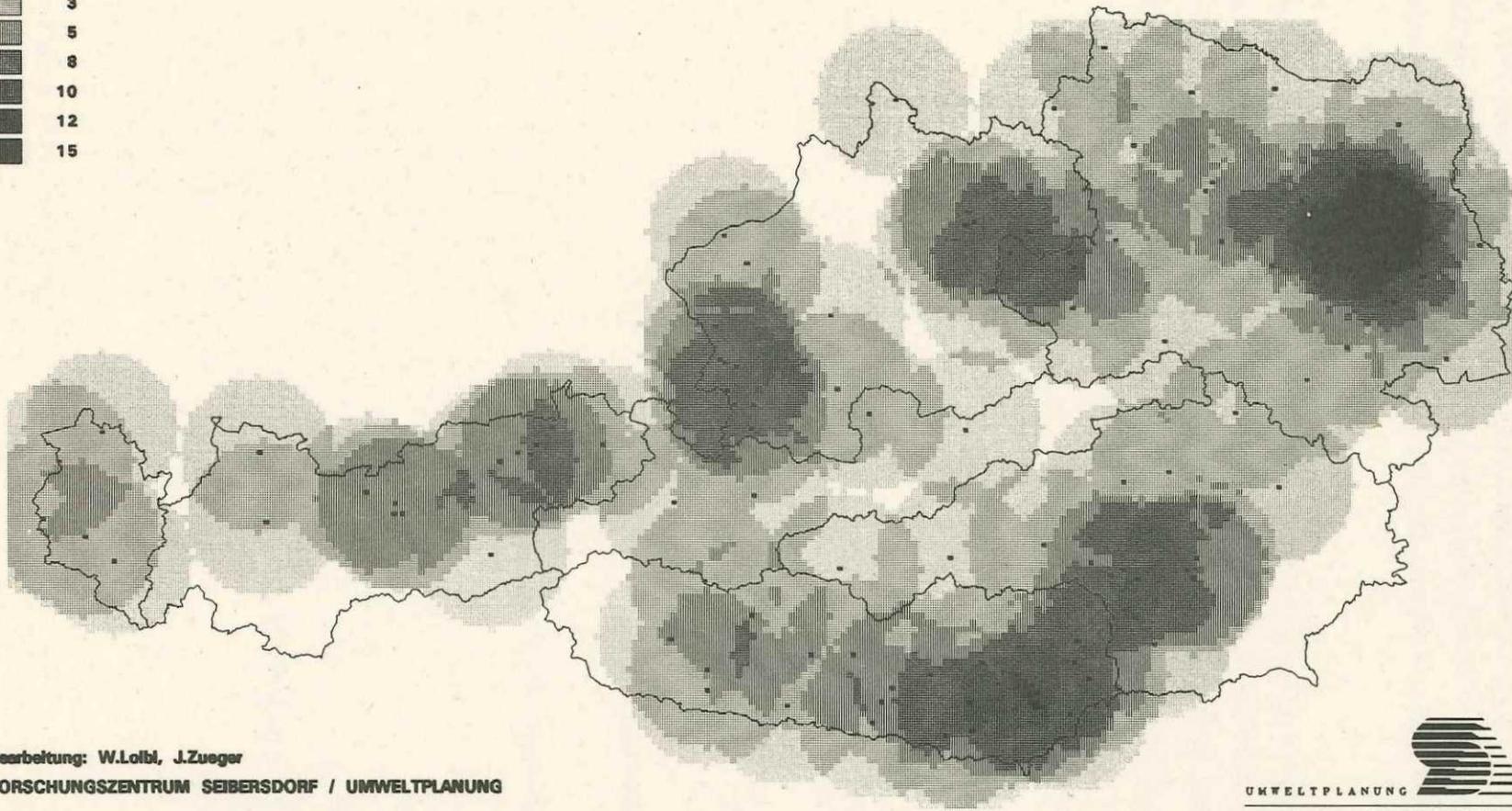
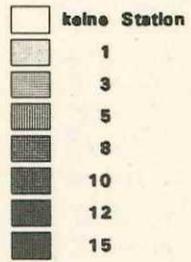
³⁾ 1993 Inbetriebnahme der Station Treibach Althofen

Ozonmessnetz und Stationsdichte in Österreich 1992

Interpolations-Einflussbereiche der Stationen (30 km)

Anzahl der für die Interpolation relevanten Stationen

mit > 50 % Einflussbereich, (Radius 50 km, Distanzexponent 1.5)



Bearbeitung: W.Löbl, J.Zueger

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG

Abbildung 11: Ozon-Meßnetz: Stationsdichte

4.2 Vorschläge zur Ausdünnung des Meßnetzes

4.2.1 Residuenanalyse - hohe negative Residuen

Anhand der Analyse der Mittelwerte der Residuen der Ozonepisoden 1992 zeigen sich untypische oder typische Ozonkonzentrationsverläufe. Ähnlichen Residuenmittelwerte von Stationen zeigen ein ähnliches Verhalten der Ozonkonzentrationsstagesgänge zueinander (vgl. Abb. 12 und 13).

Hohe Residuen entsprechen einem gegenüber der Standard-Ozonfunktion untypischen Ozonkonzentrationsverlauf. Die Auswertung der Residuen um 6 Uhr bzw. 8 Uhr morgens zeigt die emittentennahen Stationen - hoch negative Residuen während der genannten Zeiten sind auf die morgentlichen Ozonsenken in Emittentennähe zurückzuführen. Diese Stationen in Emittentennähe sind überwiegend Talstationen in Alpentälern in Süd- und Westösterreich: (Überwachungsgebiete VII, V und II)

Überwachungsgebiet II ¹⁾

Leoben
Judenburg
Graz Süd
Graz West
St. Michael

Überwachungsgebiet III ²⁾

Hallein Rehofsdlg
Paß Lueg

Überwachungsgebiet IV

St. Johann

Überwachungsgebiet V

Kramsach
Kufstein
Wörgl
St. Johann
Imst
Innsbruck

Überwachungsgebiet VII

Radenthein
Völkermarkt
Obervellach
Spittal
Bleiburg
Villach
St. Andrä
Feldkirchen Ktn.

¹⁾ St. Michael (seit 1993 außer Betrieb)

²⁾ Paß Lueg (seit 1993 außer Betrieb)

Die negativen Residuen um 20 Uhr zeigen Stationen mit überdurchschnittlich starker abendlicher Ozonabnahme (vgl. Abb. 14): Stationen im Tal oder in der Ebene in Emittentennähe, die überwiegend in Ost- und Südösterreich lokalisiert sind:

Überwachungsgebiet I

Krems
Schwechat

Überwachungsgebiet II

Leoben
Voitsberg

Überwachungsgebiet III

Bad Ischl

Überwachungsgebiet IV

Hallein
St. Johann
St. Michael Lungau
Zell/See

Überwachungsgebiet V

St. Johann i.T.

Überwachungsgebiet VI

Bludenz

Überwachungsgebiet VII

Radenthein
Völkermarkt
Obervellach
Villach
Feldkirchen Ktn.
Kühnsdorf Par.

4.2.2 Für die Kartendarstellung irrelevante Meßstellen

Aus diesen beiden Zusammenstellungen in 4.2.1 (anhand der Abbildungen 12, 13 und 14) und der Analyse der Abbildungen 10 und 11 ergeben sich im Hinblick auf die Erstellung von Ozonbelastungskarten folgende Vorschläge für eine Ausdünnung der Meßstationen im Hinblick auf die Erstellung von Ozonbelastungskarten. Die folgenden Vorschläge basieren auf statistischen Auswertungen, jedoch ohne genaue Kenntnis der tatsächlichen lokalen Situation im Umfeld der Stationen. Es wird davon ausgegangen, daß die derzeitigen Standorte für eine Messung, der für das betroffene Gebiet repräsentativen Ozonkonzentration ungeeignet sind.

Überwachungsgebiet I

Schwechat
Krems
Stephansplatz

Überwachungsgebiet II

Graz Süd
Piber

Überwachungsgebiet III

Paß Lueg ¹⁾
Hallein Rehhofsiedlung

Überwachungsgebiet V

2 der folgenden Stationen:
Kramsach, Wörgl, Kufstein, St. Johann ²⁾

Überwachungsgebiet VII

St. Andrä
Kühnsdorf (2 x) ¹⁾

¹⁾ im Jahr 1993 bereits nicht mehr in Betrieb

²⁾ Station Kufstein wird 1994 kleinräumig verlegt

4.2.3 Vorschläge zur kleinräumigen Verlagerung von Meßstationen

Die Residuenanalyse weist (neben den bisher genannten) vor allem bei folgenden Stationen, deren Standort großräumig beibehalten werden sollte, auf eine Positionierung in relativer Emittentennähe hin. Bei den folgenden Stationen wird eine kleinräumige Verlagerung der Stationen in weniger belastete Zonen der Region vorgeschlagen. Der Vorschlag wurde anhand der statistischen Analysen der Residuen erstellt und fußt nicht auf der Kenntnis der konkreten örtlichen Belastungssituation (vgl. Abb. 12, 13, 14). Sollte die Belastungssituation ohnehin für die Region repräsentativ sein und nicht auf lokalen Einfluß zurückzuführen sein, sind die entsprechenden Stationen vom Vorschlag einer Standortverlagerung auszuklammern.

Überwachungsgebiet I

Ternitz

Überwachungsgebiet II

Leoben
Judenburg
Voitsberg
St. Michael ¹⁾

Überwachungsgebiet III

Salzburg Sterneckstr.
Bad Ischl

Überwachungsgebiet IV

Paß Lueg ¹⁾
St. Johann/Pongau

Überwachungsgebiet V

Höfen

Überwachungsgebiet VI

Schruns - Kapell ²⁾
Bludenz

Überwachungsgebiet VII

Radenthein
Völkermarkt
Obervellach
Spittal
Villach
Feldkirchen

¹⁾ 1993 aufgelassen

²⁾ 1993 verlegt

Abbildung 12: Überdurchschnittliche negative Residuen gegenüber Funktion 6 Uhr

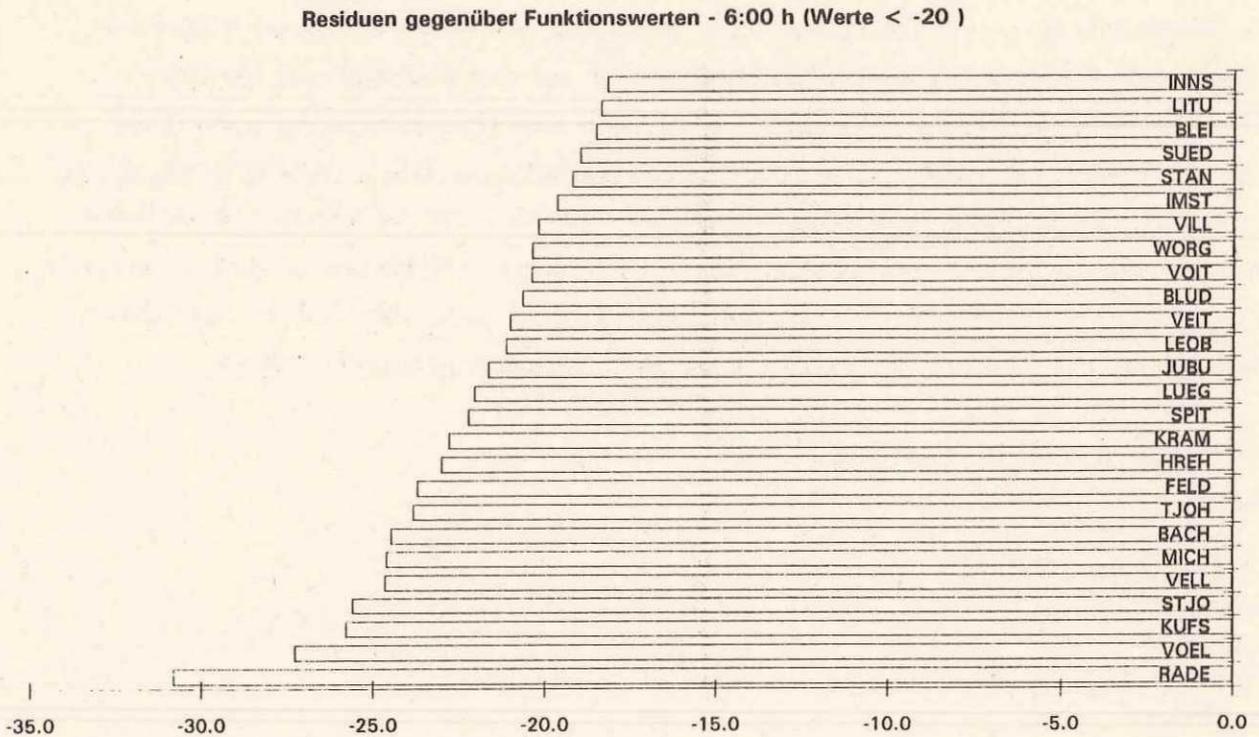


Abbildung 13: Überdurchschnittlich negative Residuen gegenüber Funktion 8 Uhr

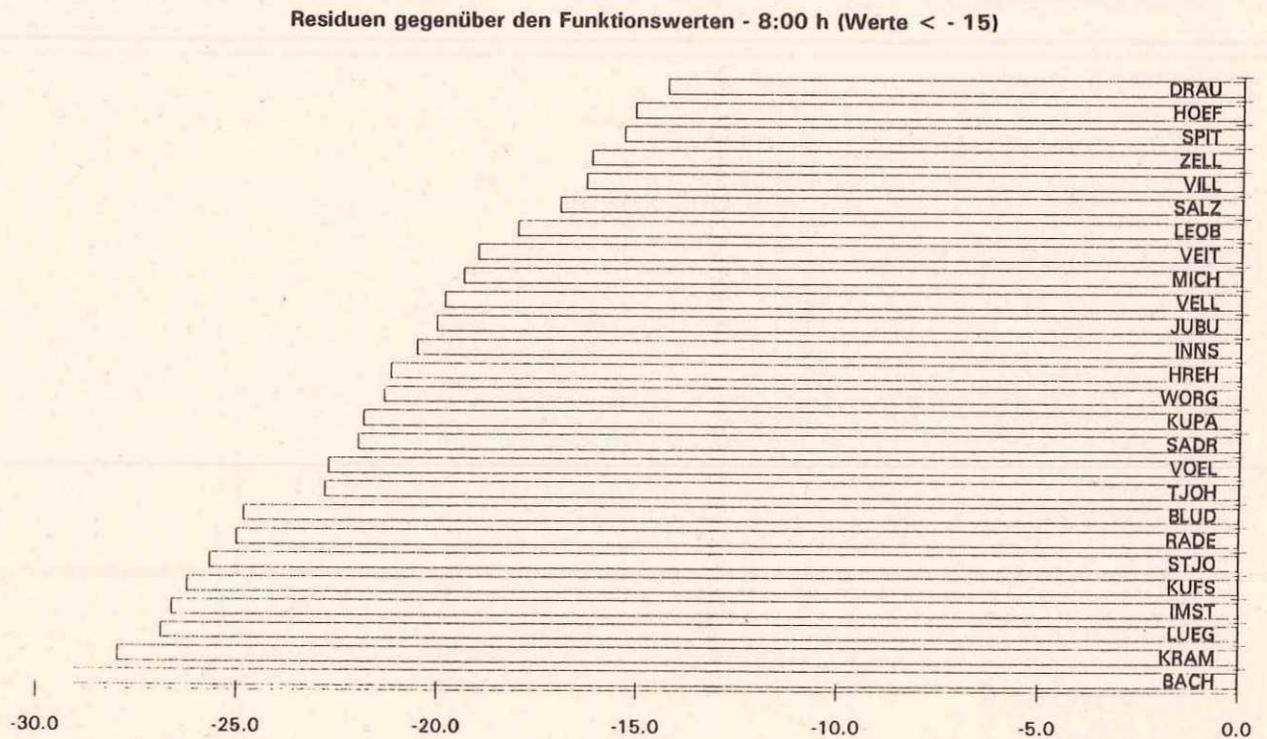
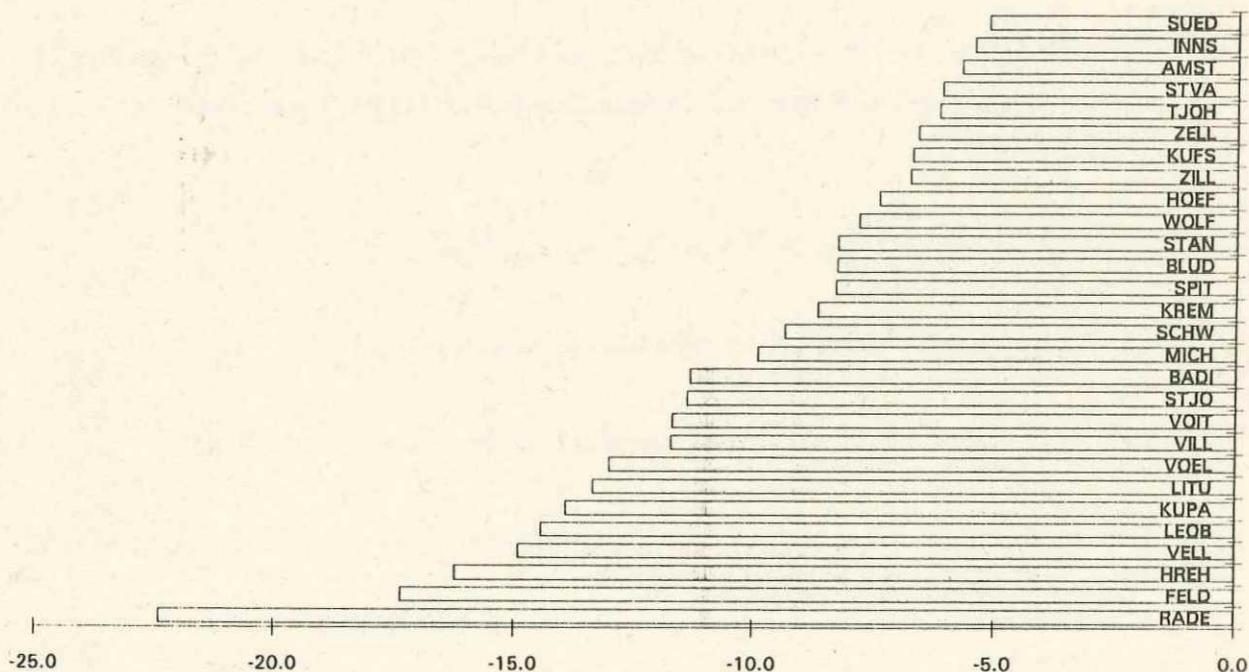


Abbildung 14: Überdurchschnittlich negative Residuen gegenüber Funktion 20 Uhr

Residuen gegenüber Funktionswerten - 20:00 h (Werte < -5)



Quellenverzeichnis

- LOIBL W., ZÜGER J., KOPCSA A. (1992) Flächenhafte Ozonverteilung in Österreich für ausgewählte Ozonepisoden 1991, Plausibilitätsanalyse der Ozonmeßdaten - Endbericht. OEFZS-A--2436
- LOIBL W., ORTHOFER R. et al. (1991) Ozon in Österreich Teil 2: Verteilungsmodelle und Flächeninterpolationsverfahren zur synoptischen Darstellung in Kartenform, OEFZS-A--2177
- RAU G., KOLB H. (1991) Ozon in Österreich Teil 1: Datenanalyse
- UMWELTBUNDESAMT (1992) Karte der Ozonüberwachungsgebiete
- WILKINSON L. (1990) SYSTAT: The System for Statistics; Evanston, IL, USA
- ZIMMERL F., SPANGL W. et al. (1993) Luftgütemeßstellen in Österreich, Stand April 1993, Umweltbundesamt, Wien, UBA-93-078

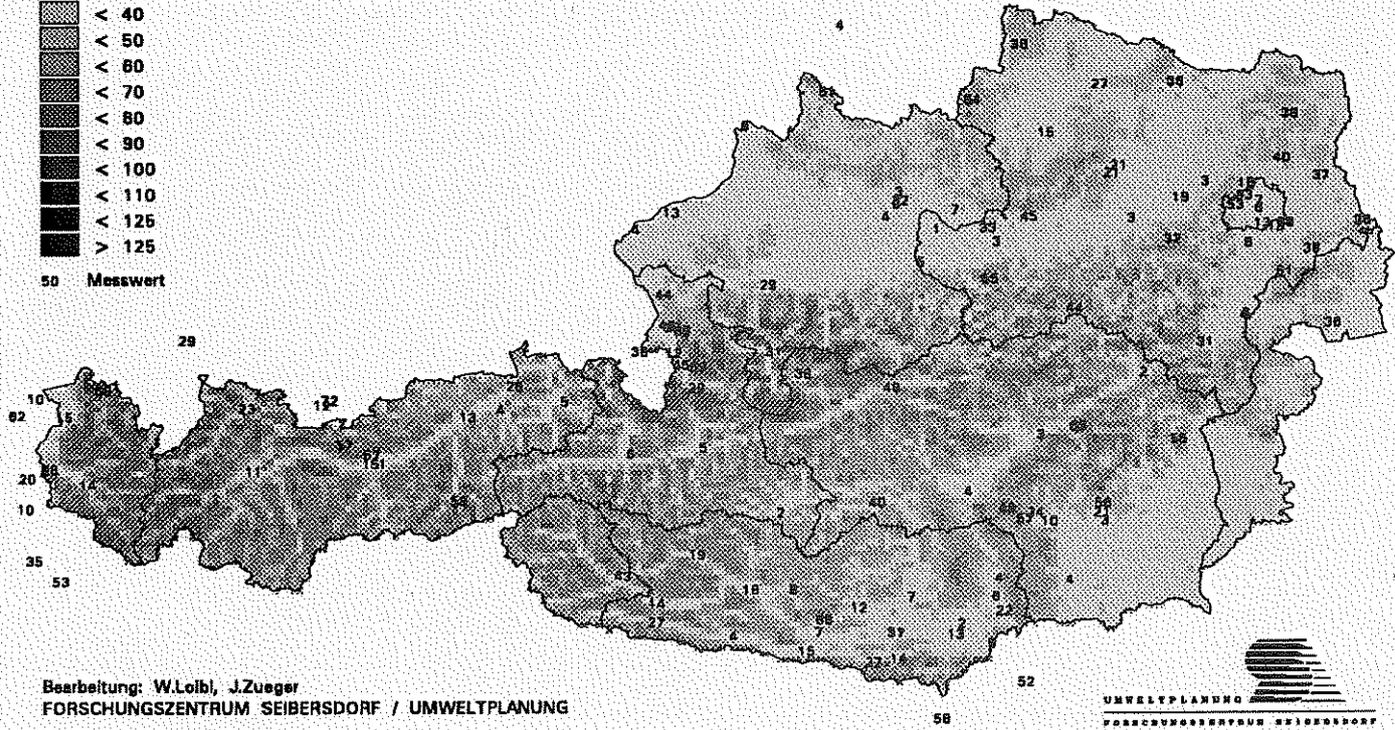
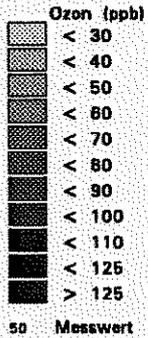
ANHANG 1

Ozonkarten

OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 30. JULI 1992 um 6:00 Uhr

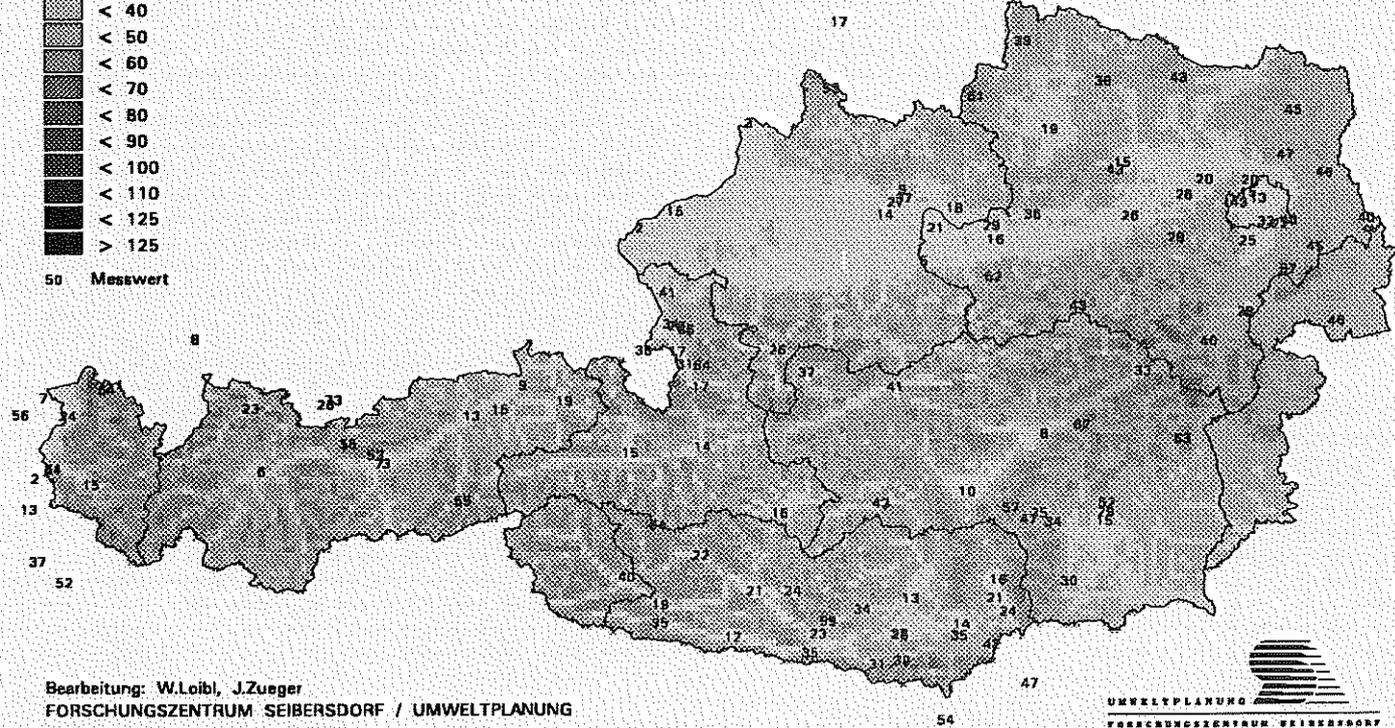
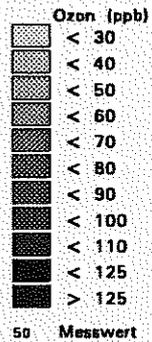
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 30. JULI 1992 um 8:00 Uhr

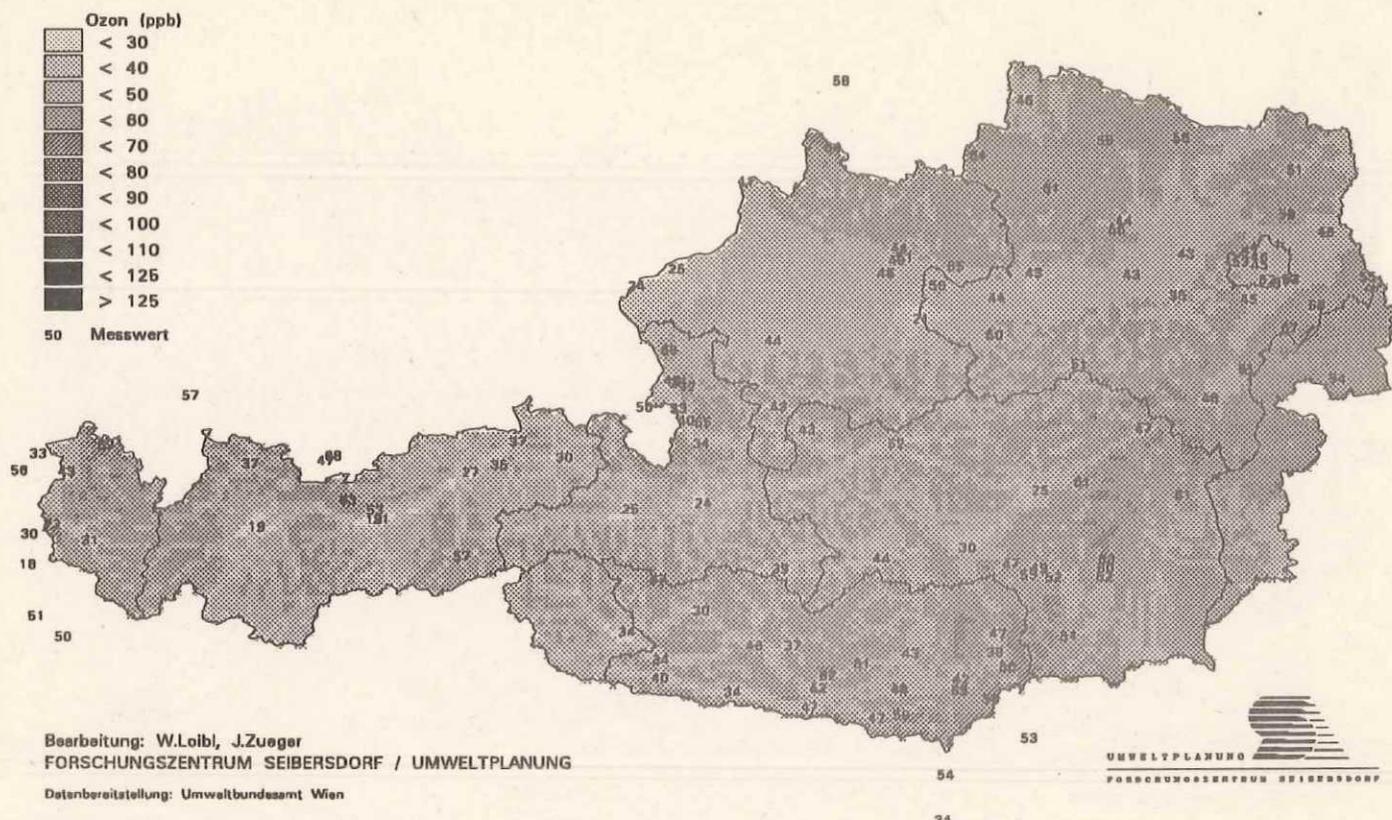
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 30. JULI 1992 um 10:00 Uhr

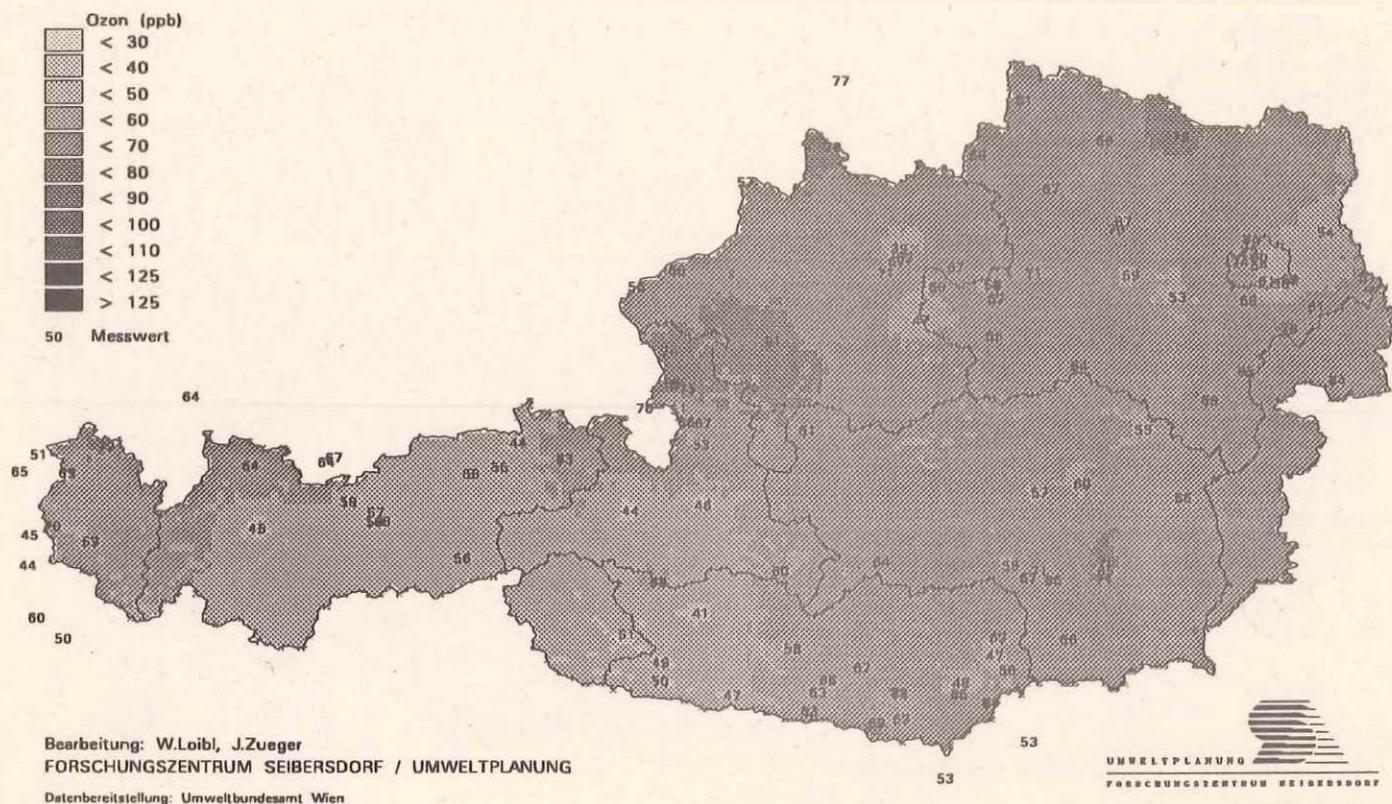
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 30. JULI 1992 um 12:00 Uhr

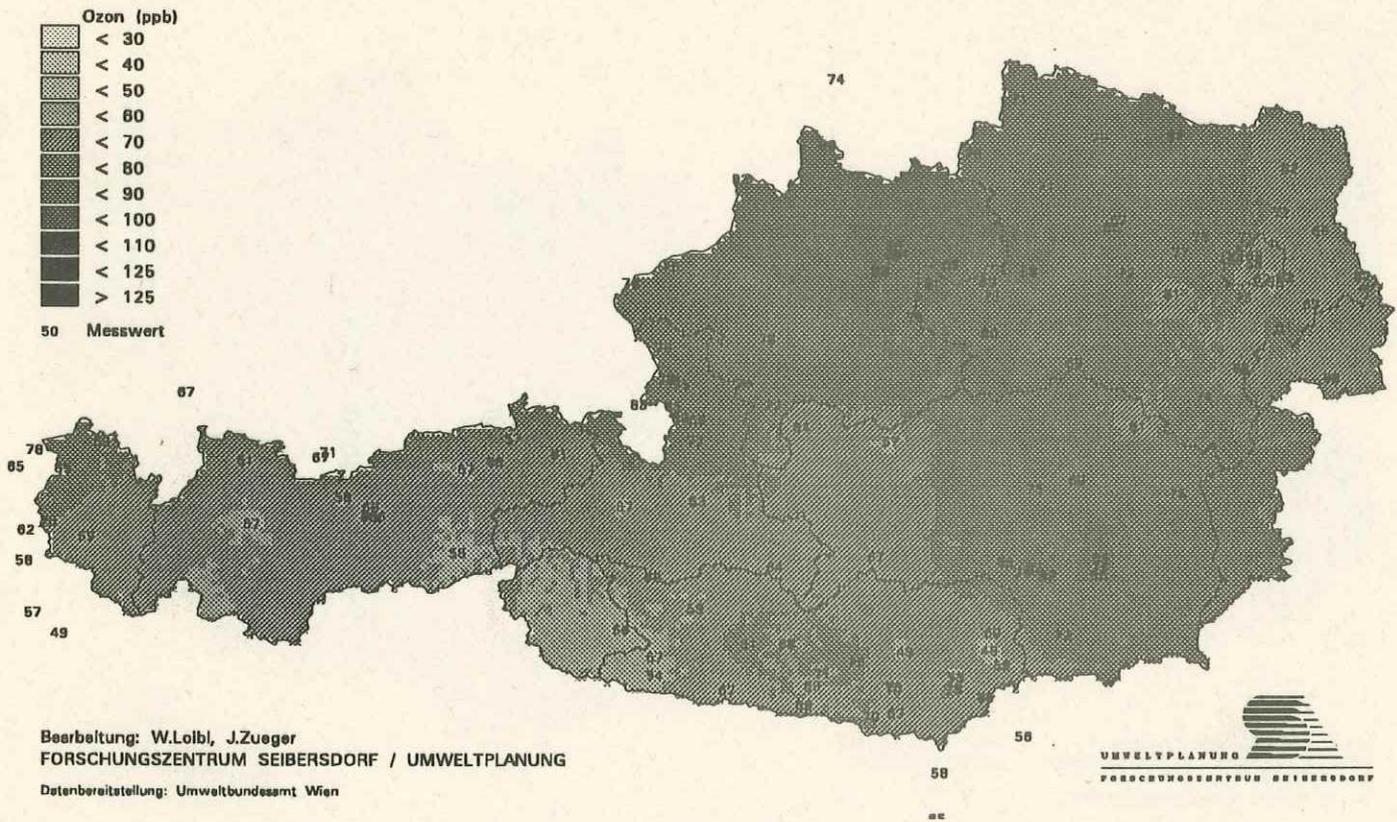
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 30. JULI 1992 um 14:00 Uhr

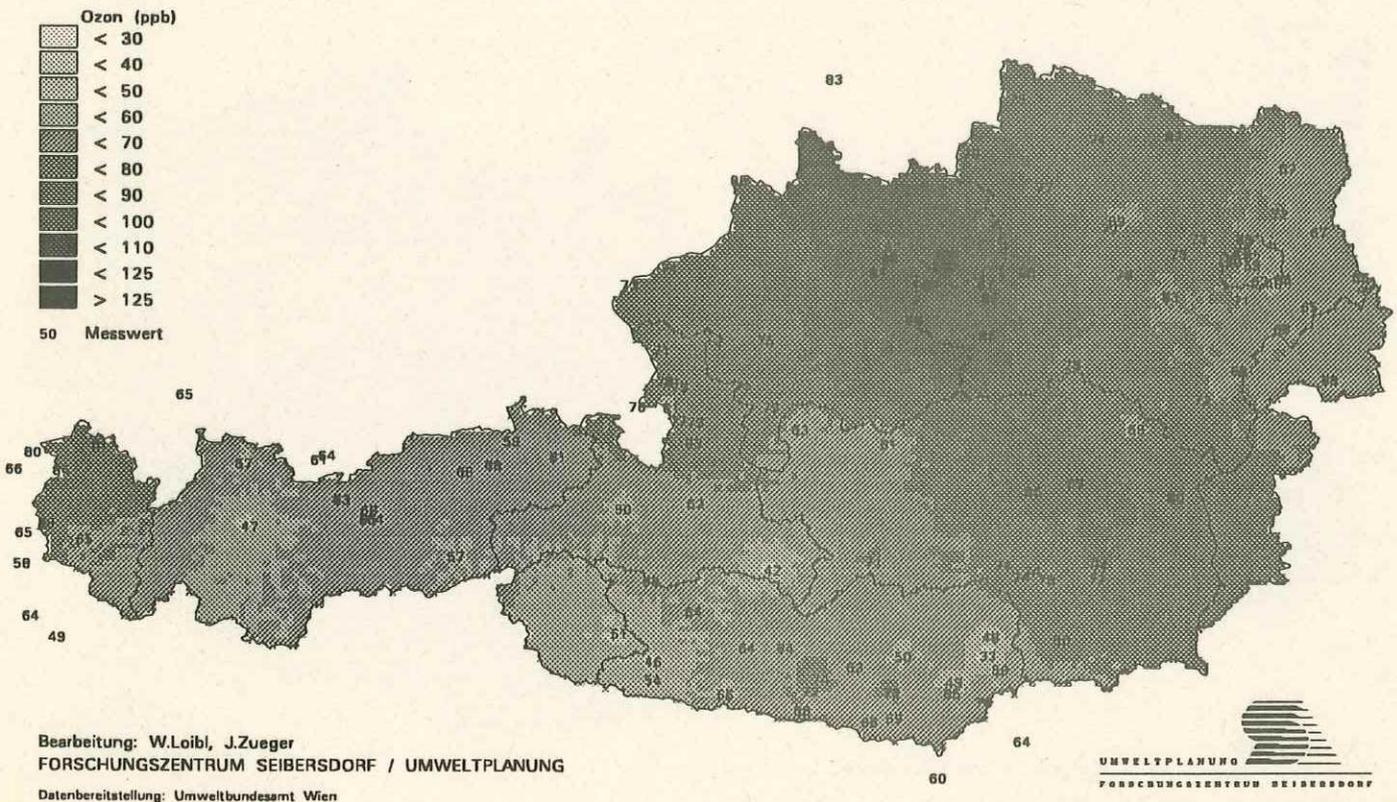
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 30. JULI 1992 um 16:00 Uhr

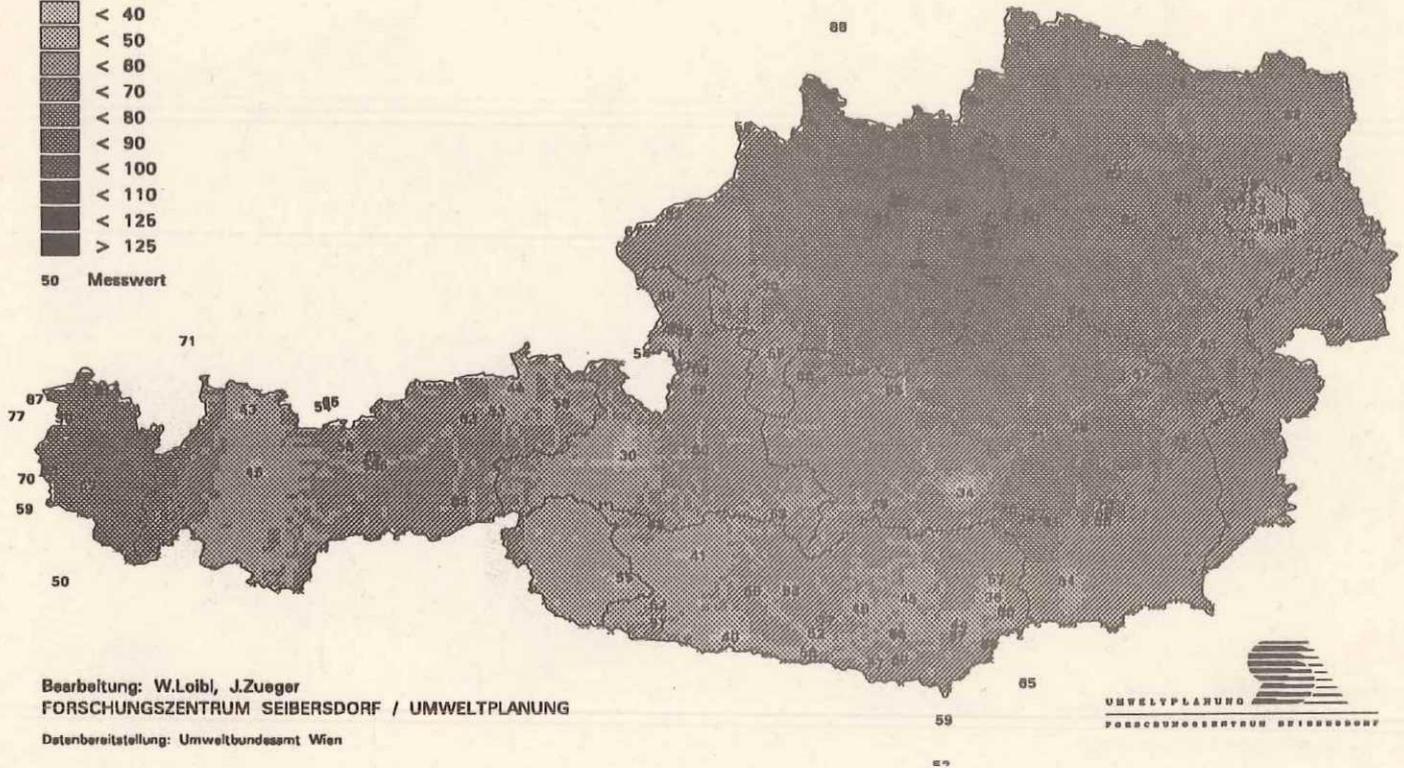
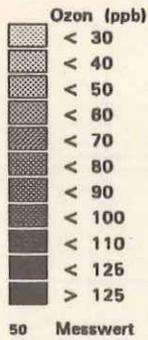
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 30. JULI 1992 um 18:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



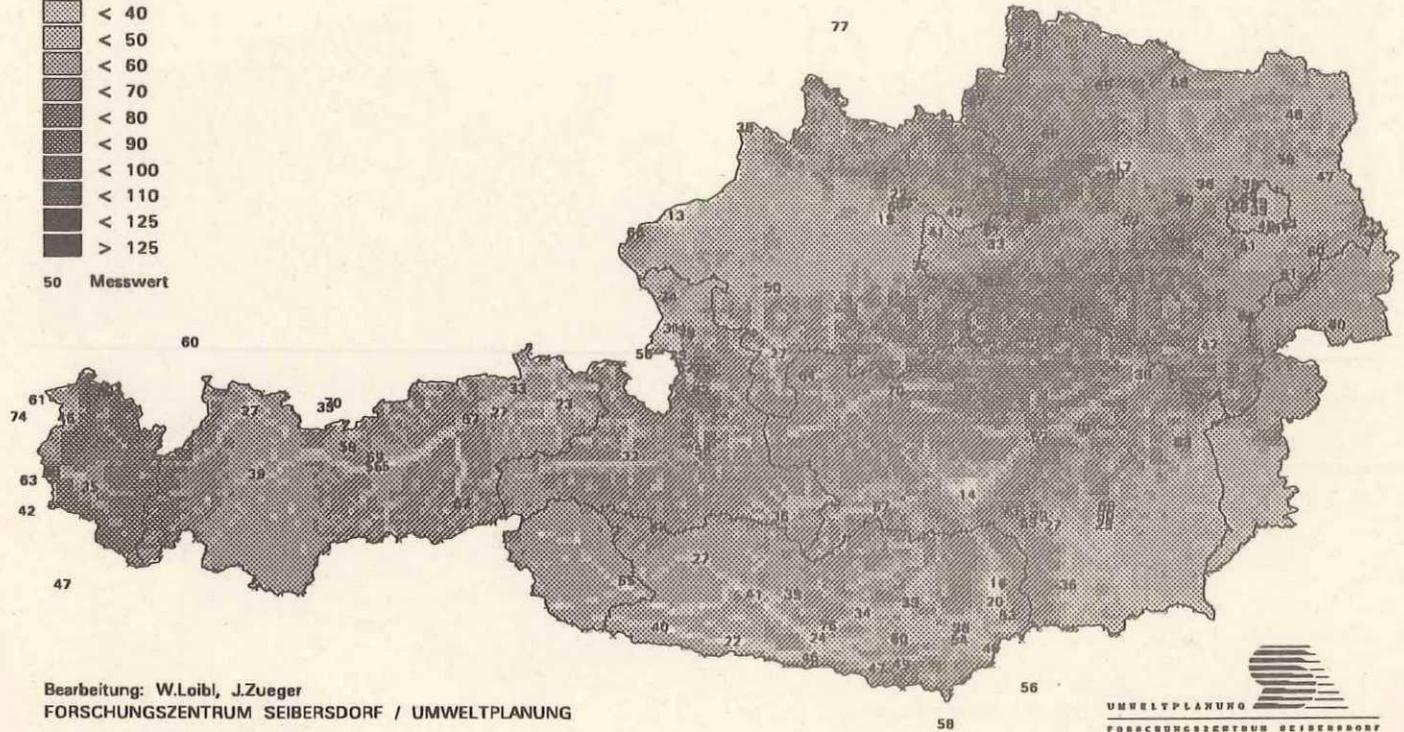
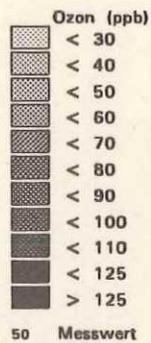
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 30. JULI 1992 um 20:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



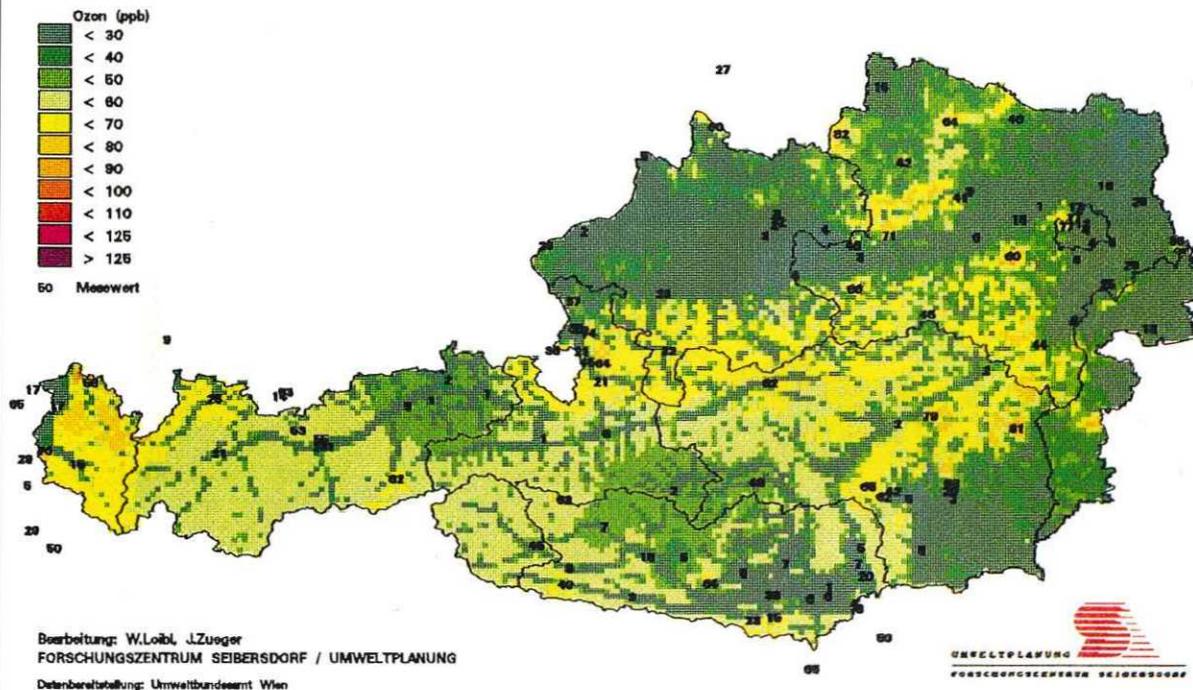
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 31. JULI 1992 um 6:00 Uhr

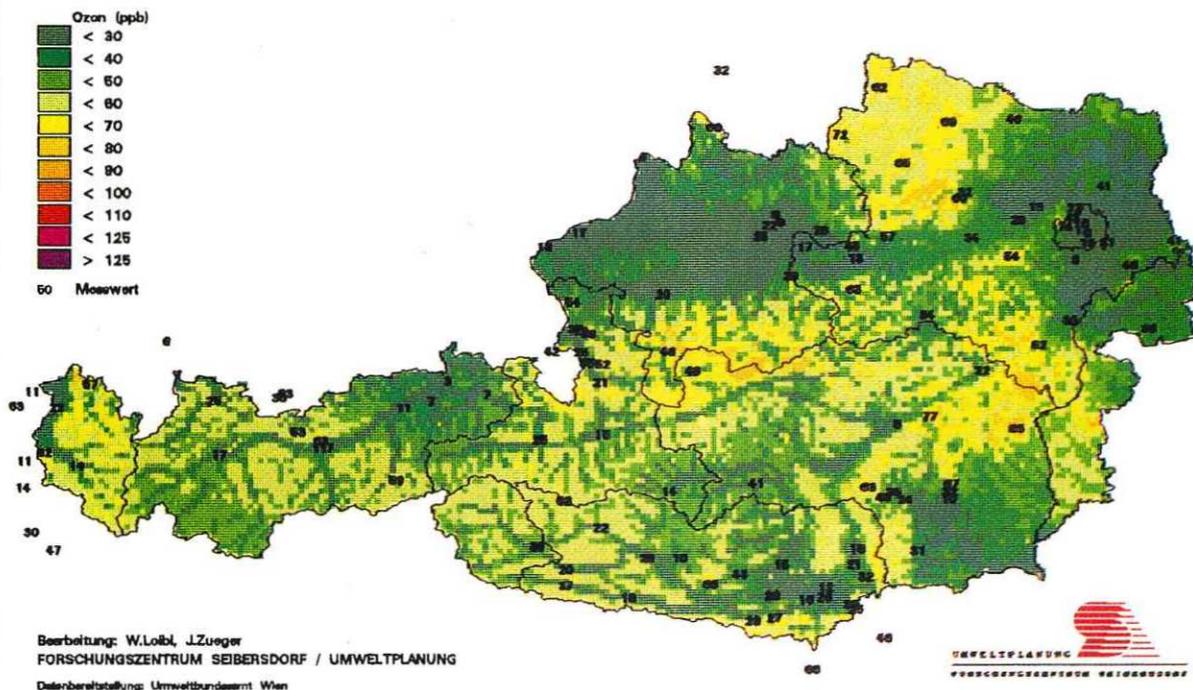
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 31. JULI 1992 um 8:00 Uhr

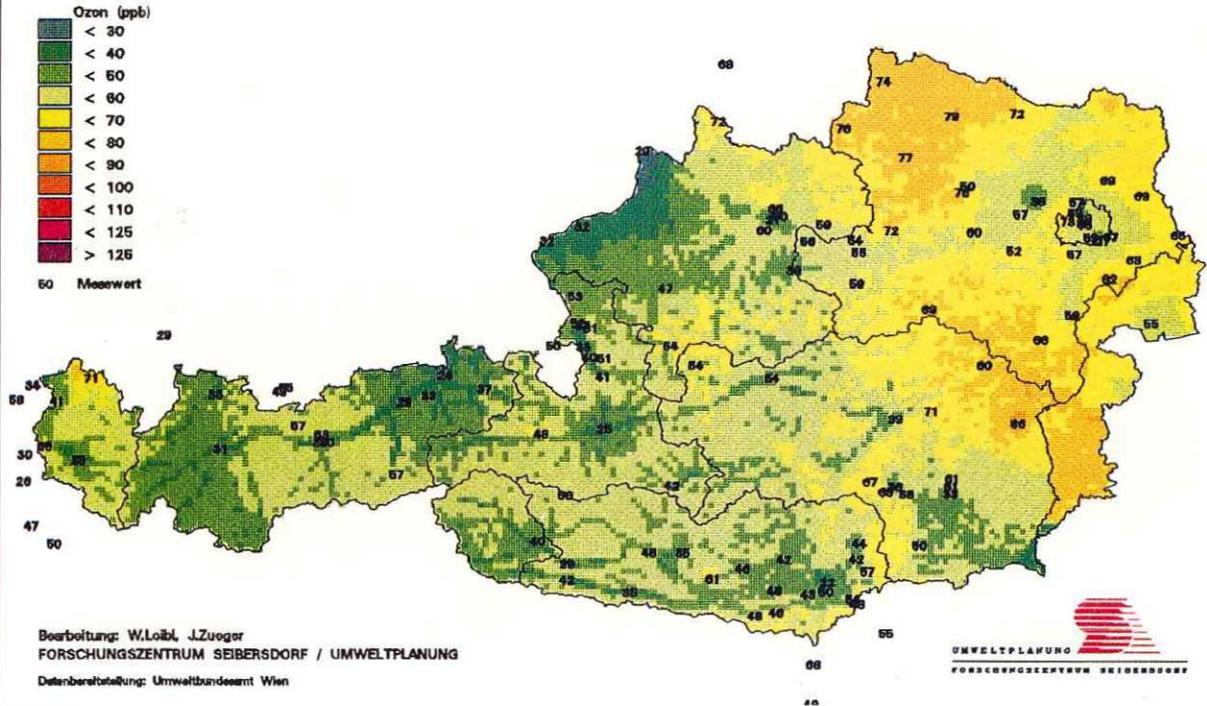
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 31. JULI 1992 um 10:00 Uhr

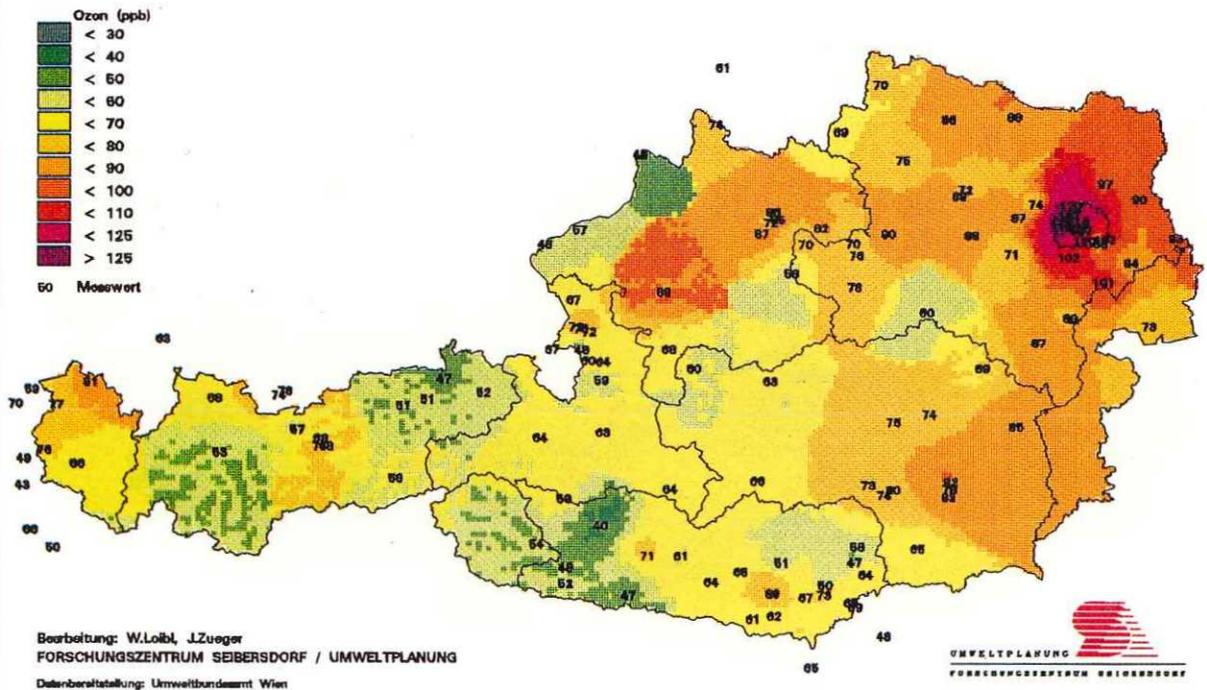
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 31. JULI 1992 um 12:00 Uhr

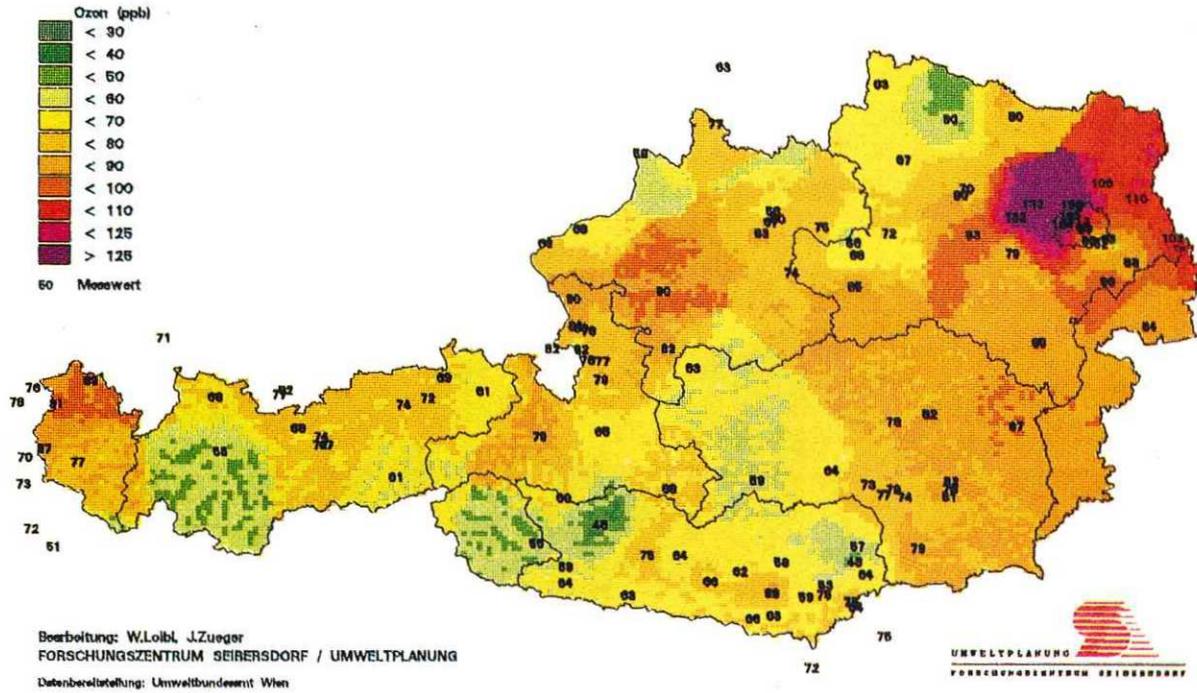
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 31. JULI 1992 um 14:00 Uhr

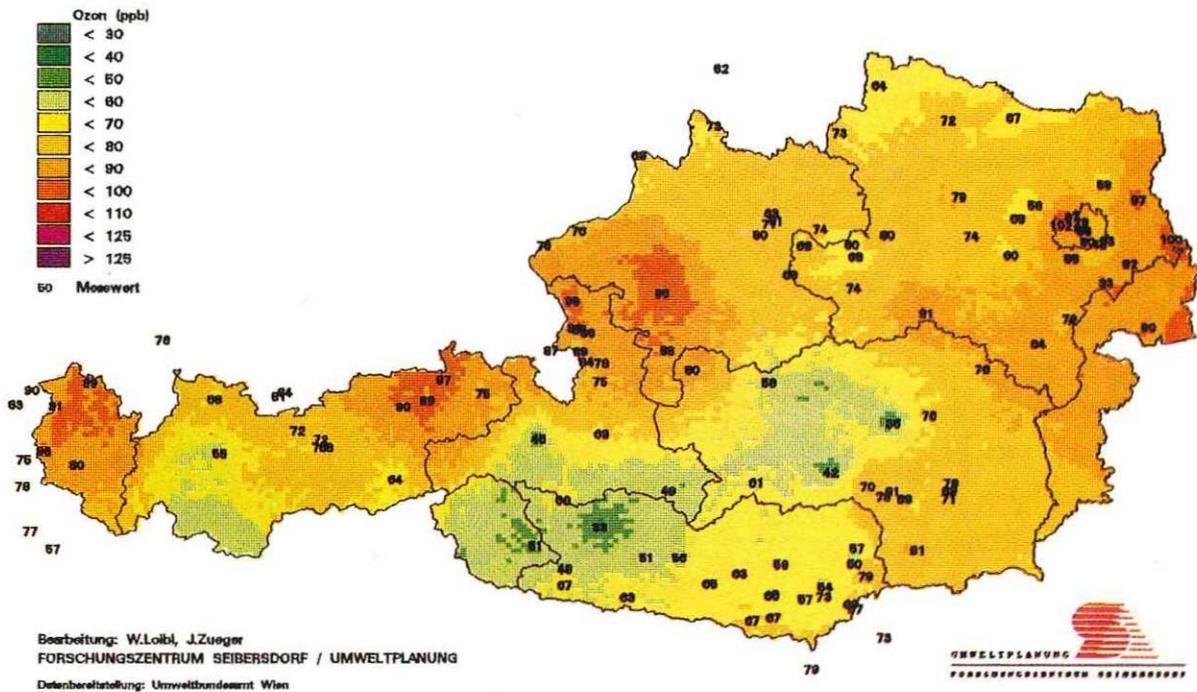
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 31. JULI 1992 um 16:00 Uhr

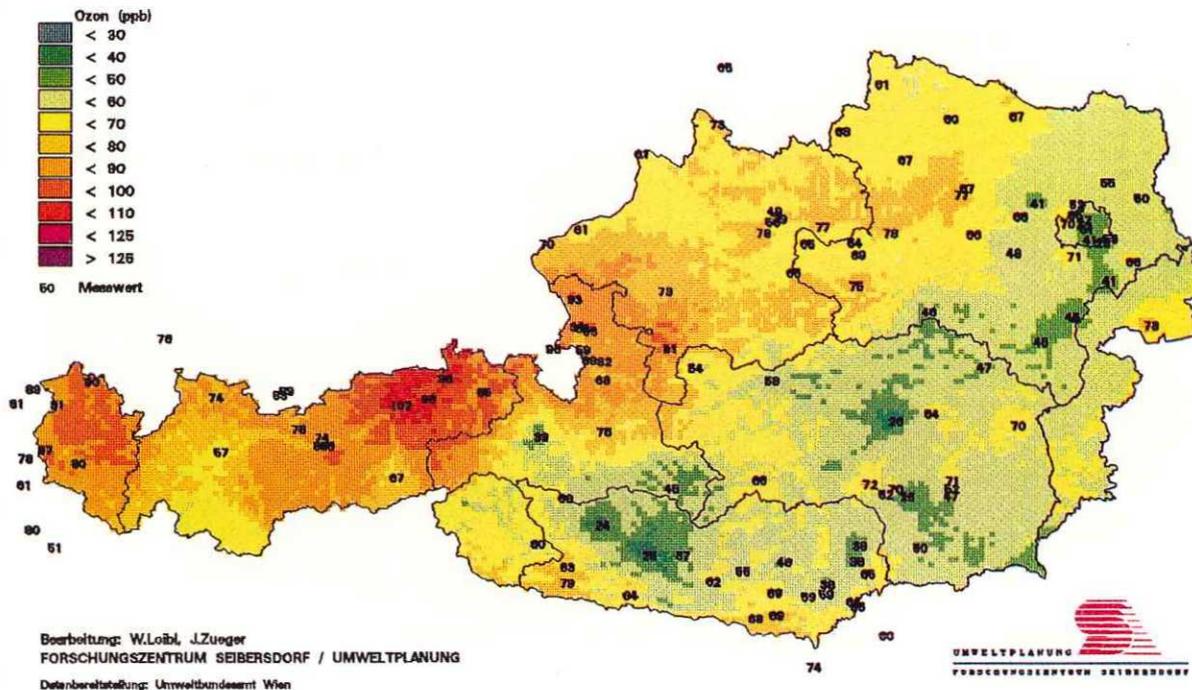
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 31. JULI 1992 um 18:00 Uhr

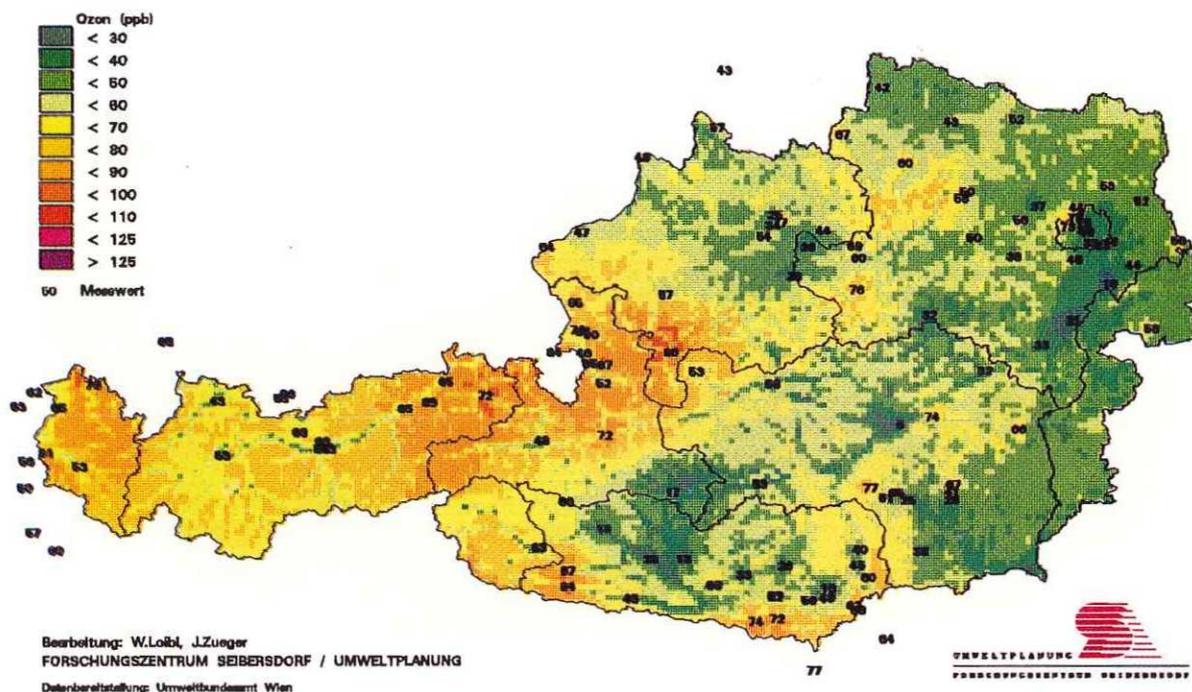
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 31. JULI 1992 um 20:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen

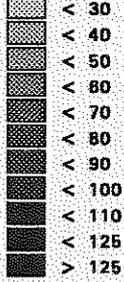


OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

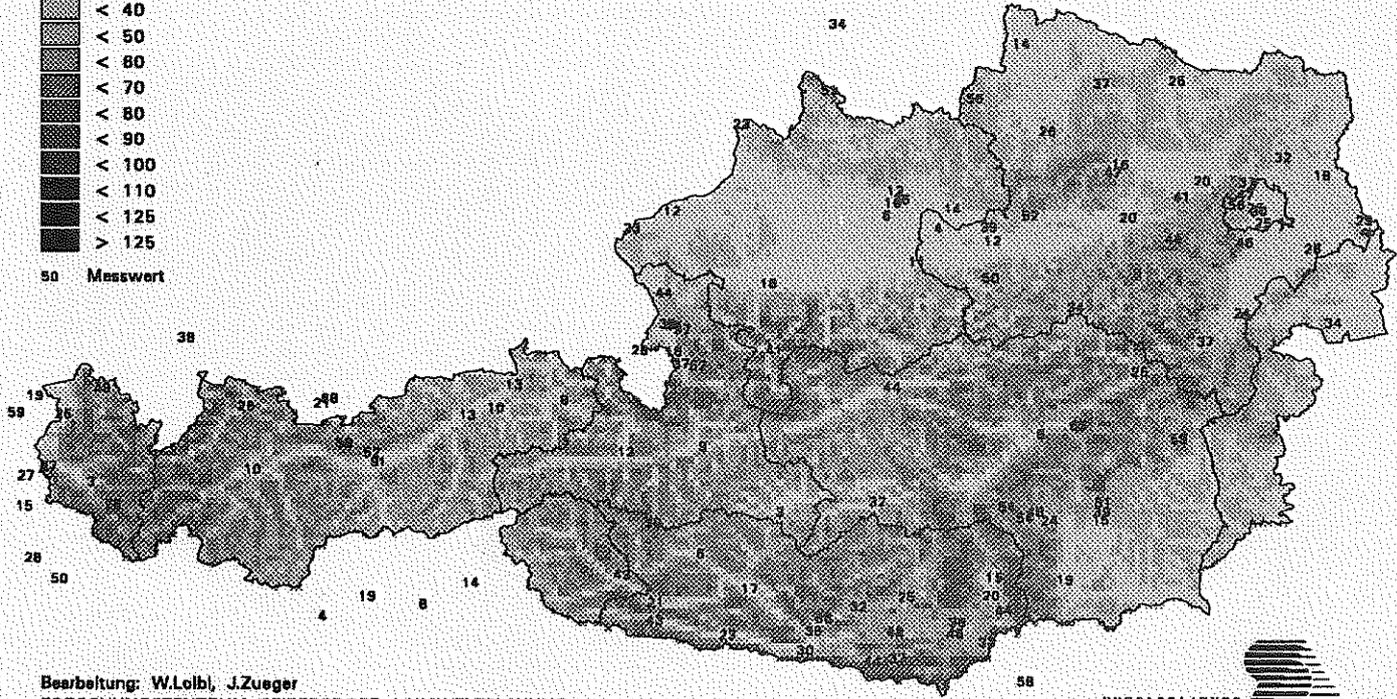
Ozonkonzentrationsverteilung am 1. AUGUST 1992 um 6:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen

Ozon (ppb)



50 Messwert



Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG

Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien

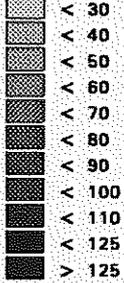


OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

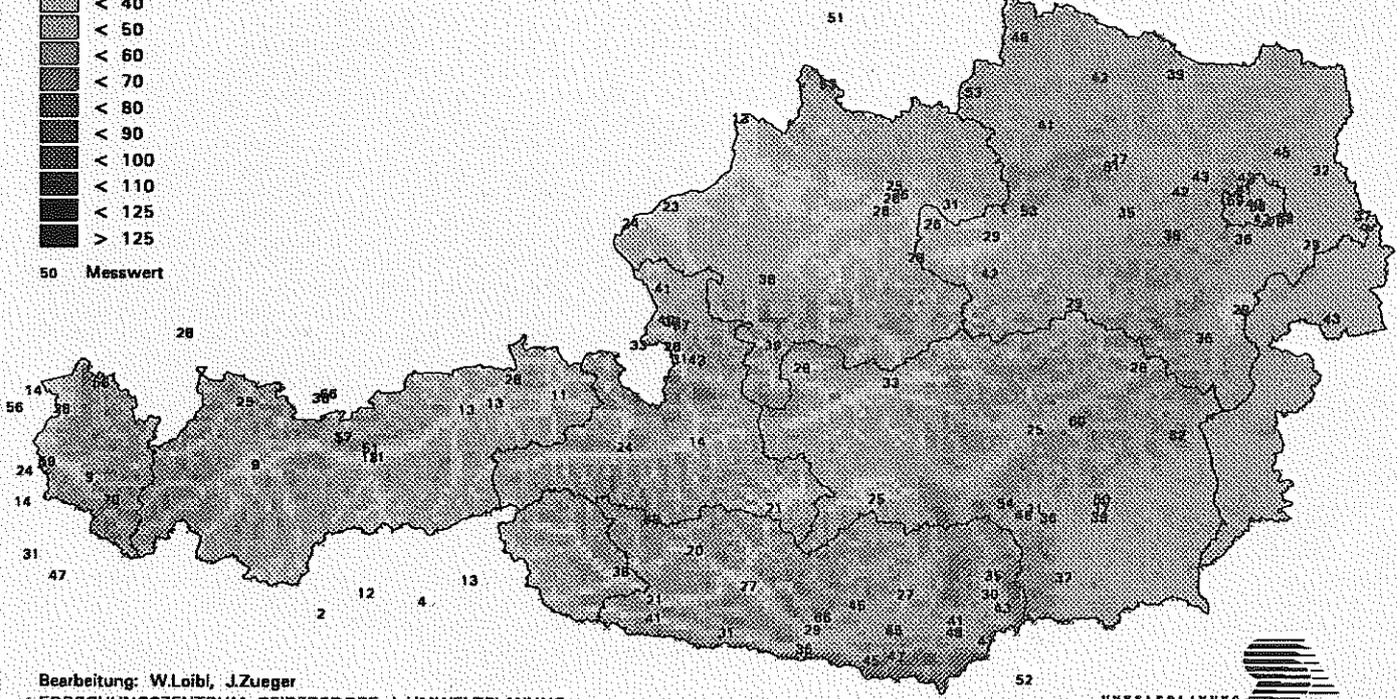
Ozonkonzentrationsverteilung am 1. AUGUST 1992 um 8:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen

Ozon (ppb)



50 Messwert



Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG

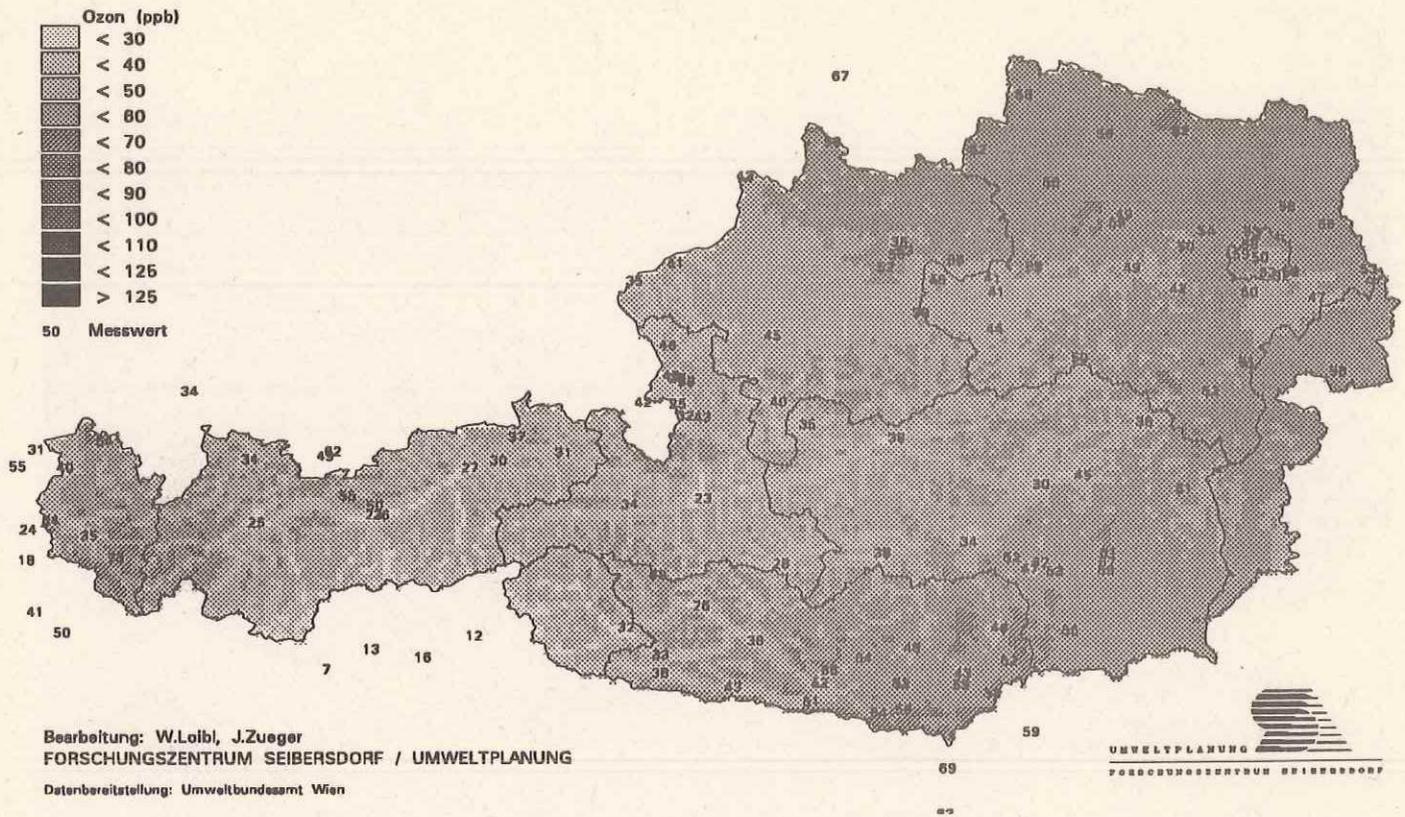
Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 1. AUGUST 1992 um 10:00 Uhr

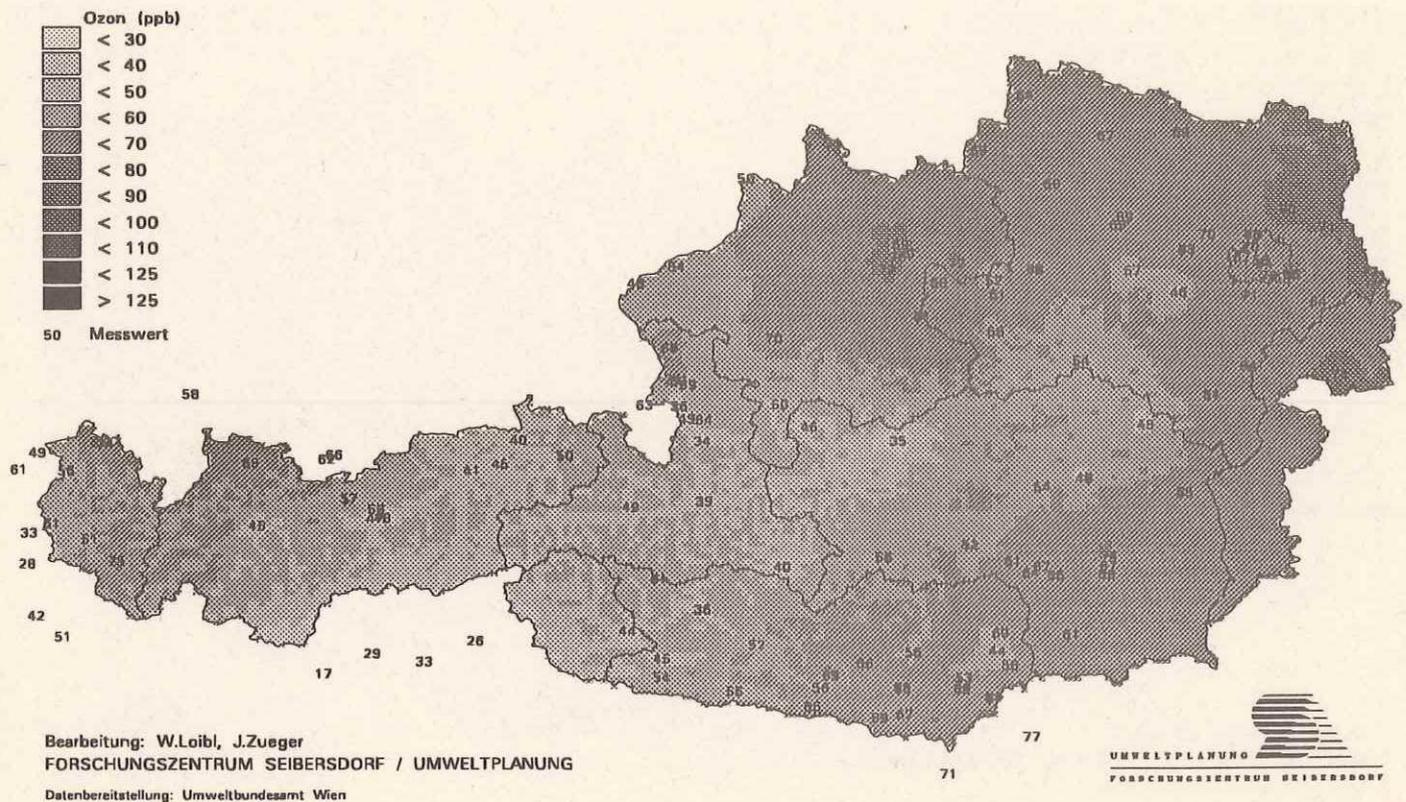
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 1. AUGUST 1992 um 12:00 Uhr

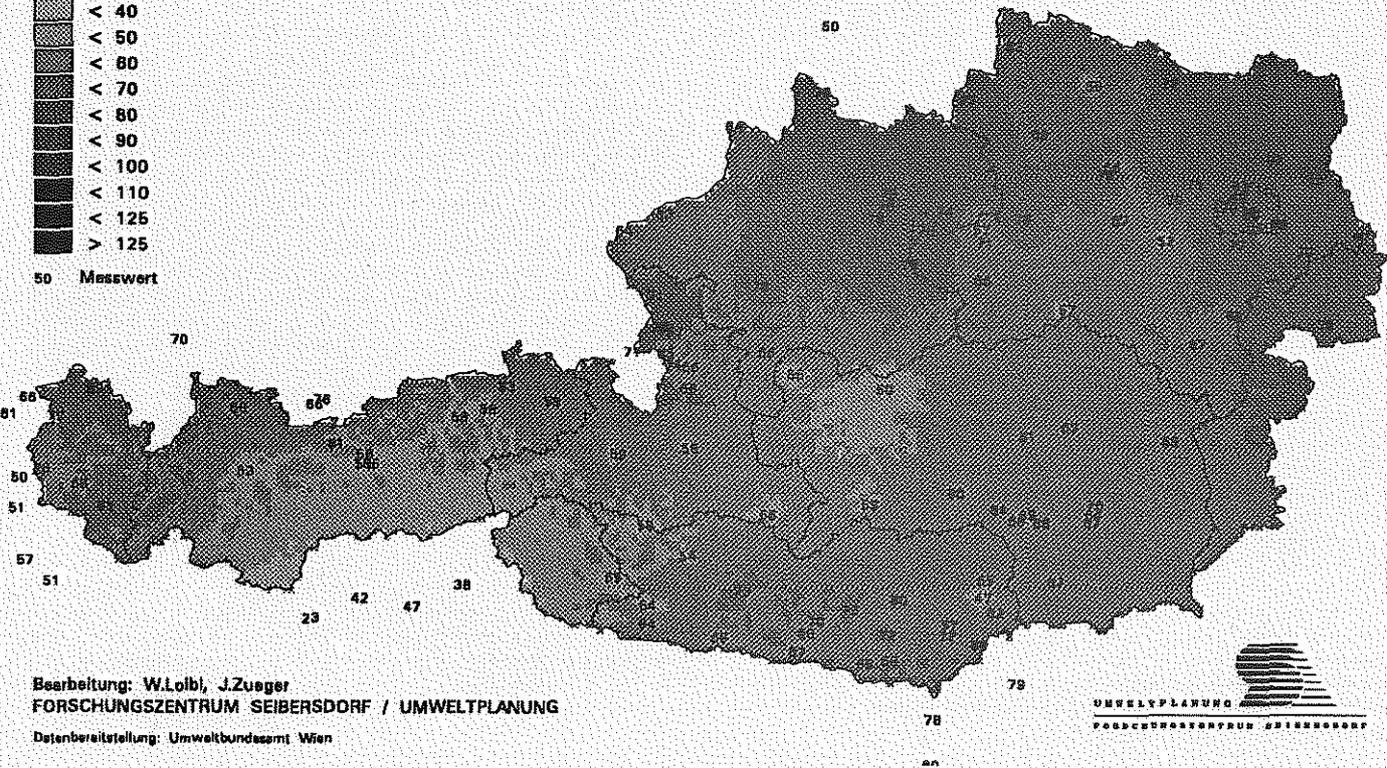
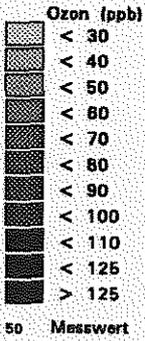
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OSONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 1. AUGUST 1992 um 14:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen

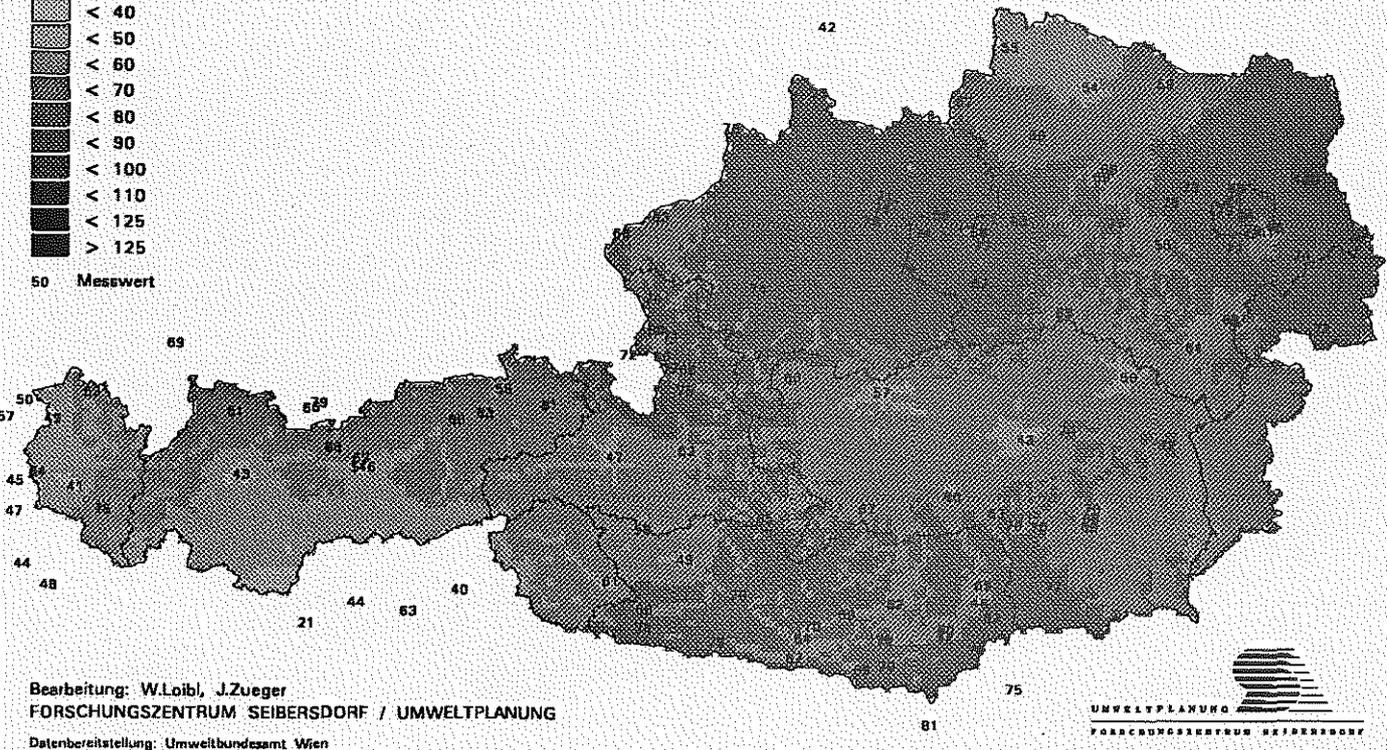
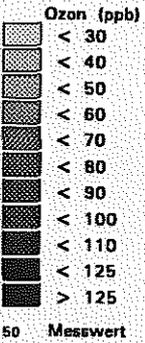


Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien

OSONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 1. AUGUST 1992 um 16:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen

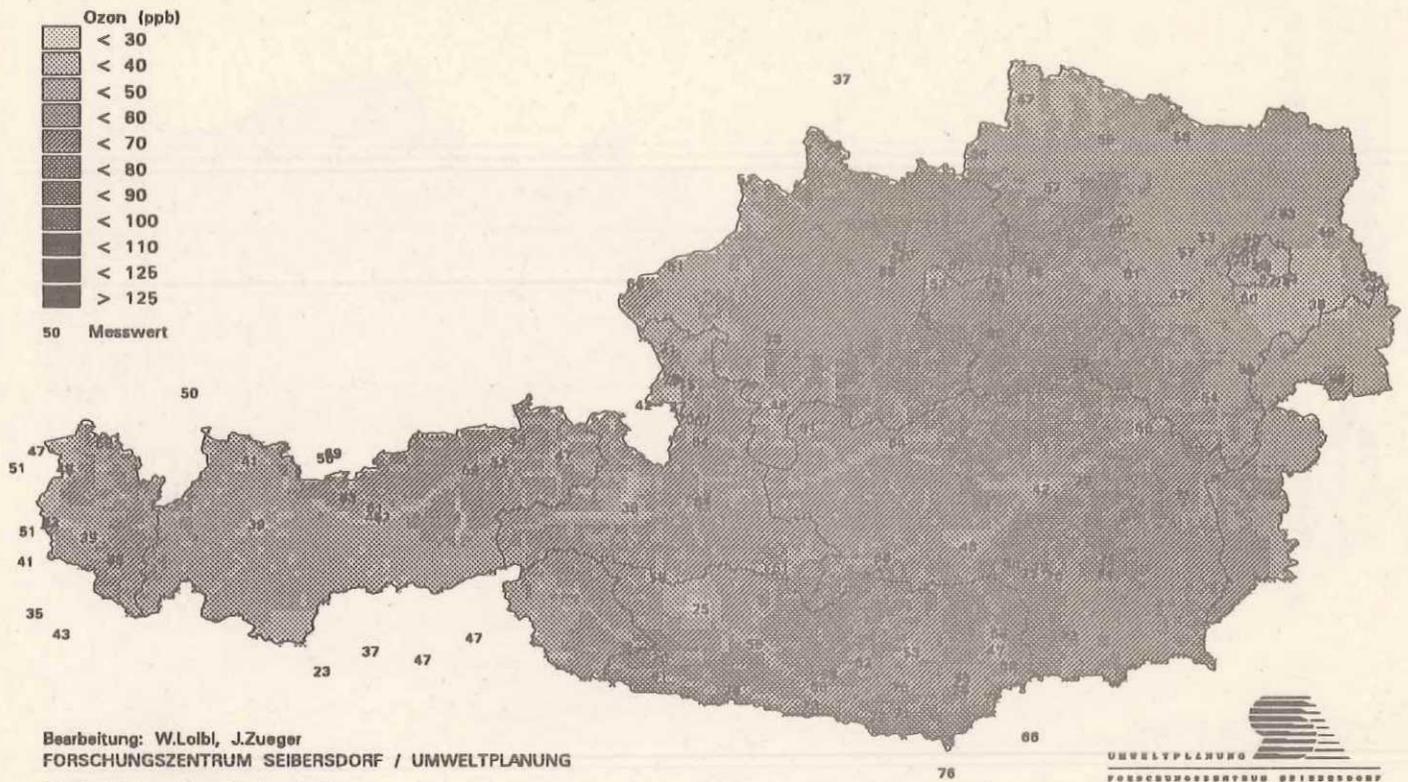


Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien

OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 1. AUGUST 1992 um 18:00 Uhr

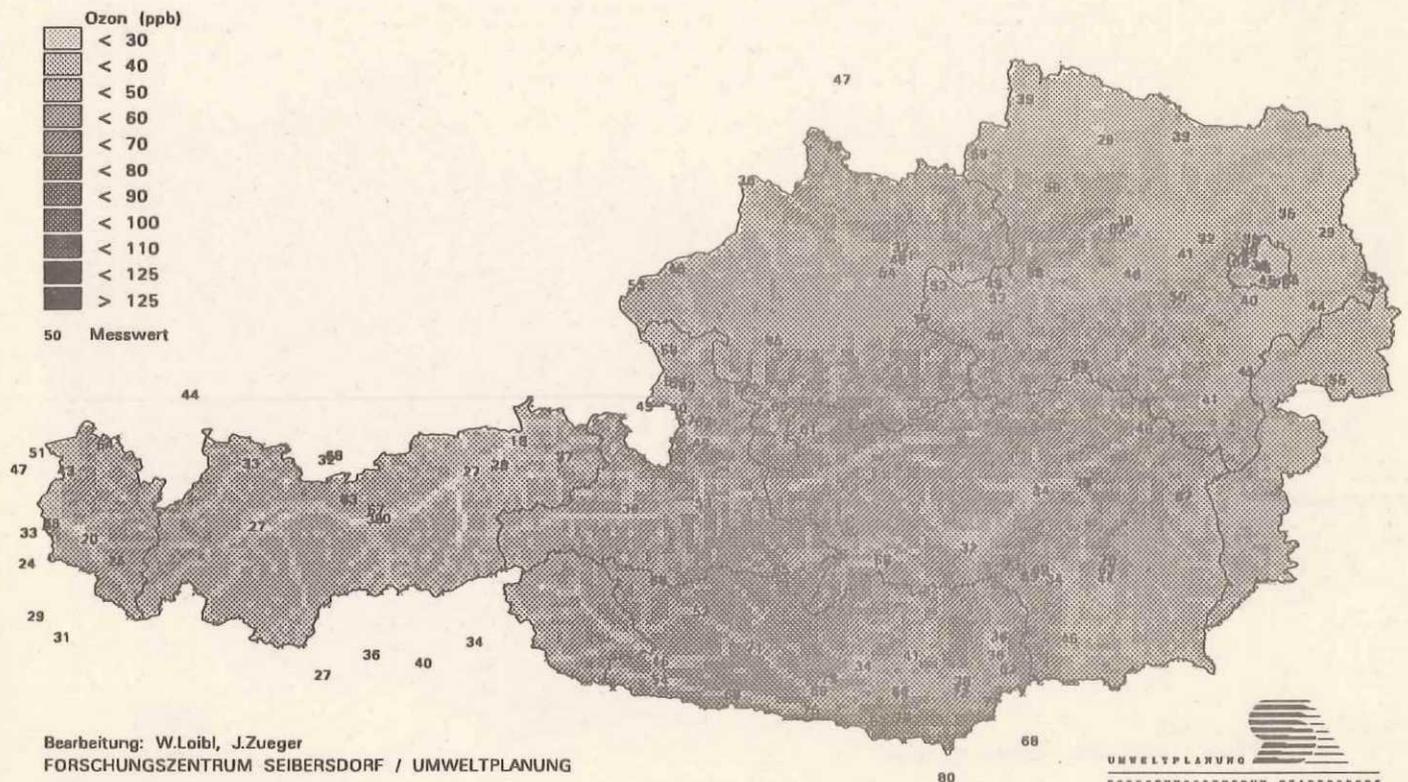
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 1. AUGUST 1992 um 20:00 Uhr

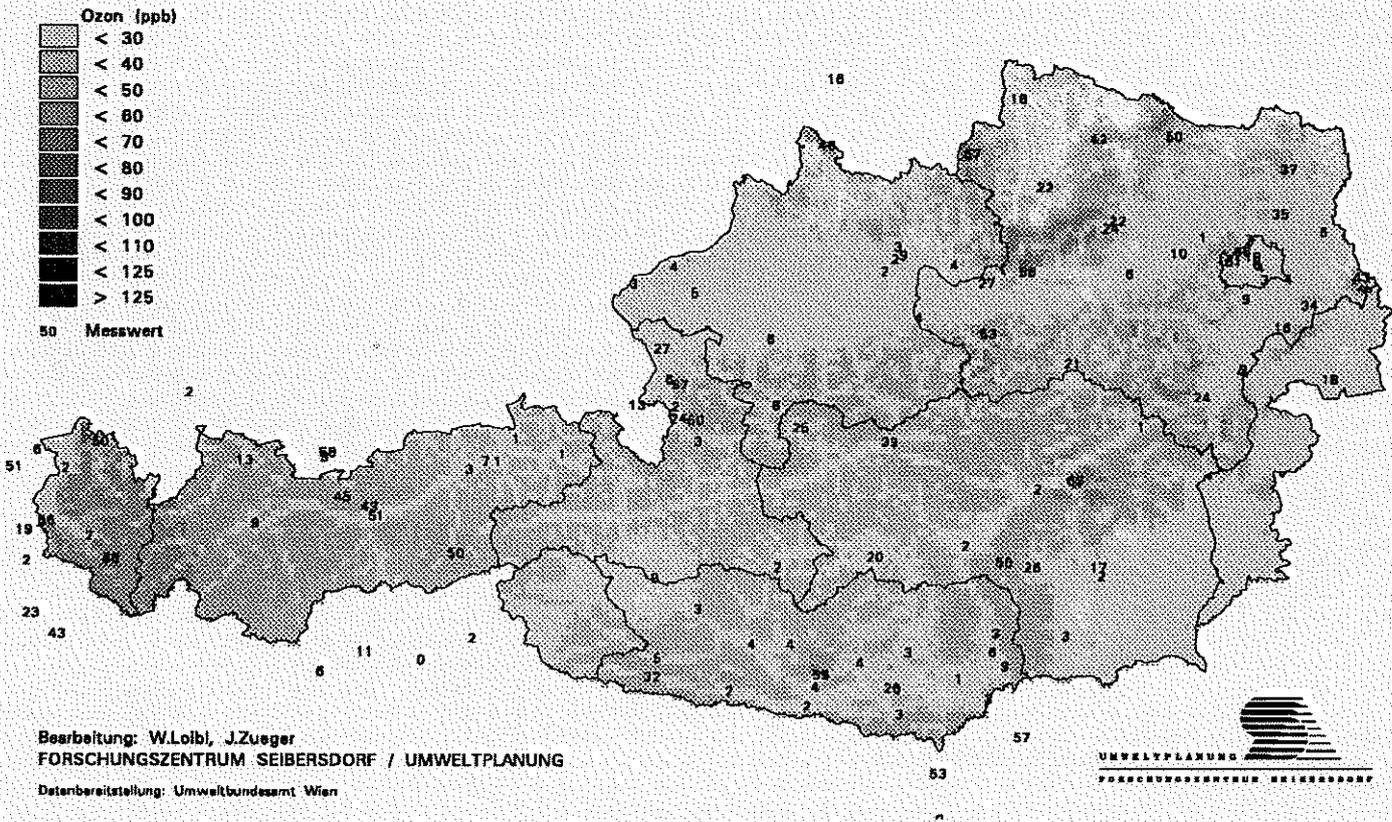
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



ÖZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 6. AUGUST 1992 um 6:00 Uhr

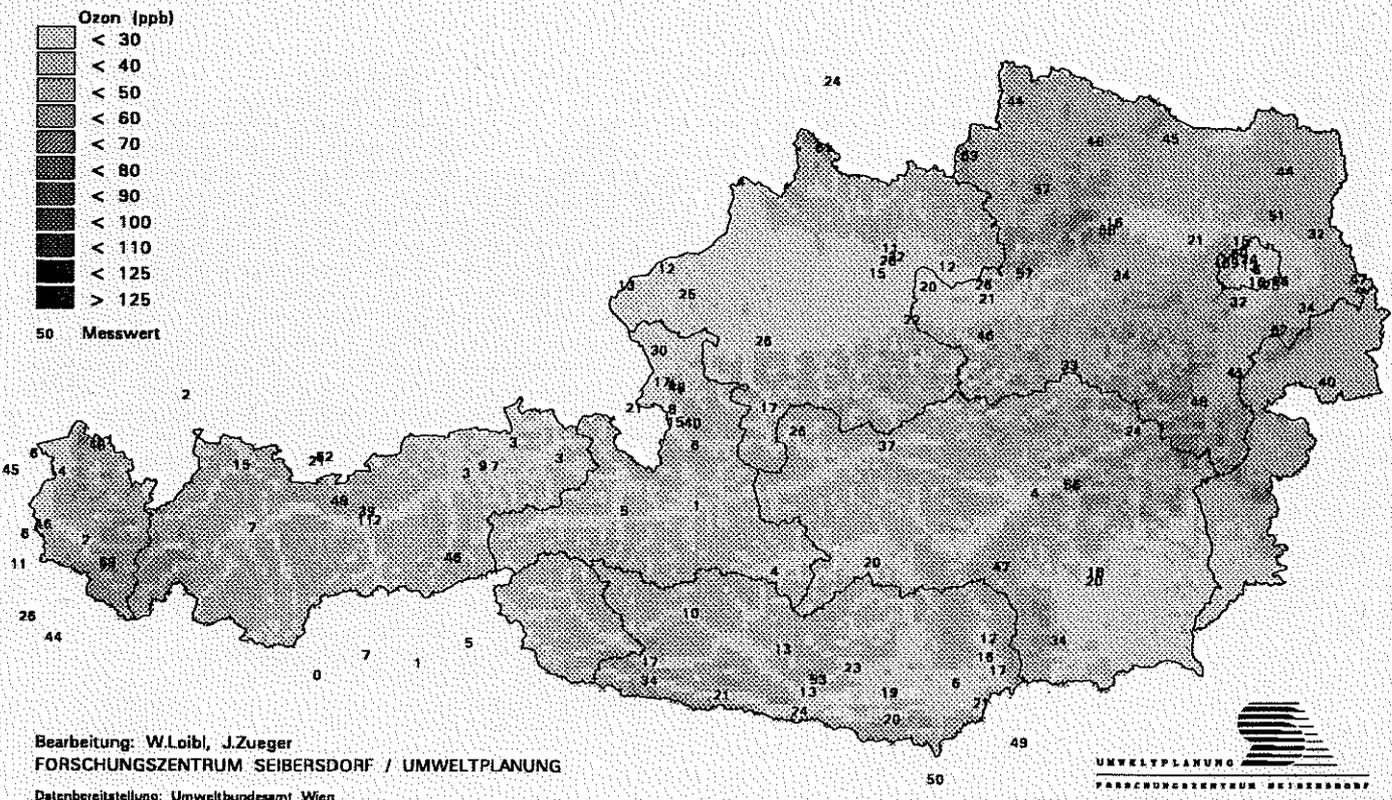
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



ÖZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 6. AUGUST 1992 um 8:00 Uhr

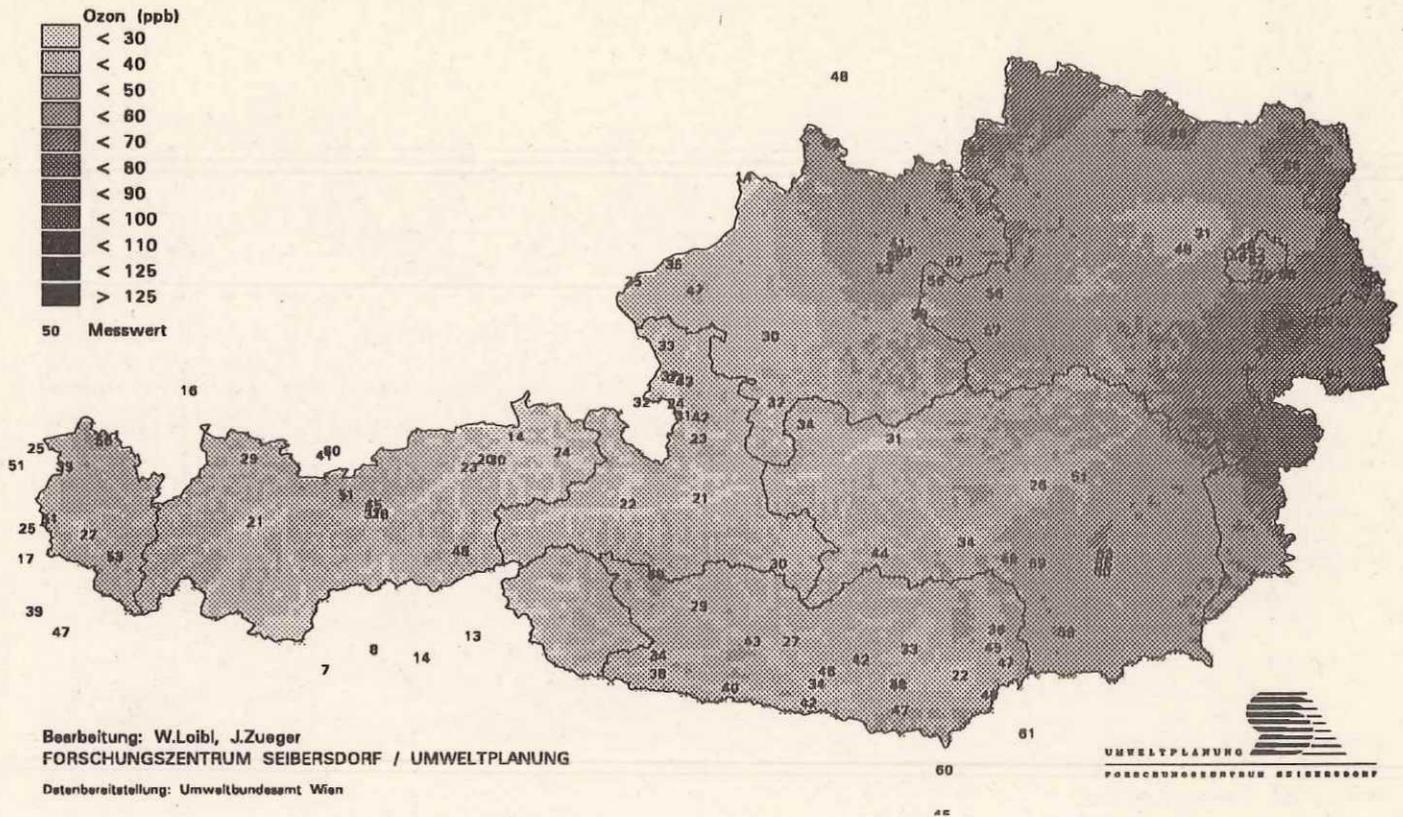
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 6. AUGUST 1992 um 10:00 Uhr

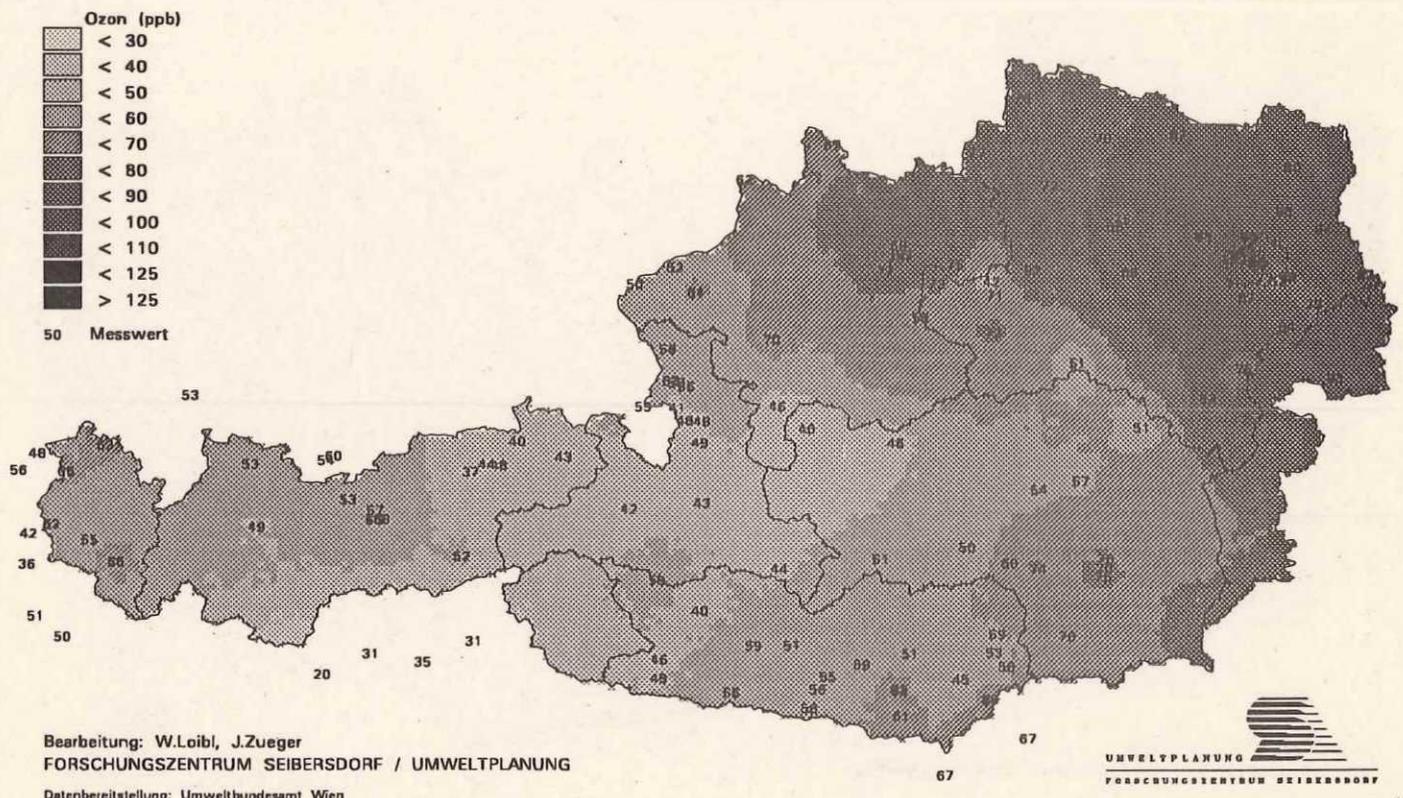
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 6. AUGUST 1992 um 12:00 Uhr

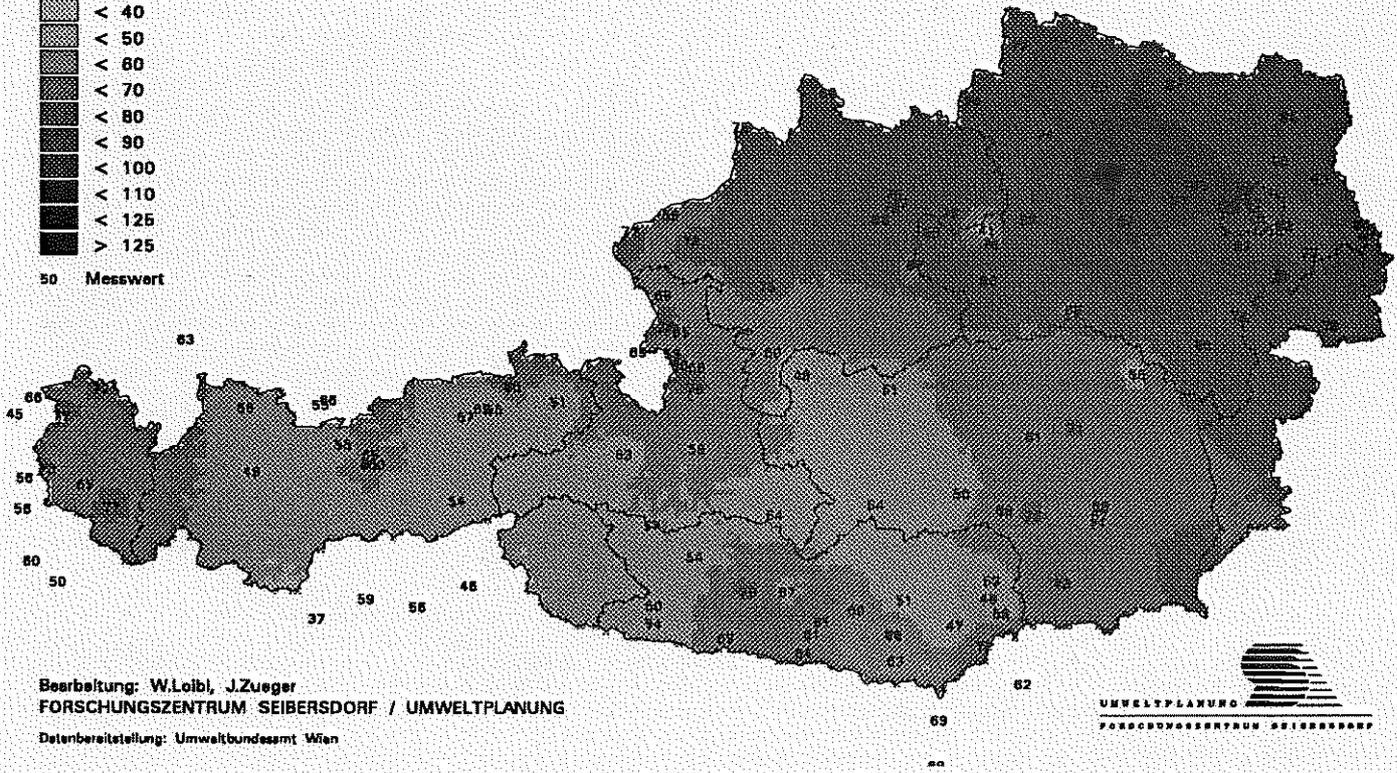
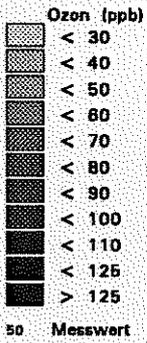
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



ÖZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 6. AUGUST 1992 um 14:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



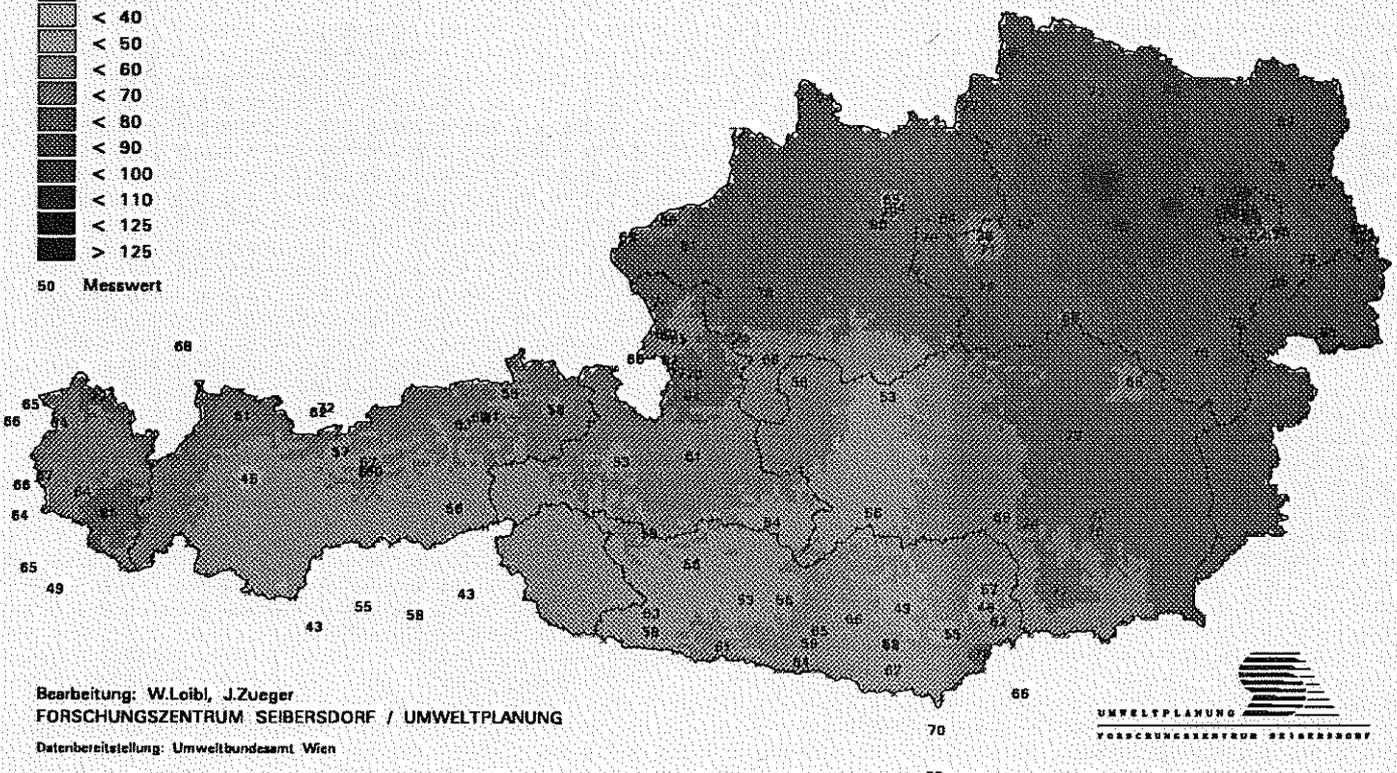
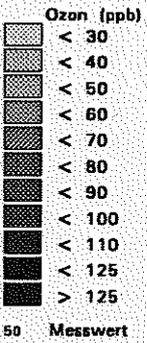
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



ÖZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 6. AUGUST 1992 um 16:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



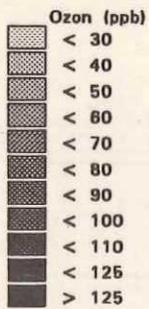
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



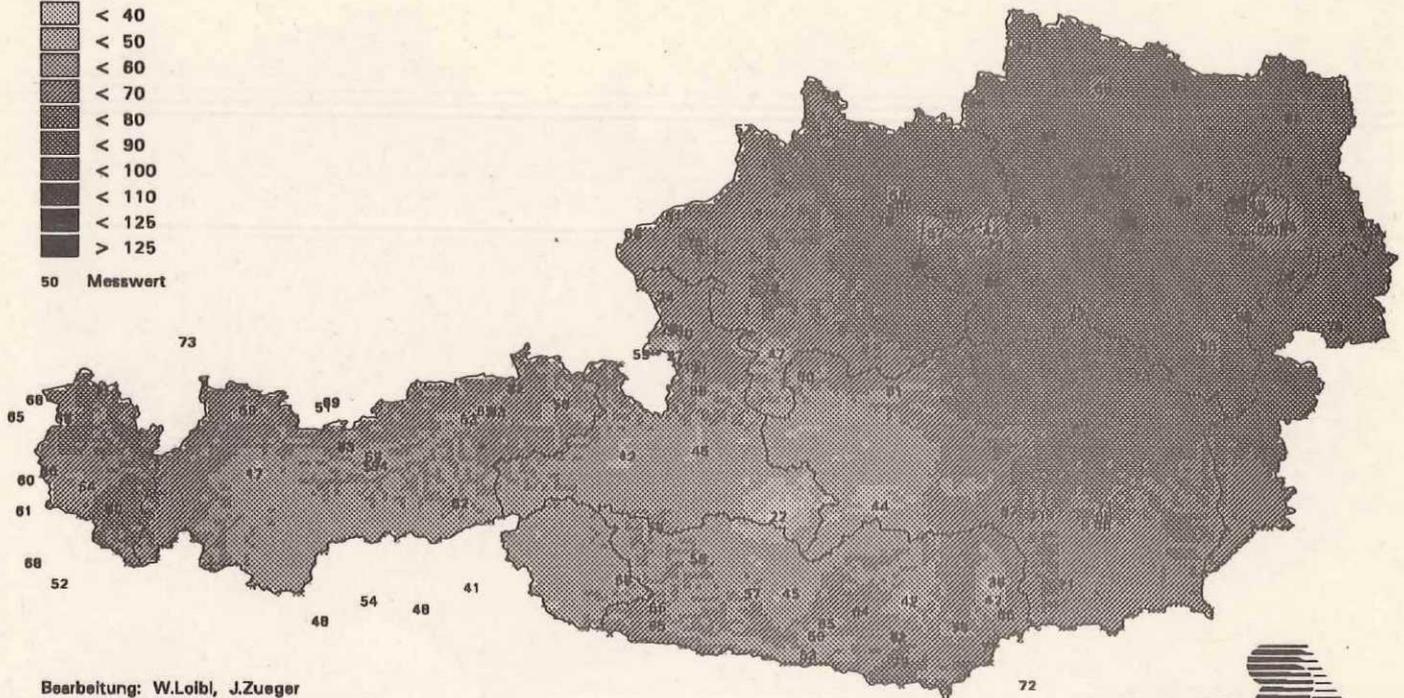
OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 6. AUGUST 1992 um 18:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



50 Messwert



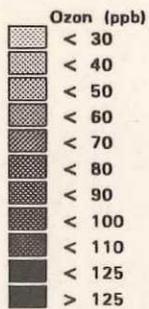
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
 FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
 Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



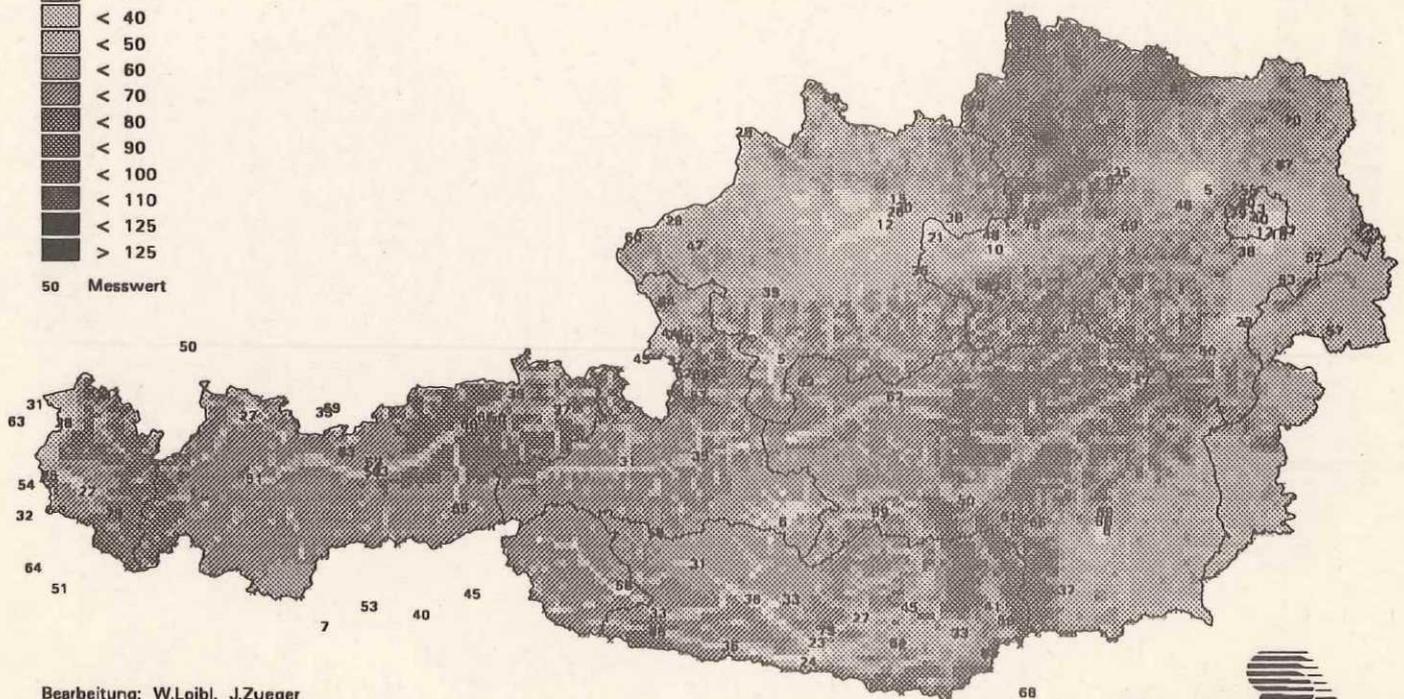
OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 6. AUGUST 1992 um 20:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



50 Messwert



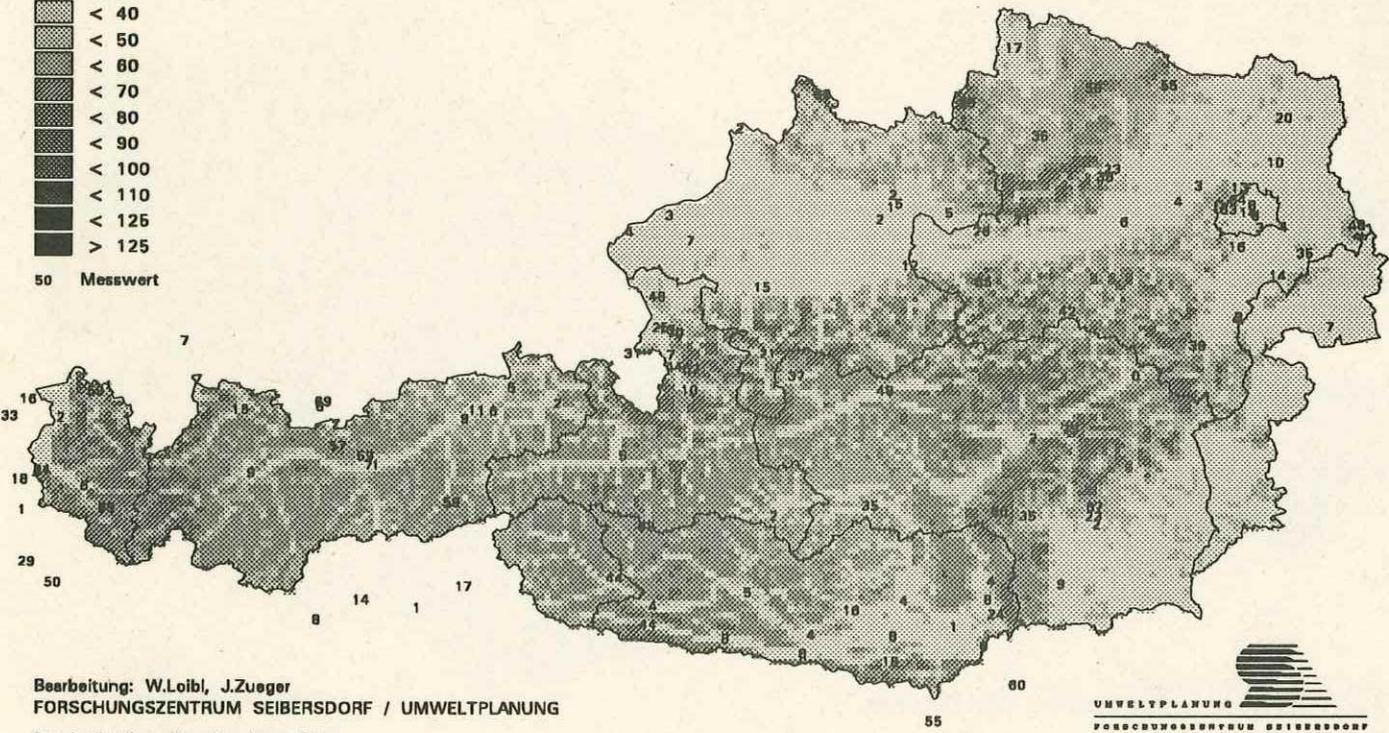
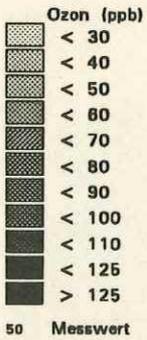
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
 FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
 Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 7. AUGUST 1992 um 6:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



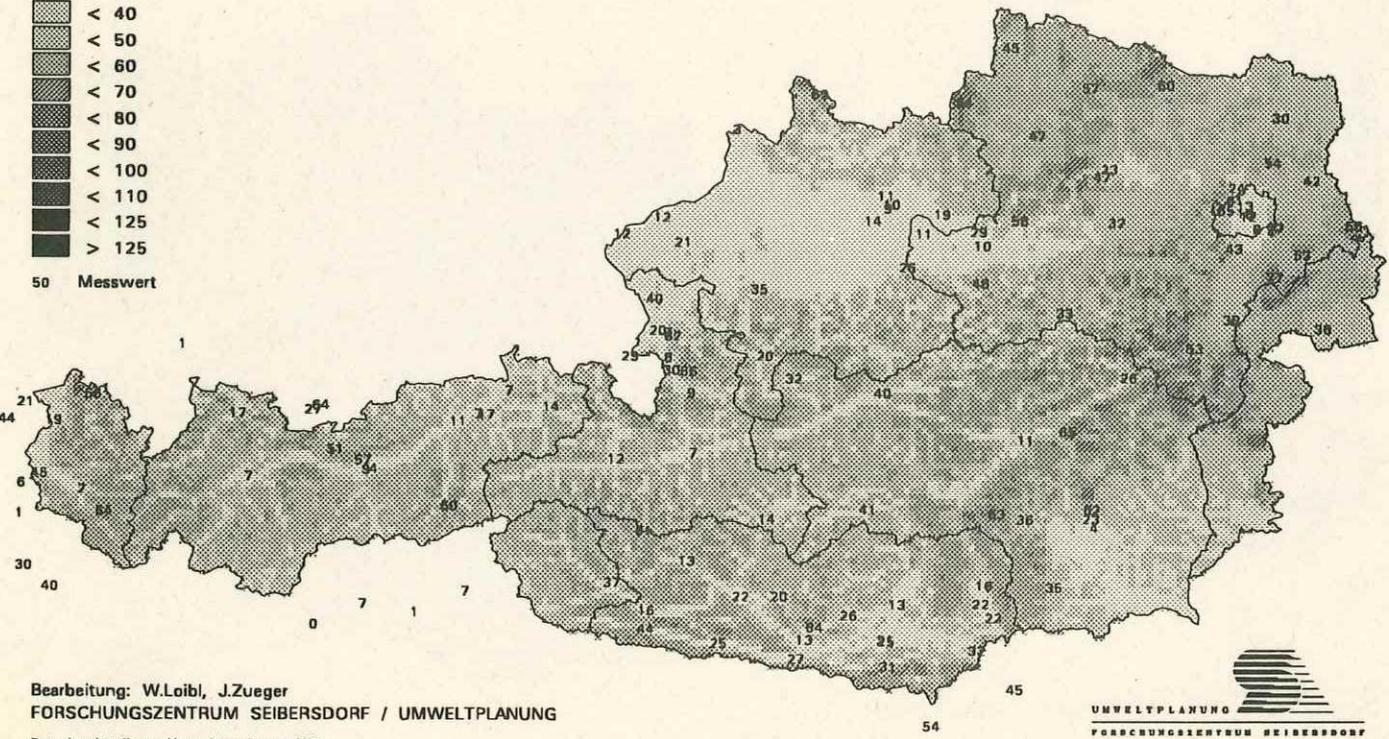
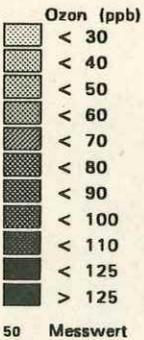
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
 FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
 Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 7. AUGUST 1992 um 8:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



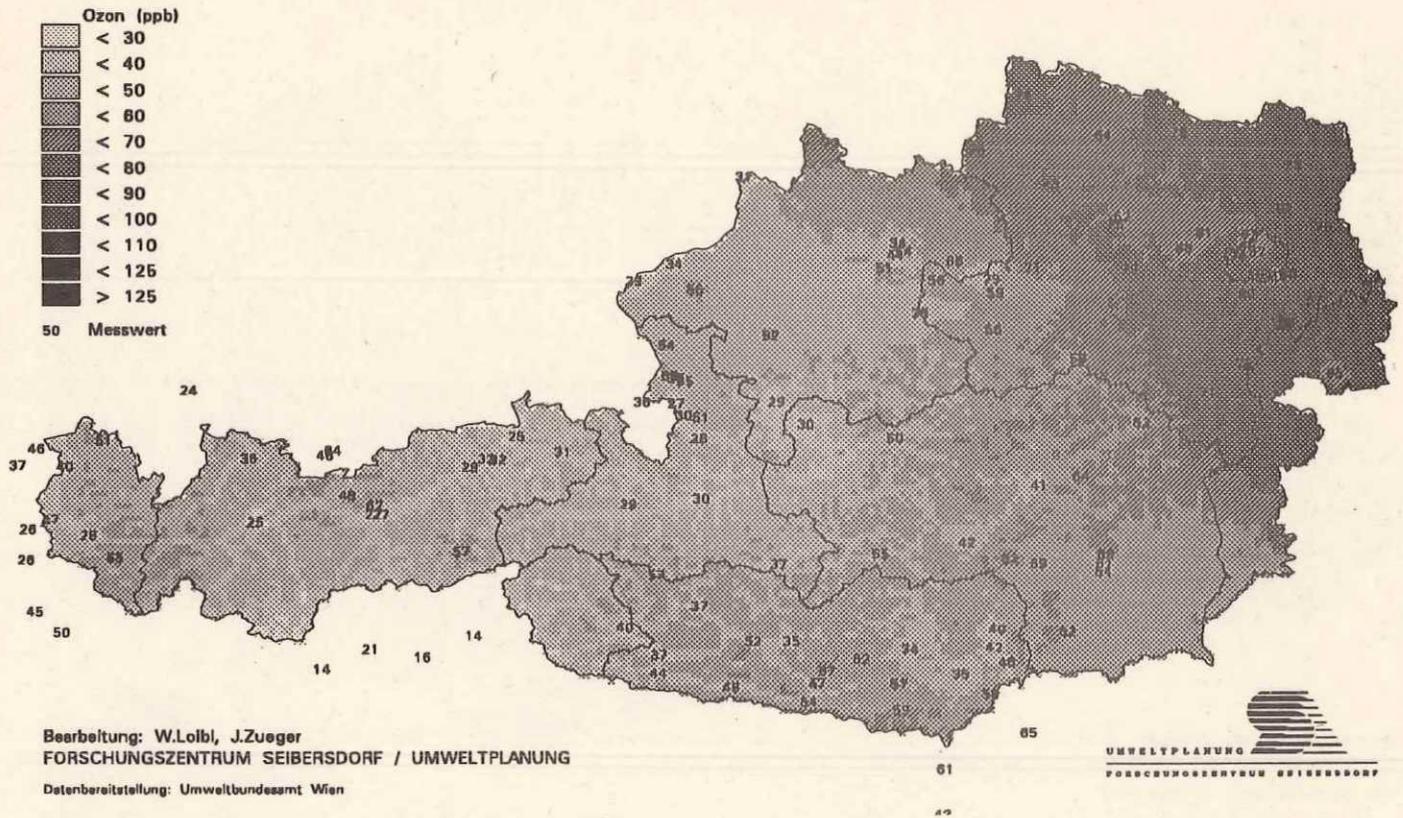
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
 FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
 Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 7. AUGUST 1992 um 10:00 Uhr

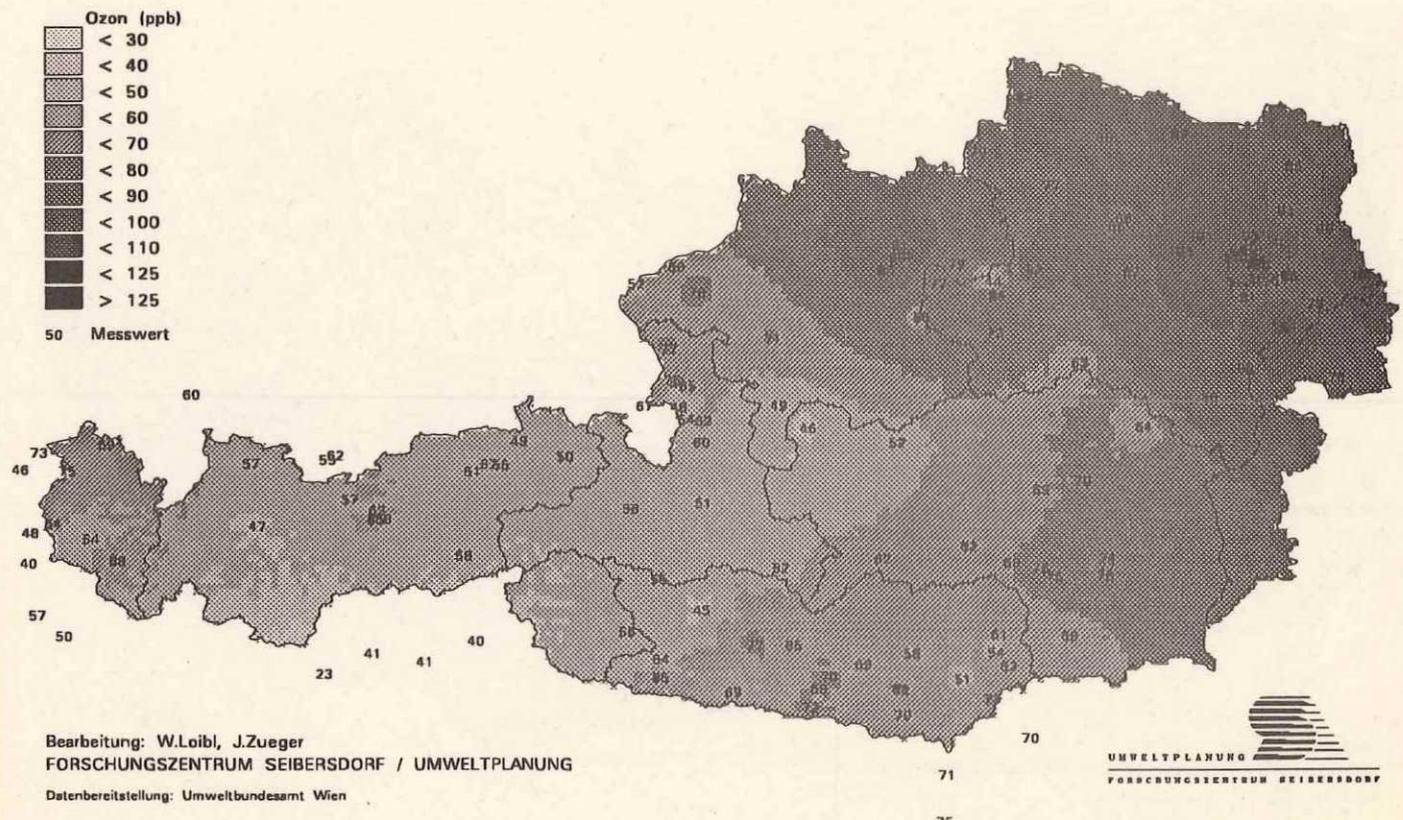
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 7. AUGUST 1992 um 12:00 Uhr

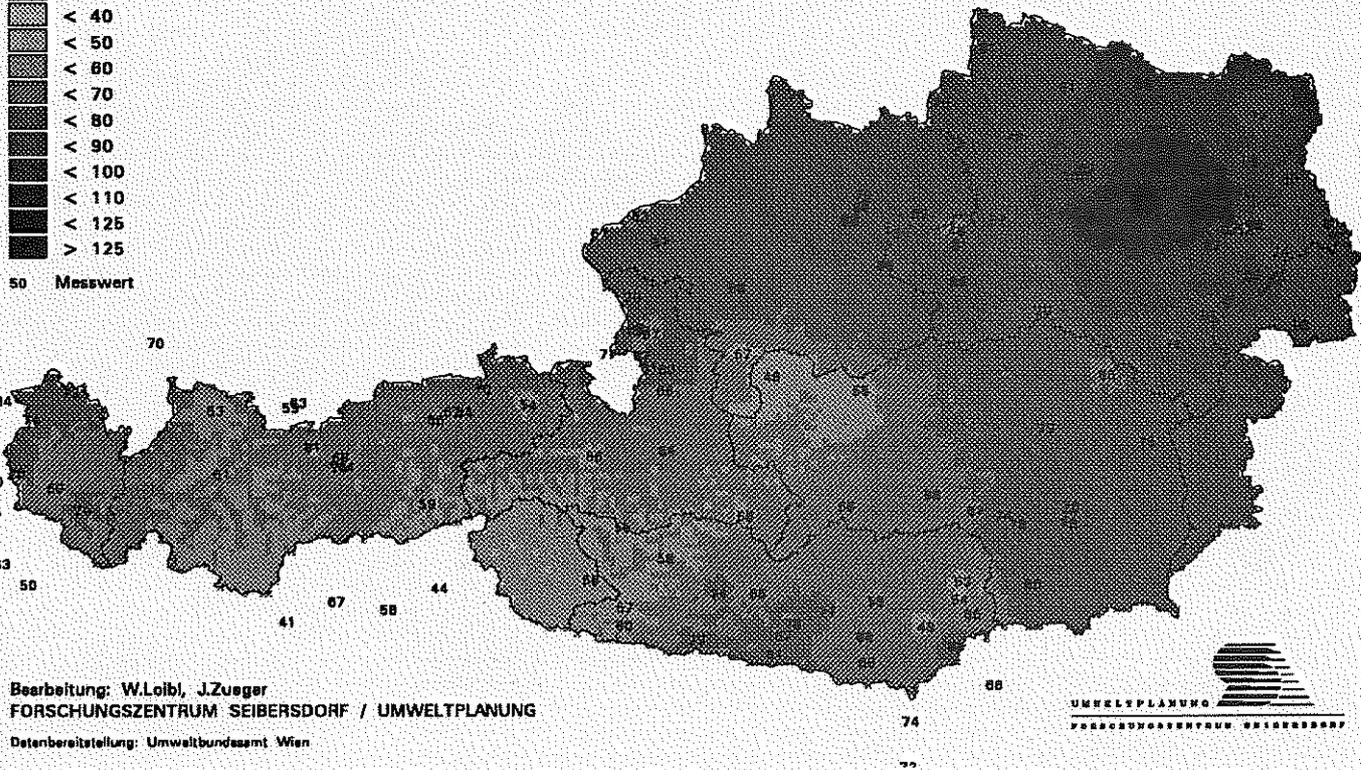
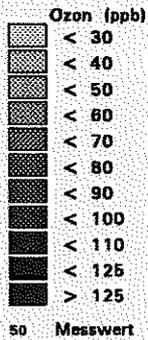
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 7. AUGUST 1992 um 14:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



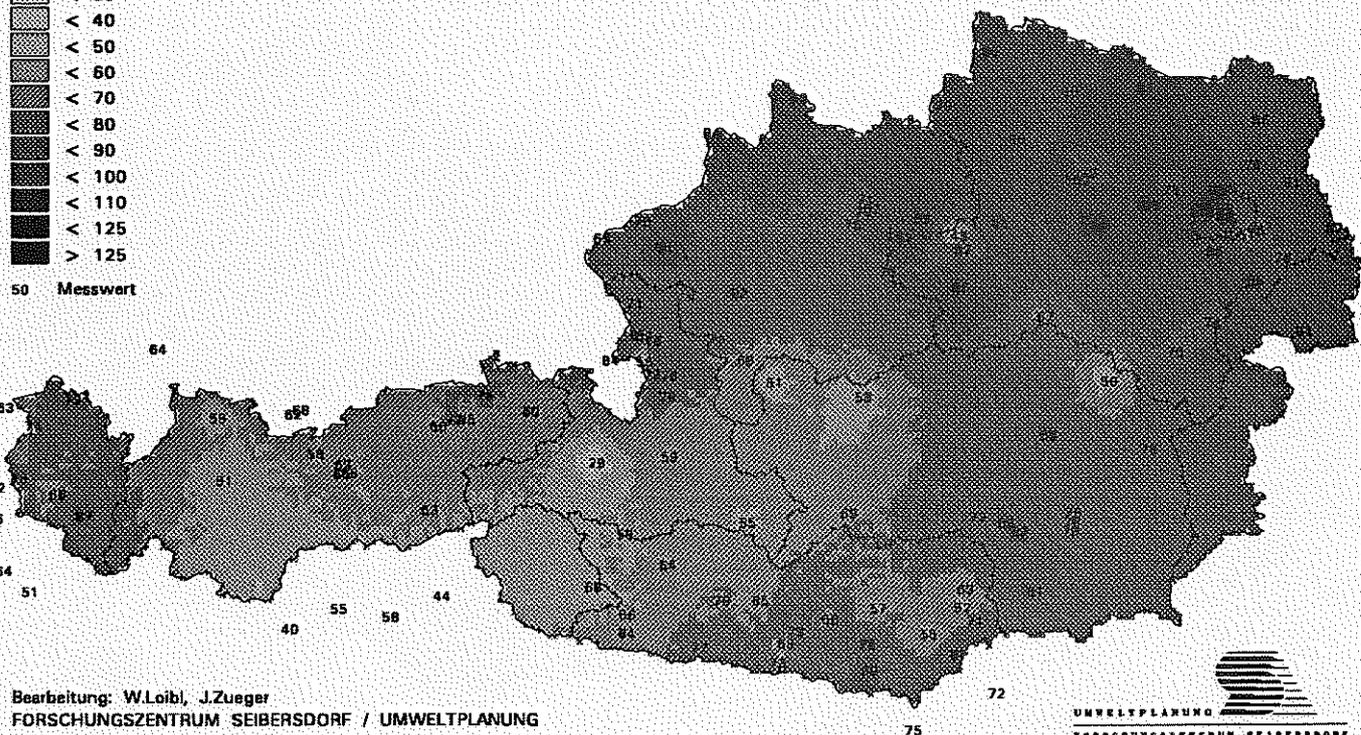
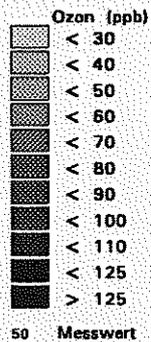
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 7. AUGUST 1992 um 16:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



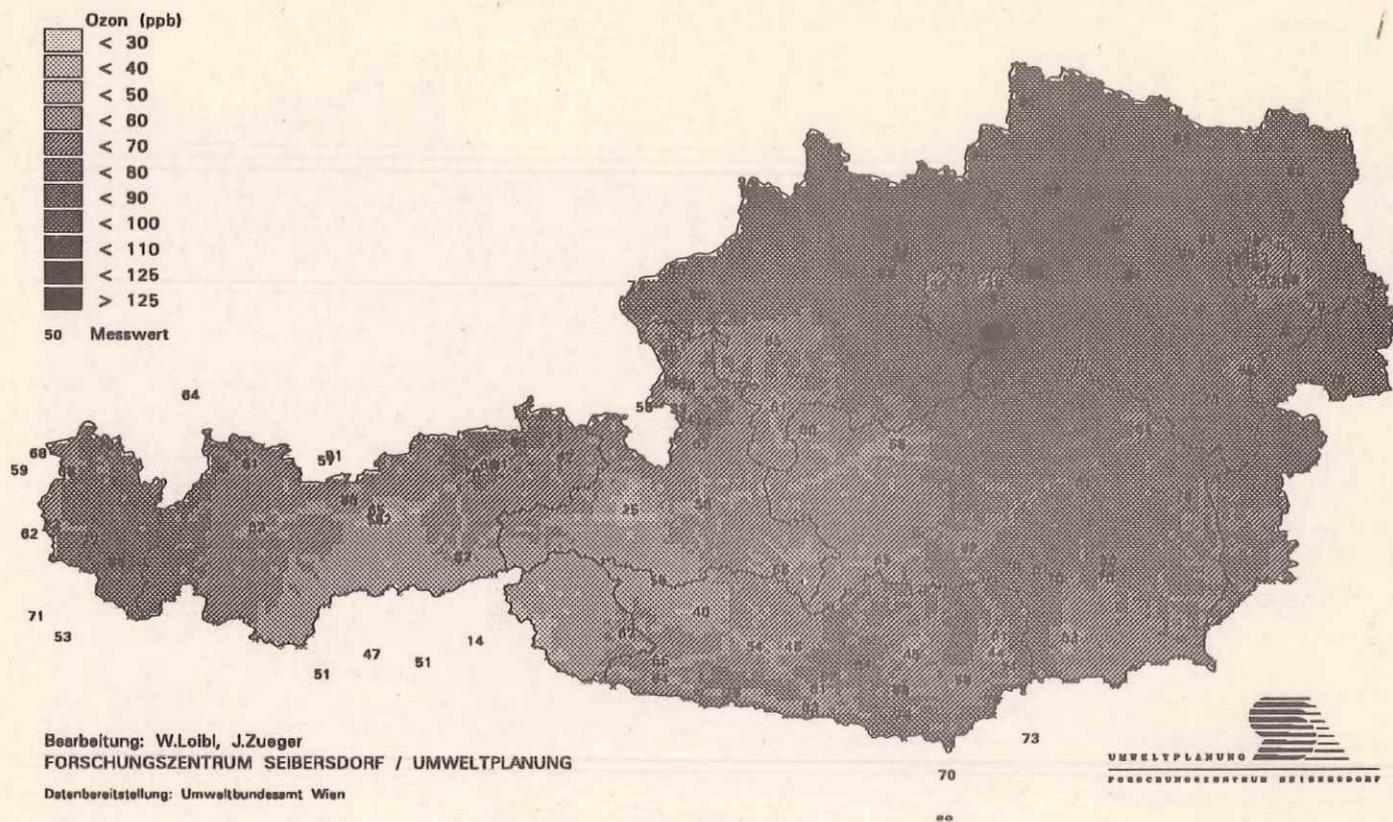
Bearbeitung: W.Loibl, J.Zueger
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG
Datenbereitstellung: Umweltbundesamt Wien



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 7. AUGUST 1992 um 18:00 Uhr

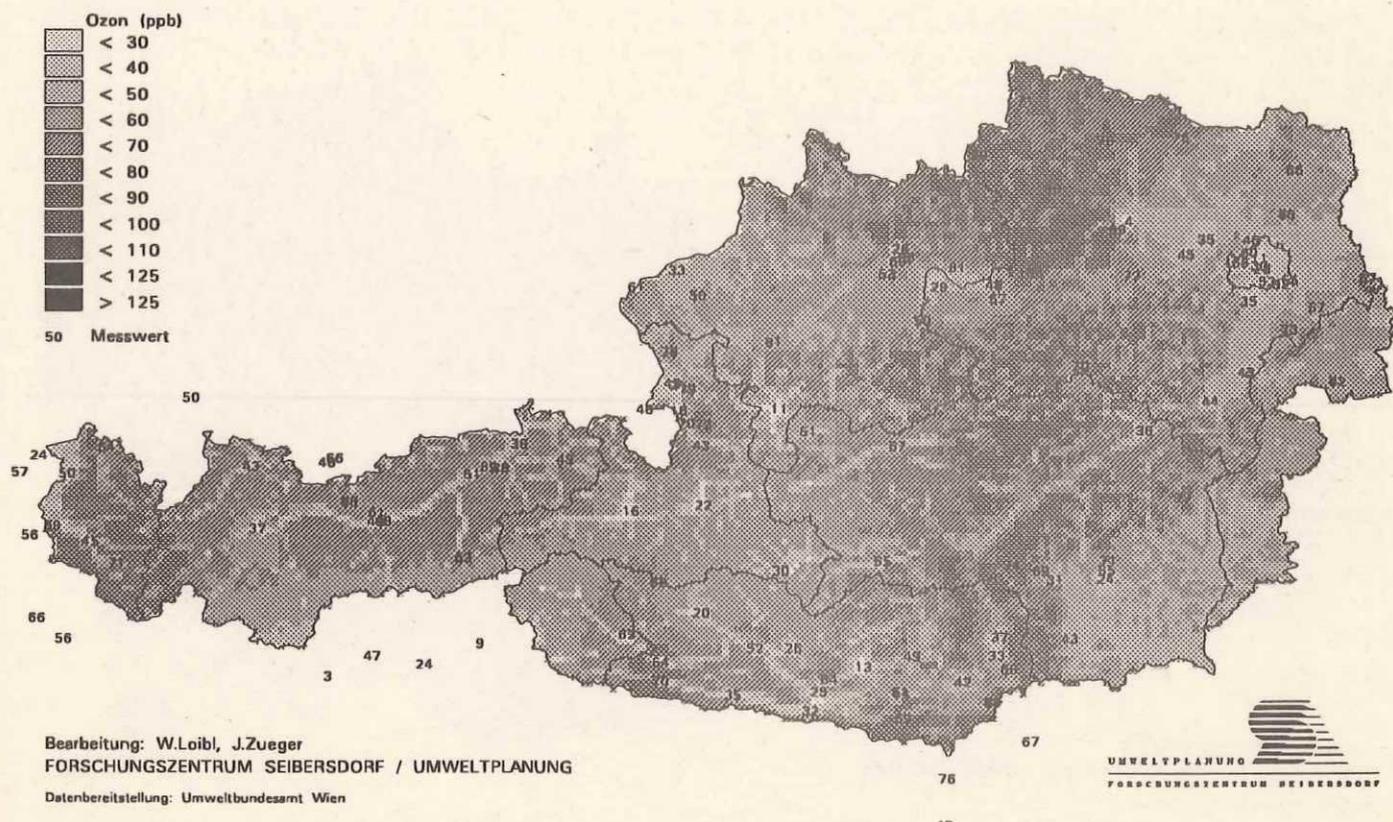
Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



OZONBELASTUNG IN ÖSTERREICH

Ozonkonzentrationsverteilung am 7. AUGUST 1992 um 20:00 Uhr

Modellierung mittels Höhenabhängigkeitsfunktion und Interpolation der Residuen



W. Spangl, Umweltbundesamt

Interpretation des Ozonverlaufs

30. Juli bis 1. August 1992

Am 31.7.1992 traten die mit Abstand höchsten Ozonkonzentrationen im Sommer 1992 auf; an der Meßstelle Exelberg wurden 225 ppb als Halbstundenmittelwert (HMW), am Hermannskogel 168 ppb erreicht. Zahlreiche andere wiener und niederösterreichische Meßstellen überschritten am 31.7. den Wert von 100 ppb als HMW deutlich. Österreich war am 30. und 31.7. allgemein hoch belastet, wobei am 30.7. der Belastungsschwerpunkt im westlichen Niederösterreich am 31.7. im Raum Wien lag. Am 31.7. wurden außerdem an den meisten tiroler Meßstellen die höchsten Werte des Sommers 1992 erreicht und an einigen im Unterinntal gelegenen 100 ppb überschritten. Auch der Raum Salzburg war ungewöhnlich hoch belastet.

Während der betrachteten Tage lassen sich drei Regionen feststellen, in denen Schwerpunkte der Ozonbelastung auftraten, und zwar das westliche Nieder- und östliche Oberösterreich am 30.7. und der Raum Wien sowie Nordosttirol am 31.7.

Am 30.7. treten die höchsten Werte Westösterreichs in Frastanz Vorderälpe und Salzburg Lehen auf. Die tiroler Meßstellen erreichen am 30.7. Spitzenwerte von ca. 70 ppb, wobei Innsbruck Sadrach am höchsten belastet ist. Dabei erreichen die Talstationen maximal ungefähr jene Werte, die auch an den Bergstationen auftraten, was bei starker vertikaler Durchmischung zu erwarten ist.

Am 31.7. erreichen die tiroler Meßstellen im Unterinntal - Kramsach, Wörgl, Auffach und Kufstein - 100 ppb als HMW, während die weiter westlich gelegenen Stationen 75 ppb und damit das Niveau der vorangegangenen Tage kaum überschreiten. Die Windverhältnisse in Wörgl lassen vermuten, daß diese ungewöhnlich hohen Ozonkonzentrationen im Unterinntal mit Advektion vom Alpenvorland her in Verbindung stehen; in dieses Bild paßt auch der Verlauf des Anstiegs, der zuerst in Kufstein, dann in Wörgl und Kramsach, zuletzt in Auffach und Innsbruck zu beobachten ist.

Die meisten westlichen niederösterreichischen und oberösterreichischen Stationen erreichen am 30.7. Spitzenwerte zwischen 80 und 110 ppb. Die großflächigen meteorologischen Verhältnisse, die in Bezug auf Temperatur und Bewölkung jenen des Vortags sehr ähnlich sind, lassen einen derartigen Anstieg auf deutlich über 100 ppb nicht erwarten.

Die Windverhältnisse zwischen 13 und 18 Uhr lassen darauf schließen, daß Advektion aus dem Raum Linz zu den ungewöhnlich hohen Ozonkonzentrationen im westlichen Niederösterreich und im Marchland geführt hat; eine Winddrehung um 19 Uhr erfolgt zugleich mit einem sehr raschen Konzentrationsabfall an den Stationen Perg, St. Valentin und wenig später Linz Berufsschule.

Am 31.7. sind in Oberösterreich und im westlichen Niederösterreich die Ozonkonzentrationen wieder deutlich niedriger mit Maxima zwischen 70 und 85 ppb, wobei die höchsten Werte in St. Leonhard und am Ostrong auftreten. Sehr ähnliche Verhältnisse mit Spitzenwerten zwischen 75 und 85 ppb treten in diesem Raum am 1.8. auf. Es fällt auf, daß der Anstieg am 1.8. aber deutlich langsamer erfolgt als am 30. und 31.7.

Im zentralen und östlichen Niederösterreich steigen am 30.7. die Konzentrationen generell über 70 ppb, im Raum Wien werden an einigen Stationen 75 ppb erreicht, in Streithofen und Tulln 88 bzw. 83 ppb, am Exelberg steigen die Werte nachmittags auf 93 ppb. Am Exelberg und am Hermannskogel erfolgt ab 22 Uhr ein rascher Anstieg der Konzentration, am Exelberg von 70 ppb auf 109 ppb. Dieses Phänomen ist mit einer Drehung des Windes von Südost auf West verbunden.

Am 31.7. erfolgt an den Meßstellen Währinger Straße und Hohe Warte ab 10 Uhr ein rasanter Anstieg der Ozonkonzentration von ca. 15 ppb auf 150 bzw. 149 ppb innerhalb einer Stunde. Die Station Stephansplatz liefert erst ab 11 Uhr Werte, zeigt dann einen zur Währinger Straße sehr parallelen Verlauf.

Wenig später erfolgt an den Stationen Exelberg und Hermannskogel ein ebenso steiler Anstieg der Ozonkonzentration; am Exelberg von 70 ppb (9 Uhr) zunächst auf 95 ppb (11 Uhr) und 225 ppb um 12.30 Uhr, am Hermannskogel von 50 ppb (9 Uhr) auf 168 ppb (12.30 Uhr).

Ähnlich rasante Anstiege werden an mehreren Stationen nordwestlich von Wien verzeichnet, so in Klosterneuburg auf 158 ppb um 14.30 Uhr, in Tulln 145 ppb um 13.30 Uhr, in Streithofen 132 ppb um 14 Uhr.

Andere Meßstellen in sowie südlich und östlich von Wien erreichen an diesem Tag zwar auch Maxima von über 100 ppb, allerdings sind die Verläufe in diesen Stationen gleichmäßiger und die Maxima deutlich niedriger.

An den Meßstellen Exelberg und Hermannskogel erfolgt nach Erreichen des Maximums ein kontinuierlicher Abfall auf ca. 75 ppb um 17 Uhr, von da an bleiben die Werte mehr oder minder konstant und bewegen sich auch am 1.8. in einem Bereich zwischen 50 und 80 ppb.

An den Meßstellen Währinger Straße und Stephansplatz erreicht die Ozonkonzentration nach dem Maximum um 11 Uhr nochmals um 13 Uhr Werte knapp unter 150 ppb und fällt dann kontinuierlich auf 50 ppb um 17 Uhr und ab 18 Uhr weiter auf ca. 15 ppb um 22 Uhr ab. Analog erfolgt an den weiter nördlich gelegenen Meßstellen nach Erreichen des Maximums ein relativ rascher Abfall der Konzentration, die sich in Streithofen bei ca. 70 ppb einpendelt, in Tulln bis 18 Uhr auf 45 ppb, in Klosterneuburg auf 50 ppb fällt.

Dafür kommt es in Gänserndorf um 16 Uhr zu einem plötzlichen Anstieg von 100 auf 115 ppb, nach 17 Uhr zu einem Abfall auf 50 ppb.

Der steile Ozonkonzentrationsanstieg an den Wiener Stationen Währinger Straße und Hohe Warte beginnt gleichzeitig mit der Drehung des Windes am Exelberg und Hermannskogel von West auf Süd zwischen 9 und 10 Uhr. Die Trajektorienanalyse zeigt, daß ab diesem Zeitpunkt die Luft, die diese Stationen erreicht, längere Zeit über Wien verweilt ist und zweimal, zunächst nach Südosten und dann nach Nordwesten, das Stadtgebiet überquert hat. Die Konzentrationsverläufe an den Stationen nördlich und nordwestlich von Wien machen deutlich, daß der Transport einer "Wolke" ozonreicher Luft zu den gemessenen Konzentrationsspitzen geführt hat, wobei das relativ plötzliche Auftreten der hohen Ozonkonzentration über Wien vermutlich auf Absinkbewegungen zurückzuführen ist; horizontale Advektion scheidet aus, da die Meßstellen im Süden Wiens keine vergleichbaren Werte aufweisen. Mit der Drehung des Windes von Südost auf Nordwest ab 16 Uhr endet diese ungewöhnliche Episode; möglicherweise ist diese Winddrehung auf West verantwortlich für den späten Konzentrationsanstieg in Gänserndorf, der durch Advektion verursacht worden ist.

Der 1.8. weist demgegenüber moderate Werte auf. Bedingt durch stärkere Bewölkung erreichen die meisten Meßstellen in Wien, Niederösterreich und Oberösterreich nur Spitzenwerte um 80 ppb. Lediglich in Wolkersdorf werden 90 ppb, in Gänserndorf sehr spät 102 ppb erreicht. In diesem Fall deutet der Konzentrationsverlauf klar auf Advektionsprozesse als Ursache dieser Spitze hin, während die anderen Stationen einen stark temperaturparallelen Verlauf aufweisen. Der abrupte Abfall der Ozonkonzentration nach 16 Uhr an den Meßstellen Währinger Straße, Stephansplatz, Hermannskogel und Exelberg ist auf ein Gewitter über dem Nordwesten Wiens zurückzuführen.

In der Kartendarstellung vom 31.8. (12 und 14 Uhr) ist der Bereich stark erhöhter Ozonkonzentrationen in und nordwestlich von Wien infolge der geringen Stationsdichte vermutlich etwas verzerrt wiedergegeben. Durch den Ausfall der Station Mistelbach wirken sich die hohen Werte des Raumes Wien verstärkt auf das Weinviertel aus, wo man niedrigere Werte erwarten würde.

Nicht durch Meßwerte belegt sind die hohen Ozonwerte am 31.7. auf den Bergen rund um das Unterinntal, die infolge der Höhenverteilungsfunktion aus den Werten am Talboden errechnet werden. Sollte es sich bei der Ozonepisode am 31.7. im Unterinntal um Ozontransport in Bodennähe gehandelt haben, wären auf den Bergen geringere Konzentrationen zu erwarten.

Die erhöhten Werte an der österreichisch-slowakischen Grenze (31.7. und 1.8.) sind durch Eigenheiten des Interpolationsverfahrens bedingt, da in den tschechischen und slowakischen Grenzgebieten keine Meßstellen zur Verfügung stehen.

6. August bis 8. August 1992

Am 6. und 7.8. traten verbreitet in Nordostösterreich maximale tägliche Ozonkonzentrationen über 100 ppb, an mehreren Stationen über 120 ppb auf. Belastungsschwerpunkt war am 6.8. der Raum Wien, am 7.8. zudem das westliche Niederösterreich. Am 8.8. war die Spitzenbelastung trotz unveränderter Wetterlage geringer, 100 ppb wurden nicht mehr, 80 ppb aber noch verbreitet überschritten.

Am 6.8. ist der Raum Wien von den höchsten Ozonkonzentrationen dieses Tages betroffen. Die Meßstellen Währinger Straße, Stephansplatz, Exelberg, Hermannskogel, Hohe Warte und Tulln zeigen vormittags einen extrem steilen Konzentrationsanstieg auf ca. 125 ppb, der an den innerstädtischen Stationen zwischen 9 und 11 Uhr stattfindet, an den Stationen Hohe Warte, Hermannskogel und Exelberg zwischen 10 und 11 Uhr, in Tulln zwischen 11 und 13 Uhr. Der Maximalwert liegt sehr einheitlich bei allen diesen Meßstellen um 125 ppb.

Am Exelberg weht fast während des ganzen Tages schwacher Südost- bis Ostwind, an der Währinger Straße herrscht bis 7 Uhr praktisch Windstille, dann schwacher Ostwind. Möglicherweise ist dieser Ostwind für die Advektion der ozonreichen Luft, die zu dem rasanten Konzentrationsanstieg im Nordteil Wiens führt, verantwortlich. Es dürften ähnliche Verhältnisse vorliegen wie am 31.7.

Die Meßstellen im südlichen Teil Wiens und südlich davon, aber auch Klosterneuburg zeigen keine vergleichbaren Konzentrationsanstiege.

Die Konzentration fällt an den genannten Meßstellen nach Erreichen des Maximums sofort wieder ab, am Exelberg und Hermannskogel pendelt sich die Konzentration zwischen 14 und 18 Uhr bei ca. 110 ppb ein, an der Währinger Straße, am Stephansplatz und der Hohen Warte bei ca. 85 ppb; in Tulln erfolgt ein kontinuierlicher Abfall bis 20 Uhr auf 10 ppb. Demgegenüber sinken die Konzentrationen in Wien erst um 18 Uhr, ebenfalls bis nahe null um 22 Uhr, am Exelberg und Hermannskogel ab 17 Uhr auf 70 bzw. 50 ppb um 21 Uhr. Der Verlauf ab 14 Uhr

ist relativ temperaturparallel und fügt sich auch in das Bild, das die anderen Meßstellen im Raum Wien zeigen, ausgenommen Laaer Berg, wo um 12 Uhr ein kontinuierliches Sinken der Konzentration einsetzt. 100 ppb werden nachmittags in Klosterneuburg und Hainburg überschritten.

Die Meßstellen im nördlichen und zentralen Niederösterreich erreichen am 6.8. deutlich höhere Werte als jene im östlichen (ausgenommen jene mit einem steilen morgendlichen Maximum). Die Verläufe sind unregelmäßig, aber relativ temperaturparallel. 100 ppb werden in Irnfritz, Krems, Unterbergern, Großgöttfritz, St. Pölten und Streithofen überschritten, die Spitzen liegen bis 120 ppb. Das Maximum wird zumeist zwischen 14 und 18 Uhr erreicht; ungewöhnlich sind die sehr späten Maxima in Großgöttfritz und Irnfritz sowie am Nebelstein.

Im westlichen Niederösterreich werden am 6.8. keine vergleichbaren Werte erreicht, die Verläufe sind meist temperaturparallel, das Maximum wird abends in St. Leonhard (87 ppb) erreicht. Auch die übrigen österreichischen Meßstellen liefern am 6.8. Maxima um 80 ppb, wobei Südösterreich deutlich geringer belastet ist.

Am 7.8. erfolgt im Raum Wien ein kontinuierlicher Anstieg der Konzentrationen auf Spitzenwerte bis 115 ppb, am Exelberg und Hermannskogel über 130 ppb. Es herrschen den ganzen Tag über leichter Ostwind und fast wolkenloses Wetter.

Am frühesten und steilsten ist der Anstieg am Laaer Berg, wo um 10 Uhr 100 ppb erreicht werden. Wenig später werden in Mödling und Hainburg 100 ppb überschritten, allerdings erfolgt bei diesen Meßstellen wieder ein rasches Abfallen der Konzentration. Die Stationen Hohe Warte, Klosterneuburg, Währinger Straße, Stephansplatz, Exelberg und Hermannskogel erreichen die Spitzen zwischen 13 und 14 Uhr, anschließend folgt ein ebenso gleichmäßiges Absinken der Konzentration.

Vergleichsweise niedrig bleiben die Ozonwerte in Gänserndorf und Illmitz wo 85 ppb kaum überschritten werden.

100 ppb werden auch im zentralen Niederösterreich, in St. Pölten, Streithofen und Unterbergern überschritten, die Maxima liegen um 125 ppb. Die waldviertler Meßstellen erreichen nur noch maximal 90 ppb.

Im Westen Niederösterreichs werden in St. Leonhard und am Ostrong 120 ppb erreicht, Amstetten und Kollmitzberg sind geringer belastet; desgleichen Oberösterreich, mit Maxima unter 90 ppb. Auffallend in diesem Bereich ist ein relativ steiler Anstieg zwischen 8 und 11 Uhr, worauf die Ozonwerte bis 18 Uhr relativ konstant bleiben, dies deutet auf vertikale Mischungsprozesse als wesentliche Einflußgröße der Ozonkonzentration hin.

Generell ist - sieht man von den kurzzeitigen morgendlichen Spitzen des 6.8. im Raum Wien ab - die Belastung am 7.8. verbreitet deutlich höher.

Bei anhaltendem wolkenarmen Schönwetter bleiben am 8.8. die maximalen Ozonkonzentrationen klar hinter jenen der beiden Vortage zurück.

Am Exelberg und Hermannskogel steigen die Werte nach einem Minimum um 8 Uhr auf ca. 90 ppb um 11 Uhr, an den anderen Meßstellen in Wien und im östlichen Niederösterreich auf 75 bis 85 ppb mit einem kurzen Maximum um 11 Uhr. Es herrscht weiterhin beständiger Südostwind, der allerdings am Exelberg mit Geschwindigkeiten zwischen 7 und 9 m/s stärker ist als an den Vortagen (um 4 m/s). Auffallend am 8.8. ist, daß alle Meßstellen in Wien und im östlichen Niederösterreich in der folgenden Nacht kein ausgeprägtes Minimum aufweisen, sondern die Werte gleichmäßig auf 30 bis 60 ppb am folgenden Morgen absinken.

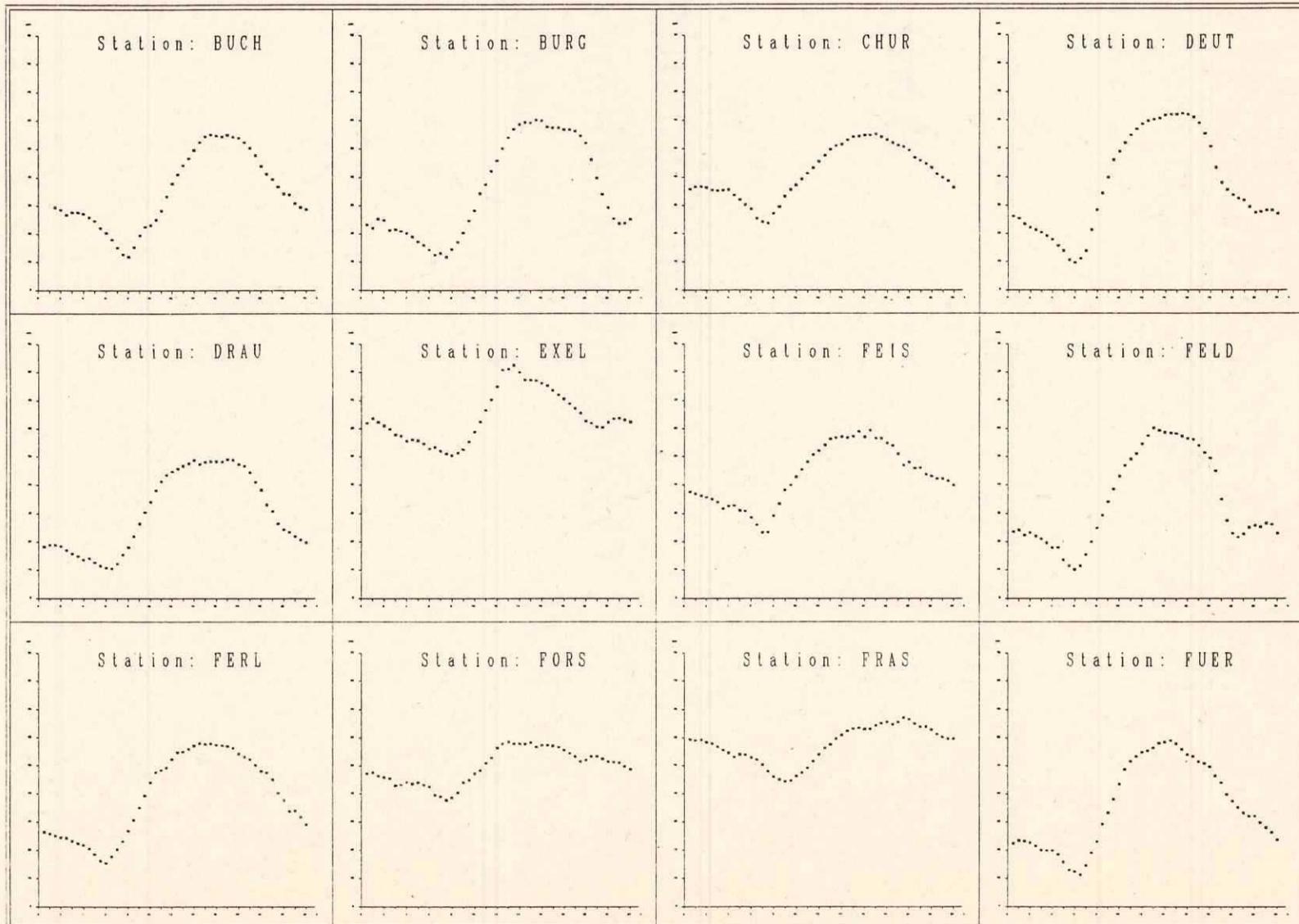
Ähnliche Verhältnisse treten im mittleren und westlichen Niederösterreich auf. Die Maxima liegen um 85 ppb. Lediglich die Meßstellen St. Pölten und Krems zeigen deutliche nächtliche Minima. Als einzige Meßstellen erreichen am 8.8. Pillersdorf und Unterbergern Werte von 100 ppb.

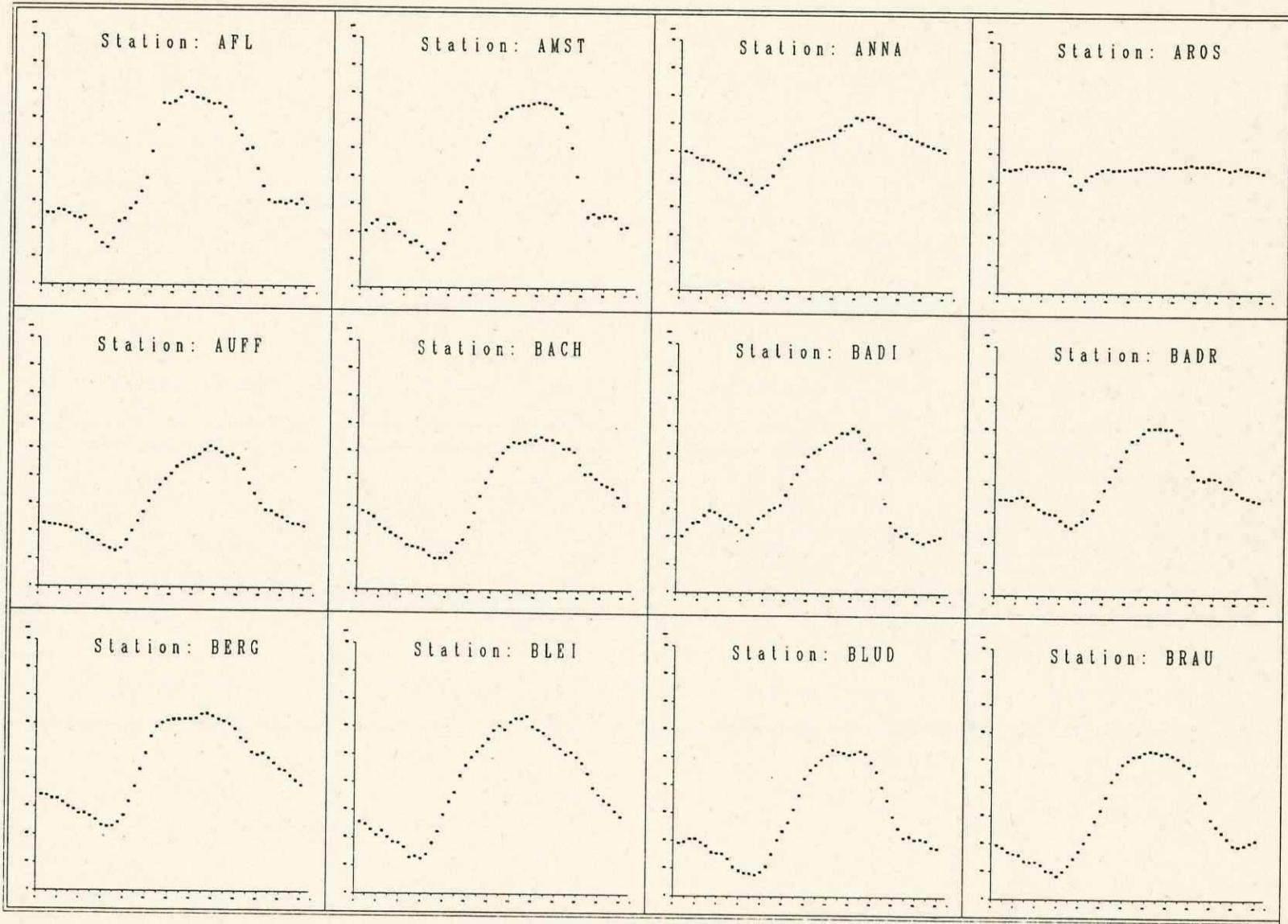
Entgegen diesem Trend liegen an den vorarlberger Bergstationen die Spitzenwerte am 8.8. um 80 ppb und nehmen sogar leicht zu. Auffallend ist, daß an der Meßstelle Schruns Kapell, die die höchsten Werte Vorarlbergs aufweist, die Maxima um ca. 22 Uhr auftreten, die Minima vormittags.

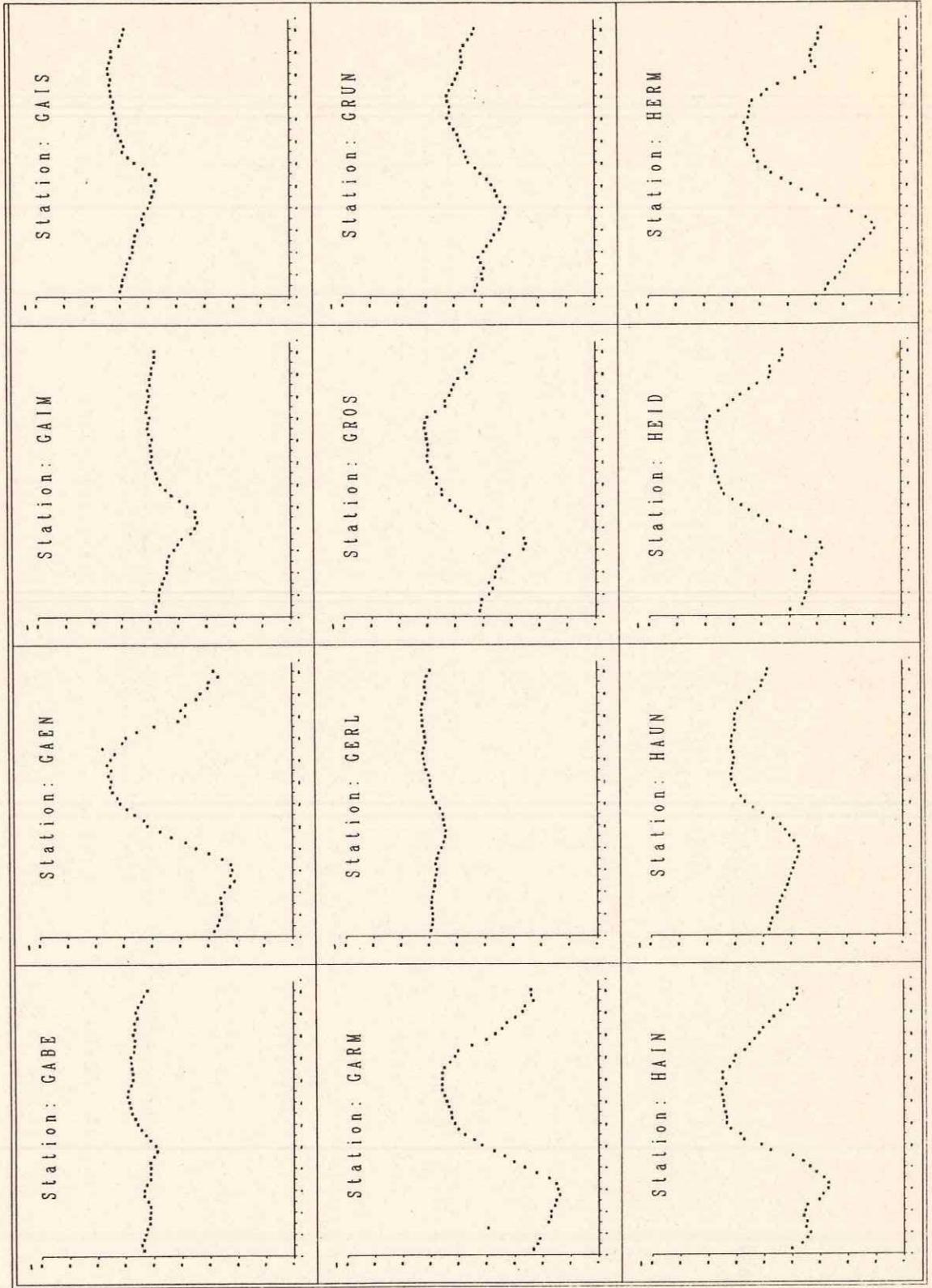
Der 7.8., an dem verbreitet die höchsten Belastungen auftraten, war ein Freitag; die an diesem Wochentag maximalen Stickoxidemissionen könnten die Ozonbildung verstärkt haben, wohingegen am folgenden ozonärmeren Tag die Stickoxidemissionen und die Ozonbildung geringer waren. Der im Vergleich zu den Vortagen wesentlich geringere nächtliche Ozonabbau in der Nacht vom 8. auf den 9.8. kann durch die deutlich verminderten NO-Emissionen erklärt werden.

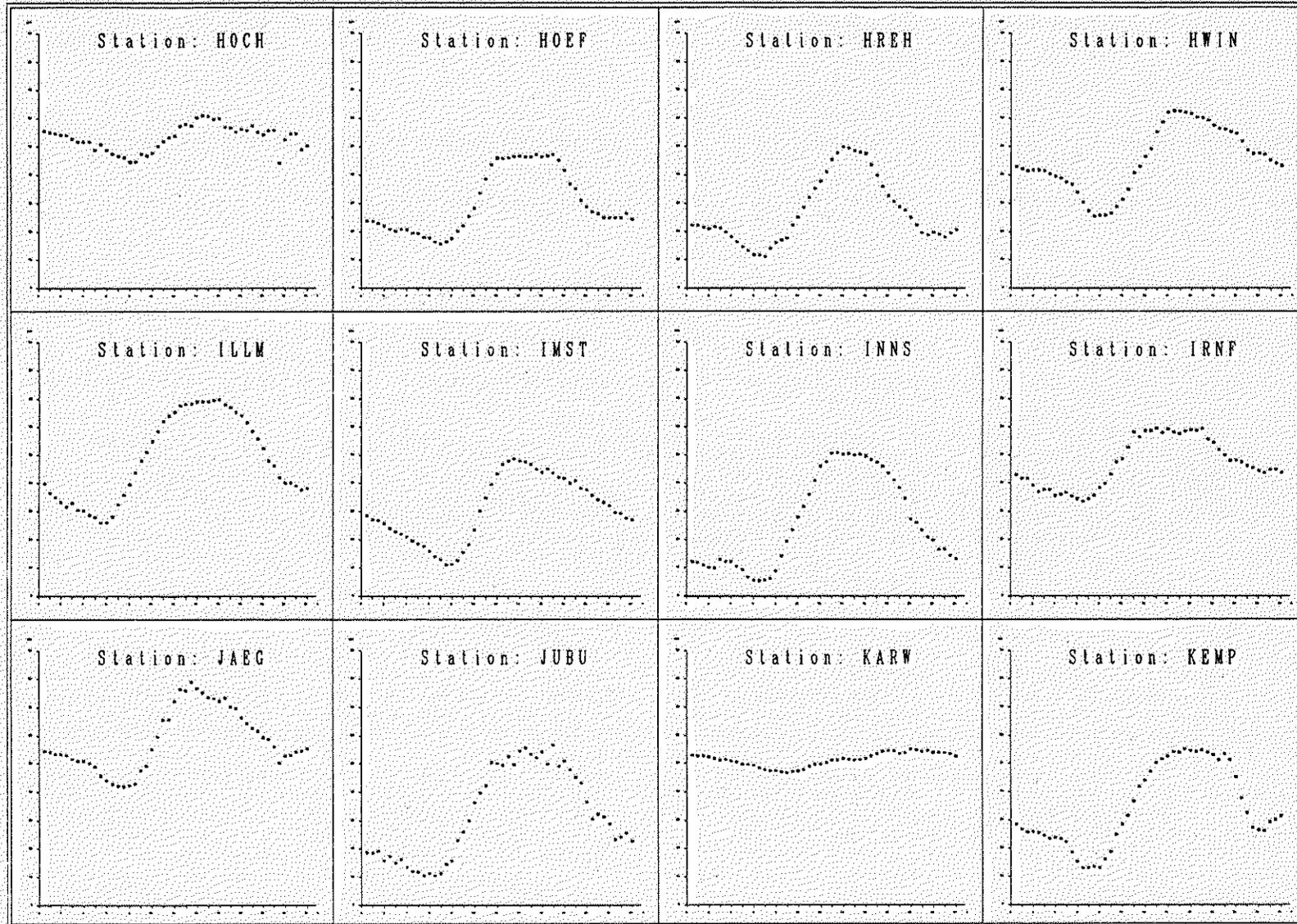
ANHANG 2

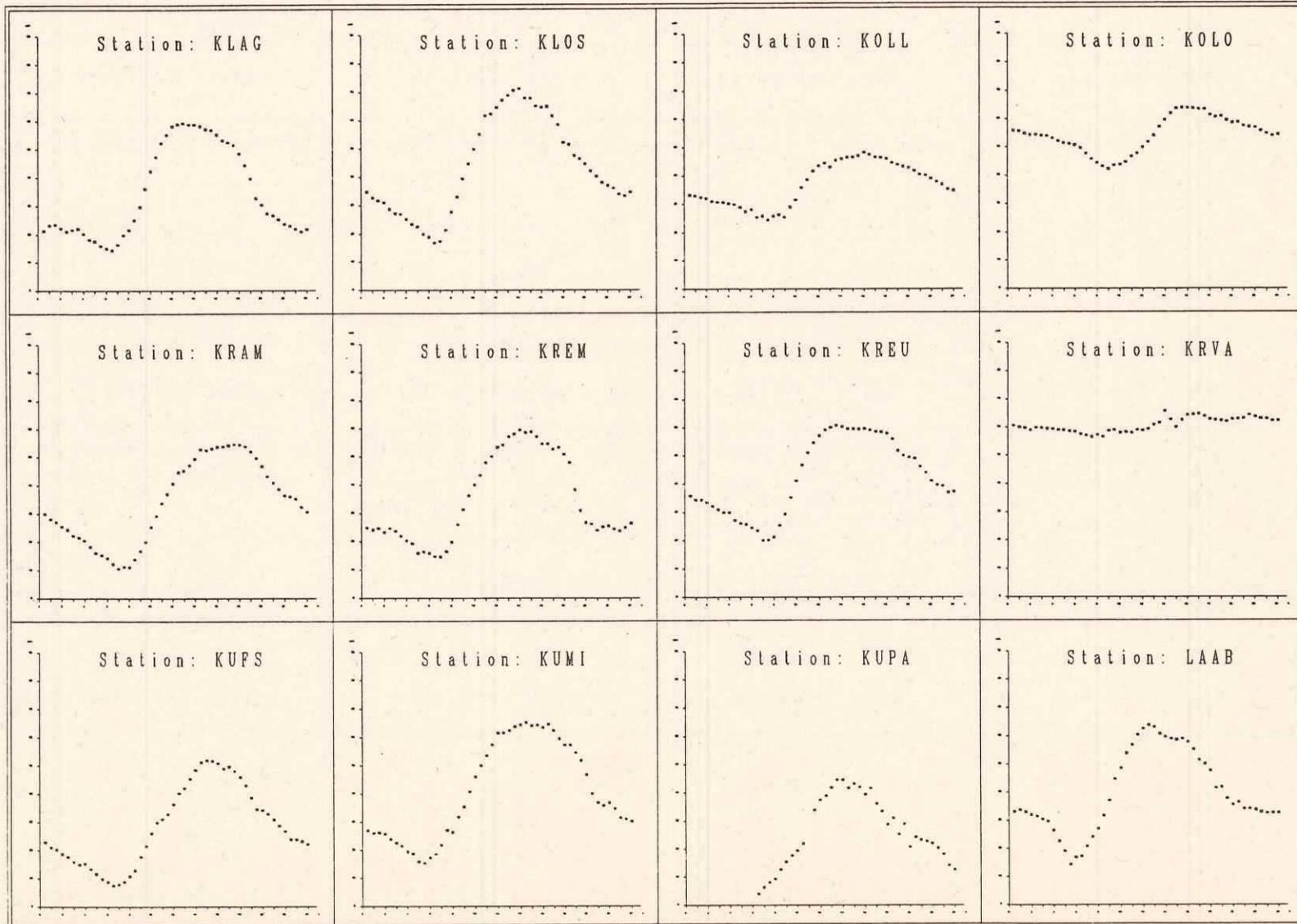
**Durchschnittlicher
Ozonkonzentrationsverlauf
je Meßstation**

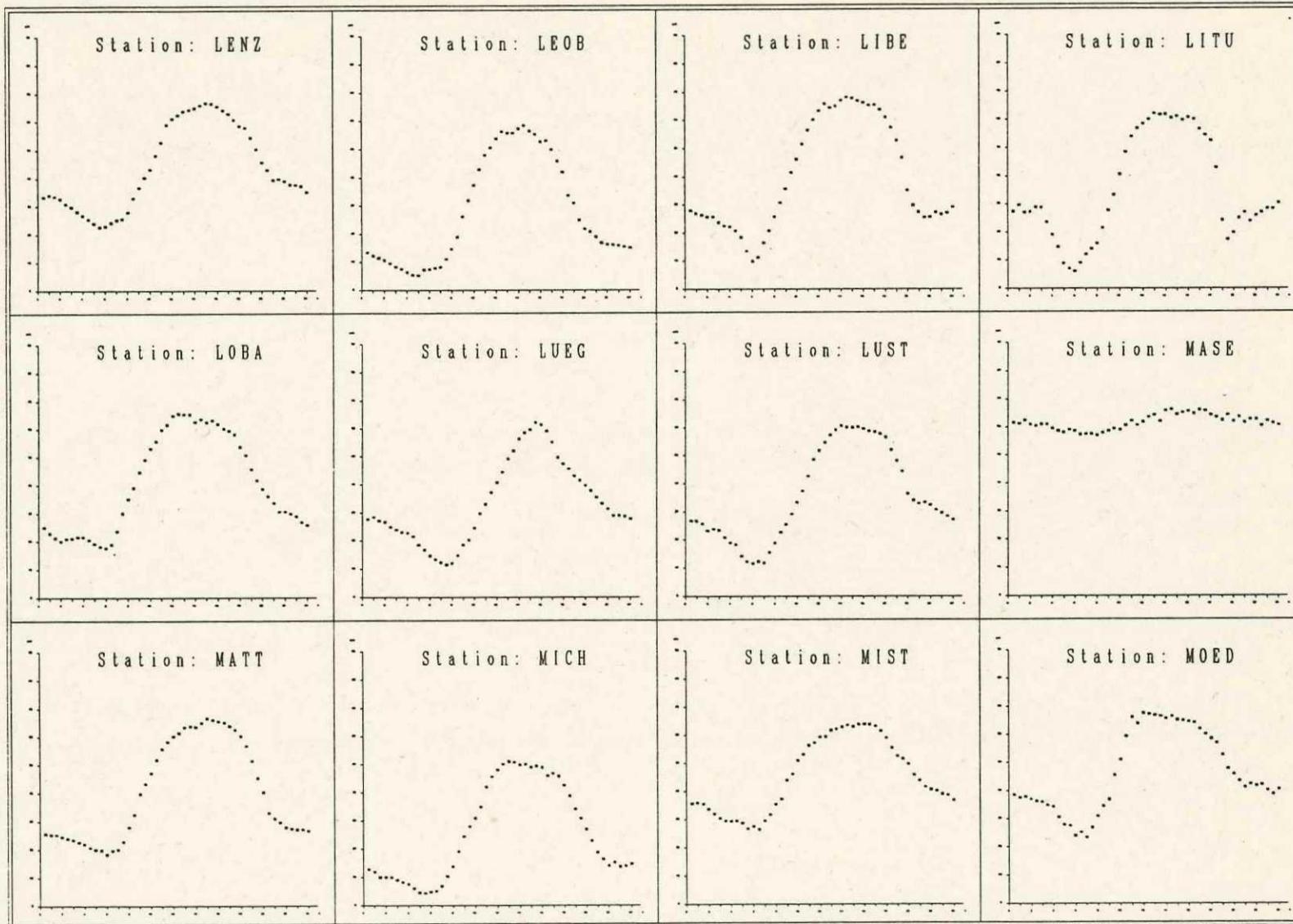


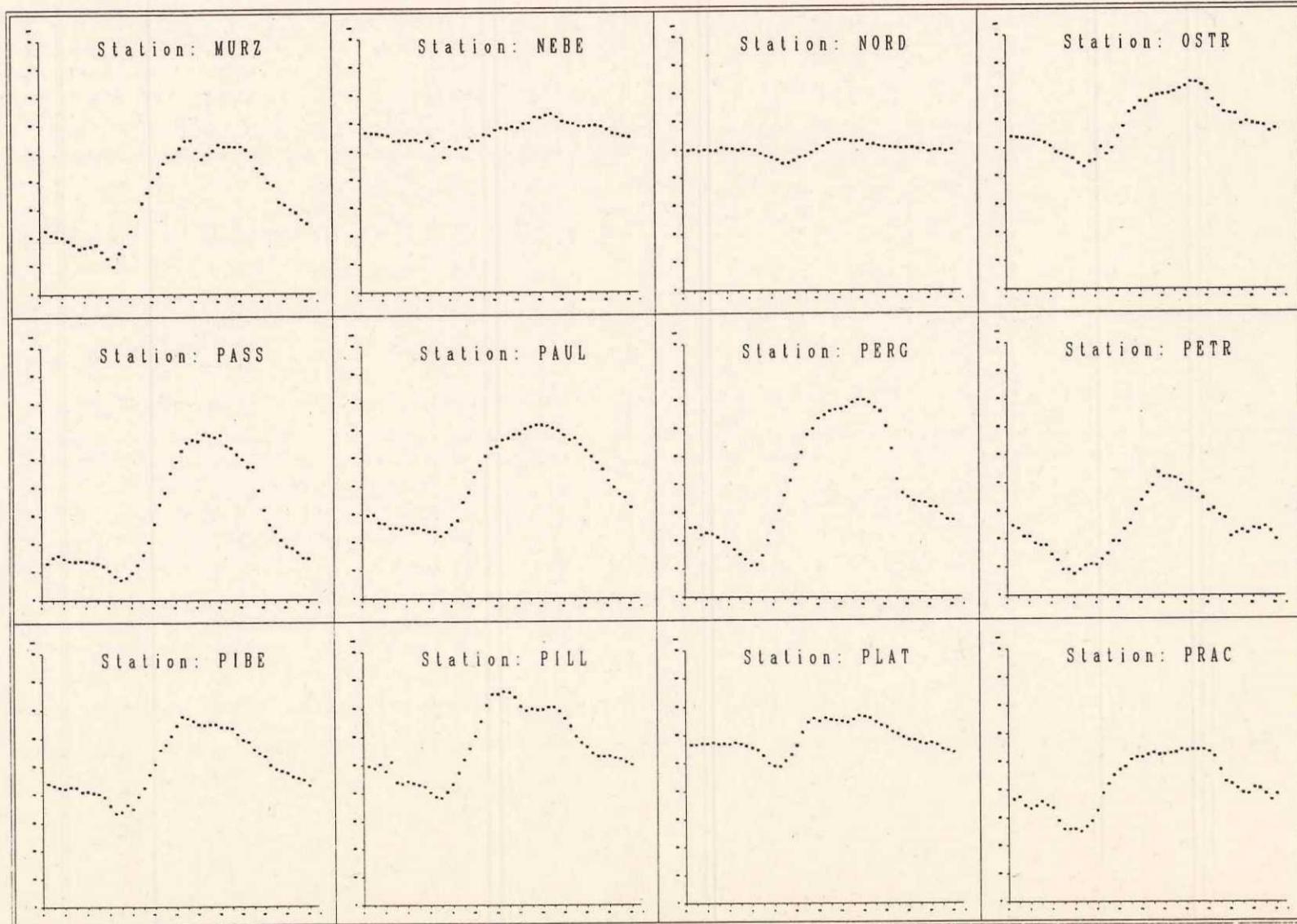


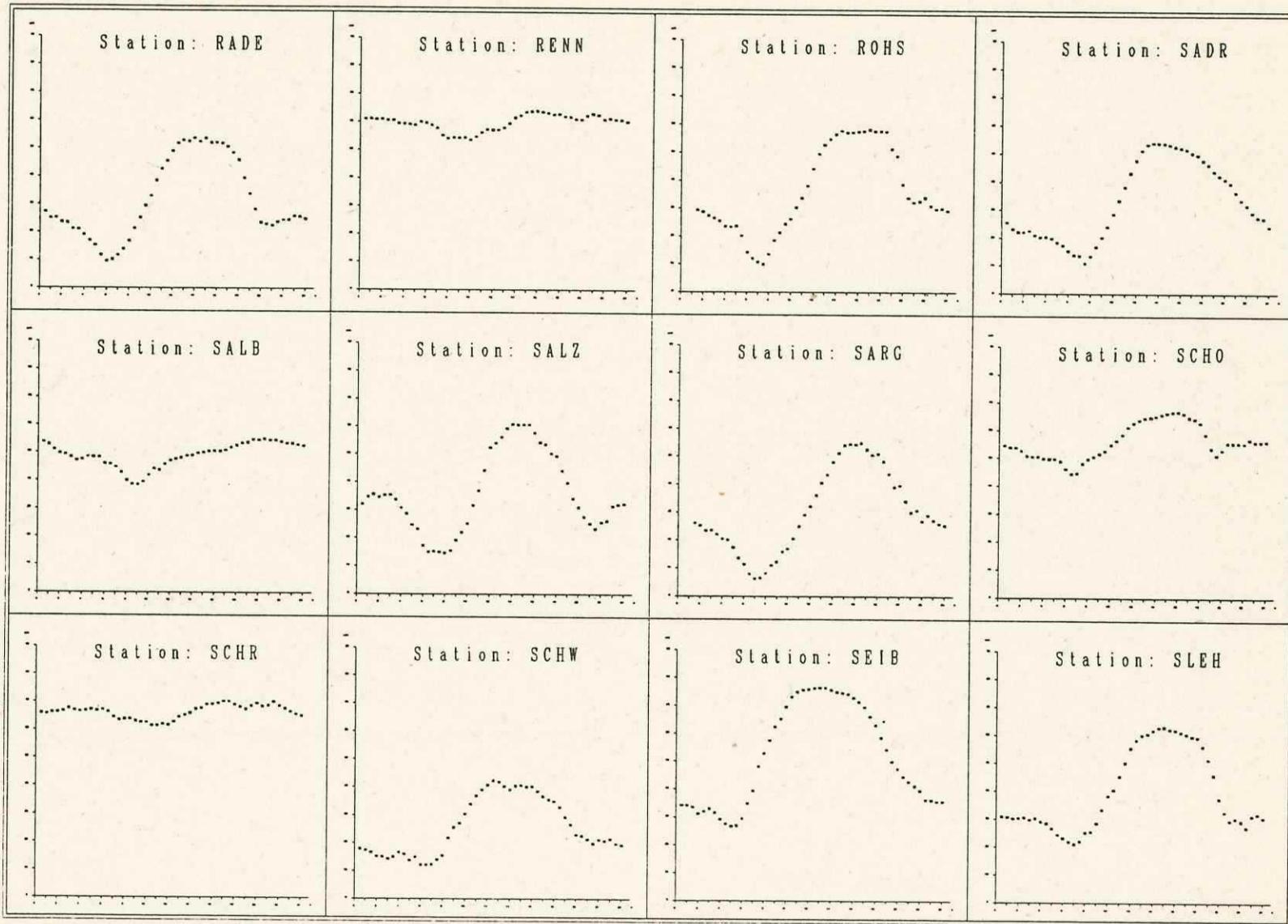


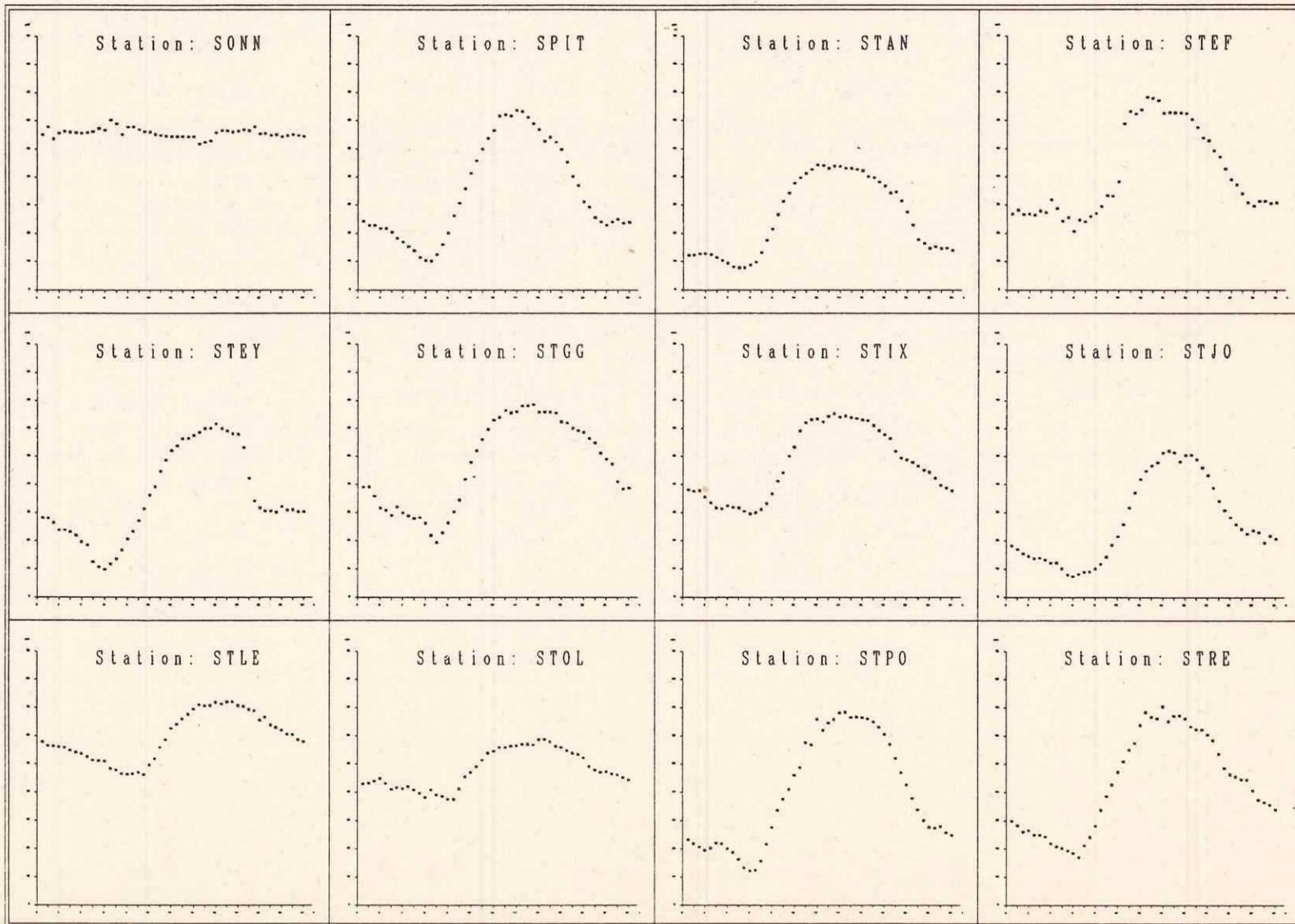


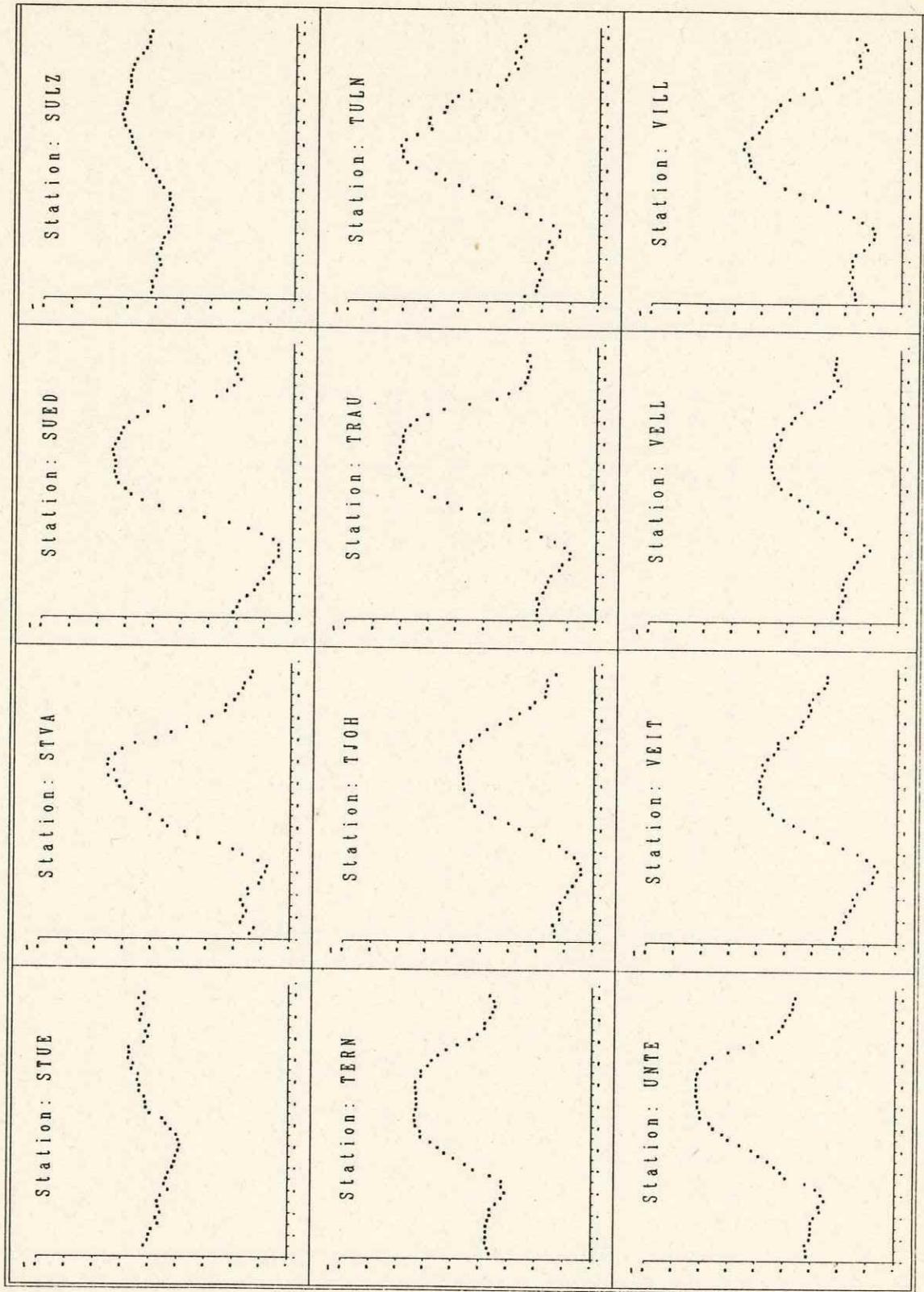


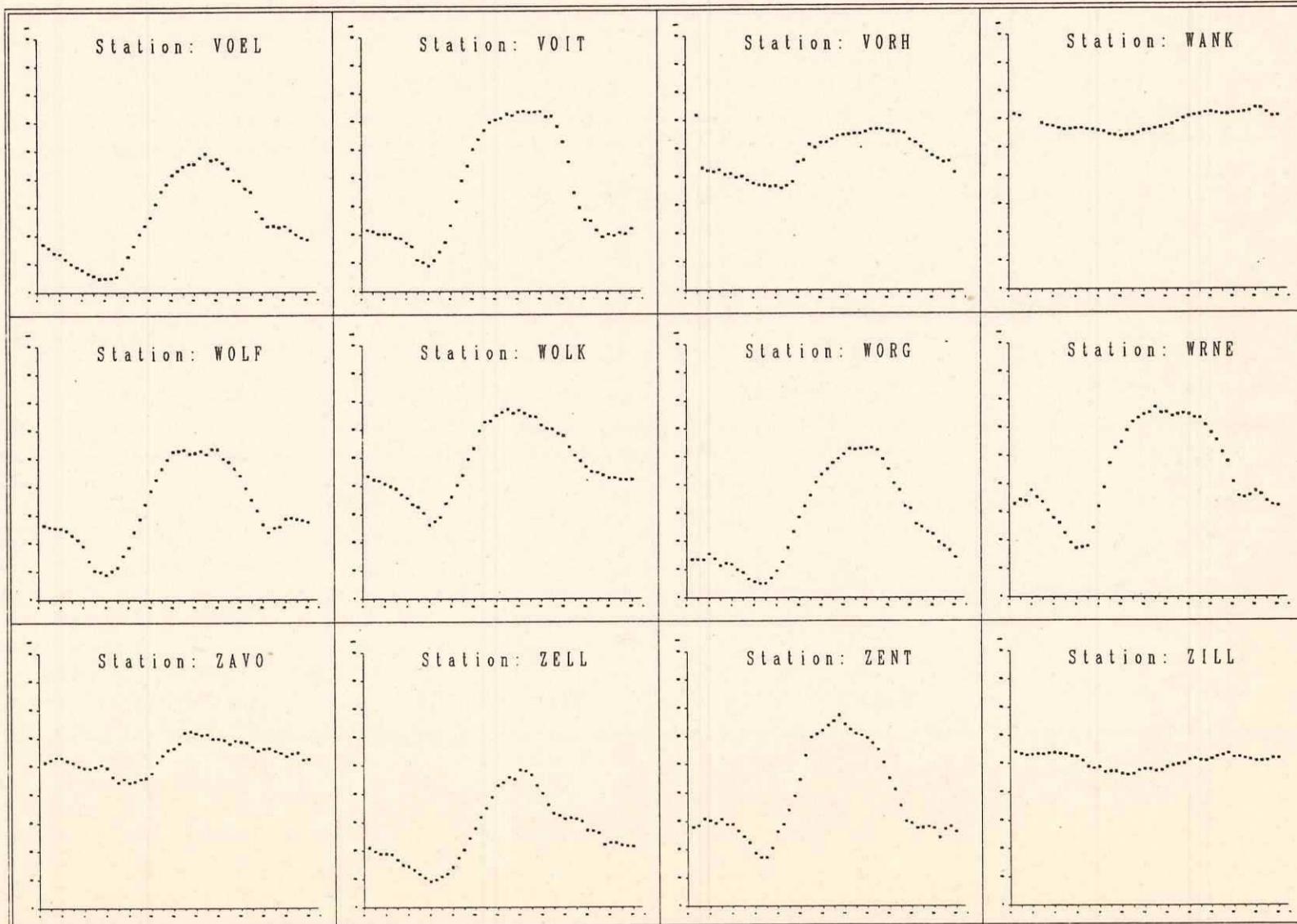












ANHANG 3

**Überprüfung der Plausibilität des
Modells zur Darstellung der
flächenhaften Ozonbelastung**

Überprüfung der Plausibilität der flächenhaften Ozonbelastung

Die Prüfung des Verfahrens der Interpolation der punktuellen Ozonmessungen erfolgt anhand der Berechnung der Ozonbelastung an einzelnen Meßstationen unter Ausklammerungen der Meßdaten und nur unter Verwendung der Höhenabhängigkeitsfunktion und der Residuen von benachbarten Meßstationen. Die Nachbarschaft ist relativ lose die Entfernung dieser benachbarten Stationen schwankt zwischen 30 und 50 km.

Als Teststationen kamen nur jene in Frage, wo entsprechende Nachbarstationen gegeben sind, und keine wesentlichen lokalen Einflüsse gegeben sind, die zu einer Abweichung der Ozonkonzentrationen von jener der benachbarten Stationen führen.

Die folgende Aufstellung zeigt die Stationen, die (soweit möglich gleichmäßig über Österreich verteilt) für diesen Test herangezogen wurden. Vor allem das zweite Kriterium, das Nicht-Vorhandensein von spezifischen lokalen Einflüssen, kann nur bedingt erfüllt werden. Regionen mit mehreren zueinander benachbarten Stationen sind gewöhnlich Ballungsgebiete, deren Stationen immer lokalen Einflüssen unterliegen.

1.8. 8 Uhr	O3-Messung	O3-Interpolation - Modell und Residuen	O3-Interpolation - Modell und Nachbarresiduen
Bludenz	9.0	18.415	40.287
Leoben	25.5	33.529	44.371
Villach	29.4	32.319	44.271
St. Pölten	35.0	35.369	35.861
Stixneusiedl	29.0	30.391	38.131

1.8. 14 Uhr	O3-Messung	O3-Interpolation - Modell und Residuen	O3-Interpolation - Modell und Nachbarresiduen
Bludenz	68.0	67.915	67.901
Leoben	61.5	61.676	65.431
Villach	68.1	67.610	67.191
St. Pölten	67.0	67.367	68.168
Stixneusiedl	70.0	70.771	73.152

Der Vergleich der Spalten zeigt erstens, daß die Meßdaten mit den errechneten Daten v.a. während der Zeiten hoher Ozonkonzentration nahezu ident sind, und im Extremfall um ca. 10 ppb voneinander abweichen. Ursache hierfür ist vor allem der Bezug der Relativhöhen auf den Rastermittelpunkt, dessen relative Höhe v.a. in gebirgigen Regionen von der tatsächlichen relativen Höhe abweicht.

Der Vergleich der letzten Spalten beider Tabellen zeigt, daß die errechneten Werte auch bei Ausklammerung der betreffenden Meßstellen von der Kartenerstellung nahezu ident sind, wenn entsprechende Nachbarstationen zur Verfügung stehen. Die Abweichungen in den Morgenstunden sind auf lokale Einflüsse zurückzuführen, die von denen der Nachbarstationen abweichen. Sie können im Einzelfall - etwa bei Bludenz, wo die Nachbarstationen offensichtlich andere Charakteristika haben, beträchtlich sein.

Die Plausibilitätsprüfung läßt die Aussage zu, daß die errechneten Ozonwerte auch in jenen Gebieten, wo keine Ozonmeßdaten vorliegen, der dort gegebenen Ozonbelastung vor allem für die Tageszeit höchster Ozonkonzentration weitgehend - mit wenigen ppb Abweichung - entsprechen, wenn keine gravierenden lokalen Einflüsse gegeben sind.

**Plausibilitätstest der berechneten Ozonwerte
anhand der Meßwerte von 8 Uhr am 1.8.1992**

Station	O3 - gemessen	O3-berechnet mit Residuen aller Stationen	O3-berechnet ohne Residuen von 5 Stationen (jene mit *)
AFL	40.3	39.289	39.356
AMST	29.0	28.817	28.839
ANNA	29.0	32.801	32.622
BADI	39.1	41.215	41.146
BERG	37.5	39.397	39.507
BLEI	47.6	51.492	52.729
BLUD	9.0	18.415	40.287 *
BRAU	23.3	23.899	23.881
DEUT	37.5	38.855	38.899
DRAU	21.3	21.217	21.157
EXEL	59.1	56.429	56.517
FEIS	45.4	46.700	46.688
FELD	45.7	48.404	48.428
FERL	47.5	50.844	51.151
FORS	39.0	43.603	43.481
FRAS	59.0	49.283	49.898
FUER	36.4	40.716	35.979
GABE	54.5	53.469	53.528
GAEN	32.0	31.897	31.977
GAIM	38.0	35.845	35.876
GAIS	57.0	55.726	55.667
GERL	66.0	67.353	67.299
GROS	41.0	43.640	43.633
GRUN	28.0	30.705	30.612
HAIN	37.0	34.501	34.669
HAUN	41.0	38.873	38.968
HEID	49.0	48.926	48.951
HERM	31.0	37.009	36.894
HOCH	48.0	45.470	45.533
HOEF	25.0	29.317	29.234
HREH	28.0	29.549	31.187
HWIN	31.0	30.763	31.533
ILLM	43.6	41.390	41.625
IMST	9.0	7.624	7.649
INNS	11.0	10.822	10.980
IRNF	42.0	41.725	41.751
JAEG	51.0	50.326	50.327
KARW	57.0	53.604	53.603
KLAG	44.8	42.260	42.448
KLOS	42.0	41.437	41.557
KOLO	43.3	51.012	50.841
KRAM	13.0	12.734	12.726
KREM	27.0	32.380	32.333
KREU	45.5	42.944	43.103
KUFS	28.0	32.915	32.775
KUMI	49.0	45.812	46.754
LAAB	43.0	38.440	38.596
LENZ	38.2	36.864	36.894
LEOB	25.5	33.529	44.371 *
LIBE	28.6	26.906	26.955
LITU	25.4	27.745	27.703
LOBA	39.0	35.164	35.455
LUST	28.0	28.297	28.092
MASE	62.0	58.079	58.111
MICH	21.0	25.720	25.627
MOED	36.0	36.201	36.269
MURZ	28.0	32.203	32.094
NEBE	53.0	49.734	49.848

Fortsetzung:

Station	O3 - gemessen	O3-berechnet mit Residuen aller Stationen	O3-berechnet ohne Residuen von 5 Stationen (jene mit *)
NORD	51.0	48.107	47.903
OSTR	53.0	51.481	51.473
PAUL	43.3	45.200	45.341
PERG	31.6	33.500	33.513
PIBE	31.0	35.222	35.235
PILL	39.4	38.155	38.178
PLAT	50.0	48.581	48.652
RENN	60.5	57.896	58.353
SADR	13.0	14.970	15.000
SALB	33.0	20.787	21.115
SALZ	33.0	37.423	37.485
SCHO	53.7	53.044	52.740
SCHR	70.0	61.627	62.720
SCHW	20.0	22.325	22.413
SLEH	40.0	36.160	36.270
SONN	68.5	63.830	63.941
SPIT	27.1	24.552	24.768
STAN	30.0	27.549	27.512
STEF	38.0	38.239	38.359
STEY	28.0	31.360	31.303
STGG	26.0	29.778	29.707
STIX	29.0	30.391	38.131 *
STJO	14.0	17.597	17.322
STLE	42.0	41.102	41.152
STOL	25.0	26.264	26.276
STPO	35.0	35.369	35.861 *
STRE	42.0	42.794	42.822
STVA	26.0	27.397	27.429
SUED	39.0	37.924	38.009
SULZ	56.0	57.873	58.055
TERN	36.0	36.690	36.680
TJOH	11.0	18.116	17.828
TRAU	28.3	27.507	27.585
TULN	43.0	40.735	40.817
UNTE	51.0	46.351	46.379
VEIT	27.8	31.722	31.722
VELL	20.1	22.210	22.189
VILL	29.4	32.319	44.271 *
VOEL	41.2	43.966	44.416
VOIT	36.0	36.830	36.907
VORH	41.0	43.063	42.918
WOLF	35.6	38.321	38.380
WOLK	45.0	43.865	43.946
WORG	13.0	12.821	12.782
WRNE	20.0	21.593	21.551
ZELL	24.0	30.044	26.195

□

**Plausibilitätstest der berechneten Ozonwerte
anhand der Meßwerte von 14 Uhr am 1.8.1992**

Station	O3 - gemessen	O3-berechnet mit Residuen aller Stationen	O3-berechnet ohne Residuen von 5 Stationen (jene mit *)
AFL	78.3	77.602	77.629
AMST	71.0	69.406	69.403
ANNA	57.0	57.988	57.901
BADI	66.8	66.418	66.385
BERG	64.0	66.255	66.281
BLEI	66.1	66.599	66.124
BLUD	68.0	67.915	67.901 *
BRAU	63.7	64.058	64.054
DEUT	67.0	67.266	67.246
DRAU	54.1	54.450	54.431
EXEL	70.1	71.122	71.161
FEIS	65.7	66.455	66.425
FELD	73.0	72.892	72.920
FERL	68.4	68.831	68.903
FORS	52.0	54.802	54.638
FRAS	75.0	72.809	72.478
FUER	67.6	67.925	68.227
GABE	64.0	64.122	64.035
GAEN	89.0	86.778	86.958
GAIM	55.0	55.899	56.108
GAIS	67.0	70.000	69.999
GERL	70.0	70.970	71.051
GROS	69.0	69.420	69.481
GRUN	55.5	56.021	56.085
HAUN	71.0	70.906	70.942
HEID	63.0	63.838	63.825
HERM	68.4	68.658	68.714
HOCH	68.5	68.136	68.220
HOEF	68.0	67.427	67.383
HREH	65.0	67.309	67.688
HWIN	74.0	72.227	72.456
ILLM	78.0	77.967	78.051
IMST	53.0	53.069	53.049
INNS	55.0	55.591	55.487
IRNF	55.0	56.191	56.254
JAEG	69.0	70.674	70.686
JUBU	60.0	59.907	59.986
KARW	61.0	60.496	60.394
KLAG	72.3	71.221	71.242
KLOS	67.0	69.044	69.040
KOLL	57.0	60.153	60.207
KOLO	66.0	68.143	68.264
KRAM	59.0	58.748	58.704
KREM	66.0	69.164	69.178
KREU	71.5	71.264	71.278
KUFS	63.0	63.324	63.352
KUMI	72.3	70.161	70.294
LAAB	84.0	77.574	77.647
LENZ	73.1	72.269	72.255
LEOB	61.5	61.676	65.431 *
LIBE	75.1	74.852	74.845
LITU	75.0	74.990	74.980
LOBA	79.0	73.186	73.247
LUEG	66.0	66.466	66.538
LUST	72.0	72.092	71.879
MASE	69.5	69.218	68.981
MICH	56.0	57.141	57.099
MOED	77.0	75.494	75.542

Fortsetzung:

Station	O3 - gemessen	O3-berechnet mit Residuen aller Stationen	O3-berechnet ohne Residuen von 5 Stationen (jene mit *)
NEBE	77.0	77.013	77.056
NORD	56.0	58.007	58.121
OSTR	79.0	78.208	78.293
PAUL	62.2	62.036	61.829
PERG	74.7	74.880	74.868
PIBE	69.0	68.054	68.132
PILL	72.6	72.090	72.075
PLAT	70.0	69.134	69.190
RENN	63.5	64.298	64.361
SADR	59.0	57.687	57.565
SALB	50.5	49.494	49.342
SALZ	80.0	77.168	77.198
SCHO	75.5	75.855	75.799
SCHR	83.0	80.673	80.644
SCHW	46.0	50.851	50.765
SLEH	78.0	76.740	76.765
SONN	58.5	58.187	57.878
SPIT	73.5	72.569	72.510
STAN	47.3	48.091	48.058
STEF	80.0	77.785	77.826
STEY	75.2	75.227	75.217
STGG	71.8	73.171	73.141
STIX	70.0	70.771	73.152 *
STJO	58.0	58.752	58.691
STLE	66.0	66.344	66.373
STOL	59.5	59.361	59.420
STPO	67.0	67.381	68.168 *
STRE	70.0	70.782	70.781
STVA	78.0	77.337	77.408
SUED	67.5	67.094	67.118
SULZ	83.0	81.820	81.890
TERN	67.0	66.603	66.580
TJOH	59.0	60.003	59.976
TRAU	79.1	78.021	78.019
TULN	75.0	73.876	73.931
UNTE	79.0	75.930	76.036
VEIT	60.5	62.201	62.105
VELL	54.7	56.230	56.322
VILL	68.1	67.610	67.191 *
VOEL	57.7	61.411	61.002
VOIT	68.0	68.343	68.368
VORH	64.0	63.594	63.578
WOLF	65.0	64.559	64.488
WOLK	82.0	80.583	80.616
WORG	58.0	58.407	58.400
WRNE	69.0	69.111	69.101
ZELL	59.0	59.845	62.751

