

**TRENDPROGNOSE REGIONALER
OZONMAXIMA UNTER EINBEZUG
VERSCHIEDENER METEOROLOGISCHER
DATEN**



**TRENDPROGNOSE REGIONALER
OZONMAXIMA UNTER EINBEZUG
VERSCHIEDENER METEOROLOGISCHER
DATEN**

UBA – BE – 058

Wien, April 1996

Bundesministerium für Umwelt



Autor: Wolfgang Loibl

Impressum:

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

© Umweltbundesamt, Wien, April 1996

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-302-2

Zusammenfassung

Ziel der Studie war die Entwicklung und der Test von statistischen Modellen zur Prognose von Ozonmaxima des kommenden Tages. Die Prognosen basieren auf multiplen linearen Regressionsfunktionen und wurde für mehr als 40 Ozonmeßstationen des Österreichischen Ozondatenverbundes retrospektiv anhand von Daten des Sommerhalbjahres 1994 durchgeführt, wobei für jede Meßstation eine eigene Prognosefunktion entwickelt wurde.

Aufbauend auf die in einer früheren Studie für den Hochsommer 1992 erstellten retrospektiven Ozonprognosen wurden folgende Variablen getestet: "Heutige Ozonmaxima", "prognostizierte Mittagstemperaturen des nächsten Tages", "Temperaturdifferenzen zwischen heute und morgen Mittag" und "Windgeschwindigkeit des nächsten Tages". Zusätzlich wurden mit Teildatensätzen für 8 Windrichtungsklassen windrichtungsabhängige Prognosefunktionen erzeugt.

Die für Juni bis September 1994 erstellten Analysen zeigen, daß windrichtungsunabhängige Funktionen mit den Variablen "heutige Ozonmaxima" und "prognostizierte Mittagstemperaturen des nächsten Tages" konstant gute Ergebnisse liefern. Mit den Prognoseergebnissen dieser mehr als 40 Meßstationen wurden durch Interpolation Ozonprognosekarten für einige Tage des Sommers 1994 erzeugt. Im Durchschnitt treffen die Prognosen innerhalb einer Bandbreite von +/- 10 ppb in 70 - 80 % der Beobachtungstage zu. Abweichungen um mehr als +/-10 ppb treten bevorzugt an Tagen mit Ozonwerten über 80 ppb auf.

Summary

The purpose of this study was to develop and test a statistical method for the short-term forecast of ozone peak concentrations. Austrian ozone monitoring data from April to September 1994 were used to develop the forecast model. It builds upon a multiple linear regression model developed earlier which uses the temperature of the forecast day, and the ozone maxima of the previous day as variables. In this study the suitability of the *temperature difference between previous and forecast day*, and *wind velocity of the forecast day* were additionally tested. Furthermore wind direction dependent regression models were developed using subsamples of the data set divided into 8 wind direction classes.

Different regression function parameters were calculated for each of the 40 selected ozone monitoring sites to allow forecasting of regional ozone maxima throughout Austria. It was found that regression models with temperature difference and wind velocity as additional variables did not improve the results. Wind direction dependent regression models only slightly improved the results for some wind directions at some monitoring sites.

Best forecast results in general were achieved by using the base regression model with the temperature of the forecast day and the ozone maxima of the previous day as variables. Ozone forecast maps were calculated by spatial interpolation of the forecasted ozone maxima of the monitoring sites. Forecast accuracy is within +/-10 ppb on 70-80 % of the observed days. Errors higher than +/-10 ppb occur mainly on days with ozone maxima of 80 ppb and more.

Inhaltsverzeichnis

VORBEMERKUNGEN	1
1. DATENGRUNDLAGEN.....	2
1.1 WETTERDATEN	2
1.2 OZONMEB DATEN	6
2. ANALYSE DER STATISTISCHEN ABHÄNGIGKEITEN ZWISCHEN OZONMAXIMA UND METEOROLOGISCHEN KENNZAHLEN	7
2.1 KORRELATIONSANALYSEN.....	7
2.2 REGRESSIONSANALYSEN	16
3. AUSWAHL DER OZONPROGNOSEFUNKTIONEN UND AUSWAHL DER STATIONEN FÜR DIE OZONPROGNOSE.....	24
3.1 AUSWAHL DER FUNKTIONEN.....	24
3.2 AUSWAHL DER STATIONEN	25
3.3 BERECHNUNG VON MONATSWEISEN PROGNOSEFUNKTIONEN FÜR AUSGEWÄHLTE STATIONEN	30
4. OZONPROGNOSE FÜR JUNI BIS SEPTEMBER 1994.....	35
5. BERECHNUNG WEITERER PROGNOSEFUNKTIONEN.....	64
6. RESUMÉ	74
7. QUELLEN.....	77



Vorbemerkungen

Für den Hochsommer 1992 wurden erste retrospektive Prognosen der Ozonmaxima des nächsten Tages in Abhängigkeit der Variablen "heutige Ozonmaxima" und "Temperaturmaxima des nächsten Tages" berechnet (LOIBL, 1993). Diese Prognose zeigte insgesamt sehr gute Ergebnisse. Bei Ozonmaxima unter 80 ppb, lag die Fehlerbandbreite meist innerhalb von +/- 10 pbb.

Im Rahmen der vorliegenden Studie sollte anhand retrospektiver Prognosen für das Jahr 1994 geprüft werden, inwieweit dieses Prognoseverfahren unter Verwendung zusätzlicher Variablen, insbesondere von Winddaten, weiter optimiert werden kann.

Neu gegenüber den Prognosen für den Sommer 1992 ist neben dem Einsatz zusätzlicher Variablen, daß

1. Prognosefunktionen anhand der Daten aller Tage des Sommerhalbjahres und getrennt nach Windrichtungsklassen berechnet werden,
2. monatsweise Prognosefunktionen für ausgewählte Stationen berechnet werden,
3. Ozonmaxima für den Zeitraum von Juni bis September prognostiziert werden, und
4. Prognosen nicht mit bereits erfaßten Wetterdaten, sondern mit den jeweils für den nächsten Tag prognostizierten Wetterdaten durchgeführt werden.

Die Ergebnisse sind im Bericht in Form von ausgewählten Tabellen, Diagrammen und Karten enthalten. Zwischenergebnisse und die gesamten Prognoseergebnisse für alle Stationen und Tage sind in Anhängen in einem eigenen Anhangsband dargestellt.

1. Datengrundlagen

Für die statistische Ozonprognose werden zwei Variablengruppen benötigt:

- Daten der Wetterprognose für den nächsten Tag und
- Ozonmeßdaten des aktuellen Tages.

1.1 Wetterdaten

Als Wetterdaten stehen eine Reihe von Prognosewerten für den Zeitraum 1. April bis 30. September 1994 zur Verfügung. Meteorologische Prognosen werden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) seit 1993 den Ämtern der Landesregierungen als "Spezialprognosen für die Ozonüberwachung" für 19 ausgewählte Trajektorienaufpunkte (künftig "Wetterprognosepunkte" genannt) zur Prognose der Ozonmaxima zur Verfügung gestellt. Die Verteilung je Ozon-Überwachungsgebiet (ÜG) ist folgende:

- ÜG I: Litschau, St. Pölten, Wien - Hohe Warte, Eisenstadt
- ÜG2: Stolzalpe, Zeltweg, Graz, Kleinzicken
- ÜG3: Linz, Salzburg
- ÜG4: Aigen im Ennstal, Zell am See, Sonnblick
- ÜG5: Innsbruck, Reutte
- ÜG6: Feldkirch
- ÜG7: Lienz, Mallnitz, Klagenfurt

Die Daten werden vom Europäischen Zentrum für mittelfristige Wettervorhersage (ECMWF) in Reading, England und von der ZAMG für diese Wetterprognosepunkte in Österreich berechnet und mittels des MOS-Modells (Model Output Statistics) der ZAMG an die örtlichen Gegebenheiten angepaßt. Ausgangsbasis für die Wetterprognose - die sogenannte Ausgangslage (AGL)- ist die gesamteuropäische Wettersituation des Vortages zum Zeitpunkt 12 Uhr UTC (= 13 Uhr MEZ bzw. 14 Uhr Sommerzeit) - also jeweils "gestern Mittag". Die ECMWF-Prognosen werden ausgehend von dieser Ausgangslage für sieben Prognosetermine in sechsstündigen Intervallen errechnet:

Prognose-termin	Stunden nach Ausgangslage	Prognosezeitpunkt	Prognosetag
1	+ 18 hr	1. Tag nach AGL - 06 UTC	heute
2	+ 24 hr	1. Tag nach AGL - 12 UTC	heute
3	+ 30 hr	1. Tag nach AGL - 18 UTC	heute
4	+ 36 hr	2. Tag nach AGL - 00 UTC	morgen
5	+ 42 hr	2. Tag nach AGL - 06 UTC	morgen
6	+ 48 hr	2. Tag nach AGL - 12 UTC	morgen
7	+ 54 hr	2. Tag nach AGL - 18 UTC	morgen

Die Prognosen für den Mittag des nächsten Tag beruhen demnach auf Daten, die zum Prognosezeitpunkt bereits 48 Stunden zurückliegen. Daraus können sich Prognoseunsicherheiten ergeben, die sich bei der Prognose der Ozonmaxima weiter fortsetzen.

Für die Ozonprognose sind nur jene meteorologischen Daten sinnvoll einsetzbar, die

1. jeweils aktuell vom ECMWF prognostiziert und von der ZAMG an die 19 Wetterprognosepunkte für die Ozonüberwachungsgebiete angepaßt werden und
2. intervallskaliert sind, um in eine Regressionsfunktion eingehen zu können.

Grundsätzlich stehen folgende Prognosewerte je Wetterprognosepunkt zur Verfügung:

- 1 2-Meter-Temperatur (ECMWF) in °C
- 2 2-Meter-Temperatur (MOS) in °C
- 3 850 hPa-Temperatur (ECMWF) in °C
- 4 700 hPa-Temperatur (ECMWF) in °C
- 5 Adiabatische Temperatur (ECMWF), von 850 hPa auf den Punkt bezogen
- 6 Windrichtung 1000 hPa (ECMWF) in Grad
- 7 Windgeschw. 1000 hPa (ECMWF) in km/h
- 8 Windrichtung Boden (MOS) in Grad
- 9 Windgeschw. Boden (MOS) in km/h
- 10 Windrichtung 850 hPa (ECMWF) in Grad
- 11 Windgeschw. 850 hPa (ECMWF) in km/h
- 12 Windrichtung 700 hPa (ECMWF) in Grad
- 13 Windgeschw. 700 hPa (ECMWF) in km/h
- 14 relative Feuchte 850 hPa (ECMWF) in %
- 15 relative Feuchte 700 hPa (ECMWF) in %
- 16 absolute Feuchte 850 hPa (ECMWF) in 1/10 Gramm / m³
- 17 absolute Feuchte 700 hPa (ECMWF) in 1/10 Gramm / m³
- 18 Bedeckungsgrad (ECMWF) in Textform : "HEI", "WOL", "BED"
- 19 Bedeckungsgrad (MOS) in Textform "HEI", "WOL", "BED"
- 20 Niederschlag (ECMWF) in 1/10 mm (6-Stundensumme)
- 21 Niederschlag (MOS) : Niederschlagsmenge für 3 Termine in 4 Niederschlagsklassen,
heute 6 - 18 UTC, heute 18 UTC - morgen 6 UTC, morgen 6 - 18 UTC
- 22 Showalter-Index (ECMWF)

Ursprüngliche Überlegungen, eine größere Anzahl an Variablen wie Feuchte, Niederschlag, Windrichtungsänderung und deren Kombinationen im Hinblick auf ihre Relevanz für bessere Prognoseergebnisse zu testen, konnten aus Kostengründen nicht in vollem Umfang realisiert werden.

Daher wurden gemeinsam mit dem Auftraggeber drei Wetterprognose-Variablen mit folgenden Überlegungen ausgewählt:

- 2-Meter-Temperatur (MOS) für morgen 12 Uhr UTC
Die Temperatur dient während des Sommerhalbjahres als Indikator für Tage mit hoher Sonnenstrahlung, die ein wichtiger Einflußfaktor für die Ozonbildung ist.
- Windgeschwindigkeit Boden für morgen 12 Uhr UTC
Höhere Windgeschwindigkeiten zeigen bei hohen Ozonkonzentrationen erfahrungsgemäß einen gegensätzlichen Zusammenhang zur Ozonkonzentration, da hohe Windgeschwindigkeit eine rasche Verfrachtung und damit lokale Verdünnung der Ozonvorläufersubstanzen bewirken können. Dies führt zu geringerer Ozonbildung.
- Windrichtung in 850 hPa (1000 m) für morgen 12 Uhr UTC
Die Einbeziehung der Windrichtung soll den Ferntransport von Ozon - der als zufällig wirksame Einflußgröße vom statistischen Modell nicht erfaßt werden kann - mittelbar berücksichtigen: vor allem im Osten können, je nach Windrichtung, unterschiedliche Mengen von Vorläufersubstanzen und Ozon antransportiert werden.

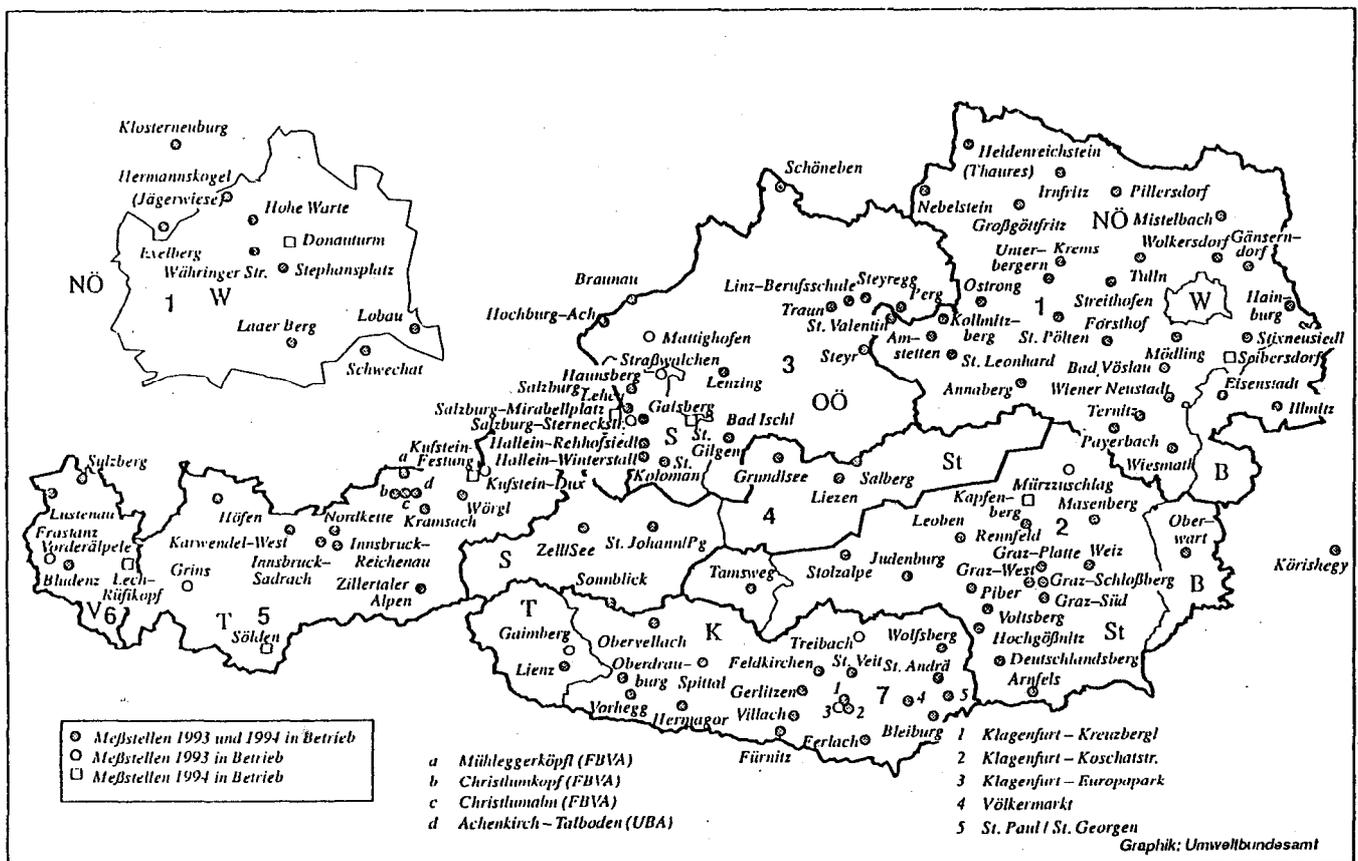
1.2 Ozonmeßdaten

Die Ozondaten aller Ozonmeßstationen wurden vom Umweltbundesamt für den Zeitraum 1. April 1994 bis 30. September 1994 als Halbstundenmittelwerte zur Verfügung gestellt. Aus diesen Halbstundenmittelwerten wurden jeweils die Tagesmaxima der Ozonkonzentration als maximaler Halbstundenmittelwert berechnet.

Ozonmaxima des Vortages zeigen die typische Belastungssituation an der betreffenden Ozonmeßstation, die Konzentration im Verhältnis zur Temperatur und liefern damit einen wichtigen Indikator für die Prognose der Ozonmaxima des nächsten Tages.

Die folgende Abbildung 1 zeigt die räumliche Verteilung der zur Verfügung stehenden Ozonmeßstationen.

Abbildung 1: Ozonmeßstationen 1993 und 1994 in Österreich



2. Analyse der statistischen Abhängigkeiten zwischen Ozonmaxima und meteorologischen Kennzahlen

Die Abhängigkeiten werden anhand von Korrelations- und Regressionsanalysen untersucht, wobei als Variable die "Ozonmaxima von heute", die "Mittagstemperatur von morgen" die "Temperaturdifferenz heute zu morgen", die "Windgeschwindigkeit" und die "Windrichtung" für den Zeitraum April bis September 1994 herangezogen werden.

2.1 Korrelationsanalysen

Der Pearson'sche Produktmoment Korrelationskoeffizient r^2 berechnet den statistischen Zusammenhang zwischen 2 Variablen x und y anhand folgender Gleichung :

$$r^2 = \frac{n\sum(x - \bar{x})^2 \cdot n\sum(y_t - \bar{y})^2}{((n\sum x^2 - n\sum \bar{x}^2) \cdot (n\sum y^2 - n\sum \bar{y}^2))^{1/2}} \quad (1)$$

Der Korrelationskoeffizient r^2 ist zwischen -1 und +1 normiert. Ein hoher Korrelationskoeffizient (nahe +1) weist auf einen hohen (linearen) statistischen Zusammenhang (und damit in der Regel auf einen hohen kausalen Zusammenhang) zwischen den jeweiligen Variablen hin.

Wie bereits erwähnt, gehen in das Ozonprognosemodell als wesentliche Variable die prognostizierten Temperaturmaxima des nächsten Tages ein, wobei die Ausgangslage dieser Prognose immerhin 48 Stunden zurückliegt. Daraus ergeben sich zwangsläufig Unsicherheiten bei der Prognose. Im Zuge des vorangegangenen Projekts wurde der Zusammenhang zwischen Temperaturmessung und Temperaturprognose bereits untersucht, um zu überprüfen, ob die Temperaturprognosen ausreichend genaue Ergebnisse liefern. Zu diesem Zweck wurden die Temperaturprognosen der ZAMG für Großräume (Bundesländer, Bundeslandgruppen) für 20 Tage der Ozonepisoden 1992 analysiert, wobei die von-bis-Prognosewerte je Bundesland(-gruppe) gemittelt und den gemessenen Temperaturwerten aller relevanten Ozonmeßstationen gegenübergestellt wurden (vgl. LOIBL, 1993).

Die Tab. 1 zeigt das Ergebnis dieser Überprüfung beispielhaft für einige Meßstationen, wobei jeweils nur der Korrelationskoeffizient jenes Wetterprognose(groß)raumes angeführt ist, dessen Temperaturwert die besten Ergebnisse liefert.

Tabelle 1: Korrelation der prognostizierten Temperaturmaxima mit den gemessenen Ozon- und Temperaturmaxima für ausgewählte Großräume und Meßstationen (Daten der Ozonepisoden 1992, Temperaturprognose der ZAMG, n=20)

Temperaturprognose für:	Pearsonkorrelation r^2	
	Temperatur	Ozon
Annaberg	0.914	0.629
Illmitz	0.943	0.824
Braunau	0.923	0.871
Hallein	0.938	0.928
Salberg	0.874	0.797
Deutschlandsberg	0.934	0.808
St. Michael	0.937	0.748
Ferlach	0.942	0.774

Das Ergebnis kann wie folgt zusammengefaßt werden:

- Die Korrelationen der prognostizierten mit den gemessenen Temperaturmaxima lagen damals jeweils fast durchwegs zwischen 0.8 bis 0.95, jene mit den Ozonwerten etwas darunter.
- Anhand dieser Ergebnisse konnte somit festgestellt werden, daß die gemessenen mit den prognostizierten Temperaturmaxima sehr gut übereinstimmen. Daraus folgt, daß die Prognosegenauigkeit der Temperaturprognosen entsprechend hoch ist und für eine Ozonprognose im allgemeinen ausreichend genau ist.
- Einschränkend muß jedoch betont werden, daß diese Analyse nur auf Daten von 20 Tagen hoher Ozonwerte beruht - also Daten, die während ausgesprochener Schönwetterperioden beobachtet bzw. prognostiziert wurden. Die Korrelation von gemessener und prognostizierter Temperatur über einen längeren Zeitraum würde mit Sicherheit geringere Abhängigkeiten ergeben. Dies bedeutet, daß auch gelegentliche Fehlprognosen erwartet werden können.

Für das gegenständliche Projekt wurden zur Berechnung der statistischen Abhängigkeiten für die jeweilige Ozonmeßstation nicht alle 19 Wetterprognosepunkte herangezogen, sondern nur die jeweils 3 am nächsten benachbarten Punkte. Zufällig korrelierende Wetterprognosepunkte ohne ausreichende Kausalbeziehung wurden ausgeschlossen. Dies betraf häufig die Station Sonnblick, deren Einbezug in die Regressionsfunktionen für Talstationen aufgrund der geringen Temperaturen zu hohen Regressions-Konstanten und damit zu hohen Mindest-Ozonwerten führen würde.

Die für die Ozonprognose relevanten Wetterprognosepunkte je Ozonmeßstation werden anhand der maximalen statistischen Abhängigkeit zwischen Temperaturprognose und

Ozonwert des zu prognostizierenden Tages ausgewählt. In der Tabelle 2 sind die Wetterprognosepunkte mit dem maximalen Korrelationskoeffizienten mit (*) markiert.

Entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers wurden die Korrelationen auch nach Windrichtungsklassen untersucht, wobei entsprechend der Windrichtung in Grad eine Einteilung in 8 Windrichtungsklassen mit 45 Grad-Intervallen erfolgte:

von Nordost (22.5° bis 67.5° ausgehend von Norden = 0° im Uhrzeigersinn)
bis Nord (-22.5° bis 22.5°)

Die folgende Tabelle 2 zeigt beispielhaft die Ergebnisse für 2 Meßstationen, und zwar für den Haunsberg bei Salzburg und für den Hermannskogel bei Wien. (Die Ergebnisse für alle 120 Meßstationen werden als Anhang 1 im Anhangsband dargestellt).

Die Tabelle 3 zeigt als weiteren Ausschnitt des Anhangs 1 die Korrelationskoeffizienten aller Meßstellen - allerdings nur windrichtungsunabhängig für alle Beobachtungstage und absteigend nach r^2 sortiert.

Tabelle 2: Korrelationskoeffizienten Ozon-Maxima versus meteorologische Daten - Sommer 1994

Ozon-Mess-Station:		Haunsberg S						
Wetterprognosepunkt		Tage	Temperatur 2m	Temp.- differenz 2m	Wind- geschw. 10m	Wind- geschw. -diff.	Wind- richtung 850 hPa	Wind- richt. -diff.
Tage des gesamten Zeitraumes								
Zell.a.S.	S	179	.564	.176	.062	-.376	.000	-.114
Salzburg	S	179 *	.566	.115	-.136	-.365	-.129	-.106
Stolzalpe	Stmk	179	.547	.164	-.317	-.424	-.144	-.127
Tage mit Windrichtung:NE								
Zell.a.S.	S	16	.864	-.117	.146	-.338	.000	.000
Salzburg	S	14	.822	-.308	-.127	-.279	-.361	.000
Stolzalpe	Stmk	12 *	.927	-.110	-.526	-.525	.000	.000
Tage mit Windrichtung:E								
Zell.a.S.	S	9	.710	.301	.266	-.596	-.664	-.541
Salzburg	S	11	.692	-.115	.219	-.306	-.231	-.318
Stolzalpe	Stmk	14 *	.791	-.404	-.268	-.368	.000	.000
Tage mit Windrichtung:SE								
Zell.a.S.	S	5	.469	.295	.194	.105	.000	.000
Salzburg	S	13	.241	-.294	-.213	-.363	-.393	-.293
Stolzalpe	Stmk	9 *	.537	-.062	-.428	-.147	.000	.000
Tage mit Windrichtung:S								
Zell.a.S.	S	19	.209	-.168	-.237	-.423	.000	-.242
Salzburg	S	7	.461	-.354	-.357	-.510	-.445	.000
Stolzalpe	Stmk	24 *	.482	-.179	.027	-.343	.000	-.026
Tage mit Windrichtung:SW								
Zell.a.S.	S	18	.384	.284	.010	-.030	.000	.000
Salzburg	S	16 *	.421	.083	.416	.217	.073	.000
Stolzalpe	Stmk	34	.382	.049	-.016	-.129	.000	.110
Tage mit Windrichtung:W								
Zell.a.S.	S	53	.370	.058	.085	-.246	.000	-.198
Salzburg	S	54	.347	.000	-.242	-.205	.000	-.148
Stolzalpe	Stmk	31 *	.379	.000	-.189	-.118	.000	.000
Tage mit Windrichtung:NW								
Zell.a.S.	S	42 *	.795	.000	.194	-.544	.227	-.053
Salzburg	S	40	.756	.000	-.366	-.569	.000	-.041
Stolzalpe	Stmk	29	.479	.000	-.423	-.442	-.407	-.335
Tage mit Windrichtung:N								
Zell.a.S.	S	17 *	.839	.000	.207	-.380	-.234	.000
Salzburg	S	24	.717	-.167	-.345	-.477	-.061	.000
Stolzalpe	Stmk	26	.749	.000	-.553	-.608	-.298	-.143

*) Der mit * gekennzeichnete Ort weist für die Tage der einzelnen Windrichtungen jeweils den höchsten r^2 der 3 nächsten Wetterprognosepunkte auf und wird in weiterer Folge für die Regressionsanalysen herangezogen.

Tabelle 2: Fortsetzung

Ozon-Mess-Station: *)		Hermannskogel W						
Wetterprognose-	Tage	Tempe-	Temp.-	Wind-	Wind-	Wind-	Wind-	
punkt		ratur	differenz	geschw.	geschw.	richtung	richt.	
		2m	2m	10m	-diff.	850 hPa	-diff.	
Tage des gesamten Zeitraumes								
St_Poelten	Noe	179	.690	.221	-.393	-.435	-.048	
Wien_19	W	179 *	.694	.230	-.341	-.447	.038	
Eisenstadt	B	179	.675	.171	-.313	-.443	.032	
Tage mit Windrichtung:NE								
St_Poelten	Noe	12 *	.810	-.092	-.200	-.309	.000	
Wien_19	W	8	.603	-.372	-.401	-.653	.070	
Eisenstadt	B	9	.409	-.246	-.490	-.552	.000	
Tage mit Windrichtung:E								
St_Poelten	Noe	12	.825	.172	-.548	-.370	.000	
Wien_19	W	12	.848	.391	-.591	-.544	-.080	
Eisenstadt	B	11 *	.861	.501	-.665	-.540	.000	
Tage mit Windrichtung:SE								
St_Poelten	Noe	28	.784	-.159	.129	-.033	.000	
Wien_19	W	27	.788	-.069	.278	-.029	.000	
Eisenstadt	B	14 *	.803	-.255	-.123	-.229	.000	
Tage mit Windrichtung:S								
St_Poelten	Noe	24	.503	.148	-.262	-.207	.000	
Wien_19	W	28	.570	.004	-.395	-.461	.032	
Eisenstadt	B	42 *	.652	-.048	-.180	-.391	.132	
Tage mit Windrichtung:SW								
St_Poelten	Noe	13	.566	.177	.018	-.474	.000	
Wien_19	W	13	.588	.165	-.188	-.277	.000	
Eisenstadt	B	19 *	.653	.000	-.031	-.156	.000	
Tage mit Windrichtung:W								
St_Poelten	Noe	41 *	.596	.150	-.170	-.257	-.081	
Wien_19	W	34	.503	.000	.027	-.129	.089	
Eisenstadt	B	22	.440	.000	.124	-.163	.000	
Tage mit Windrichtung:NW								
St_Poelten	Noe	32	.733	.000	-.482	-.536	-.103	
Wien_19	W	34 *	.734	.000	-.466	-.461	-.027	
Eisenstadt	B	38	.729	.000	-.568	-.444	.000	
Tage mit Windrichtung:N								
St_Poelten	Noe	17	.815	-.073	-.304	-.552	.000	
Wien_19	W	23 *	.855	.029	-.531	-.591	.000	
Eisenstadt	B	24	.798	.000	-.654	-.577	-.297	

*) Der mit * gekennzeichnete Ort weist für die Tage der einzelnen Windrichtungen jeweils den höchsten r^2 der 3 nächsten Wetterprognosepunkte auf und wird in weiterer Folge für die Regressionsanalysen herangezogen.

Tabelle 3: Korrelationskoeffizienten zwischen Ozonkonzentration und Temperatur ohne Windrichtungsberücksichtigung für alle Ozonmeßstationen (sortiert nach absteigendem r^2)

Ozon-Meßstation	Wetterprognosepunkt	r^2
Kollmitzberg Noe	Linz	0.76
Imfritz Noe	Wien_19	0.75
St.Valentin Noe	Linz	0.75
Donauturm Wien	Wien_19	0.74
Klosterneuburg Noe	Wien_19	0.74
Nebelstein Noe	Linz	0.74
Pillersdorf Noe	Wien_19	0.74
Amstetten Noe	Linz	0.73
Hermannskogel W	Wien_19	0.73
Perg OOe	Linz	0.73
Traun Ooe	Linz	0.73
Bad Ischl Noe	Linz	0.72
Linz Ooe	Linz	0.72
Mistelbach Noe	Wien_19	0.72
Steyregg Ooe	Linz	0.72
Gaenserndorf Noe	Wien_19	0.71
Dunkelsteinerw. Noe	St_Poelten	0.71
Exelberg W	Wien_19	0.70
Ostrong Noe	Linz	0.70
Schoeneben Ooe	Linz	0.70
Hainburg Noe	Wien_19	0.69
Heidenreichstein Noe	Litschau	0.69
Laaberg W	Wien_19	0.69
St.Leonhard Noe	Linz	0.69
Weiz Stmk	Kleinzicken	0.69
Braunau Ooe	Linz	0.68
Graz-Schlossbg Stmk	Graz	0.68
Krems Noe	Litschau	0.68
Lenzing Ooe	Linz	0.68
St. Poelten Noe	Linz	0.68
Graz-Sued Stmk	Graz	0.67
Hallein Reh Stmk	Salzburg	0.67
Hochburg-Ach Ooe	Linz	0.67
Steyr Ooe	Linz	0.67
Wolkersdorf Noe	St_Poelten	0.67
Grossgoettfritz Noe	Wien_19	0.66
Graz-West Stmk	Graz	0.66
Bleiburg K	Klagenfurt	0.65
Oberwart B	Eisenstadt	0.65
Arnfels Stmk	Graz	0.64
Deutschlandbg Stmk	Graz	0.64
Graz-Platte Stmk	Graz	0.64
Masenberg Stmk	Kleinzicken	0.64
Wien Stephansplatz W	Wien_19	0.64

Tabelle 3: Fortsetzung

Ozon-Meßstation	Wetterprognosepunkt	r ²
Ternitz Noe	Wien_19	0.64
Wien 9 UBA-AFL W	Eisenstadt	0.63
St.Gilgen Ooe	Linz	0.63
Kapfenberg Stmk	Graz	0.63
Stixneusiedl Noe	Wien_19	0.63
Voitsberg Stmk	Graz	0.63
Hochgoessnitz Stmk	Graz	0.62
St. Kolomann S	Litschau	0.62
Voelkermarkt K	Klagenfurt	0.62
Wiesmath Noe	Wien_19	0.62
Klagenfurt Koschatstr. K	Klagenfurt	0.61
Piber Stmk	Graz	0.61
Wolfsberg K	Zeltweg	0.61
Feldkirchen K	Klagenfurt	0.60
Klagenfurt Kreuzberg! K	Klagenfurt	0.60
Moedling Noe	Wien_19	0.60
Salberg Stmk	Zeltweg	0.60
Schwechat Noe	Wien_19	0.60
Wien 19 ZAMG W	Wien_19	0.60
Annaberg Noe	Aigen_Enns	0.59
Bad Voeslau Noe	Wien_19	0.59
Forstthof/Schoepfl Noe	Linz	0.59
Gerlitzten K	Klagenfurt	0.59
Hallein Wint. S	Salzburg	0.59
St. Paul K	Klagenfurt	0.59
Wr.Neustadt Noe	Wien_19	0.59
Eisenstadt B	Wien_19	0.58
Ferlach K	Klagenfurt	0.58
Lienz T	Lienz	0.58
Payerbach Noe	Wien_19	0.58
Salzburg S	Linz	0.58
St. Veit K	Klagenfurt	0.58
St. Andrae K	Klagenfurt	0.57
Bludenz Vbg	Feldkirch	0.57
Hermagor	Klagenfurt	0.57
St. Johann/Pongau S	Salzburg	0.57
Lobau W	Wien_19	0.57
Rennfeld Stmk	Aigen_Enns	0.57
Vorhegg K	Klagenfurt	0.57
Achenkirch Talboden T	Zell.a.S.	0.56
Spittal K	Klagenfurt	0.55
Villach K	Klagenfurt	0.55
Fuernitz K	Klagenfurt	0.54
Gaisberg S	Salzburg	0.54
Haunsberg S	Salzburg	0.54
Innsbruck Sadrach T	Innsbruck	0.54
Lustenau Vbg	Feldkirch	0.54
Oberdrauburg K	Klagenfurt	0.54

Tabelle 3: Fortsetzung

Ozon-Meßstation	Wetterprognosepunkt	r^2
Judenburg Stmk	Aigen_Enns	0.53
Leoben Stmk	Zeltweg	0.52
Nordkette T	Innsbruck	0.52
Grundlsee Stmk	Salzburg	0.51
Illmitz B	Eisenstadt	0.51
Innsbruck Reichenau T	Innsbruck	0.50
Karwendel T	Innsbruck	0.50
Zillertal T	Innsbruck	0.50
Liezen Stmk	Zeltweg	0.49
Streithofen Noe	Litschau	0.49
Sulzberg Vbg	Feldkirch	0.49
Obervellach K	Lienz	0.48
Stolzalpe Stmk	Zeltweg	0.48
Woergl T	Innsbruck	0.48
Achenkirch Zenzfeld T	Innsbruck	0.47
Kramsach T	Innsbruck	0.47
Hoefen Laerchbichl T	Innsbruck	0.46
Kufstein T	Innsbruck	0.46
Zell am See S	Innsbruck	0.46
Soelden T	Innsbruck	0.42
Sonnblick S	Salzburg	0.39
Achenkirch Muehleggerk. T	Zell.a.S.	0.37
Tulln Noe	Litschau	0.35
Tamsweg S	Stolzalpe	0.34
Lech Ruefikopf Vbg	Feldkirch	0.26

Aus den Korrelationsanalysen der Tabellen 2 und 3 (siehe hierzu auch Anhang 1) läßt sich folgendes ablesen:

1. Der Korrelationskoeffizient r^2 zwischen Ozonmaximum und Temperaturprognose beträgt bei einem Großteil der Stationen um 0,6. Die Korrelationskoeffizienten der prognostizierten und der tatsächlichen Werte ist somit gegenüber jenen des Jahres 1992 insgesamt etwas geringer. Die Gründe dafür sind, daß
 - (a) die Daten des Jahres 1992 auf Juli und August beschränkt waren und innerhalb dieses Zeitraumes in der Regel weniger streuen,
 - (b) die Temperaturdaten des Jahres 1994 nicht für die Orte der Ozonmeßstationen sondern für Punkte vorliegen, die von den Ozonmeßstationen erheblich entfernt sein können und
 - (c) es keine Meßwerte sind, sondern Prognosewerte mit entsprechenden Unsicherheiten.
2. Abgesehen von der Temperatur zeigt sich zu keiner weiteren Variablen ein hoher positiver bzw. hoher negativer Zusammenhang.

3. Die windrichtungsspezifischen Korrelationskoeffizienten sind häufig etwas höher als die windrichtungsunabhängigen Koeffizienten, was u.a. auf die wenigen Beobachtungstage je Windrichtungsklasse zurückzuführen ist.
4. Für bestimmte Windrichtungen je Station ist ein überraschend geringer Zusammenhang festzustellen.

Die sich daraus ergebenden Schlüsse sind im Zuge der im folgenden Kapitel behandelten Regressionsanalysen weiter zu überprüfen:

- Die allgemeine Verwendung von Winddaten ergänzend zur Temperaturprognose dürfte keinen wesentlichen Beitrag zu einer Verbesserung der Prognosefunktion liefern. Die Korrelationsanalyse mit Differenzvariablen der Windrichtung und Windgeschwindigkeit zeigt keinen ausreichenden statistischen Zusammenhang.
- Windrichtungsspezifische Prognosefunktionen können derzeit nur bedingt eingesetzt werden, da die Zahl der Beobachtungsfälle für einen Teil der Windrichtungsklassen (mit 15 oder weniger Beobachtungstagen - dies entspricht 10 % der Beobachtungsfälle oder weniger) zu gering ist. Der Einbezug von Daten mehrerer Jahre würde die Zuverlässigkeit der Aussagen erhöhen.
- Ein weiteres Problem, das sich bereits hier zeigt, aber erst im Zuge der Prognose von Bedeutung ist, ist die Frage, welcher Wetterprognosepunkt bei welcher Windrichtung herangezogen wird. Dies ist vor allem dann nicht eindeutig lösbar, wenn für die in Betracht gezogenen Wetterprognosepunkte Wind aus unterschiedlichen Windrichtungsklassen prognostiziert wird. Als Lösung wurde immer der Wetterprognosepunkt aus der definierten Dreiergruppe gewählt, der sich anhand des maximalen Korrelationskoeffizienten zwischen den Ozonwerten und Temperaturprognosewerten ergibt.

2.2 Regressionsanalysen

Nachdem mit Hilfe der Korrelationsanalysen ein linearer Zusammenhang zwischen den Ozonwerten und der Temperatur nachgewiesen wurde, kann davon ausgegangen werden, daß multiple lineare Regressionsfunktionen mit dem Temperaturmaximum des Prognosetages und dem Ozonmaximum des Vortages sinnvolle Prognosen liefern.

Bei einer Regressionsanalyse wird der Wert der Zielgröße zu den Werten einer oder mehrerer Einflußgrößen in Beziehung gesetzt. Ergebnis der Regressionsanalyse sind Regressionsfunktionen oder -gleichungen mit Variablen und den Einfluß quantifizierenden, zugehörigen Koeffizienten. Die Zielgröße (= abhängige Variable) kann durch die Regressionskoeffizienten und die Werte der unabhängigen oder erklärenden Variablen berechnet werden. Die Regressionsfunktion beschreibt jene Gerade, deren Lage die geringste (quadratische) Abweichung von den Meßpunkten innerhalb des Merkmalsraumes erlaubt.

In einer vergleichenden Analyse unterschiedlicher Prognosemodelle anhand von - allerdings wenigen - Ozonmeßstationen im Westen der USA wurde gezeigt, daß einfache, bivariate lineare Regressionen oft besser geeignet sind als aufwendigere statistische Verfahren etwa auf der Basis von nichtstationären stochastischen Prozessen (vgl. ROBESON M.S. u. STEYN D.G., 1990). In einer umfangreichere Untersuchung in Baden-Württemberg unter Einbeziehung von 65 Meßstationen konnte dieser Schluß bestätigt werden (SENNEWALD E., 1994).

Folgende Regressionsanalysen wurden durchgeführt:

1. Ozonmaximum in Abhängigkeit vom Vortagsmaximum und der prognostizierten Temperatur
2. Ozonmaximum in Abhängigkeit vom Vortagsmaximum und der Differenz zwischen Vortagstemperatur und prognostizierter Temperatur.
3. Ozonmaximum in Abhängigkeit vom Vortagsozonmaximum, prognostizierter Temperatur und Windgeschwindigkeit

In Anlehnung an Sennewald (SENNEWALD E., 1994) wurden die Funktionen nicht nur anhand aller Tage des Zeitraumes April bis September berechnet, sondern auch anhand der Tage mit einer Temperatur über 20° C. Es zeigte sich, daß die Korrelationskoeffizienten durchwegs höher waren als bei jenen Regressionsanalysen, die sich aus den Meß- und Prognosedaten aller Tage ergaben. Da damit die Beziehung Ozon vs. Temperatur auf Schönwettertage beschränkt ist, ist davon auszugehen, daß die Prognoseergebnisse näher an extreme Ozonwerte herankommen, als bei der Anwendung der Funktion für alle Tage - deshalb werden diese Funktionen für die Prognosen herangezogen.

Den Funktionen der 3 angeführten Variablenkombinationen liegen folgende Arbeitshypothesen zugrunde:

Die Arbeitshypothese für Funktion 1 (Gleichung 2) ist, daß hohe Ozonmaxima des Vortages und hohe Temperaturwerte des Prognosetages zu entsprechend hohen Ozonmaxima des Prognosetages führen. Die Standardform der hier verwendeten multiplen Regressionsgleichung ist

$$\text{Ozon}_{t+1} = a + b * \text{Ozon}_t + c * \text{Temperatur}_{t+1} + R \quad (2)$$

R ist jeweils das Residuum, welches die zufällige oder durch die Funktion nicht erklärte Abweichung vom gemessenen zum prognostizierten Wert darstellt.

Die Arbeitshypothese für Funktion 2 (Gleichung 3) ist, daß hohe Ozonmaxima des Vortages und hohe positive Differenzen der Temperatur des Prognosetages zur Temperatur des Vortages zu entsprechen hohen Ozonmaxima des Prognosetages führen.

$$\text{Ozon}_{t+1} = a + b * \text{Ozon}_t + c * \text{Temperaturdiff.}_{(t+1)-t} + R \quad (3)$$

Die Arbeitshypothese für Funktion 3 (Gleichung 4) ist, daß hohe Ozonmaxima des Vortages und hohe Temperaturwerte des Prognosetages bei geringeren Windgeschwindigkeiten (in 850 hPa = ca. 1000 m Höhe) zu höheren Ozonmaxima am Prognosetage führen; hohe Windgeschwindigkeiten führen trotz hoher Temperatur zu geringeren Ozonmaxima. D. h. bei starkem Wind erfolgt ein Einbruch der Ozonmaxima. Dieser Einfluß kommt jedoch erst bei relativ hohen Ozonwerten zur Geltung. Eine derartige Funktion kann deshalb nicht als allgemeine Prognosefunktion eingesetzt werden, sondern nur für Tage mit hohen Vortagsmaxima und prognostizierten höheren Windgeschwindigkeiten.

$$\text{Ozon}_{t+1} = a + b * \text{Ozon}_t + c * \text{Temp}_{(t+1)} + d * \text{Windgeschw}_t + R \quad (4)$$

Die Berechnungen wurden sowohl für alle Tage als auch getrennt nach Windrichtungsklassen durchgeführt. Die folgende Tabelle 4 ist ein Ausschnitt des Anhanges 2 im Anhangsband und zeigt Ergebnisse der Prognosefunktion 1 beispielhaft für 2 Stationen (Haunsberg - Salzburg und Hermannskogel - Wien). Sie enthält die Regressionskonstante (a) und die Regressionskoeffizienten (b, c) für die Variablen "Ozonkonzentration des Vortages der Station i " $O_{t,i}$ und "Mittagstemperaturprognose des Wetterprognosepunktes j " $temp_{t+1,j}$. Durch Einsetzen der Regressionsparameter in die Funktion für die einzelnen Ozonmeßstationen ergibt sich die Prognosefunktion. Die Gleichung (5) liefert beispielsweise mit der Konstanten und den Koeffizienten der Regressionsanalyse für die Ozonmeßstation Haunsberg folgende Prognosefunktion:

$$O_{t+1,Haunsberg} = 7.774 + 0.648 * O_{t,Haunsberg} + 0.588 * temp_{t+1,(Salzburg)} \quad (5)$$

Als Temperaturprognosewert wurde jener des Wetterprognosepunktes Salzburg herangezogen.

Tabelle 4 enthält weiters die Korrelationskoeffizienten r^2 zwischen Messung und Prognose und den *rms-error*, dies ist die mittlere Abweichung der prognostizierten Daten von den Meßdaten (= der Residuenmittelwert), als Kennzahlen für die Güte der Funktion. Je näher r^2 bei 1 liegt und je näher der *rms-error* bei 0 liegt, desto geringer sind die Abweichungen und desto genauer können Ozonwerte prognostiziert werden.

Die Tabelle zeigt weiters beispielhaft, daß das r^2 von Funktionen einzelner Windrichtungen mit wenigen Beobachtungstagen zwar höher ausfallen kann als bei windrichtungsunabhängigen Funktionen, der *rms-error* sich jedoch nur in geringem Umfang verringert; in gewissen Fällen tritt sogar das Gegenteil ein - der mittlere Fehler kann aufgrund der windrichtungsspezifischen Funktion größer sein als jener der windrichtungsunabhängigen Funktion. Der Anhang 2 (im Anhangsband) enthält die entsprechenden Werte für alle Stationen.

Aufgrund der geringen Zahl an Beobachtungstagen sind die windrichtungsspezifischen Funktionen jeweils nur für gewisse Windrichtungen einsetzbar. Weiters ist anzumerken, daß sich Funktionen mit negativen Regressionskoeffizienten (b und c) ebensowenig sinnvoll verwenden lassen wie jene Funktionen, die nur auf wenigen Beobachtungstagen basieren. Im Fall von Wind aus diesen Richtungen sollte daher immer die windrichtungsunabhängige Funktion eingesetzt werden. Erst nach etwaiger Auswertung von Daten über einen größeren Zeitraum können windrichtungsabhängige Funktionen mit größerer Repräsentativität erzeugt werden, die besser für die Prognose herangezogen werden können.

Tabelle 4: Regressionsfunktion zur Prognose der Ozonmaxima - Sommer 1994

Ozon-Mess-Station:		Haunsberg S				
Wetterprognose punkt	Tage	Regressionsparameter			r ²	RMS- Fehler
		Konstante	Koef. Ozonmax. Vortag	Koef. Temp.- prognose		
		a	b	c		
	alle Tage:	178				
10 Salzburg	S	7.774	.648	.588	.607	9.566
Wind aus NE:	12					
10 Salzburg	S	4.736	.415	1.457	.813	6.439
Wind aus E:	14					
10 Salzburg	S	16.627	.687	.231	.771	5.776
Wind aus SE:	9					
10 Salzburg	S	14.368	.840	-.221	.863	5.494
Wind aus S:	24					
10 Salzburg	S	7.334	.669	.456	.470	13.451
Wind aus SW:	34					
10 Salzburg	S	20.977	.663	-.158	.611	7.326
Wind aus W:	31					
10 Salzburg	S	14.253	.538	.490	.349	12.075
Wind aus NW:	29					
10 Salzburg	S	6.278	.548	.986	.718	8.408
Wind aus N:	26					
10 Salzburg	S	6.638	.673	.748	.738	8.888

Ozon-Mess-Station:		Hermannskogel W				
Wetterprognose punkt	Tage	Regressionsparameter			r ²	RMS- Fehler
		Konstante	Koef. Ozonmax. Vortag	Koef. Temp.- prognose		
		a	b	c		
	alle Tage:	151				
4 Wien_19	W	6.559	.404	1.380	.576	12.430
Wind aus NE:	9					
4 Wien_19	W	35.507	.368	.439	.648	8.208
Wind aus E:	11					
4 Wien_19	W	-50.058	1.696	.174	.784	11.176
Wind aus SE:	13					
4 Wien_19	W	21.151	.279	1.246	.666	11.319
Wind aus S:	30					
4 Wien_19	W	5.510	.768	.520	.649	12.725
Wind aus SW:	18					
4 Wien_19	W	10.237	.411	1.181	.485	12.217
Wind aus W:	20					
4 Wien_19	W	13.886	.235	1.228	.315	12.393
Wind aus NW:	31					
4 Wien_19	W	-.540	.316	1.874	.584	11.916
Wind aus N:	20					
4 Wien_19	W	3.694	.176	2.082	.763	9.523

Tabelle 5 zeigt unter Verzicht der Darstellung der Regressionskoeffizienten die r^2 und *rms-Fehler* der Regressionsanalysen der drei vorgegebenen Variablenkombinationen:

Funktion 1: mit den Variablen 'Vortagsozon', 'Temperaturprognose'

Funktion 2: mit den Variablen 'Vortagsozon', 'Temperaturdifferenz Prognosetag, Vortag'

Funktion 3: mit den Variablen 'Vortagsozon', 'Temperaturprognose', 'Prognose der Windgeschwindigkeit'

Für alle 3 Funktionen werden auch die windrichtungsspezifischen Ergebnisse dargestellt. Es wird nur ein Querschnitt ausgewählter Stationen dargestellt, die komplette Tabelle ist als Anhang 3 im Anhangsband enthalten.

Aus der Tabelle 5 sowie den Anhängen 2 bis 4 ist folgendes ersichtlich:

- Die Funktion 1 - die Regressionsfunktion mit den Temperaturmaxima der Prognosetage - liefert die höchsten Korrelationen und zeigen insgesamt die relativ niedrigsten mittleren Fehler. Diese liegen zum Teil weit unter 10 ppb - vor allem an Ozonmeßstellen der westlichen Bundesländer und hier besonders bei Stationen in höheren Lagen. Stationen im Osten und hier vor allem jene im Nahbereich der Ballungszentren liefern mittlere Fehler von 10 bis 13 ppb, im Einzelfall sogar 15 ppb.
- Die Ergebnisse der Funktion 2 - die Regressionsfunktion mit der Temperaturdifferenz - zeigen zwar eine geringere Korrelation, die mittleren Fehler fallen jedoch bei den Prognosen von Ozonwerten an Bergstationen etwas geringer aus (7 - 9 ppb) als bei der Prognosefunktion 1. Wie beschrieben wurden die Ozonmaxima und nicht die Differenz der Ozonmaxima zum Vortag mit der Temperaturdifferenz in Beziehung gebracht. Das Heranziehen der Differenz der Ozonmaxima liefert, wie Tests in der Vergangenheit zeigten, zu labile Ergebnisse. Es wird eine wesentlich stärkere Abhängigkeit der Ozonmaximaänderung von der Temperaturänderung impliziert, als tatsächlich gegeben ist.
- Die Funktion 3 - die Regressionsfunktion mit den Temperaturmaxima und Windgeschwindigkeiten - liefert die geringsten Korrelationen und zeigt insgesamt größere mittlere Fehler. Im Anhang 2a, 2b und 2c des Anhangsbandes sind die Regressionskoeffizienten aller 3 Funktionen dargestellt. Daraus geht hervor, daß der Einfluß der Windgeschwindigkeit in Relation zum Einfluß der Vortagsozonmaxima und der Temperaturprognose innerhalb der Funktion minimal ist. Die Regressionskoeffizienten für die Windgeschwindigkeit liegen in der Größenordnung von 10^{-3} .

Tabelle 5: Ergebnis dreier Regressionsanalysen von Ozon mit Wetterprognosevariablen für ausgewählte Stationen - Zahl der Beobachtungstage, Korrelationskoeffizienten (corr) und mittlere Fehler (err) jeweils an allen Tagen (*) und nach Windrichtungen

1 Achenkirch T	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	177	15	9	5	19	18	53	42	17	Tage:	177	15	9	5	19	18	53	42	17	
Funktion1:	corr:	.56	.73	.38	.82	.43	.30	.47	.72	.66	err:	8.2	7.4	6.2	7.4	8.1	7.7	9.2	7.0	8.0
Funktion2:		.57	.57	.42	.80	.41	.37	.50	.68	.59		8.1	9.3	5.9	7.7	8.2	7.3	9.0	7.5	8.8
Funktion3:		.53	.47	.38	.79	.39	.30	.46	.64	.49		8.5	10.3	6.2	8.1	8.3	7.7	9.3	8.0	9.8
8 Annaberg Noe	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	177	12	11	15	19	23	40	36	22	Tage:	177	12	11	15	19	23	40	36	22	
Funktion1:	corr:	.56	.57	.75	.65	.56	.51	.51	.61	.41	err:	9.3	10.6	7.5	10.4	8.4	5.9	10.2	7.9	9.8
Funktion2:		.55	.51	.51	.62	.58	.51	.46	.61	.49		9.5	11.9	11.2	8.8	9.0	9.8	9.9	7.2	10.7
Funktion3:		.49	.46	.58	.54	.55	.51	.46	.47	.28		10.1	12.0	9.6	12.0	8.4	6.0	10.7	9.3	10.8
17 Eisenstadt B	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	151	9	11	13	30	18	20	31	20	Tage:	151	9	11	13	30	18	20	31	20	
Funktion1:	corr:	.56	.27	.66	.78	.70	.87	.27	.40	.81	err:	11.1	15.8	9.2	7.9	8.6	5.2	12.9	11.6	9.7
Funktion2:		.54	.41	.73	.70	.77	.75	.16	.61	.56		11.4	17.3	9.2	7.7	7.0	9.2	12.9	9.9	14.3
Funktion3:		.46	.33	.70	.70	.74	.69	.10	.37	.51		12.2	18.5	9.7	7.7	7.4	10.4	13.3	12.7	15.0
30 Graz-Schlossbg St	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	163	10	13	9	25	39	15	29	27	Tage:	163	10	13	9	25	39	15	29	27	
Funktion1:	corr:	.57	.69	.50	.55	.72	.34	.74	.26	.69	err:	9.7	11.8	9.5	10.3	8.9	8.3	6.5	12.4	8.8
Funktion2:		.57	.66	.42	.62	.81	.45	.61	.20	.66		9.7	12.3	10.2	9.5	7.4	7.5	7.9	12.8	9.2
Funktion3:		.51	.66	.42	.52	.71	.18	.55	.14	.65		10.4	12.4	10.2	10.6	9.1	9.2	8.5	13.3	9.3
36 Haunsberg S	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	178	12	14	9	24	34	31	29	26	Tage:	178	12	14	9	24	34	31	29	26	
Funktion1:	corr:	.61	.81	.77	.86	.47	.61	.35	.72	.74	err:	9.6	6.4	5.8	5.5	13.5	7.3	12.1	8.4	8.9
Funktion2:		.62	.74	.74	.97	.53	.64	.42	.75	.68		9.4	9.5	6.1	3.3	8.0	7.4	11.9	8.0	9.7
Funktion3:		.56	.68	.76	.85	.45	.61	.32	.59	.70		10.1	8.5	5.9	5.7	13.7	7.4	12.3	10.2	9.4
40 Hermannskogel W	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	151	9	11	13	30	18	20	31	20	Tage:	151	9	11	13	30	18	20	31	20	
Funktion1:	corr:	.58	.65	.78	.67	.65	.49	.32	.58	.76	err:	12.4	8.2	11.2	11.3	12.7	12.2	12.4	11.9	9.5
Funktion2:		.58	.80	.73	.48	.79	.62	.34	.70	.52		12.3	6.5	12.3	15.4	6.4	11.0	11.5	10.0	15.9
Funktion3:		.45	.62	.78	.53	.63	.33	.18	.34	.48		14.2	8.5	11.2	13.4	13.0	13.9	13.6	15.0	14.1
42 Hoefen T	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	178	16	9	5	19	18	53	42	17	Tage:	178	16	9	5	19	18	53	42	17	
Funktion1:	corr:	.60	.83	.69	.51	.81	.44	.44	.79	.79	err:	9.0	6.2	5.9	12.9	5.9	9.7	10.0	7.7	7.0
Funktion2:		.61	.73	.90	.63	.57	.48	.49	.71	.44		8.9	7.0	4.9	10.9	8.7	10.0	9.5	8.9	10.6
Funktion3:		.56	.52	.67	.41	.81	.44	.42	.68	.60		9.5	10.3	6.0	14.1	5.9	9.7	10.2	9.4	9.8
43 Illmitz B	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	168	8	13	7	34	36	14	33	27	Tage:	168	8	13	7	34	36	14	33	27	
Funktion1:	corr:	.40	.87	.21	.41	.70	.05	.47	.28	.58	err:	11.2	8.9	10.4	9.8	7.3	9.8	8.7	13.8	10.0
Funktion2:		.37	.91	.57	.47	.48	.40	.20	.53	.57		11.5	7.2	10.7	9.2	9.1	7.7	12.8	9.5	11.9
Funktion3:		.34	.87	.04	.33	.69	.00	.41	.14	.46		11.8	8.9	11.5	10.4	7.4	10.1	9.1	15.1	11.3

Tabelle 5: Fortsetzung

45 Innsbruck Sadrach *	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N			
Tage:	178	14	10	6	9	22	62	33	23	Tage	178	14	10	6	9	22	62	33	23	
Funktion1:	corr:	.49	.78	.43	.79	.70	.15	.38	.60	.67	err:	11.1	7.5	8.4	8.8	11.4	12.3	11.3	10.8	10.5
Funktion2:		.50	.67	.55	.73	.74	.44	.51	.13	.44		11.3	9.3	11.3	11.5	8.3	8.0	10.0	13.5	11.0
Funktion3:		.44	.64	.43	.79	.70	.13	.35	.48	.44		11.5	9.6	8.4	8.9	11.4	12.5	11.5	12.4	13.6
64 Linz Ooe	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	173	14	10	12	6	16	54	40	24	Tage	173	14	10	12	6	16	54	40	24	
Funktion1:	corr:	.56	.63	.82	.68	.58	.19	.52	.49	.58	err:	12.9	14.2	6.0	11.5	12.7	18.3	11.3	13.8	16.3
Funktion2:		.51	.41	.84	.71	.55	.28	.65	.45	.12		13.3	17.6	6.8	9.8	13.6	21.4	8.4	13.9	19.7
Funktion3:		.42	.37	.82	.71	.46	.27	.52	.25	.11		14.4	18.2	7.1	9.8	14.9	21.4	9.8	16.1	19.8
68 Lustenau V	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	178	14	10	6	9	22	62	33	23	Tage	178	14	10	6	9	22	62	33	23	
Funktion1:	corr:	.66	.78	.83	.00	.85	.45	.63	.83	.78	err:	10.4	9.2	7.2	.0	7.8	10.9	10.6	8.5	9.2
Funktion2:		.65	.77	.86	.81	.99	.55	.55	.79	.64		10.7	10.7	6.4	15.3	3.3	6.8	11.1	9.7	10.8
Funktion3:		.61	.64	.72	.70	.85	.45	.55	.72	.68		11.3	11.7	9.2	.0	7.9	10.9	11.7	11.1	11.0
84 St. Poelten Noe	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	165	12	11	25	23	13	37	30	16	Tage	165	12	11	25	23	13	37	30	16	
Funktion1:	corr:	.56	.72	.80	.67	.43	.47	.34	.50	.88	err:	13.2	12.2	9.1	10.2	11.1	13.4	13.7	14.5	7.9
Funktion2:		.52	.60	.94	.52	.51	.62	.28	.48	.35		13.4	14.6	6.3	13.5	11.2	12.0	12.4	15.6	13.9
Funktion3:		.44	.59	.78	.43	.42	.46	.09	.46	.60		14.9	14.8	9.4	13.3	11.2	13.5	16.0	15.0	14.6
88 Salzburg S	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	177	14	11	12	7	16	54	40	24	Tage	177	14	11	12	7	16	54	40	24	
Funktion1:	corr:	.66	.82	.85	.79	.72	.71	.48	.77	.84	err:	7.0	5.6	4.1	5.2	7.3	4.9	10.3	4.6	5.6
Funktion2:		.68	.72	.67	.97	.53	.65	.61	.77	.85		6.6	7.3	3.8	2.8	6.4	5.7	8.5	5.4	4.8
Funktion3:		.65	.79	.85	.79	.71	.49	.48	.64	.78		7.1	6.1	4.1	5.2	7.4	6.5	10.3	5.8	6.6
89 Schwechat Noe	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	164	8	12	27	26	13	29	28	22	Tage	164	8	12	27	26	13	29	28	22	
Funktion1:	corr:	.64	.75	.69	.60	.90	.73	.47	.77	.64	err:	12.2	10.4	14.4	15.1	6.3	8.8	12.5	10.1	13.6
Funktion2:		.67	.52	.77	.53	.73	.79	.51	.78	.86		11.8	11.7	12.5	13.9	8.3	8.2	10.2	10.3	10.4
Funktion3:		.60	.67	.66	.56	.90	.73	.35	.69	.60		13.0	12.0	14.9	15.8	6.4	8.9	13.8	11.8	14.2
104 Traun Ooe	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	176	14	11	12	7	16	54	40	24	Tage	176	14	11	12	7	16	54	40	24	
Funktion1:	corr:	.58	.56	.83	.68	.51	.15	.52	.44	.88	err:	12.3	16.0	5.4	10.8	12.3	19.1	11.5	13.0	8.5
Funktion2:		.56	.42	.83	.72	.49	.38	.65	.41	.44		12.4	19.1	6.0	9.2	13.0	20.4	8.4	13.3	16.5
Funktion3:		.49	.41	.81	.67	.38	.15	.47	.33	.58		13.6	18.4	5.6	11.0	13.8	19.1	12.1	14.3	15.6
118 Zell am See S	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	56	5	6	2	3	3	18	15	5	Tage	56	5	6	2	3	3	18	15	5	
Funktion1:	corr:	.59	.94	.57	.00	.00	.00	.46	.61	.84	err:	10.2	4.7	6.0	.0	.0	.0	11.8	10.1	7.5
Funktion2:		.54	.67	.34	.89	.29	.53	.53	.60	.53		8.3	8.4	6.7	4.7	8.5	7.8	8.4	8.2	9.3
Funktion3:		.54	.75	.15	.00	.00	.93	.46	.44	.02		10.8	9.8	8.4	.0	.0	.0	11.8	12.1	18.3
119 Zillertal T	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NW	N		
Tage:	56	5	6	2	3	3	18	15	5	Tage	56	5	6	2	3	3	18	15	5	
Funktion1:	corr:	.56	.84	.49	.00	.00	.00	.38	.82	.92	err:	8.7	5.8	4.8	.0	.0	.0	13.3	4.8	1.5
Funktion2:		.53	.65	.15	.78	.33	.72	.33	.69	.79		7.1	6.8	4.8	8.3	6.6	4.2	9.7	5.7	5.1
Funktion3:		.53	.77	.42	.00	.00	.63	.33	.73	.92		8.9	6.9	5.1	.0	.0	.0	13.8	5.8	1.5

Zusätzlich zu den hier angeführten Analysen wurden weitere Tests mit nichtlinearen Funktionen durchgeführt - etwa durch Einbezug der Temperatur als 2. und 3. Potenz, wie von Sennewald getestet (SENNEWALD E., 1994). Doch die Ergebnisse überzeugten nicht; für einige der Stationen konnten bessere Resultate erzielt werden, für den Großteil der Stationen allerdings trat das Gegenteil ein. Detailuntersuchungen auch anhand von Daten mehrerer Jahre können darüber Aufschluß geben, in welchen Fällen bzw. meteorologischen Situationen der Einsatz derartiger Funktionen konstant bessere Ergebnisse als lineare Funktionen liefern.

3. Auswahl der Ozonprognosefunktionen und Auswahl der Stationen für die Ozonprognose

3.1 Auswahl der Funktionen

Aufgrund der vorangegangenen Analysen wird die Funktion 1 (Gleichung 2) mit den Variablen 'Vortagsozon' und 'Temperaturprognose' als die derzeit geeignetste für die Ozonprognosen herangezogen.

Die Varianten dieser Funktion mit und ohne Berücksichtigung der Windrichtung sind im Prinzip gleichermaßen brauchbar, wobei je nach Station und Windrichtung unterschiedliche Versionen als geeignet erscheinen können. Die Anwendung der Funktionen im Zuge der retrospektiven Prognosen für 1994 kann zeigen, welche der Funktionen künftig verwendet wird. Vorerst werden beide Varianten parallel getestet.

Die Wahl, ob eine windrichtungsabhängige oder die allgemeine, windrichtungsunabhängige Funktion für die Prognose verwendet werden kann, erfolgt anhand der Kriterien

1. positive Regressionskoeffizienten
2. mehr als 15 Beobachtungstage je Windrichtungsklasse (d.h. Repräsentativität für zumindest 10 % des Beobachtungszeitraumes)
3. $r^2 > 0.5$.

Anhand der in Tabelle 4 dargestellten Funktionen für die Station Haunsberg läßt sich dies exemplarisch darstellen:

Für die Station Haunsberg wird demnach

- aufgrund des negativen Regressionskoeffizienten c bei Windrichtung SW,
- aufgrund der zu geringen Zahl an Beobachtungstagen bei Wind aus NE, E, SE und
- aufgrund zu geringem r^2 bei Windrichtung W

die windrichtungsunabhängige Funktion verwendet:

$$O_{t+1,Haunsberg} = 7.774 + 0.648 * O_{t,Haunsberg} + 0.588 * temp_{t+1,(Salzburg)} \quad (5)$$

Während der Tage mit anderen Windrichtungen werden die windrichtungsabhängigen Funktionen verwendet:

für Wind aus Süd

$$O_{t+1,Haunsberg} = 7.334 + 0.669 * O_{t,Haunsberg} + 0.456 * temp_{t+1,(Salzburg)} \quad (5a)$$

für Wind aus Nordwest

$$O_{t+1,Haunsberg} = 6.278 + 0.548 * O_{t,Haunsberg} + 0.986 * temp_{t+1,(Salzburg)} \quad (5b)$$

für Wind aus Nord

$$O_{t+1,Haunsberg} = 6.638 + 0.673 * O_{t,Haunsberg} + 0.738 * temp_{t+1,(Salzburg)}. \quad (5c)$$

Mit Hilfe eines größeren Datensatzes (d.h. mit Ergebnissen über mehrere Jahre) könnten windrichtungsspezifische Prognosefunktionen für alle Windrichtungsklassen erstellt werden. Sollten diese grundsätzlich bessere Ergebnisse liefern, könnten immer windrichtungsabhängige Funktionen verwendet werden. Dann wäre allerdings die Auswahl der Wetterprognosepunkte nicht nur von der Korrelation der Ozonmaxima mit der Temperatur abhängig zu machen, sondern auch die Korrelation der Windrichtungen zwischen Wetterprognosepunkt und Ozonmeßstation in Betracht zu ziehen.

3.2 Auswahl der Stationen

Wie bereits aus den Analysen hervorgeht, sind nicht alle Stationen in gleichem Ausmaß für eine Prognose geeignet. Die Tabelle 6 macht deutlich, daß generell ein Prognose-Gütegefälle von Westen nach Osten bzw. von den Höhenlagen zu den Tallagen herrscht. Die Hauptursache hierfür sind die vielschichtigeren Einflußfaktoren in den östlichen Beckenlagen bzw. allgemein in den Tallagen, die vom Indikator Temperatur bzw. Vortagsozonmaxima nicht ausreichend erfaßt werden können. Die Stationen des Wiener Raumes liefern die unzuverlässigsten Ergebnisse.

Die mittleren Fehler sind bei einigen Windrichtungen zum Teil deutlich geringer, zum Teil jedoch auch wesentlich höher als jene bei windrichtungsunabhängigen Funktionen. D.h., daß an Tagen mit spezifischen Windverhältnissen windrichtungsabhängige Prognosefunktionen exaktere Prognosen liefern können; an anderen Tagen herrschen jene Windrichtungen vor, wo hohe Über- oder viel eher Unterschätzungen der Ozonmaxima durch die Prognosefunktion auftreten. Dieses Problem betrifft im speziellen die östlichen Stationen, die diesbezüglich gesondert zu untersuchen wären.

Die angeführten Kennziffern bilden mit den eigentlichen Regressionsparametern die Basis für die Auswahl der Prognose-Stationen.

Als wesentliche statistische Kriterien für die Auswahl von Ozonprognosestationen werden folgende herangezogen:

1. geringe mittlere Fehler und - erst an zweiter Stelle -
2. hohe Korrelationskoeffizienten,
3. positive Regressionskoeffizienten bei positiv mit den Ozonmaxima korrelierten Variablen für die Prognosefunktion.

Aus den Notwendigkeiten der Flächeninterpolation der Ozonmaxima für die Kartendarstellung sind zusätzliche Stationen unabhängig von der Erfüllung der statistischen Auswahlkriterien in die o.a. Gruppe integriert worden. Dies betrifft jene Regionen, wo im näheren Umkreis aus statistischen Gründen noch keine Station ausgewählt wurde und häufig lokale, hohe Ozonextremwerte auftreten - also vor allem die östlichen Beckenlagen und grenznahen Gebiete.

Tabelle 6: Ergebnis der Regressionsanalysen nach Prognosefunktion 1 für alle Stationen - absteigend sortiert nach mittlerem Fehler und (bei indetem rms-error) nach Korrelationskoeffizienten - für alle Tage (*) und nach Windrichtungen

Windrichtungen	Korrelationskoeffizient									rms-error								
	*	NE	E	SE	S	SW	W	NE	N	*	NE	E	SE	S	SW	W	NE	N
Salzburg S	0.66	0.82	0.85	0.79	0.72	0.71	0.48	0.77	0.84	7.0	5.6	4.1	5.2	7.3	4.9	10.3	4.6	5.6
Stolzalpe Stmk	0.61	0.61	0.93	0.78	0.66	0.31	0.74	0.42	0.72	7.0	7.0	2.6	5.6	6.1	6.7	6.7	9.3	5.2
Soelden T	0.45	0.35	0.78	0.96	0.59	0.26	0.20	0.72	0.72	7.4	7.7	4.0	5.0	10.5	6.9	8.7	5.7	5.2
Masenberg Stmk	0.69	0.87	0.79	0.83	0.70	0.53	0.63	0.43	0.83	7.7	6.3	5.8	6.9	7.5	5.6	9.5	10.1	6.0
St.Gilgen Ooe	0.64	0.83	0.72	0.65	0.64	0.06	0.47	0.68	0.84	7.7	6.6	5.4	8.7	8.1	7.7	9.3	6.8	6.0
Grundsee Stmk	0.58	0.77	0.76	0.48	0.35	0.60	0.55	0.67	0.79	7.8	6.1	3.2	10.6	6.8	6.2	9.0	7.8	6.1
Hochgoessnitz Stmk	0.67	0.91	0.74	0.88	0.71	0.54	0.49	0.43	0.73	7.9	6.2	6.8	2.3	7.1	7.3	6.9	11.3	6.4
Rennfeld Stmk	0.61	0.74	0.91	0.59	0.64	0.50	0.54	0.46	0.75	7.9	7.1	4.5	7.9	7.3	7.3	7.5	9.5	6.4
Obervellach K	0.61	0.55	0.90	0.25	0.73	0.50	0.73	0.73	0.75	8.0	10.1	6.3	6.0	7.1	8.9	7.2	6.2	5.7
St. Kolomann S	0.68	0.75	0.78	0.78	0.74	0.84	0.58	0.70	0.63	8.2	7.9	5.6	8.6	7.1	6.0	10.1	6.5	7.4
Achenkirch Zenzfeld T	0.56	0.73	0.38	0.82	0.43	0.30	0.47	0.72	0.66	8.2	7.4	6.2	7.4	8.1	7.7	9.2	7.0	8.0
Liezen Stmk	0.55	0.53	0.88	0.56	0.59	0.44	0.62	0.29	0.73	8.2	8.2	5.5	6.3	10.7	6.7	6.8	10.2	6.0
Judenburg Stmk	0.62	0.73	0.93	0.85	0.71	0.59	0.47	0.42	0.74	8.3	8.4	4.1	4.4	8.4	5.9	9.0	10.5	6.4
Lienz T	0.62	0.83	0.58	0.99	0.42	0.53	0.55	0.79	0.59	8.3	6.4	7.2	1.5	10.1	8.4	8.9	6.5	9.3
Oberwart B	0.55	0.68	0.46	0.73	0.69	0.52	0.65	0.11	0.74	8.3	8.6	6.3	7.6	7.0	5.4	6.6	11.5	7.7
Sonnblick S	0.45	0.42	0.39	0.58	0.82	0.60	0.28	0.59	0.56	8.3	8.3	6.7	6.1	5.1	5.4	10.9	7.0	6.9
Nordkette T	0.66	0.71	0.78	0.00	0.00	0.00	0.44	0.86	0.97	8.4	9.5	3.0	0.0	0.0	0.0	12.8	5.1	1.2
Arnfels Stmk	0.55	0.76	0.51	0.71	0.61	0.27	0.60	0.35	0.76	8.5	7.6	5.6	8.4	9.2	7.9	6.3	11.2	6.2
Zillertal T	0.56	0.84	0.49	0.00	0.00	0.00	0.38	0.82	0.92	8.7	5.8	4.8	0.0	0.0	0.0	13.3	4.8	1.5
Achenkirch Talbod enT	0.62	0.79	0.58	0.84	0.55	0.73	0.40	0.73	0.85	8.8	8.1	5.6	10.3	6.7	7.5	10.8	7.8	6.2
Wolfsberg K	0.54	0.58	0.78	0.76	0.72	0.31	0.41	0.40	0.69	8.8	8.7	8.6	5.5	7.4	11.0	9.5	8.4	7.9
Feldkirchen K	0.51	0.69	0.89	0.55	0.53	0.39	0.44	0.74	0.62	8.8	8.3	5.8	7.6	7.2	9.3	9.5	5.7	9.5
Graz-Platte Stmk	0.58	0.86	0.64	0.46	0.63	0.21	0.62	0.64	0.85	8.9	6.5	7.4	12.4	8.7	11.9	6.1	8.2	4.9
Hoefen T	0.60	0.83	0.69	0.51	0.81	0.44	0.44	0.79	0.79	9.0	6.2	5.9	12.9	5.9	9.7	10.0	7.7	7.0
Spittal K	0.59	0.56	0.92	0.75	0.72	0.42	0.74	0.48	0.67	9.0	8.6	7.3	4.8	8.7	9.8	8.4	8.3	7.8
Payerbach Noe	0.51	0.62	0.55	0.62	0.54	0.37	0.34	0.73	0.68	9.0	9.7	7.5	7.4	9.5	13.5	9.8	5.3	8.2
Gerlitz K	0.44	0.79	0.89	0.65	0.42	0.29	0.13	0.47	0.75	9.1	4.7	4.2	6.4	8.2	11.1	16.6	8.6	4.7
Wiesmath Noe	0.60	0.70	0.70	0.83	0.66	0.60	0.39	0.63	0.63	9.2	10.0	7.4	5.7	7.1	7.9	10.8	7.9	11.8
Ostrong Noe	0.58	0.82	0.80	0.53	0.63	0.61	0.48	0.56	0.50	9.2	5.8	7.0	9.5	9.2	6.1	10.1	8.7	10.2
St. Veit K	0.51	0.79	0.68	0.67	0.48	0.49	0.70	0.37	0.41	9.2	7.4	8.5	8.5	10.7	9.3	7.6	6.7	8.9
Tamsweg S	0.40	0.46	0.65	0.94	0.17	0.37	0.40	0.56	0.42	9.2	9.2	6.5	4.3	11.6	7.5	9.9	8.4	8.1
Gaisberg S	0.67	0.97	0.92	0.00	0.00	0.00	0.62	0.83	0.66	9.3	3.7	3.4	0.0	0.0	0.0	12.4	5.9	6.5
Innritzt Noe	0.61	0.84	0.78	0.71	0.59	0.56	0.39	0.60	0.53	9.3	5.7	10.3	9.0	10.6	7.0	10.1	8.3	8.4
Annaberg Noe	0.56	0.57	0.75	0.65	0.56	0.51	0.51	0.61	0.41	9.3	10.6	7.5	10.4	8.4	5.9	10.2	7.9	9.8
Sulzberg V	0.66	0.66	0.60	0.00	0.95	0.74	0.61	0.81	0.71	9.4	7.8	8.9	0.0	3.3	6.4	10.9	7.4	9.9
Karwendel T	0.63	0.99	0.82	0.00	0.00	0.00	0.45	0.75	0.42	9.5	1.1	3.2	0.0	0.0	0.0	13.0	6.7	8.8
Oberdrauburg K	0.53	0.54	0.93	0.43	0.80	0.28	0.63	0.42	0.48	9.5	8.3	5.4	7.8	8.0	11.5	10.0	8.4	7.7
Piber Stmk	0.53	0.54	0.70	0.78	0.66	0.35	0.36	0.34	0.56	9.5	10.0	6.9	5.1	9.0	8.8	10.1	12.1	7.4
Weiz Stmk	0.67	0.91	0.82	0.85	0.80	0.46	0.30	0.33	0.77	9.6	6.3	6.6	6.5	8.2	9.5	13.2	11.1	8.9
Haunsberg S	0.61	0.81	0.77	0.86	0.47	0.61	0.35	0.72	0.74	9.6	6.4	5.8	5.5	13.5	7.3	12.1	8.4	8.9
Bleiburg K	0.56	0.78	0.85	0.60	0.61	0.40	0.72	0.60	0.40	9.6	8.5	6.3	7.5	9.7	11.9	8.9	6.6	8.7
Graz-Schlossbg Stmk	0.57	0.69	0.50	0.55	0.72	0.34	0.74	0.26	0.69	9.7	11.8	9.5	10.3	8.9	8.3	6.5	12.4	8.8
Hermagor Ktn	0.52	0.42	0.83	0.56	0.33	0.53	0.69	0.38	0.69	9.7	10.0	5.7	8.9	11.8	11.2	9.9	6.9	7.1
Ternitz Noe	0.52	0.18	0.62	0.72	0.49	0.46	0.30	0.47	0.84	9.7	17.2	9.2	6.9	10.0	8.5	12.4	7.6	7.4
Grossgoettfritz N	0.50	0.75	0.69	0.50	0.45	0.38	0.31	0.51	0.46	9.7	7.3	9.7	11.5	9.7	7.2	10.1	8.1	7.3
Nebelstein Noe	0.66	0.80	0.81	0.73	0.60	0.21	0.36	0.64	0.85	9.8	7.9	8.3	8.7	8.2	7.2	11.3	11.2	8.1
Graz-Sued Stmk	0.64	0.44	0.88	0.79	0.69	0.60	0.45	0.43	0.62	9.8	13.9	6.7	6.2	6.9	12.1	9.0	10.7	11.2
Deutschlandbg Stmk	0.53	0.71	0.47	0.88	0.50	0.34	0.58	0.41	0.68	9.8	8.5	7.8	4.6	11.8	7.7	9.0	12.1	8.2
Vorhegg K	0.49	0.72	0.69	0.55	0.31	0.63	0.14	0.37	0.65	9.8	6.8	8.6	12.1	12.9	7.9	17.5	7.3	7.9
Voelkermarkt K	0.47	0.59	0.75	0.59	0.40	0.41	0.55	0.42	0.45	9.8	10.2	7.7	8.3	12.2	10.3	11.4	6.2	7.8
Salberg Stmk	0.62	0.67	0.87	0.72	0.69	0.61	0.42	0.49	0.73	9.9	10.9	6.6	5.8	9.2	8.2	10.3	12.6	8.4
Fuernitz K	0.47	0.46	0.87	0.60	0.43	0.53	0.59	0.07	0.57	9.9	11.0	5.3	8.3	10.6	9.8	10.6	12.2	8.0
Villach K	0.47	0.53	0.76	0.69	0.42	0.36	0.66	0.42	0.51	9.9	9.7	6.6	7.3	11.2	11.2	9.1	10.3	9.4
Pillersdorf Noe	0.61	0.77	0.79	0.73	0.62	0.49	0.35	0.61	0.61	10.0	8.0	8.2	10.0	10.6	8.9	10.5	9.2	8.9
St. Paul K	0.52	0.81	0.85	0.44	0.63	0.35	0.71	0.57	0.36	10.0	6.7	6.2	9.0	9.3	13.2	10.1	6.1	8.2
Hallein Rehofsdlg S	0.64	0.78	0.73	0.85	0.90	0.47	0.54	0.62	0.69	10.1	7.8	8.9	6.1	7.9	10.6	10.7	11.1	9.0

Tabelle 6:

Schoeneben Ooe	0.61	0.71	0.72	0.68	0.41	0.84	0.54	0.38	0.76	10.1	7.2	5.6	8.5	13.6	8.2	9.9	11.2	9.1
Klagenfurt Kreuzberg K	0.53	0.78	0.85	0.62	0.52	0.42	0.81	0.49	0.52	10.1	8.3	7.0	7.7	11.0	11.4	7.4	6.7	8.7
St. Andrae K	0.44	0.66	0.74	0.48	0.62	0.32	0.71	0.24	0.35	10.1	7.8	7.7	10.1	9.4	12.1	9.0	6.1	9.0
Hallein Winterstall S	0.64	0.85	0.68	0.80	0.65	0.41	0.45	0.69	0.77	10.2	7.2	8.2	8.6	11.2	10.8	10.9	10.3	8.4
Kapfenberg Stmk	0.59	0.80	0.81	0.47	0.51	0.63	0.53	0.36	0.72	10.2	9.8	6.6	14.0	12.0	7.8	8.9	12.5	9.5
Zell am See S	0.59	0.94	0.57	0.00	0.00	0.00	0.46	0.61	0.84	10.2	4.7	6.0	0.0	0.0	0.0	11.8	10.1	7.5
Klagenfurt Koschatstr. K	0.54	0.78	0.85	0.56	0.61	0.53	0.58	0.45	0.53	10.2	9.1	7.5	9.2	10.8	9.1	10.7	7.7	9.1
Lenzing Ooe	0.66	0.73	0.85	0.84	0.58	0.39	0.53	0.67	0.86	10.3	12.0	5.3	7.8	11.5	15.5	11.4	9.2	7.3
Leoben Stmk	0.60	0.04	0.82	0.69	0.81	0.56	0.60	0.40	0.57	10.3	10.8	6.4	8.2	8.3	8.2	10.5	14.2	7.5
Mistelbach Noe	0.60	0.74	0.72	0.67	0.58	0.65	0.48	0.60	0.51	10.3	10.2	10.5	8.4	12.4	7.6	11.6	9.3	9.8
Lustenau V	0.66	0.78	0.83	0.00	0.85	0.45	0.63	0.83	0.78	10.4	9.2	7.2	0.0	7.8	10.9	10.6	8.5	9.2
Bad Ischl Ooe	0.62	0.73	0.80	0.82	0.49	0.41	0.56	0.54	0.75	10.4	10.8	5.3	7.9	12.6	15.0	11.4	9.8	9.3
Graz-West Stmk	0.60	0.76	0.75	0.77	0.68	0.39	0.61	0.31	0.72	10.4	11.1	7.4	8.1	10.7	9.6	6.9	13.1	8.3
Wolkersdorf Noe	0.55	0.59	0.62	0.61	0.77	0.62	0.38	0.63	0.48	10.4	9.3	9.8	8.1	9.1	9.2	13.1	7.6	11.2
Heidenreichstein Noe	0.46	0.58	0.76	0.69	0.49	0.37	0.34	0.25	0.60	10.4	10.5	9.1	8.3	11.1	8.4	11.2	11.1	7.9
Voitsberg Stmk	0.50	0.41	0.69	0.84	0.70	0.31	0.37	0.26	0.53	10.5	8.0	8.3	4.3	9.6	8.6	11.8	13.3	8.6
Braunau Ooe	0.64	0.66	0.94	0.69	0.68	0.84	0.59	0.47	0.59	10.7	11.2	5.0	11.4	8.2	8.4	11.8	11.3	9.2
Amstetten Noe	0.62	0.71	0.79	0.73	0.64	0.78	0.32	0.56	0.86	10.9	12.0	7.6	9.5	9.7	5.5	12.6	12.7	8.6
St. Johann/Pongau S	0.56	0.55	0.63	0.66	0.75	0.38	0.48	0.58	0.60	10.9	10.7	6.4	10.4	9.0	11.9	10.4	11.3	12.7
Gaenserndorf Noe	0.52	0.73	0.64	0.67	0.37	0.56	0.37	0.59	0.48	10.9	8.9	10.1	8.4	11.4	10.5	12.2	10.2	11.6
St. Leonhard Noe	0.50	0.64	0.80	0.48	0.52	0.34	0.17	0.58	0.85	11.0	8.9	7.9	12.1	9.0	8.5	12.8	9.9	9.6
Bludenz Vbg	0.63	0.84	0.88	0.00	0.70	0.50	0.57	0.87	0.76	11.1	7.1	7.0	0.0	11.6	10.9	11.6	7.5	10.2
Eisenstadt B	0.56	0.27	0.66	0.78	0.70	0.87	0.27	0.40	0.81	11.1	15.8	9.2	7.9	8.6	5.2	12.9	11.6	9.7
Hochburg-Ach Ooe	0.54	0.70	0.83	0.73	0.61	0.31	0.23	0.50	0.80	11.1	10.6	4.1	9.1	10.3	5.3	14.2	11.1	9.0
Bad Voelslau Noe	0.51	0.27	0.59	0.58	0.52	0.70	0.25	0.43	0.76	11.1	19.1	12.4	9.9	10.9	8.5	11.7	9.7	9.5
Innsbruck Sadrach T	0.49	0.78	0.43	0.79	0.70	0.15	0.38	0.60	0.67	11.1	7.5	8.4	8.8	11.4	12.3	11.3	10.8	10.5
Kramsach T	0.49	0.88	0.61	0.76	0.28	0.52	0.50	0.46	0.53	11.1	6.3	6.9	8.5	13.5	11.0	10.0	12.4	13.2
Woergl T	0.54	0.80	0.55	0.00	0.48	0.48	0.50	0.62	0.56	11.2	7.8	9.6	0.0	11.2	12.3	10.5	11.2	14.7
Lobau W	0.48	0.70	0.60	0.60	0.64	0.71	0.27	0.71	0.25	11.2	9.5	9.9	8.3	7.9	6.2	14.9	8.8	13.2
Illmitz B	0.40	0.87	0.21	0.41	0.70	0.05	0.47	0.28	0.58	11.2	8.9	10.4	9.8	7.3	9.8	8.7	13.8	10.0
Forstthof/Schoepfl Noe	0.62	0.34	0.75	0.76	0.69	0.83	0.68	0.47	0.66	11.3	15.3	7.6	6.6	10.3	9.0	11.2	12.7	12.4
Steyr Ooe	0.58	0.56	0.72	0.70	0.50	0.36	0.51	0.58	0.88	11.3	13.2	6.2	10.8	13.2	16.2	11.2	10.7	6.8
Wr. Neustadt Noe	0.50	0.38	0.51	0.72	0.58	0.72	0.30	0.62	0.73	11.3	17.4	9.1	6.7	8.5	11.9	11.7	8.6	10.4
Kollmitzberg Noe	0.55	0.68	0.71	0.48	0.32	0.69	0.34	0.50	0.86	11.4	10.5	7.2	12.8	10.1	6.4	13.0	11.9	8.4
Ferlach K	0.46	0.60	0.60	0.89	0.73	0.26	0.36	0.36	0.43	11.4	10.9	10.5	3.0	8.6	13.6	13.2	10.3	11.5
Stixneusiedl Noe	0.57	0.47	0.85	0.68	0.67	0.76	0.46	0.53	0.81	11.5	10.5	6.6	7.9	8.4	6.4	12.9	14.1	10.4
Dunkelsteinerw. Noe	0.55	0.77	0.93	0.56	0.62	0.48	0.39	0.61	0.62	11.5	8.1	7.0	12.3	11.2	10.1	11.3	8.5	9.2
Achenkirch Mueleggerk. T	0.48	0.61	0.89	0.00	0.75	0.55	0.27	0.77	0.53	11.5	9.6	4.0	0.0	5.6	13.4	13.3	8.0	15.9
Streithofen Noe	0.32	0.65	0.86	0.39	0.27	0.10	0.24	0.41	0.75	11.5	12.3	7.3	9.9	10.7	12.0	11.8	7.4	9.2
Tulln Noe	0.54	0.97	0.96	0.71	0.67	0.46	0.29	0.24	0.82	11.6	6.2	9.6	9.9	9.5	8.0	12.6	12.7	10.0
Innsbruck Reich. T	0.40	0.55	0.50	0.50	0.65	0.21	0.30	0.64	0.44	11.6	10.1	8.8	13.6	11.7	14.2	11.5	10.0	12.8
Perg Ooe	0.55	0.67	0.68	0.64	0.40	0.14	0.49	0.42	0.88	11.7	10.6	6.7	10.2	10.6	20.4	11.4	14.2	7.8
Hainburg Noe	0.65	0.73	0.93	0.65	0.78	0.63	0.52	0.75	0.43	12.0	13.4	7.1	14.2	7.9	12.5	12.3	9.6	10.9
Lech Ruedikopf Vbg	0.60	0.84	0.58	0.00	0.00	0.00	0.41	0.82	0.51	12.0	6.6	7.0	0.0	0.0	0.0	19.7	5.9	6.0
St. Valentin Noe	0.59	0.67	0.82	0.71	0.52	0.65	0.32	0.47	0.90	12.0	13.1	6.1	10.2	10.7	7.3	13.5	15.4	8.2
Schwechat Noe	0.64	0.75	0.69	0.60	0.90	0.73	0.47	0.77	0.64	12.2	10.4	14.4	15.1	6.3	8.8	12.5	10.1	13.6
Kufstein T	0.51	0.80	0.45	0.74	0.41	0.38	0.44	0.59	0.67	12.2	8.8	11.3	9.6	12.1	13.8	12.5	11.7	12.4
Donauturm Wien W	0.62	0.85	0.62	0.52	0.67	0.51	0.28	0.44	0.77	12.3	8.3	11.1	13.5	12.1	14.9	12.2	11.1	11.7
Traun Ooe	0.58	0.56	0.83	0.68	0.51	0.15	0.52	0.44	0.88	12.3	16.0	5.4	10.8	12.3	19.1	11.5	13.0	8.5
Hermannskogel W	0.58	0.65	0.78	0.67	0.65	0.49	0.32	0.58	0.76	12.4	8.2	11.2	11.3	12.7	12.2	12.4	11.9	9.5
Krems Noe	0.46	0.74	0.83	0.51	0.45	0.12	0.28	0.48	0.61	12.4	9.7	8.8	12.7	16.9	10.0	12.2	9.7	7.8
Moedling Noe	0.49	0.54	0.84	0.61	0.63	0.48	0.29	0.66	0.72	12.7	16.3	10.7	8.9	9.4	15.7	10.1	9.0	10.8
Linz Ooe	0.56	0.63	0.82	0.68	0.58	0.19	0.52	0.49	0.58	12.9	14.2	6.0	11.5	12.7	18.3	11.3	13.8	16.3
Klosterneuburg Noe	0.61	0.79	0.76	0.73	0.79	0.49	0.42	0.63	0.29	13.0	8.5	13.2	13.2	11.1	12.9	13.9	12.2	12.9
Steyregg Ooe	0.53	0.63	0.64	0.64	0.40	0.33	0.34	0.46	0.82	13.0	17.5	8.1	10.6	12.5	9.4	13.8	13.6	10.8
St. Poelten Noe	0.56	0.72	0.80	0.67	0.43	0.47	0.34	0.50	0.88	13.2	12.2	9.1	10.2	11.1	13.4	13.7	14.5	7.9
Laaberg W	0.53	0.69	0.54	0.49	0.78	0.69	0.41	0.73	0.26	13.4	11.0	17.1	16.7	10.8	9.7	11.4	9.7	15.1
Wien Stephansplatz W	0.49	0.51	0.55	0.69	0.60	0.41	0.30	0.56	0.75	13.6	10.8	19.2	9.0	14.5	13.7	11.8	13.0	9.6
Wien 19 ZAMG W	0.48	0.09	0.66	0.63	0.66	0.62	0.43	0.65	0.64	13.6	13.6	11.0	12.6	7.9	21.7	13.0	14.8	8.5
Exelberg W	0.54	0.78	0.58	0.63	0.66	0.49	0.32	0.56	0.79	14.2	10.3	22.7	12.8	12.0	12.0	12.5	12.1	8.6
Wien 9 UBA-AFL W	0.50	0.82	0.61	0.68	0.63	0.31	0.06	0.60	0.73	15.6	8.2	19.4	10.7	16.5	19.3	14.7	14.1	11.9

Tabelle 7 zeigt nun die Stationen und die Parameter der Prognosefunktionen für die einzelnen Ozonmeßstationen, die schließlich für die Erstellung der Prognosekarten herangezogen wurden.¹

Die zu Beginn der Arbeit ursprünglich geplante Anzahl von 40 Stationen wurde auf 46 erhöht, um eine österreichweite, flächendeckende Ozonprognose zu ermöglichen.

In der Tabelle 7 werden nur die Parameter der windrichtungsunabhängigen Funktion für alle Beobachtungstage dargestellt. Der Anhang 2a im Anhangsband enthält die Parameter der Prognosefunktion 1 für alle Windrichtungen (Anhang 2b enthält die Parameter der Prognosefunktion 2, Anhang 2c enthält jene der Prognosefunktion 3).

¹ Aufgrund einer Vereinbarung des ÖFZS mit dem UBA wird für die Implementierung der Ozonprognose am Rechner des Ozondatenverbundes eine etwas modifizierte Liste von Ozonmeßstellen herangezogen werden.

Tabelle 7: Regressionskoeffizienten der windrichtungsunabhängigen Prognosefunktion der ausgewählten Stationen mit Korrelationskoeffizientem r^2 und rms-error

Mess-Station	Wetter- prognose- punkt	a	b	c	r ²	rms- error
8 Annaberg Noe	Litschau	11.950	.535	.731	.56	9.3
9 Arnfels Stmk	Kleinzicken	11.560	.561	.663	.55	8.5
10 Bad Ischl Ooe	Linz	4.190	.633	.778	.62	10.4
12 Bludenz Vbg	Feldkirch	1.110	.624	.860	.63	11.1
13 Braunau Ooe	Litschau	5.990	.671	.606	.64	10.7
17 Eisenstadt B	Wien_19	9.470	.412	1.163	.56	11.1
21 Forsthof/Schoepfl N	Wien_19	3.830	.614	.794	.62	11.3
24 Gaisberg S	Sonnblick	5.790	.788	1.440	.67	9.3
25 Gerlitzen K	Klagenfurt	16.800	.508	.632	.44	9.1
29 Graz-Sued Stmk	Zeltweg	4.830	.697	.544	.64	9.8
33 Hainburg Noe	Litschau	5.770	.250	1.901	.65	12.0
36 Haunsberg S	Salzburg	7.770	.648	.588	.61	9.6
38 Heidenreichstein	Litschau	18.270	.365	.906	.46	10.4
39 Hermagor	Klagenfurt	9.410	.639	.463	.52	9.7
40 Hermannskogel W	Wien_19	6.560	.404	1.380	.58	12.4
41 Hochgoessnitz Stmk	Stolzalpe	7.060	.747	.437	.67	7.9
42 Hoefen T	Innsbruck	5.270	.662	.611	.60	9.0
43 Illmitz B	Kleinzicken	15.830	.449	.715	.40	11.2
45 Innsbruck Sadrach T	Innsbruck	7.040	.602	.615	.49	11.1
46 Irnfritz Noe	Litschau	12.810	.317	1.268	.61	9.3
48 Judenburg Stmk	Aigen Enns	6.300	.715	.432	.62	8.3
52 Klagenfurt K.Str. K	Klagenfurt	7.860	.583	.692	.54	10.2
62 Lenzing Ooe	Linz	4.310	.591	.891	.66	10.3
65 Lienz T	Zell.a.S.	5.990	.742	.328	.62	8.3
69 Masenberg Stmk	Kleinzicken	3.660	.748	.429	.69	7.7
70 Mistelbach Noe	Litschau	12.520	.301	1.397	.60	10.3
73 Nebelstein Noe	Linz	3.180	.636	.784	.66	9.8
74 Nordkette T	Sonnblick	4.480	.785	1.556	.66	8.4
76 Ostrong Noe	Litschau	9.480	.376	1.029	.58	9.2
77 Obervellach K	Lienz	5.320	.764	.297	.61	8.0
78 Oberwart B	Kleinzicken	9.210	.583	.587	.55	8.3
85 Rennfeld Stmk	Zeltweg	8.180	.689	.477	.61	7.9
86 Lech Ruefikopf Vbg	Sonnblick	10.060	.741	1.217	.60	12.0
81 Perg Ooe	Linz	8.630	.419	1.241	.55	11.7
87 Salberg Stmk	Stolzalpe	6.450	.601	.738	.62	9.9
89 Schwechat Noe	Litschau	1.310	.638	.834	.64	12.2
90 Schoeneben Ooe	Linz	9.080	.582	.768	.61	10.1
91 Soelden T	Reutte	12.020	.636	.320	.45	7.4
98 Stolzalpe Stmk	Zeltweg	6.600	.809	.135	.61	7.0
100 Sulzberg Vbg	Feldkirch	5.370	.702	.630	.66	9.4
104 Traun Ooe	Linz	6.540	.468	1.205	.58	12.3
112 Weiz Stmk	Kleinzicken	1.280	.607	.756	.67	9.6
113 Wiesmath Noe	St_Poelten	10.490	.595	.661	.60	9.2
116 Woergl T	Zell.a.S.	4.380	.573	.752	.54	11.2
118 Zell am See S	Sonnblick	7.370	.668	1.822	.59	10.2
119 Zillertal T	Sonnblick	5.110	.817	1.095	.56	8.7

3.3 Berechnung von monatsweisen Prognosefunktionen für ausgewählte Stationen

Für einige ausgewählte Stationen wurden monatsweise Prognosefunktionen mit den ausgewählten Variablenkombinationen (Vortagsozonmaxima, Mittagstemperaturprognose) berechnet, um die Auswirkung der unterschiedlichen Bedingungen auf die Ausprägung der Regressionskoeffizienten beurteilen zu können. Bei der Berechnung erfolgte keine Einschränkung auf Tage über 20° C, da in den Frühjahrsmonaten derartige Temperaturen oft nicht erreicht werden. Es erfolgt auch keine Einteilung in Windrichtungsklassen, da windrichtungsspezifische Prognosen anhand der Daten eines Monats nicht repräsentativ sind.

Wie die folgende Tabelle 8 zeigt, ist der Zusammenhang zwischen Temperaturprognosewerten und den Ozonmaxima während der Monate Juli und August (r^2 gegen 0.6), gefolgt von den Monaten Juni und April (r^2 gegen 0.5) am deutlichsten. Auffällig ist der geringe Zusammenhang im Mai (mit Ausnahme der westlichen Bundesländer), der möglicherweise auf eine untypische Wettersituation bzw. auf weniger zutreffende Temperaturprognosen in diesem Monat des Jahres 1994 zurückzuführen ist.

Die *rms-Fehler* sind bei den monatsweisen Funktionen zum Großteil geringer als jene der allgemeinen Funktionen. Die Ursache liegt bei der im Vergleich zum Halbjahr geringeren Schwankungsbreite der Ozonkonzentration innerhalb der einzelnen Monate.

Eine Ausnahme bilden Stationen im Osten (Hermannskogel, Hainburg, Eisenstadt) und im Oberösterreichischen Zentralraum (Traun), wo auch innerhalb der einzelnen Monate große Schwankungen der Ozonmaxima zu verzeichnen sind. Bei den östlichen Stationen zeigen die höheren *rms-Fehler* im Juli und August die größere Unsicherheit der Prognoseergebnisse aufgrund der vielschichtigen Einflüsse auf die Ozonsituation in diesem Raum.

Interessant ist der Vergleich der Regressionskoeffizienten der Funktionen beider Zeitschnitte:

- Bei den Funktionen der Monate Juli und August, vereinzelt auch bei jenen im Juni bzw. September, nimmt die Konstante a negative Werte ein. Die Regressionsgeraden weisen negative Achsenabschnitte auf, was steilere Anstiege der Geraden ermöglicht, sodaß relativ geringe Temperaturanstiege höhere Ozonmaxima nach sich ziehen.
- Von Bedeutung ist außerdem, daß bei einigen Stationen auch der Koeffizient b - also der Multiplikator für das Vortagsozon innerhalb der Regressionsfunktionen - negative Werte einnimmt. Dies weist darauf hin, daß - aus statistischer Sicht - der Einfluß der Ozonmaxima des Vortages gering ist, bzw. - kausal interpretiert - daß die Ozonmaxima des Folgetages während dieser Monate durch lokale Einflüsse bestimmt sind. Allerdings

sollten diese Ergebnisse (da sie auf relativ kleinen Datensätzen basieren) nicht überinterpretiert werden.

- In geringerem Umfang wird dies auch bei jenen Stationen deutlich, deren Regressionskoeffizienten b sehr geringe Werte in Relation zum Koeffizienten c - dem Multiplikator für die Temperatur innerhalb der Prognosefunktion - einnehmen. Bei einer Gleichgewichtung des Einflusses der erklärenden Variablen innerhalb der Funktion müßte das Verhältnis der Koeffizienten b und c etwa dem umgekehrten Verhältnis der Ozonwerte (in ppb) zu den Temperaturwerten (in °C) entsprechen - also etwa 1:3 bis 1:4. Tatsächlich trifft dies während der Frühjahrsmonate zu, während der Hochsommermonate jedoch nur bei Stationen im Westen (ab Salzburg) bzw. im Süden (Kärnten, Steiermark).
- Dies weist nochmals darauf hin, daß im Osten die Einflüsse, die nicht durch die Vortagsozonkonzentration beschrieben werden können, wesentlich überwiegen. Die *mittleren Fehler* jener Monate und Stationen zeigen in diesem Zusammenhang wieder, daß die Temperatur als Einflußfaktor zwar eine wesentliche Rolle spielt, daß jedoch noch immer ein bedeutender, durch die Funktionen nicht erklärter Einfluß übrig bleibt.
- Die Funktionen der Stationen außerhalb der östlichen Tal- und Beckenlagen für September zeigen den abnehmenden Einfluß der Temperatur und den zunehmenden Einfluß der Vortagsozonwerte: der Regressionskoeffizient c als Multiplikator der Temperatur fällt nun geringer aus als der Koeffizient b , der Multiplikator der Vortagsozonmaxima.

Tabelle 8: Gegenüberstellung von allgemeinen und monatsweisen Prognosefunktionen für ausgewählte Ozonmeßstationen

nr Ozon-Mess-Station:	nr Wetterprognose -punkt	Regressionskoeff.			r2	rms-err
		a	b	c		
17 Eisenstadt B	4 Wien_19					
	alle Tage	9.2	.42	1.13	.57	10.9
	April	4.0	.45	1.67	.75	8.3
	Mai	34.2	.25	.39	.09	9.5
	Juni	8.6	.28	1.36	.60	7.5
	Juli	30.3	.10	1.43	.30	11.0
	August	-14.4	.40	2.08	.69	10.6
	September	36.6	-.35	1.61	.27	12.3
31 Graz-Platte Stmk	15 Kleinzicken					
	alle Tage	8.9	.62	.57	.58	8.9
	April	19.9	.35	1.03	.51	6.6
	Mai	29.5	.39	.23	.11	8.1
	Juni	12.1	.27	1.22	.50	8.3
	Juli	8.3	.40	1.23	.71	6.1
	August	-4.5	.52	1.34	.74	7.9
	September	3.8	.74	.36	.41	13.3
33 Hainburg Noe	2 Litschau					
	alle Tage	5.8	.25	1.90	.65	12.0
	April	26.6	-.23	1.79	.45	7.8
	Mai	36.0	.04	.71	.05	9.3
	Juni	-3.5	.27	2.10	.51	14.4
	Juli	9.5	.04	2.58	.57	10.1
	August	-2.3	.18	2.52	.63	11.6
	September	21.7	.06	1.37	.19	14.3
40 Hermannskogel W	4 Wien_19					
	alle Tage	6.5	.42	1.32	.59	12.2
	April	19.3	.22	1.77	.70	7.1
	Mai	25.5	.27	.74	.19	8.9
	Juni	-11.3	.23	2.36	.63	11.4
	Juli	-8.3	-.10	3.58	.62	11.9
	August	-19.9	.33	2.54	.75	10.0
	September	20.4	-.06	1.57	.28	12.3
88 Salzburg S	1 Linz					
	alle Tage	4.8	.80	.30	.67	6.8
	April	22.5	.45	.64	.50	5.4
	Mai	15.8	.55	.53	.21	6.7
	Juni	16.4	.38	.87	.66	5.1
	Juli	3.9	.44	1.24	.70	4.5
	August	-6.2	.63	1.08	.79	6.3
	September	-2.6	.90	.28	.34	8.4
100 Sulzberg V	5 Feldkirch					
	alle Tage	5.4	.70	.63	.66	9.4
	April	19.5	.39	1.22	.55	7.4
	Mai	1.9	.45	1.69	.54	7.9
	Juni	16.1	.39	1.12	.55	9.7
	Juli	-6.7	.27	2.56	.56	8.7
	August	-7.0	.57	1.40	.68	7.7
	September	-.9	1.03	-.13	.48	8.2

Tabelle 8: Fortsetzung

nr Ozon-Mess-Station:	nr Wetterprognose -punkt	Regressionskoeff.			r2	rms-err
		a	b	c		
104 Traun Ooe	1 Linz					
	alle Tage	6.1	.48	1.15	.56	12.4
	April	29.1	-.05	1.96	.53	8.5
	Mai	23.1	.26	.89	.20	8.5
	Juni	-6.6	-.03	2.91	.64	11.0
	Juli	-13.4	.24	2.81	.59	10.1
	August	-20.6	.26	2.84	.71	10.8
	September	11.6	.47	.49	.24	14.3
108 Villach K	18 Klagenfurt					
	alle Tage	9.3	.58	.50	.47	9.9
	April	13.9	.46	.77	.31	9.9
	Mai	23.5	.30	.66	.14	8.8
	Juni	-5.6	.34	1.68	.51	10.6
	Juli	-5.2	.05	2.33	.65	5.9
	August	-2.4	.53	1.00	.64	7.3
	September	10.1	.59	.20	.28	13.0
119 Zillertal T	9 Sonnblick					
	alle Tage	14.8	.74	.16	.49	7.4
	April	43.2	.35	.67	.39	6.1
	Mai	28.3	.53	.10	.26	6.6
	Juni	42.3	.29	1.12	.44	7.4
	Juli	40.1	.30	1.30	.51	4.8
	August	18.1	.58	1.01	.70	5.0
	September	13.2	.70	.05	.14	10.6

4. Ozonprognose für Juni bis September 1994

Die Ozonprognose wurde sowohl mit den windrichtungsunabhängigen Prognosefunktionen als auch mit der windrichtungsabhängigen Prognosefunktion berechnet. (Anhang 4 im Anhangsband enthält die Prognoseergebnisse aller 46 Stationen für den Zeitraum Juni bis September 1994 von beiden Prognosefunktionsvarianten.)

Die Abbildungen 2 bis 16 zeigen die Ergebnisse für den Zeitraum Juli und August 1994 mit einer Bandbreite von +/- 10 ppb jeweils für die windrichtungsunabhängige Prognosefunktion und die windrichtungsabhängige Prognosefunktion (in den Diagrammen bezeichnet mit "Prognose II").

Die Linien in den Diagrammen sind mit folgenden Kurzbezeichnungen versehen:

- *o3m* entspricht den tatsächlich gemessenen Ozonmaxima der jeweiligen Station,
- *calc* entspricht dem prognostizierten Ozonmaximum,
- *calc+10* bezeichnet die obere Bandbreite der Prognose (+10 ppb),
- *calc-10* bezeichnet die untere Bandbreite der Prognose (-10 ppb) und
- *temp* entspricht den prognostizierten Temperaturwerten für 12 Uhr UTC an den Wetterprognosepunkten, welche für die jeweilige Ozonmeßstation herangezogen wurden.

Aus den Diagrammen und aus den Ergebnistabellen in Anhang 4 ist folgendes ersichtlich:

1. Die Ergebnisse der windrichtungsabhängigen und windrichtungsunabhängigen Funktionen weichen nicht wesentlich voneinander ab. Ergänzend dazu sei angemerkt, daß bei vielen Stationen an gewissen Tagen bei unrepräsentativen, windrichtungsabhängigen Funktionen (gekennzeichnet durch geringes r^2 , hohen *rms-error*, bzw. weniger als 10 % Beobachtungstage) die windrichtungsunabhängige Funktion herangezogen werden mußte, sodaß an diesen Tagen die beiden Varianten natürlich übereinstimmende Werte liefern müssen.
2. Die Ergebnisse liegen an 70 bis 90 % der Tage innerhalb von +/- 10 ppb.
3. Extreme Ozonspitzen können vergleichsweise ungenau erfaßt werden.
4. Ozontrendänderungen werden gelegentlich nicht prognostiziert.

Die Ursachen hierfür liegen in der statistischen Lösung des Prognoseproblems:

- Statistische Modelle beruhen auf der Erfassung und Nachvollziehung der Zusammenhänge zwischen den berücksichtigten Einflußfaktoren, die sich aus der Analyse der die Einflußfaktoren repräsentierenden Daten an einer Vielzahl an Beobachtungstagen ergeben.

- Das Ergebnis - die "Wenn-dann - Folgerung" - ergibt sich aus den durchschnittlichen Zusammenhängen der im Modell berücksichtigten Einflußfaktoren während der Beobachtungszeit.
- Extreme Ozonspitzen sind singuläre Ereignisse, die durch statistische Modelle bei typischem Verlauf der Ozonepisoden nur als Durchschnitt der beobachteten hohen Ozonmaxima vorhergesagt werden können, jedoch nicht in ihrer vollen Höhe.
- Wenn der Verlauf der Episode 'untypisch' ist, können diese Entwicklungen, wenn sie nur innerhalb eines Tages auftreten nicht, ansonsten nur mit einem Tag Verspätung vorhergesagt werden.

Ursachen für einen untypischen Verlauf der Ozonepisode können folgende sein:

- Der Wettertrend ändert sich kurzfristig, die Temperaturprognose trifft nicht zu.
- Die Temperaturprognose trifft zu, lokale Wolkenbildung behindert die Sonneneinstrahlung und führt damit zu geringeren Ozonmaxima.
- Die lokalen Immissionsbedingungen der Vorläuferstoffe ändern sich kurzfristig aufgrund von Windrichtung, lokaler Emissionssituation (kleinräumige photochemische Vorgänge z.B. im Lee von Großstädten erhöhen die lokalen Ozonmaxima).
- Ozonfernttransport aus dem Ausland erhöht die regionalen Ozonmaxima.

Die folgende Tabelle 9 zeigt im Überblick die Prognosegenauigkeit in % der Tage an, denen die Prognose jeweils innerhalb von +/- 10 ppb eingetroffen ist.

Tabelle 9: Genauigkeit der Prognosen je Meßstation - Eintreffen der Prognose innerhalb von +/- 10 ppb bzw. +/-20 ppb in % der prognostizierten Tage

nr Mess-Station	r2	rms	Prognosegenauigkeit in %			
			Juni bis September		Juli bis August	
			+/-10ppb	+/-20ppb	+/-10ppb	+/-20ppb
8 Annaberg Noe	.56	9.3	69.7	93.4	72.6	95.2
9 Arnfels Stmk	.55	8.5	77.0	94.3	79.0	100.0
10 Bad Ischl Noe	.62	10.4	64.8	91.8	72.6	96.8
12 Bludenz Vbg	.63	11.1	64.8	88.5	59.7	90.3
13 Braunau Ooe	.64	10.7	61.5	86.1	72.6	96.8
17 Eisenstadt B	.56	11.1	63.1	92.6	59.7	91.9
21 Forsthof/Schoepfl	.62	11.3	58.2	83.6	64.5	93.5
24 Gaisberg S	.67	9.3	69.7	91.0	75.8	96.8
25 Gerlitzten K	.44	9.1	83.6	95.1	90.3	100.0
29 Graz-Sued Stmk	.64	9.8	50.8	65.6	62.9	80.6
33 Hainburg Noe	.65	12.0	62.3	89.3	69.4	93.5
36 Haunsberg S	.61	9.6	64.8	94.3	69.4	96.8
38 Heidenreichstein	.46	10.4	58.2	78.7	54.8	66.1
39 Hermagor Ktn	.52	9.7	72.1	91.8	80.6	95.2
40 Hermannskogel W	.58	12.4	63.1	86.1	62.9	85.5
41 Hochgoessnitz Stm	.67	7.9	73.8	84.4	79.0	91.9
42 Hoefen Laerchbich	.60	9.0	74.6	95.1	77.4	100.0
43 Illmitz B	.40	11.2	61.5	86.9	51.6	82.3
45 Innsbruck Sadrach	.49	11.1	65.6	87.7	69.4	91.9
46 Irnfritz Noe	.61	9.3	79.5	94.3	83.9	96.8
48 Judenburg Stmk	.62	8.3	76.2	91.0	82.3	98.4
52 Klagenfurt Koscha	.54	10.2	65.6	93.4	71.0	96.8
62 Lenzing Ooe	.66	10.3	63.9	91.0	72.6	98.4
65 Lienz T	.62	8.3	82.0	91.8	88.7	93.5
69 Masenberg Stmk	.69	7.7	83.6	95.9	87.1	100.0
70 Mistelbach Noe	.60	10.3	65.6	89.3	69.4	91.9
73 Nebelstein Noe	.66	9.8	63.1	77.0	64.5	82.3
74 Nordkette T	.66	8.4	74.6	95.9	85.5	100.0
76 Ostrong Noe	.58	9.2	70.5	91.0	75.8	91.9
77 Obervellach K	.61	8.0	76.2	95.1	90.3	100.0
78 Oberwart B	.55	8.3	81.1	95.9	85.5	100.0
85 Rennfeld Stmk	.61	7.9	83.6	95.1	88.7	98.4
86 Ruefikopf Vbg	.60	12.0	80.3	93.4	82.3	95.2
81 Perg Ooe	.55	11.7	56.6	86.1	66.1	100.0
87 Salberg Stmk	.62	9.9	62.3	91.0	69.4	95.2
89 Schwechat Noe	.64	12.2	55.7	86.1	51.6	82.3
90 Schoeneben Ooe	.61	10.1	58.2	78.7	67.7	88.7
91 Soelden T	.45	7.4	84.4	95.1	91.9	100.0
98 Stolzalpe Stmk	.61	7.0	82.0	94.3	87.1	100.0
100 Sulzberg V	.66	9.4	72.1	94.3	69.4	98.4
104 Traun Ooe	.58	12.3	59.8	86.9	66.1	91.9
112 Weiz Stmk	.67	9.6	68.9	93.4	75.8	96.8
113 Wiesmath Noe	.60	9.2	81.1	95.9	82.3	98.4
116 Woergl T	.54	11.2	68.9	89.3	71.0	91.9
118 Zell am See S	.59	10.2	66.4	92.6	74.2	96.8
119 Zillertal T	.56	8.7	84.4	95.9	91.9	100.0

Insgesamt zeigt sich, daß für den Zeitraum Juli bis August eine Prognosegenauigkeit von 70 bis 80 % erreicht werden kann. Diese sinkt bei Einbezug der Monate Juni und September bei einem Großteil der Stationen im Schnitt um 10 % ab. Die Ursache liegt zum Teil bei der Funktion, die durch die Eingrenzung auf Tage mit über 20°C Temperaturmaximum gewonnen wurde und damit jene Perioden mit schlechterem Wetter und damit schwächeren Ozonkonzentrationen weniger gut abbildet. Die Funktionen wurden bewußt in dieser Form abgeleitet, da damit bessere Ergebnisse zugunsten der Episoden hoher Ozonwerte erreicht werden können. Abschnitt 3.3 zeigt, daß eine noch bessere Annäherung an hohe Ozonmaxima bei der Mehrzahl der Ozonmeßstationen erzielt werden kann, wenn Prognosefunktionen verwendet werden, die mit den Daten einzelner Monate berechnet werden - siehe hierzu auch Kapitel 5.

Wie bereits bei den Ozonprognosen des Jahres 1992 zeigt sich auch hier, daß die Meßwerte bei gewissen Stationen (meist stadtnahe Stationen in Tal- und Beckenlagen im Osten, sowie in Vorarlberg) wesentlich breiter streuen und dadurch die Prognosegenauigkeit um 10 % gegenüber den anderen Stationen sinkt. Bei Einbezug von 4 Monaten in die Überprüfung zeigt sich bei diesen Stationen gelegentlich eine Umkehr der Prognosegenauigkeit: die Streuungen sind für den gesamten Zeitraum geringer als für die 2 Hochsommermonate (ein Beispiel hierfür ist Illmitz mit 50 % im Hochsommer, jedoch 60 % für den gesamten Sommerzeitraum). Dies bedeutet jedoch notwendigerweise nicht, daß die 'Viermonatfunktion' auch für die zwei Hochsommermonate bessere Ergebnisse liefert.

Die +/- 20 ppb - Spalte zeigt, daß nahezu bei allen Stationen, auch jenen in Tallagen mit großer Variabilität der Ozonmaxima gegenüber den Temperaturmaxima, eine Genauigkeit von 90 % und mehr erreicht wird.

Nach den nun folgenden Diagrammen sind Prognosekarten und Differenzkarten zwischen Prognose und Messung für den Zeitraum vom 26. Juli 1994 bis 2. August 1994 dargestellt. Die jeweils obere Karte in den Abbildungen (Abb. 17 bis 24) zeigt die Ozonprognose flächenhaft für Österreich. Die flächenhafte Darstellung wurde durch lineare Interpolation der prognostizierten bzw. gemessenen Maxima der 46 Ozonmeßstationen erzielt (vgl. dazu LOIBL W., 1993). Die Grauwerte zeigen die prognostizierten regionalen Ozonmaxima in 8 Klassen. Die angeführten Klassen weisen eine Breite von 20 ppb auf und beschreiben die Prognosewerte in einer Bandbreite von +/- 10 ppb. Die Klassen überschneiden einander um jeweils 10 ppb, um die Ungenauigkeitsbereiche bestmöglich abzudecken.

Die Wahrscheinlichkeit des Zutreffens der Prognose wird analog den in Tabelle 9 dargestellten Ergebnissen mit 70 - 80 % angegeben - d.h. an zumindest 5 bis 6 Tagen von den dargestellten 8 Tagen sollte eine Differenz zwischen Prognose und Messung innerhalb einer Bandbreite von 10 ppb liegen.

An der jeweils unteren Karte der Abbildungen läßt sich die Güte der flächenhaften Prognose überprüfen. Sie zeigt die Differenz der Prognosewerte von den Meßwerten. Die Gebiete, in

denen die Prognose innerhalb der genannten Bandbreite zutrifft, sind in weiß gehalten. Jene Gebiete, wo die Ozonmaxima von der Prognose um 10 - 20 ppb bzw. mehr als 20 ppb nach oben abweichen sind in 2 Klassen in mittel- und dunkelgrau dargestellt. Jene Gebiete, wo die Ozonmaxima von der Prognose um 10 - 20 ppb. bzw. mehr als 20 ppb nach unten abweichen, sind in ganz hellem bzw. etwas dunklerem Lichtgrau dargestellt.

Die Überprüfung zeigt, daß tatsächlich an zumindest 5 bis 6 Tagen dieser 8-tägigen Periode eine gute Übereinstimmung zwischen Prognose und Messung erzielt wird. Abweichungen davon stellen sich je Ozonüberwachungsgebiet wie folgt dar:

Ozonüberwachungsgebiet 1

- Für das gesamte ÜG 1 werden an einem Tag generell zu geringe Maxima prognostiziert,
- für das südliche Wiener Becken und das Weinviertel werden an einem weiteren Tag Maxima prognostiziert, die zu gering sind,
- für den Raum westlich von Wien bis zum Waldviertel werden ebenfalls an 2 Tagen zu geringe Maxima prognostiziert,
- für den engeren Raum westlich von Wien und das östliche Waldviertel werden an einem weiteren Tag etwas zu hohe Maxima prognostiziert,
- die alpinen Bereiche Niederösterreichs sind von Unterschätzungen nicht betroffen.

Ozonüberwachungsgebiet 2

- Im Südburgenland kommt es an 2 Tagen zu Unterschätzungen der Ozonmaxima,
- in der Steiermark kommt es an 4 Tagen in jeweils unterschiedlichen Regionen zu lokal eng begrenzten Unterschätzungen.

Ozonüberwachungsgebiet 3

- In Oberösterreich unterschätzen die Prognosen für den Raum Braunau an 2 Tagen die tatsächlichen Ozonmaxima um mehr als 10 ppb,
- für den Linzer Raum werden an einem Tag die Ozonmaxima lokal unterschätzt,
- in Salzburg fallen für den Flachgau die Prognosen an 2 Tagen zu gering aus.

Ozonüberwachungsgebiet 4

- Im südlichen Salzburg kommt es an 3 Tagen zu Unterschätzungen, wobei an einem Tag lediglich der Raum um St. Johann im Pongau betroffen und an einem anderen Tag lediglich der Pinzgau betroffen ist,
- die Obersteiermark ist von Unterschätzungen nicht betroffen.

Ozonüberwachungsgebiet 5

- Westlich und nördlich von Innsbruck ist in verschiedenen Regionen jeweils an 2, zum Teil an 3 Tagen eine Unterschätzung der Ozonmaxima festzustellen,
- im östlichen Nordtirol und Osttirol ist ebenfalls an 2 bis 3 Tagen eine Unterschätzung der Ozonmaxima gegeben.

Ozonüberwachungsgebiet 6

- In Vorarlberg werden die Ozonmaxima an einem Tag für das gesamte Bundesland unterschätzt,
- an einem weiteren Tag ist im Bereich Bregenzer Wald eine Unterschätzung der Ozonmaxima festzustellen.

Ozonüberwachungsgebiet 7

- In Kärnten ist an 2 Tagen im Bereich Möll- und Gailtal eine Unterschätzung der Ozonmaxima festzustellen,
- für den gesamten südöstlichen Unterkärntner Raum wurden an einem Tag zu geringe Ozonmaxima prognostiziert,
- für einen engeren Bereich um Klagenfurt wurden an einem weiteren Tag zu geringe Ozonmaxima prognostiziert.

Abbildung 2

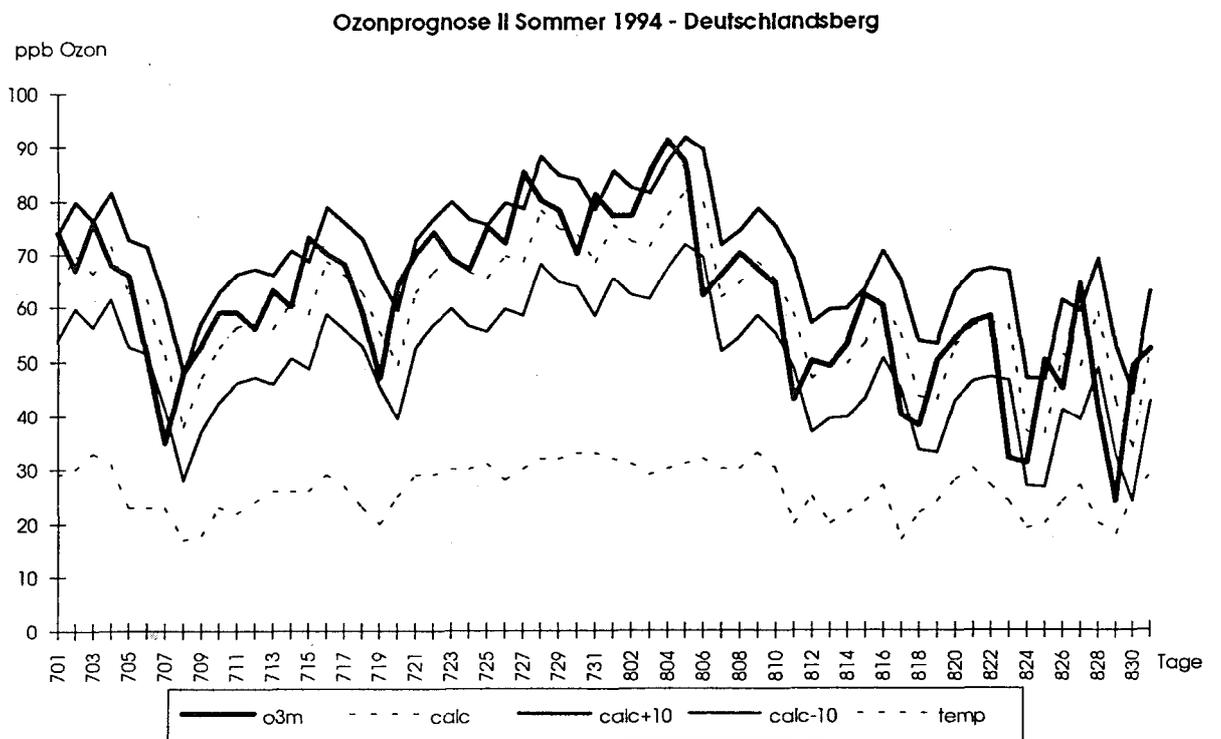
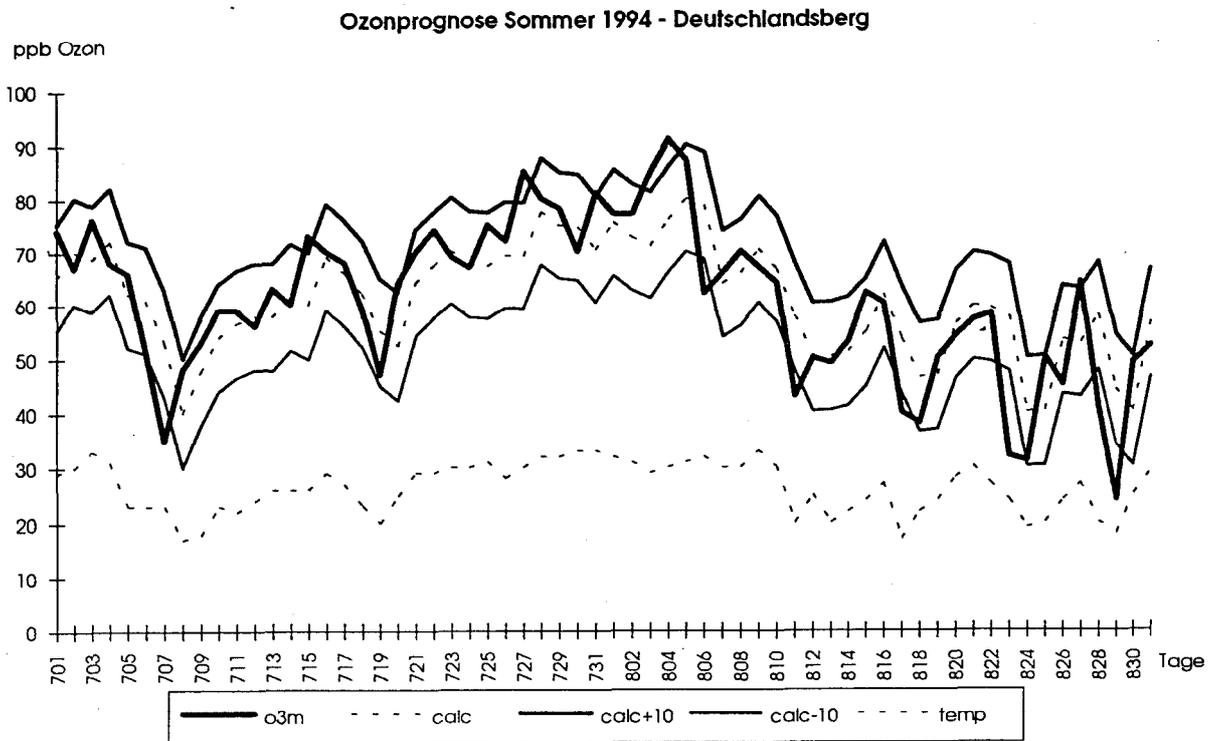


Abbildung 3

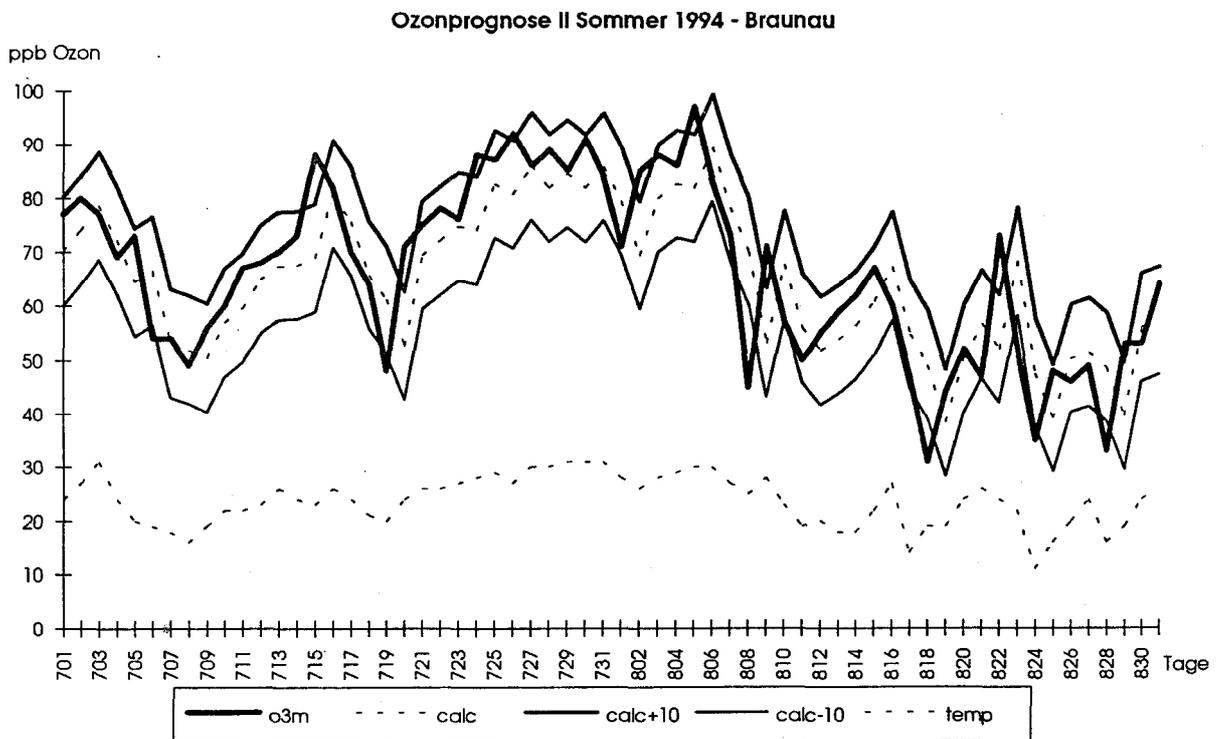
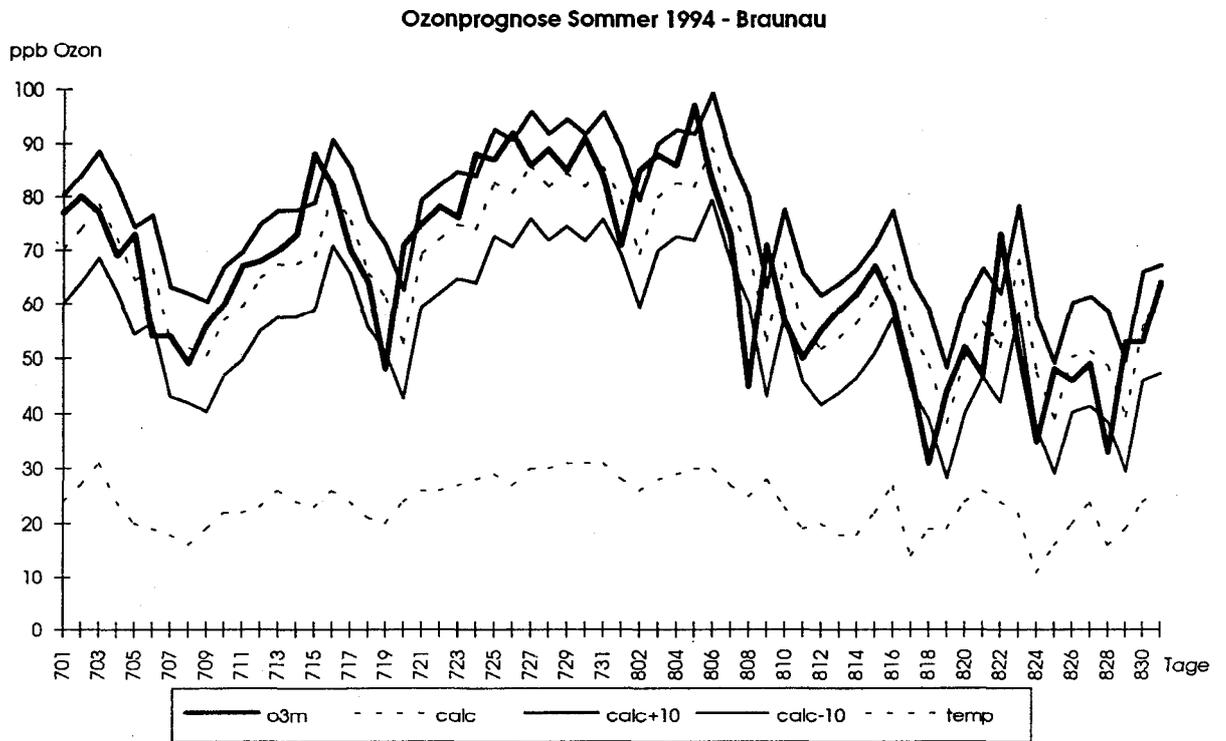


Abbildung 4

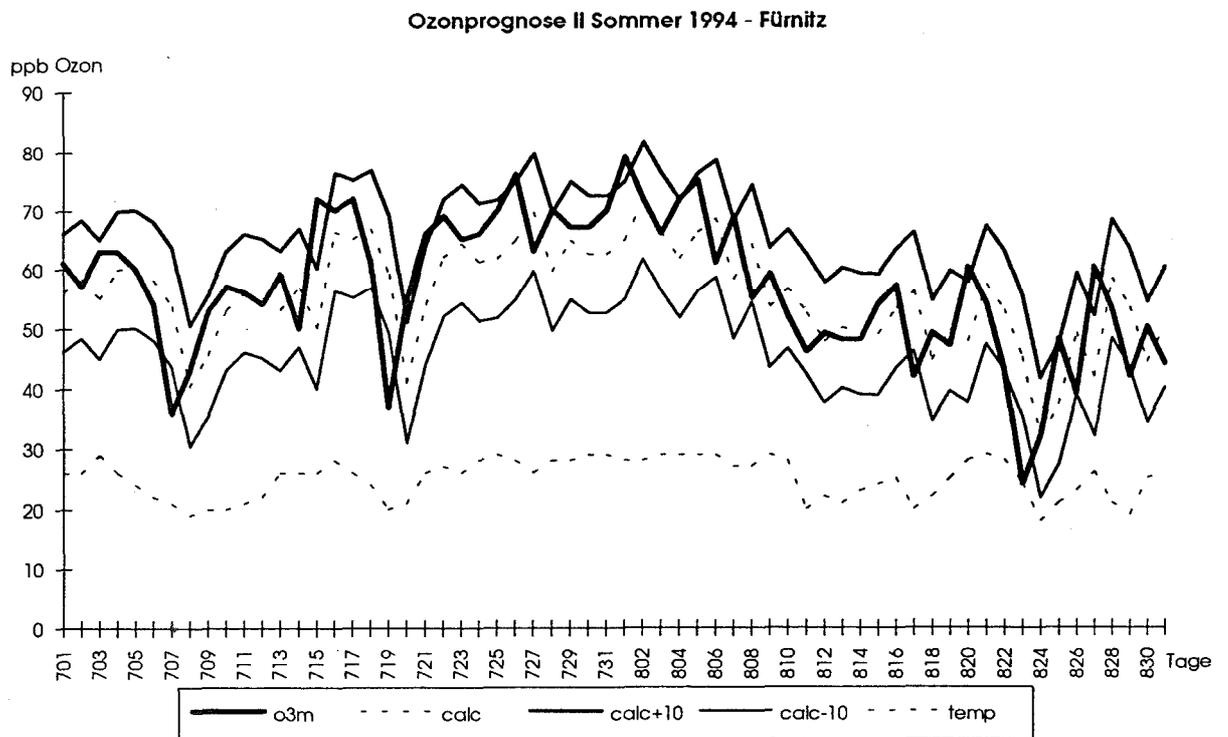
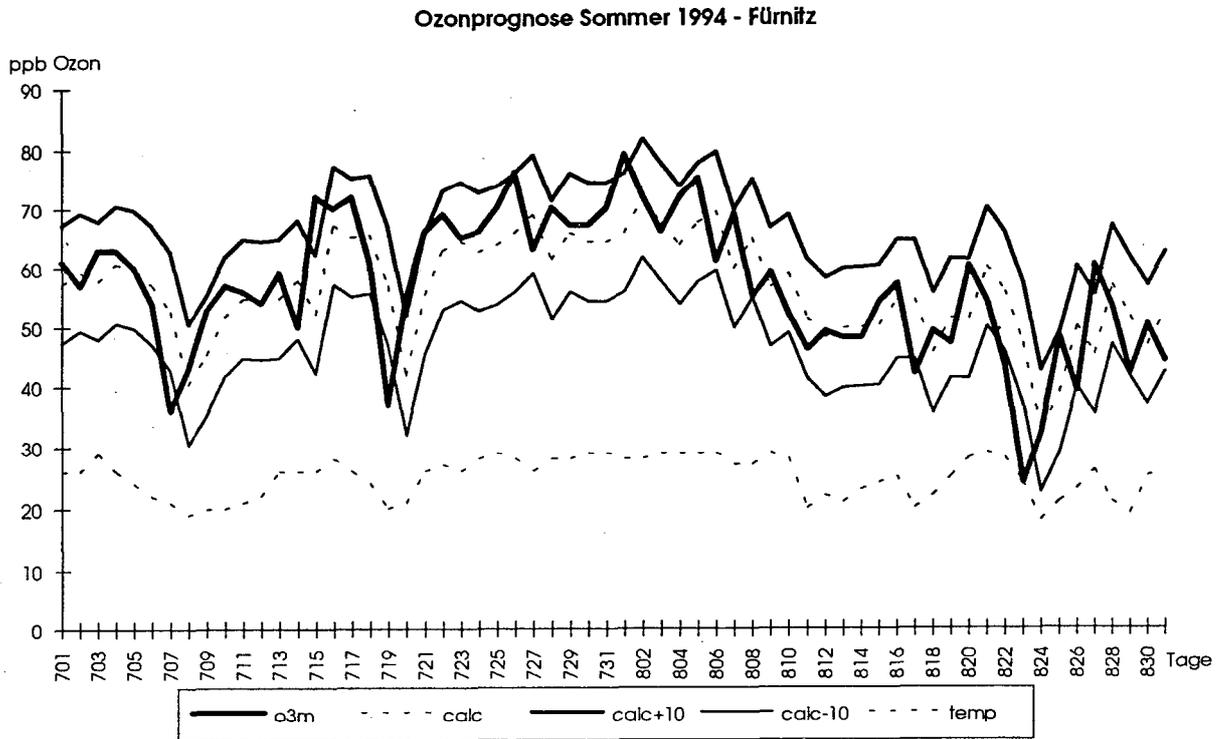


Abbildung 5

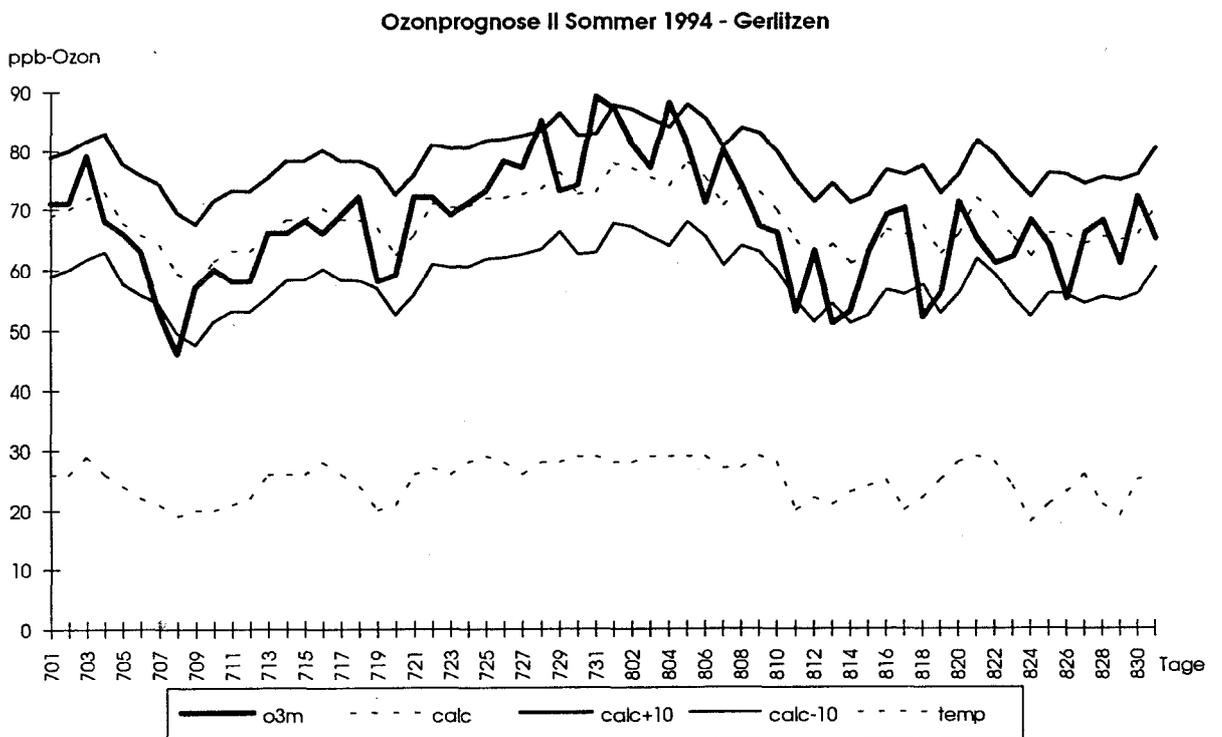
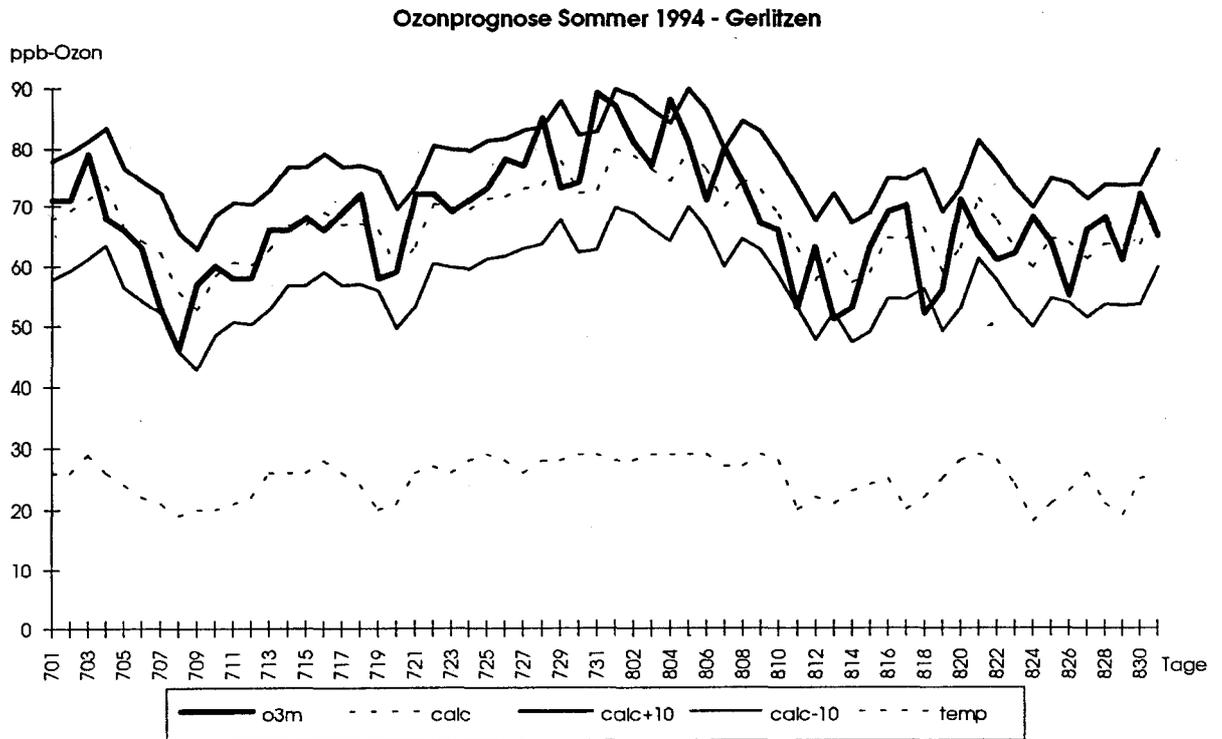


Abbildung 6

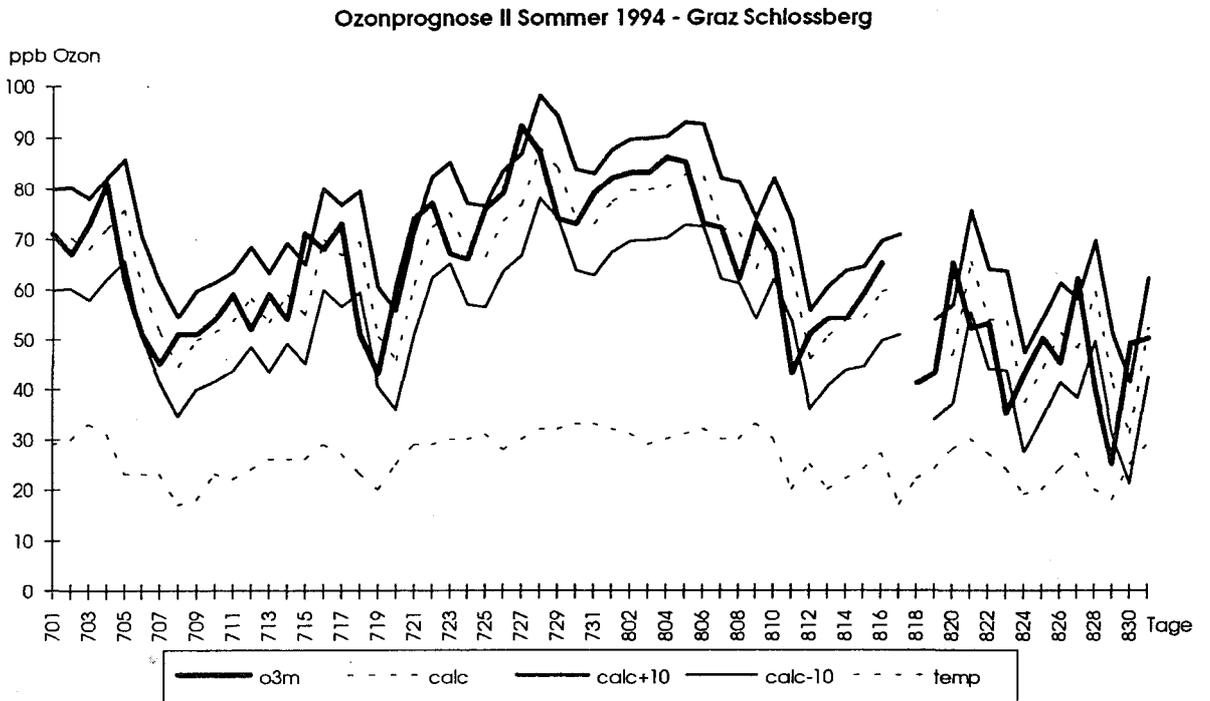
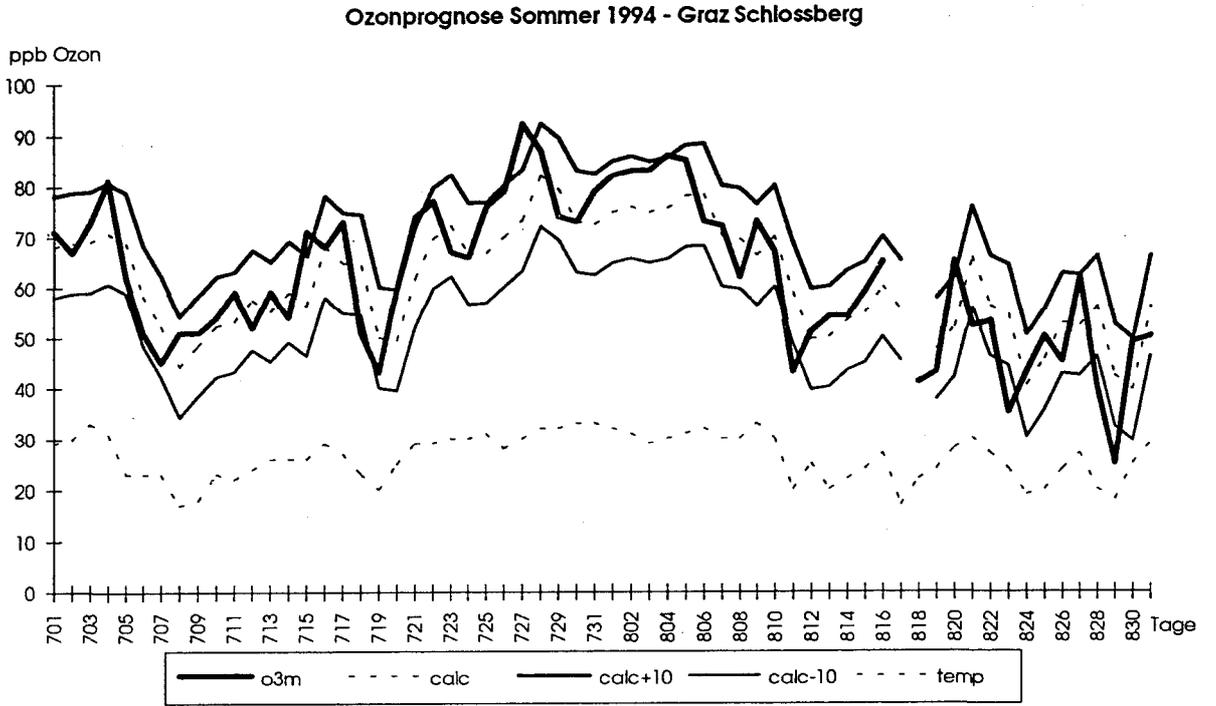


Abbildung 7

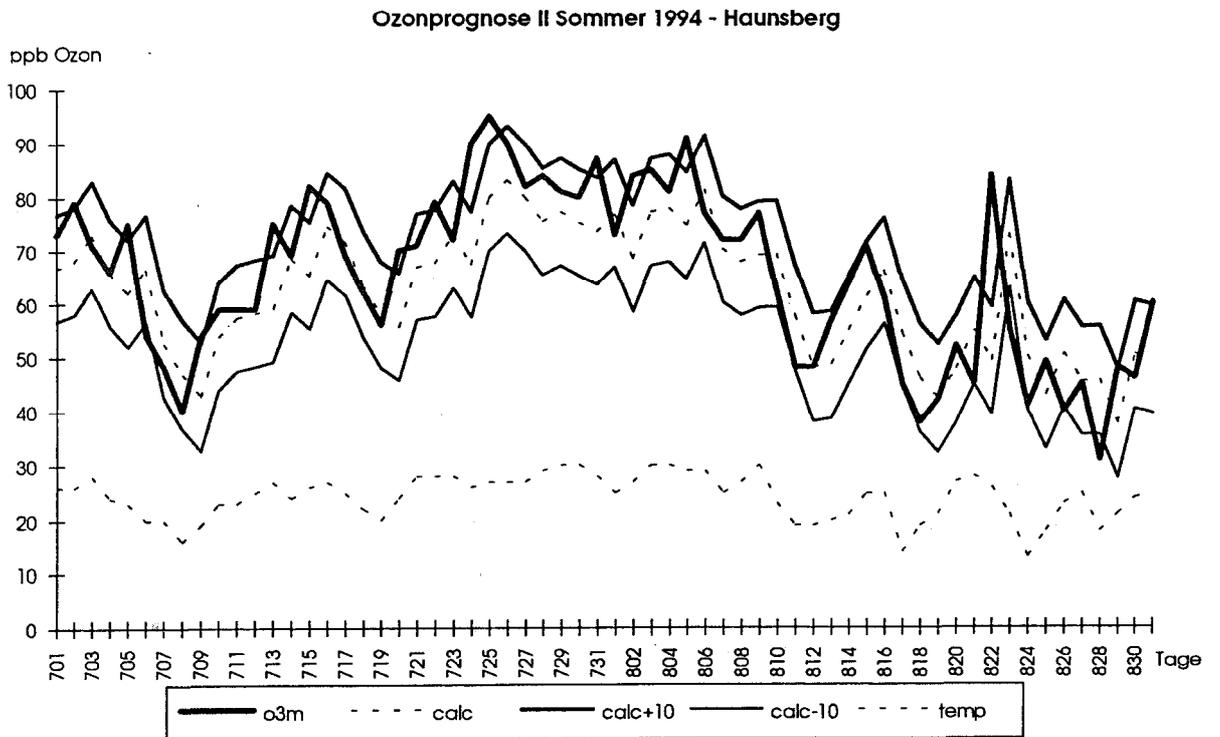
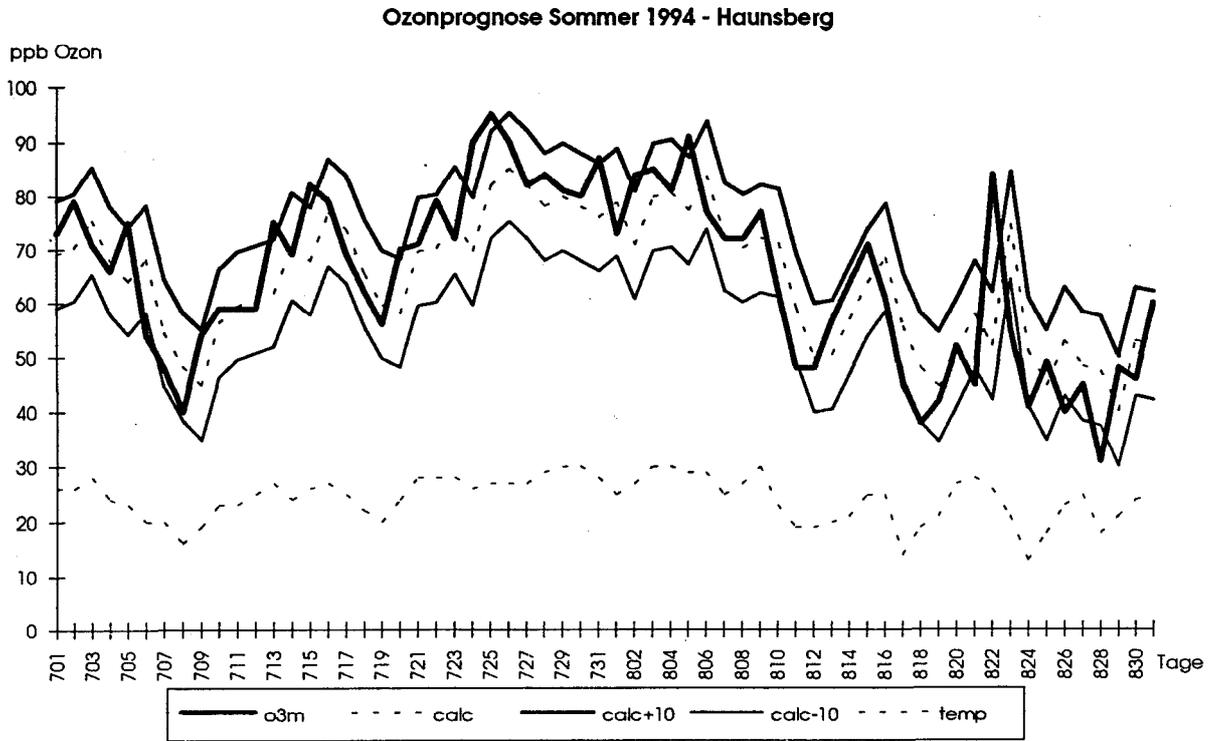


Abbildung 8

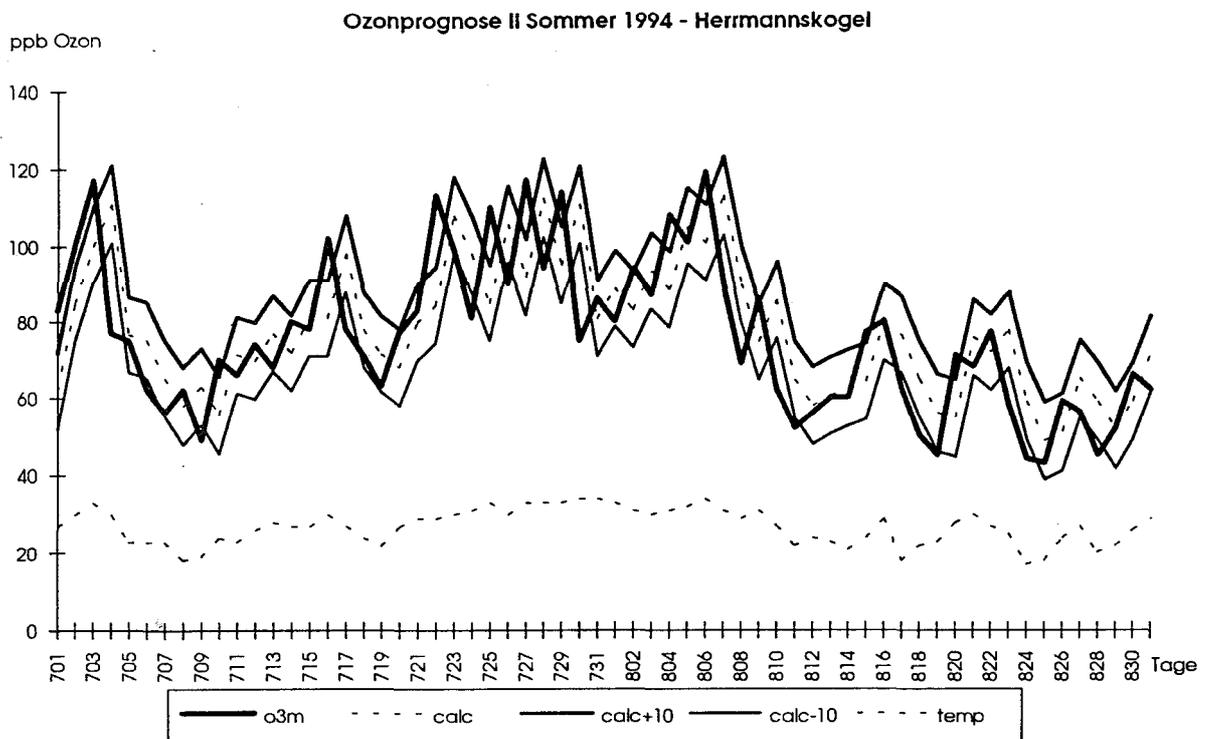
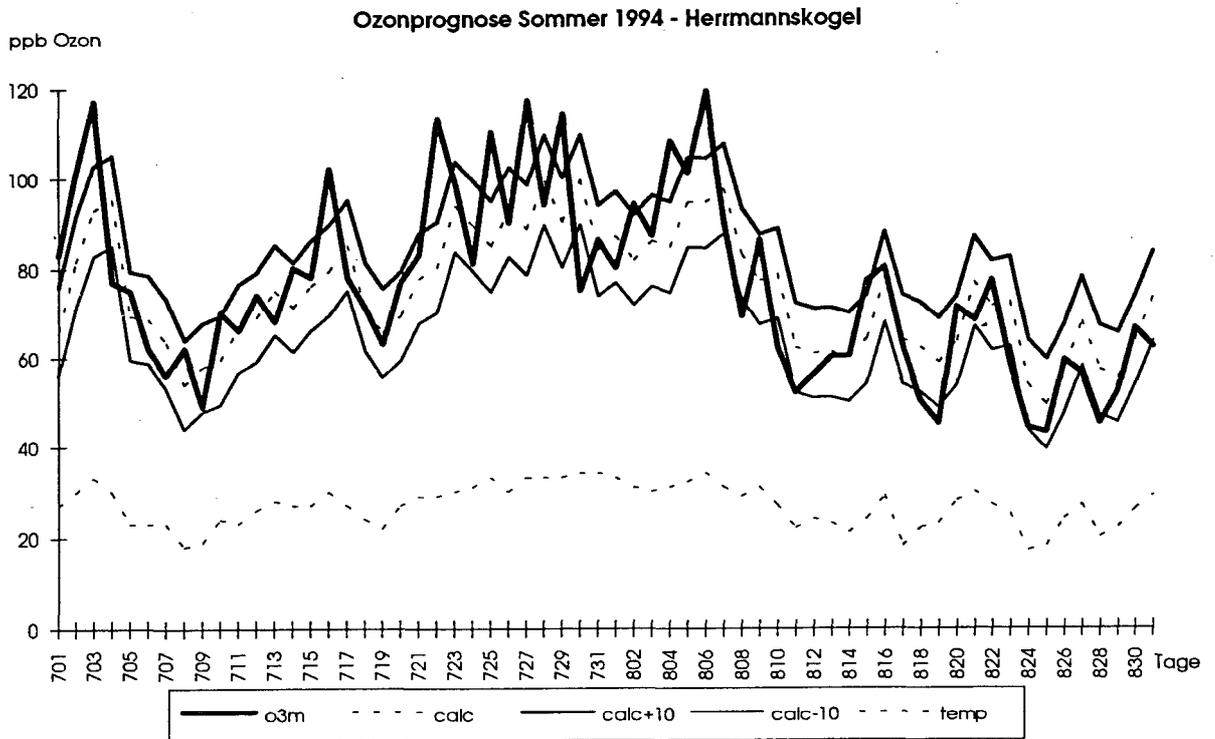


Abbildung 9

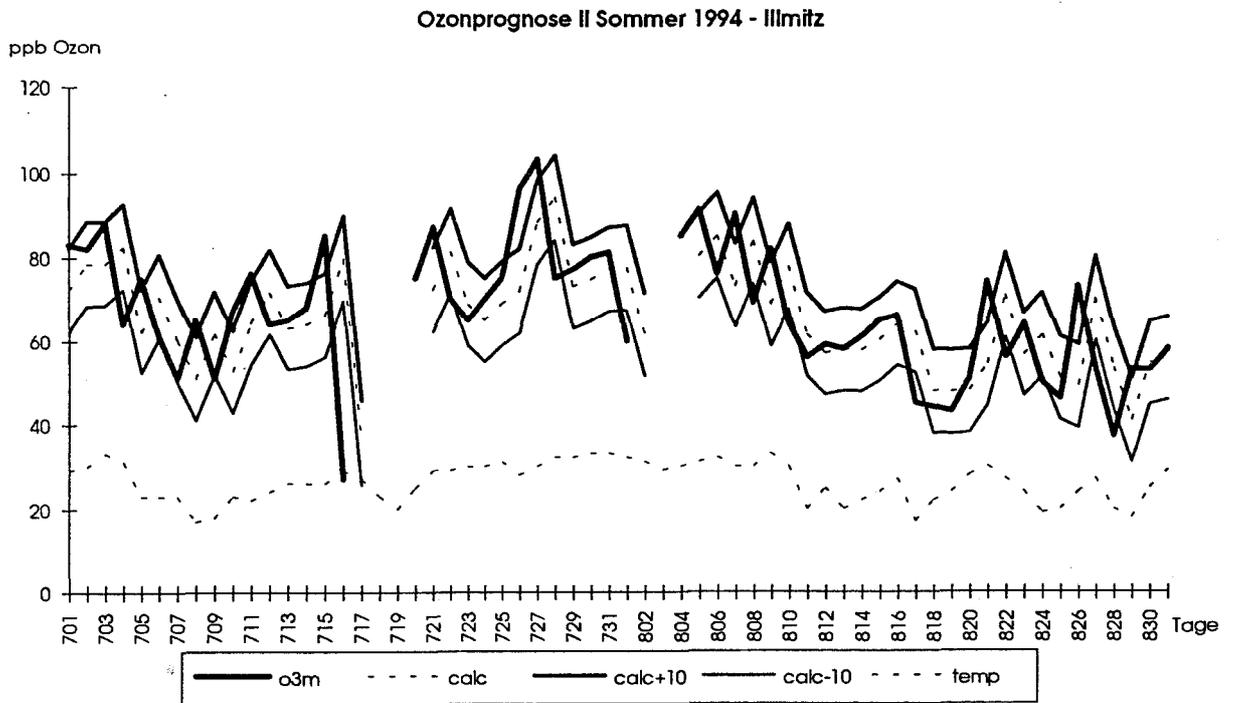
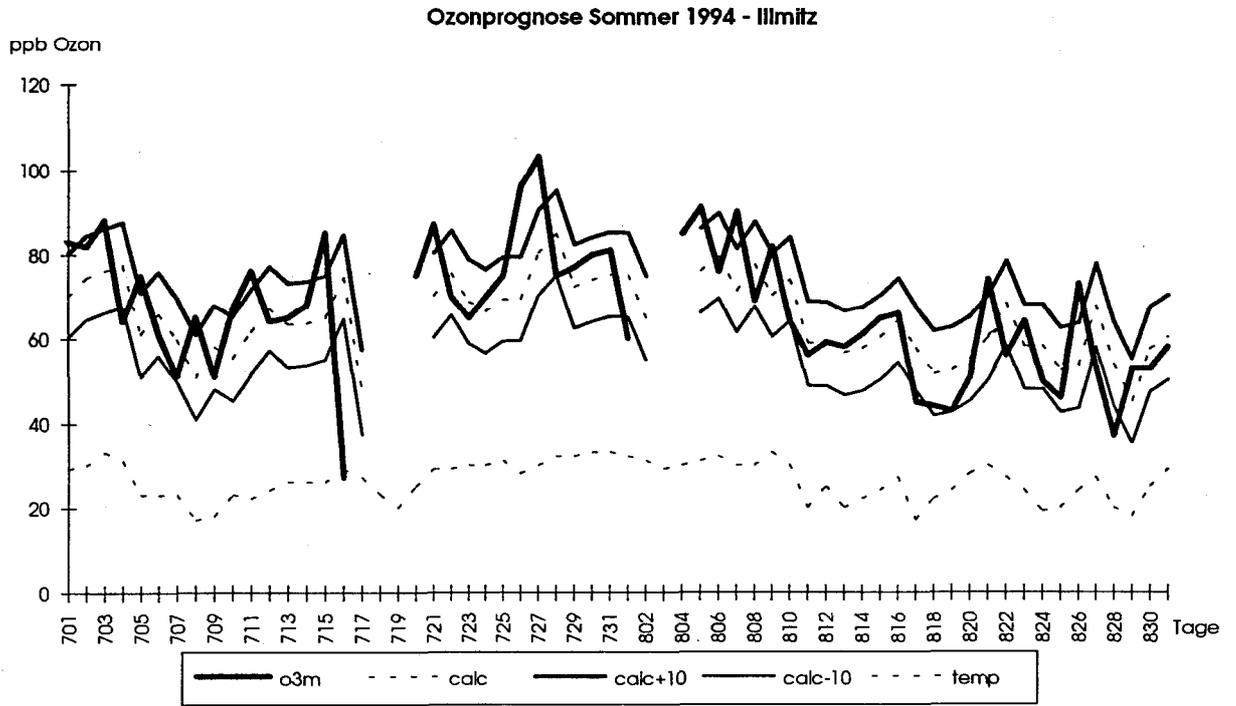


Abbildung 10

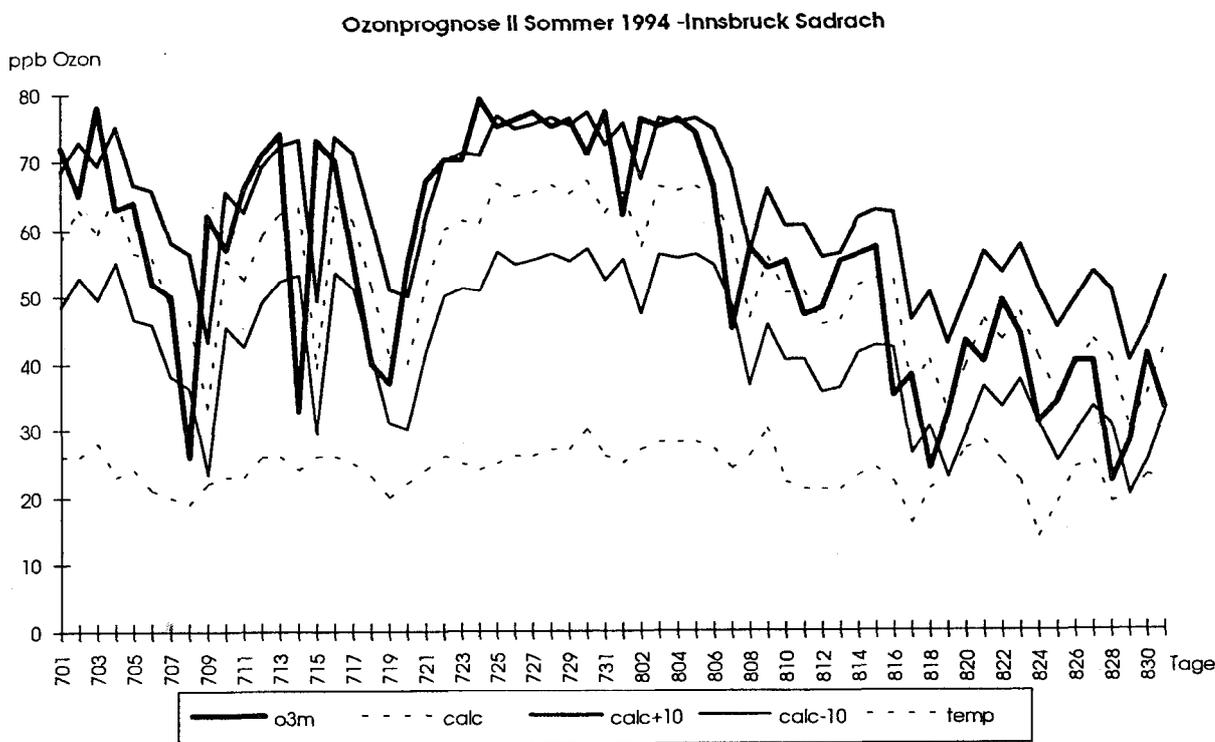
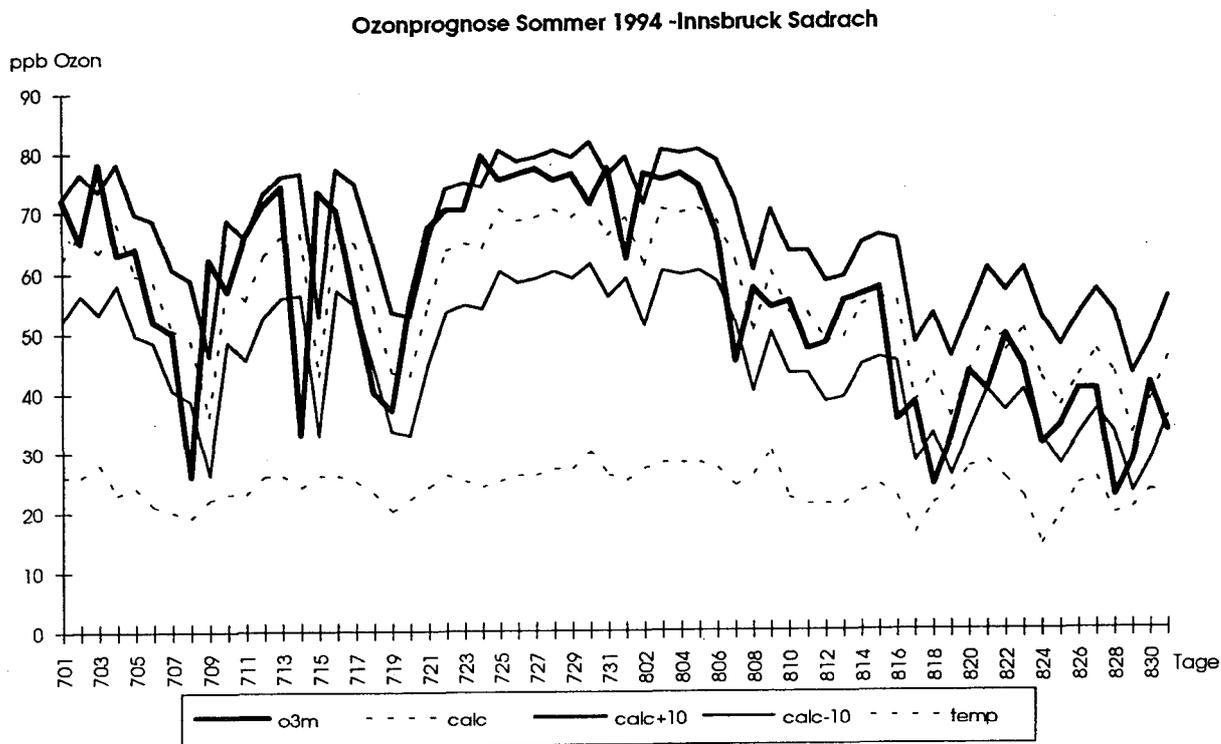


Abbildung 11

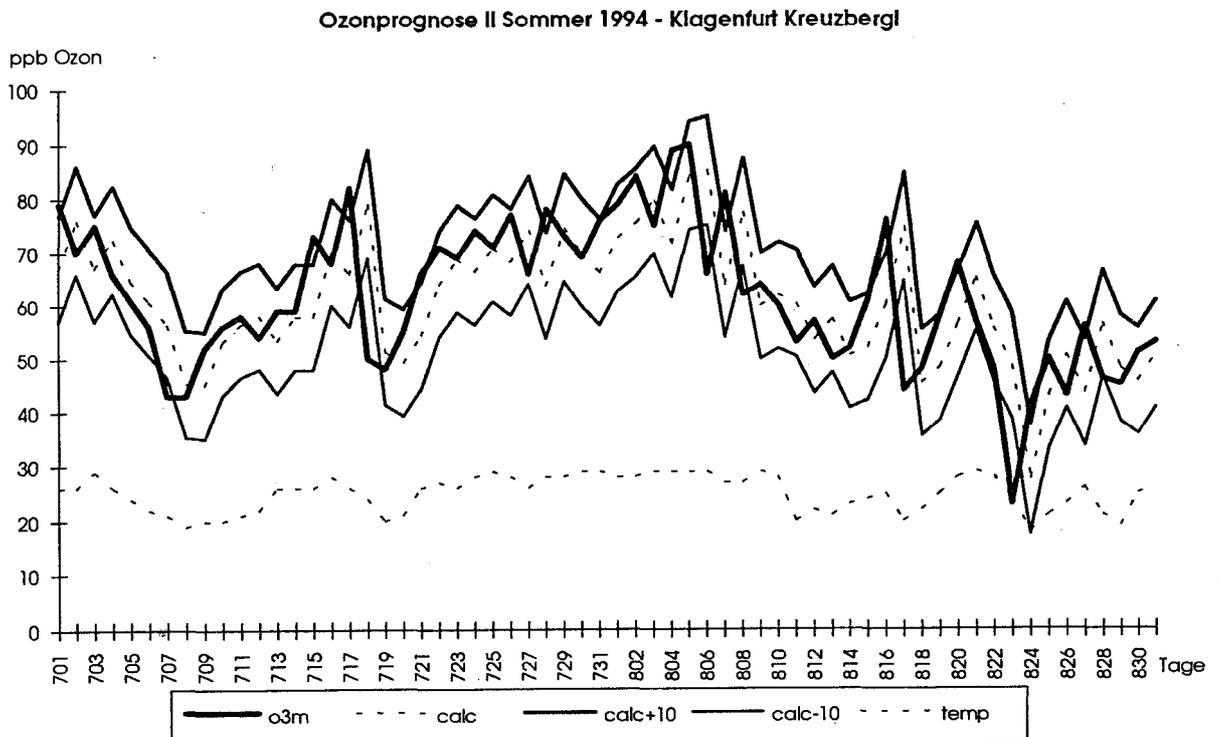
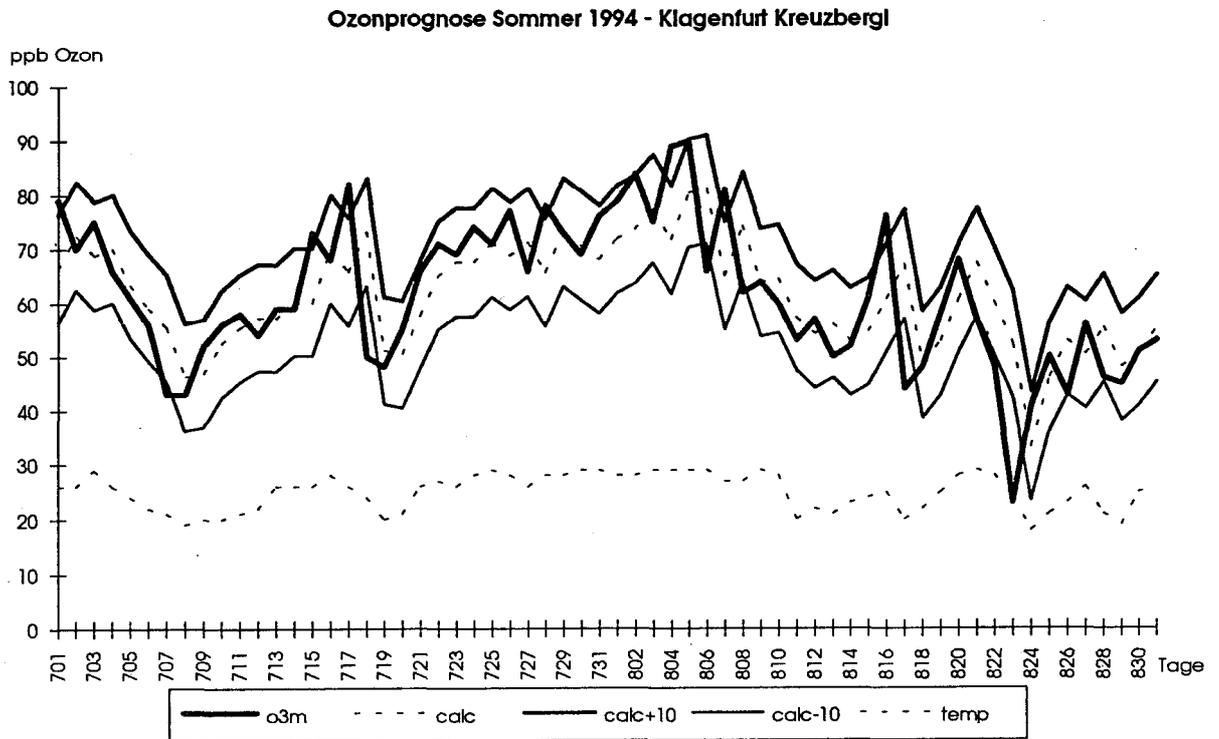


Abbildung 12

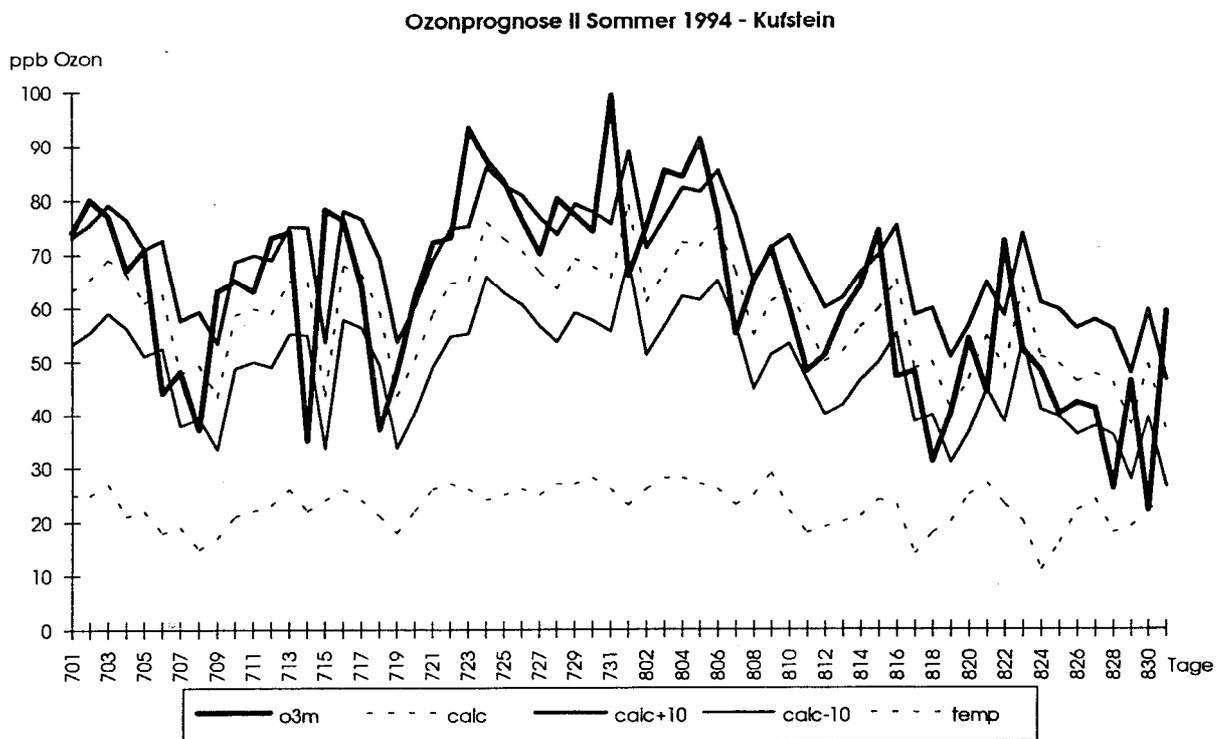
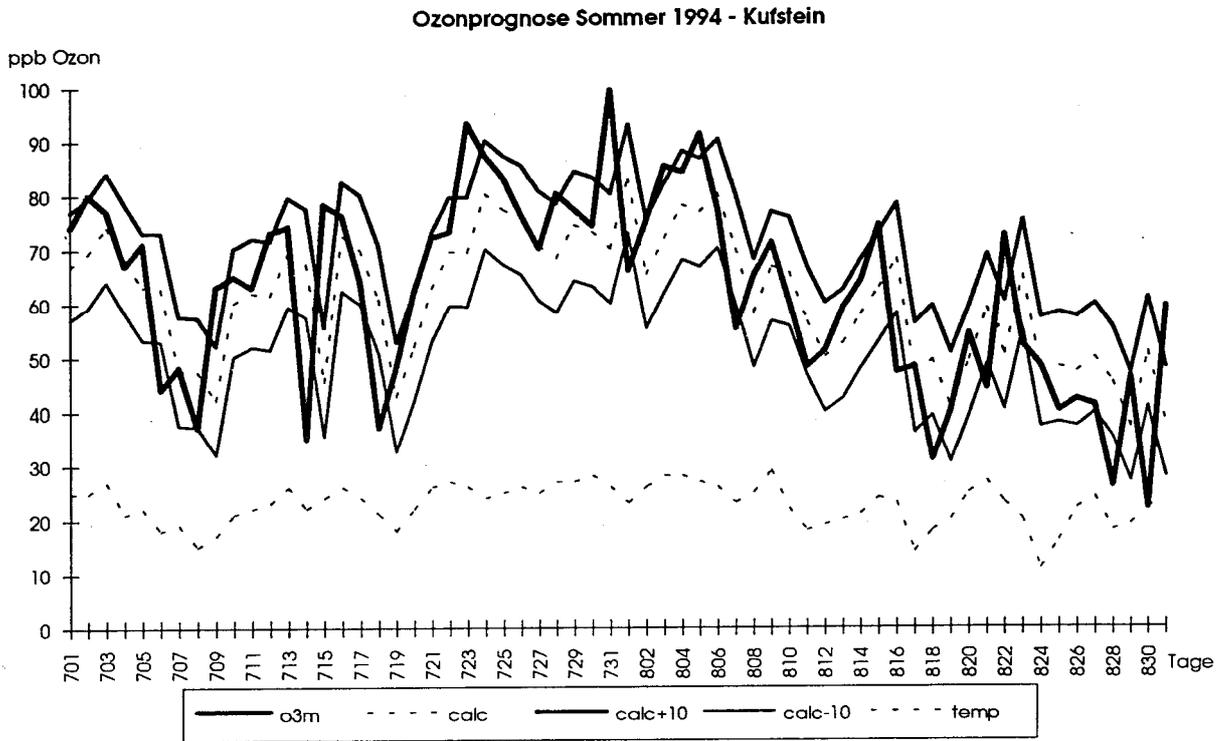


Abbildung 13

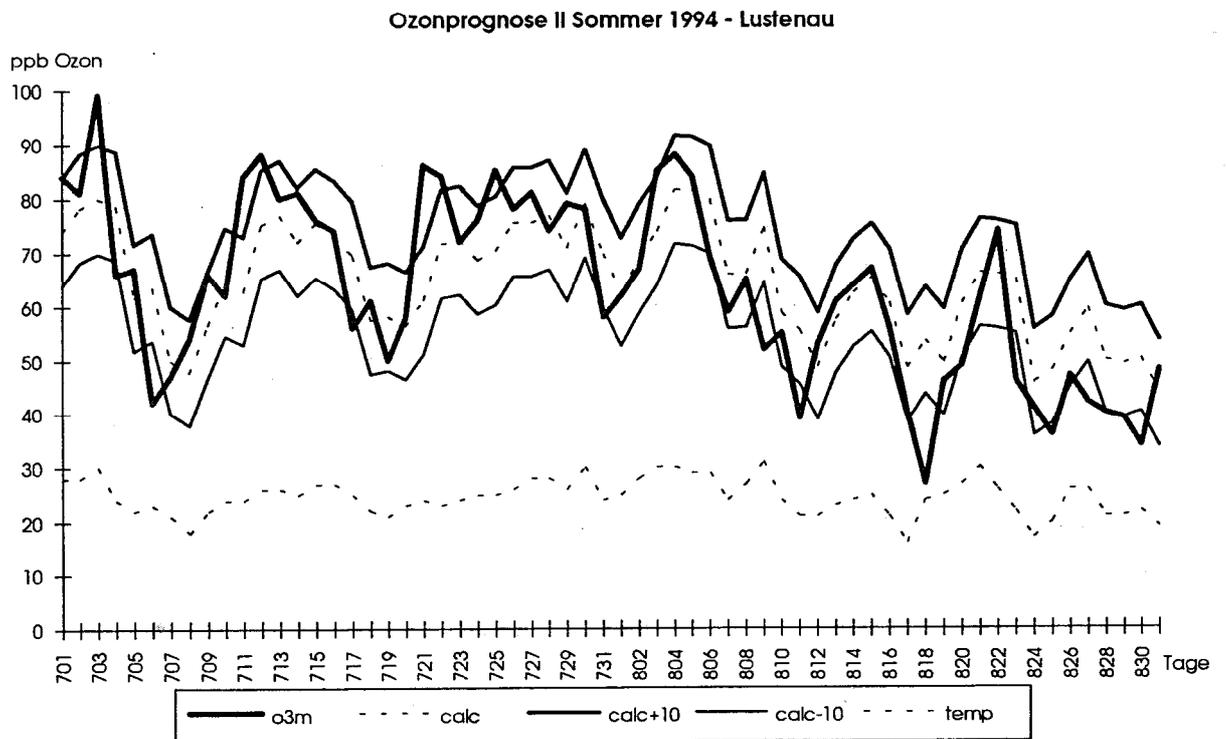
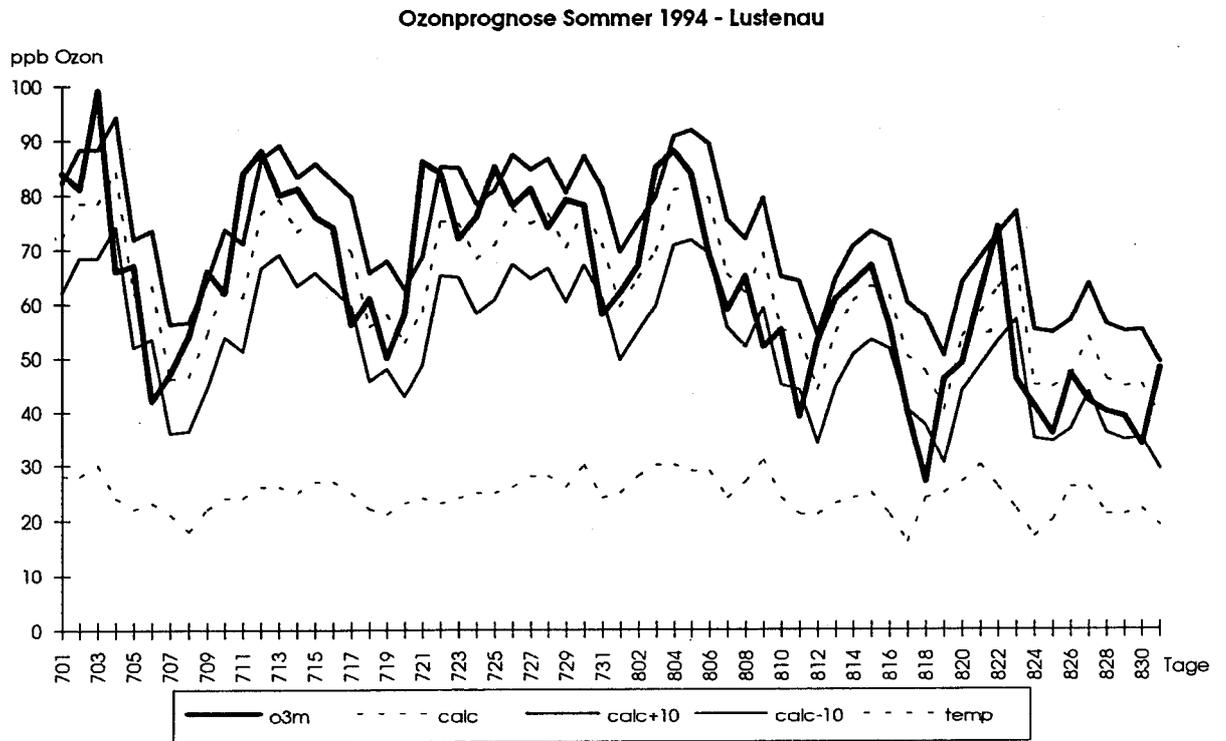


Abbildung 14

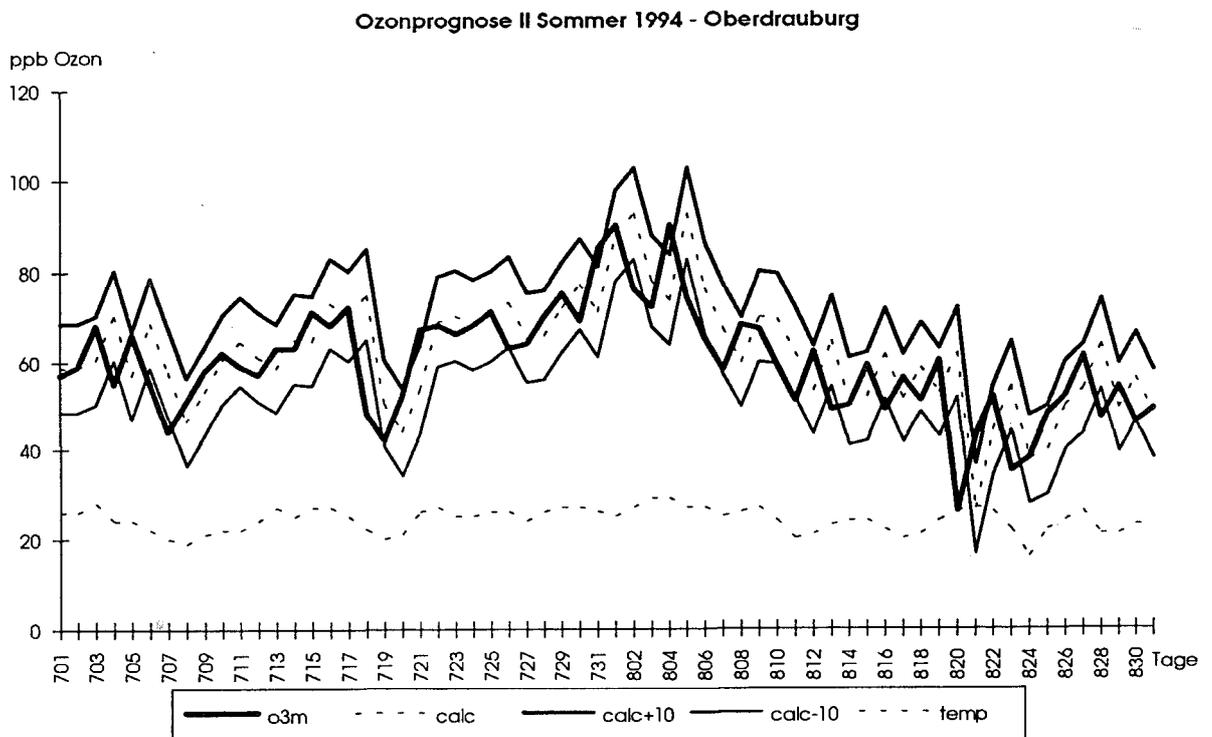
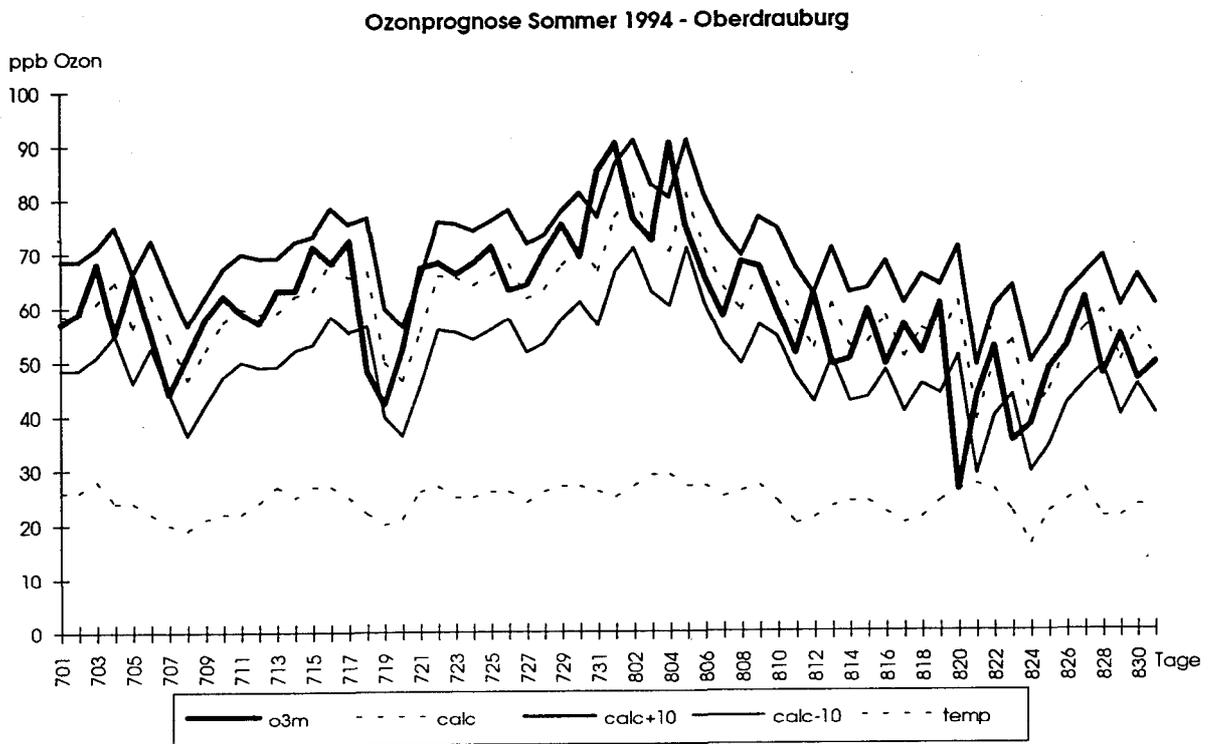


Abbildung 15

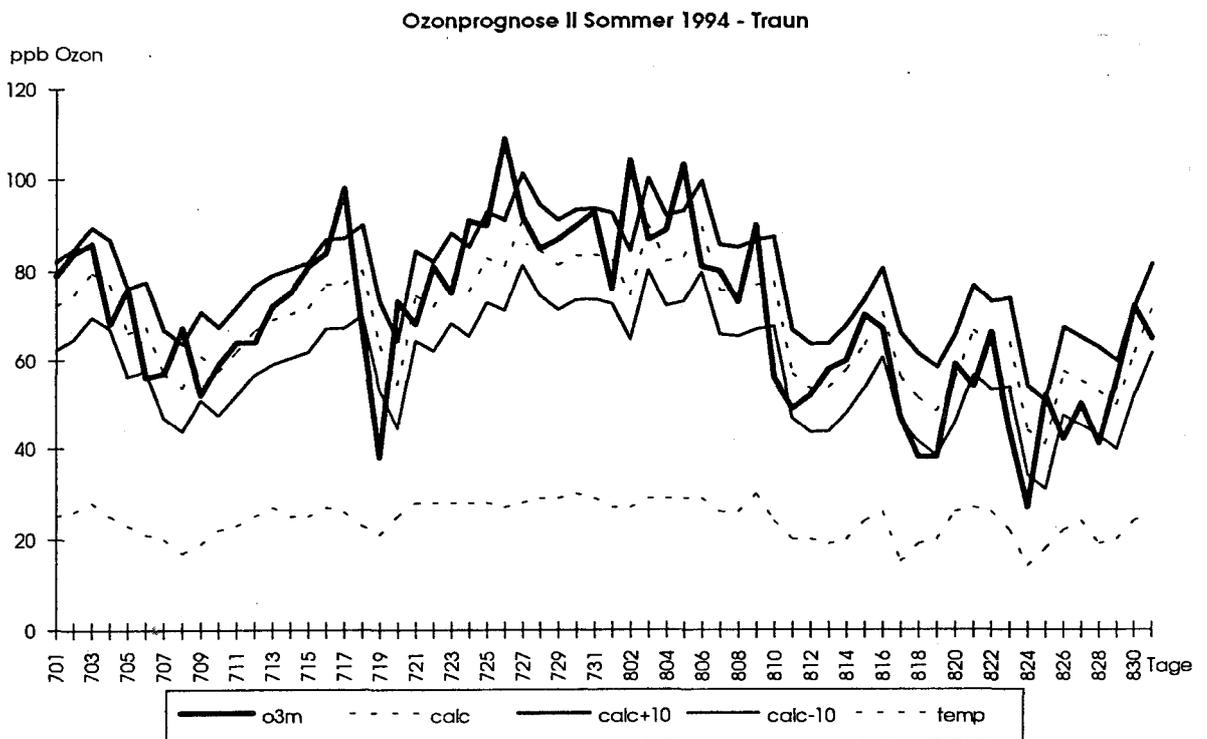
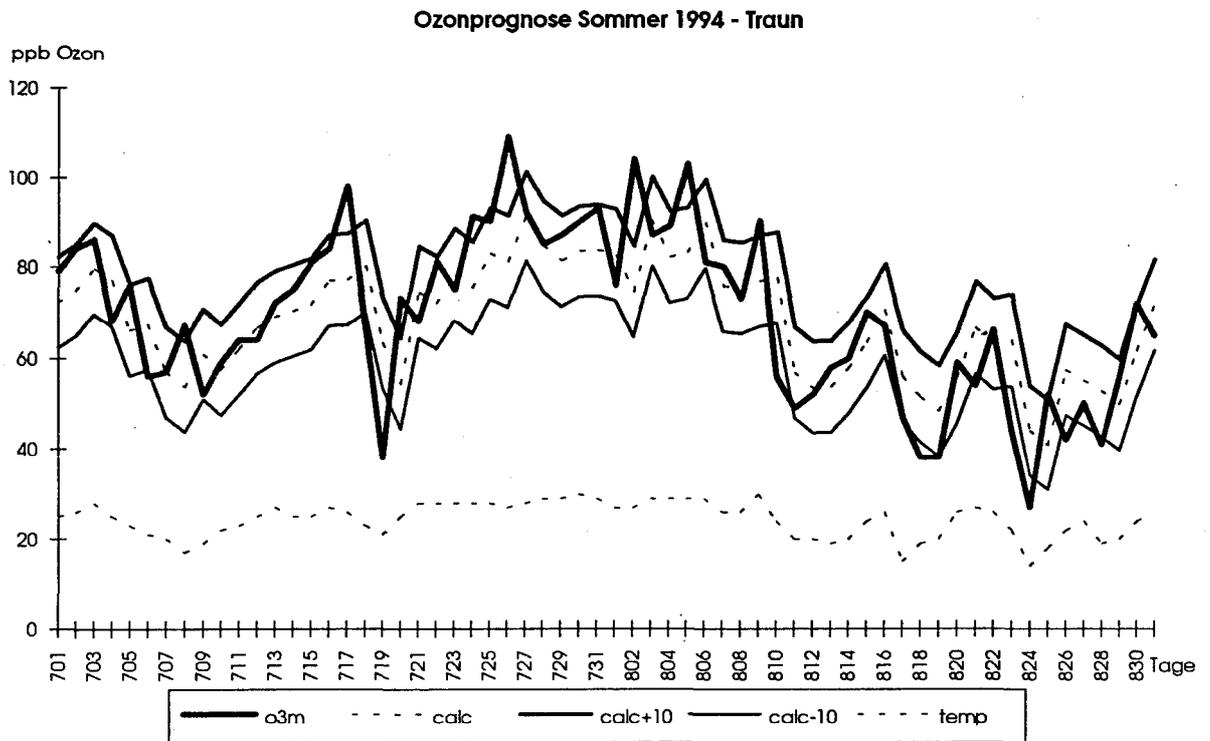
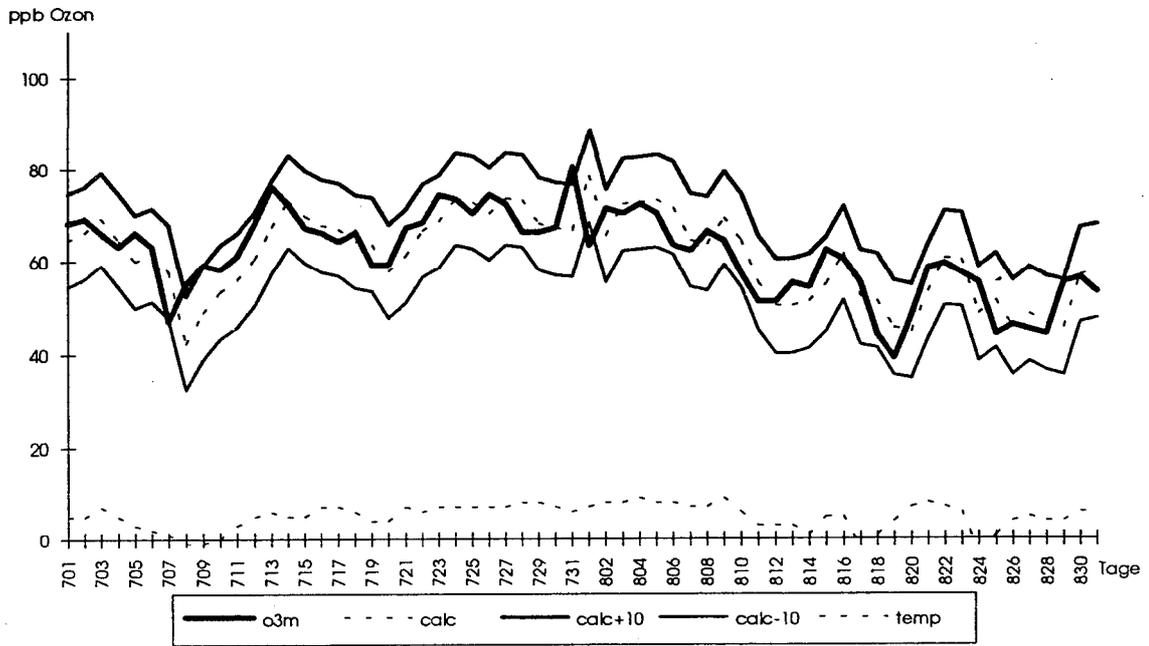


Abbildung 16

Ozonprognose Sommer 1994 - Zillertal



Ozonprognose II Sommer 1994 - Zillertal

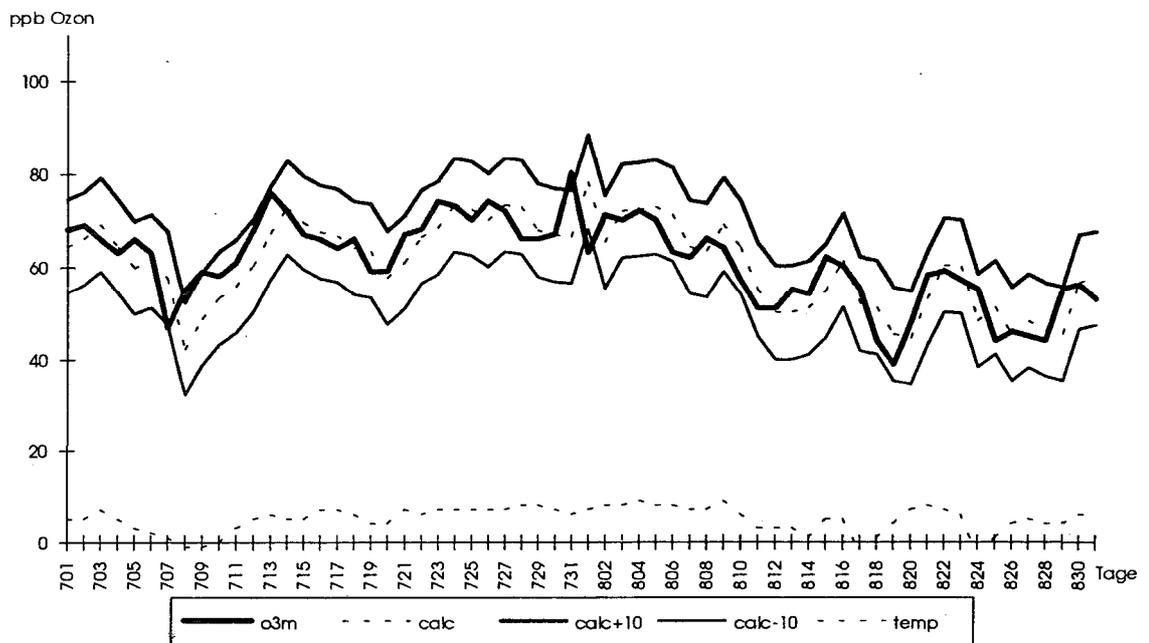
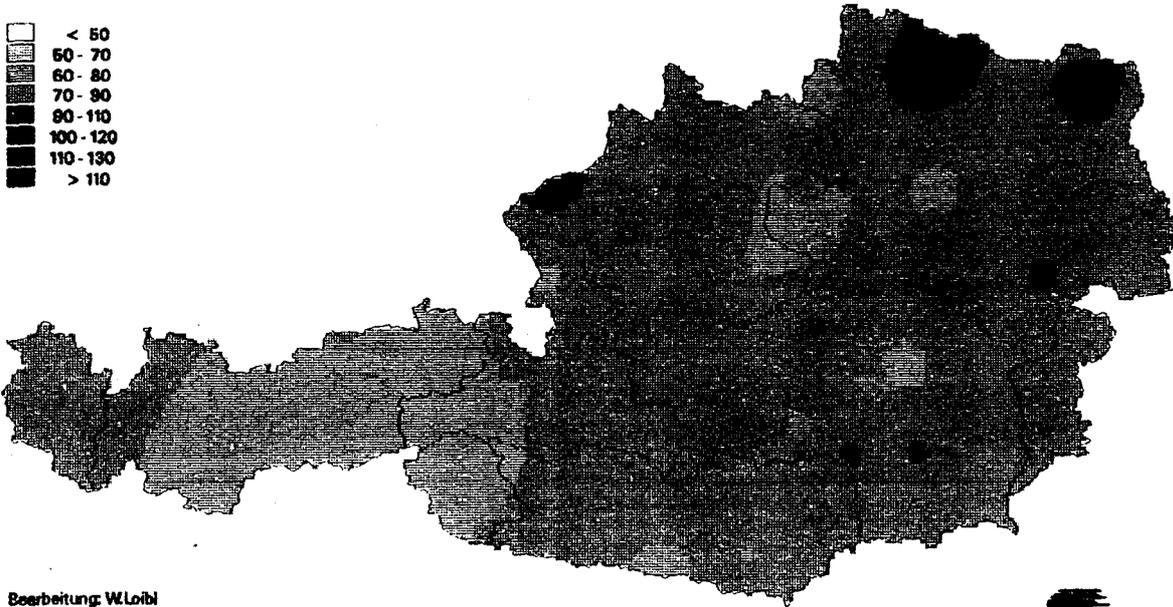
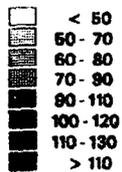


Abbildung 17

OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Prognose der maximalen Halbstundenmittelwerte am 26. Juli 1994



Bearbeitung: W.Löbl

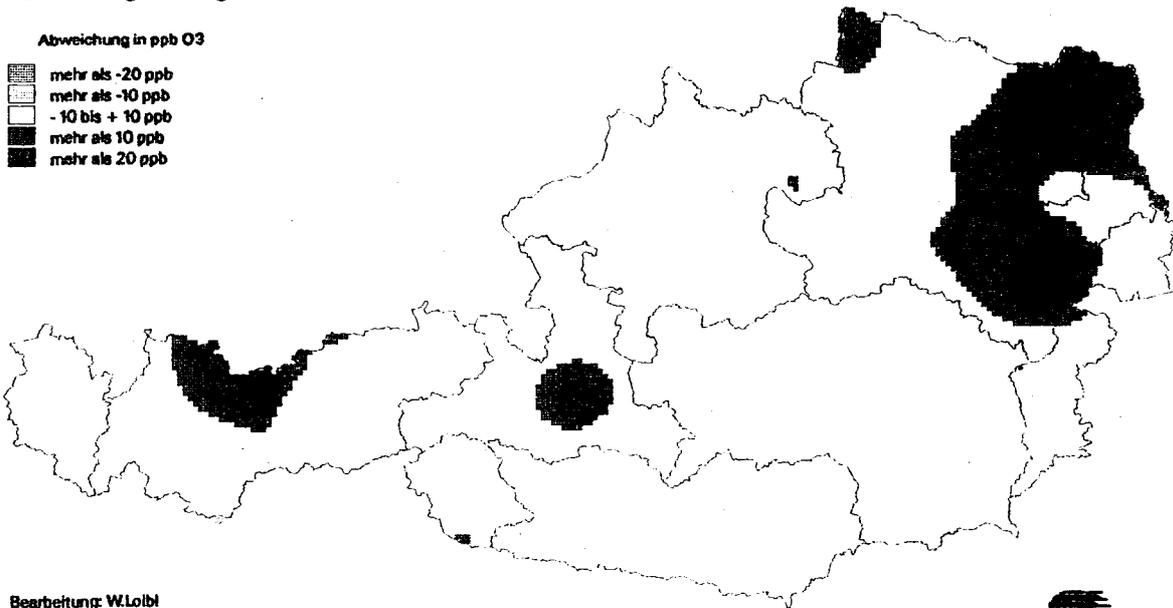
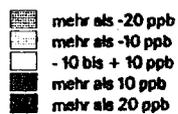
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Abweichung der Prognose von den Messdaten am 26. Juli 1994

Abweichung in ppb O₃



Bearbeitung: W.Löbl

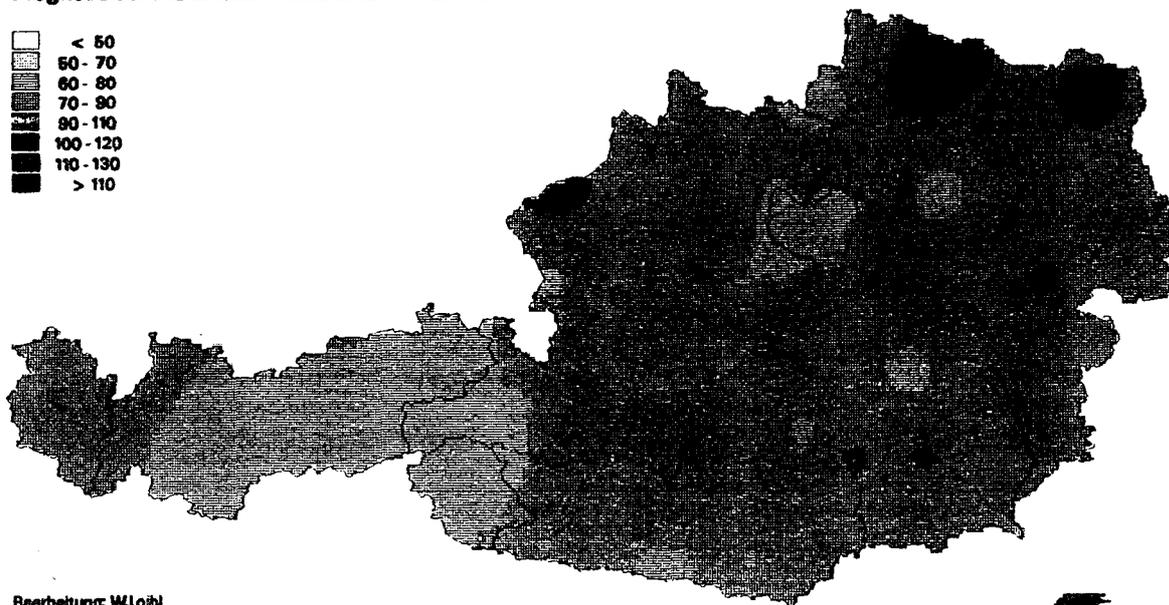
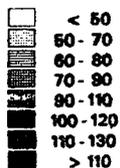
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



Abbildung 18

OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Prognose der maximalen Halbstundenmittelwerte am 27. Juli 1994



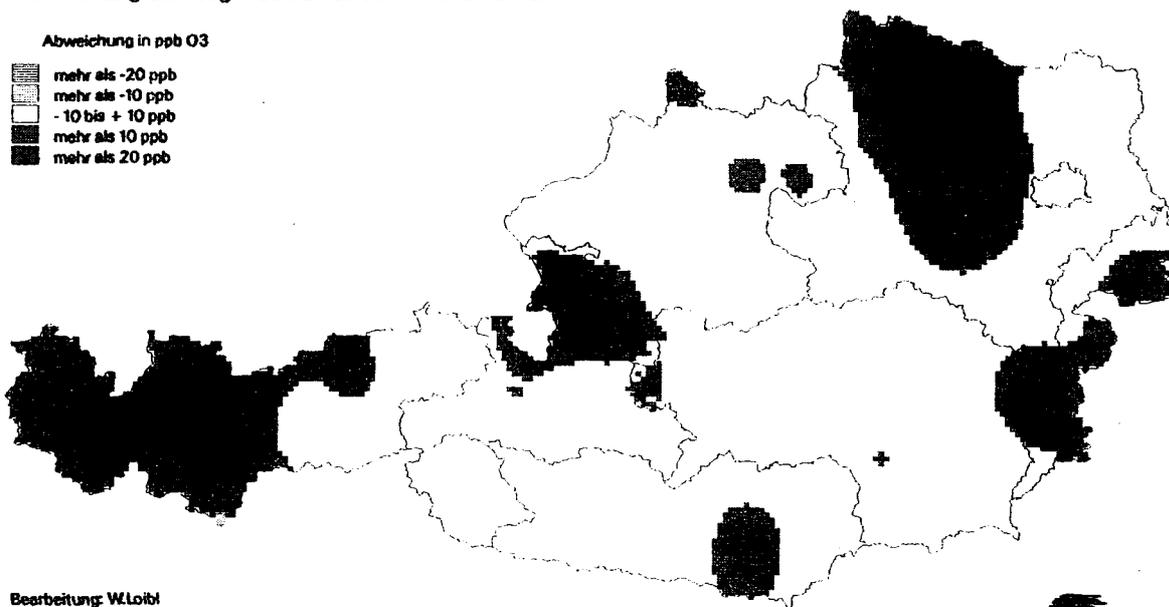
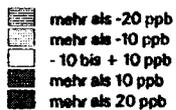
Bearbeitung: W.Löbl
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Abweichung der Prognose von den Messdaten am 27. Juli 1994

Abweichung in ppb O3



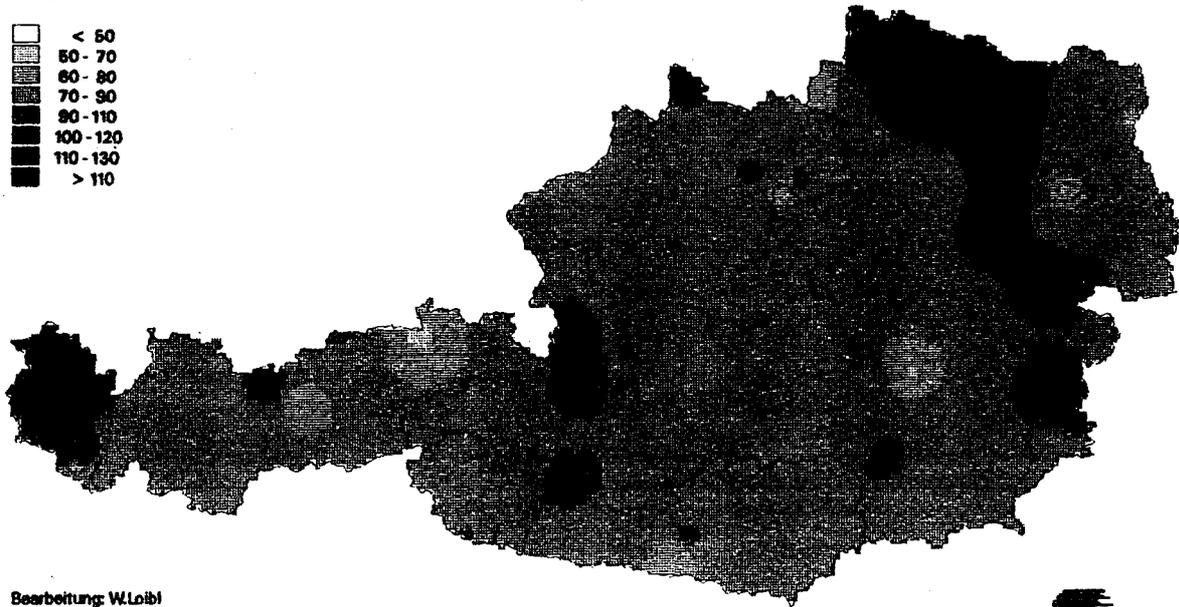
Bearbeitung: W.Löbl
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



Abbildung 19

OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Prognose der maximalen Halbstundenmittelwerte am 28. Juli 1994



Bearbeitung: W.Löbl

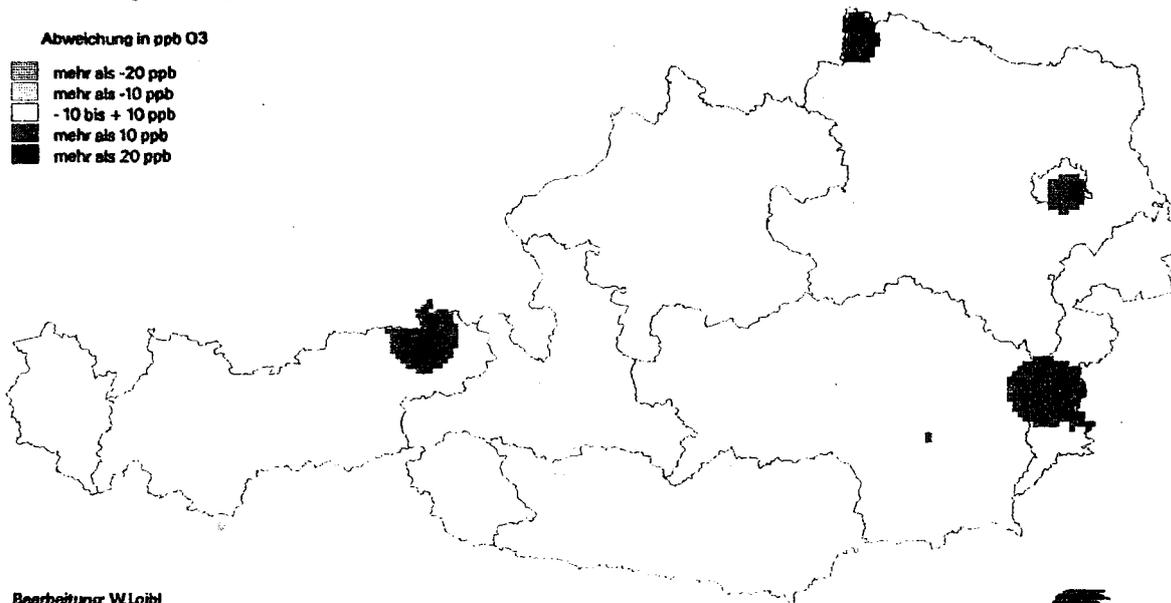
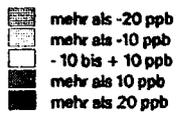
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Abweichung der Prognose von den Messdaten am 28. Juli 1994

Abweichung in ppb O₃



Bearbeitung: W.Löbl

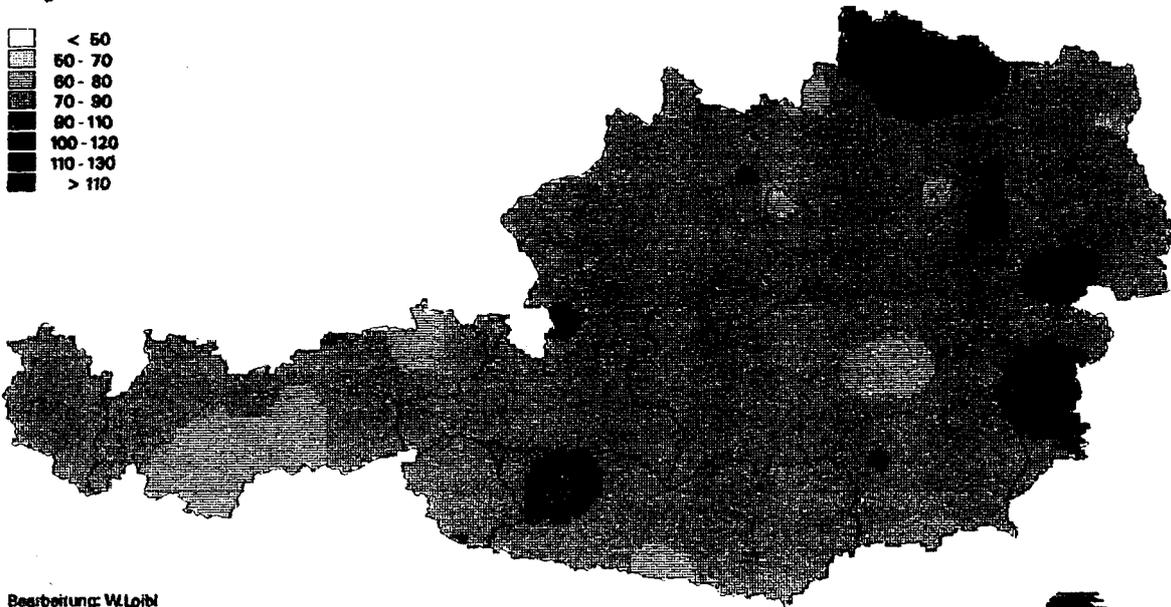
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



Abbildung 20

OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Prognose der maximalen Halbstundenmittelwerte am 29. Juli 1994



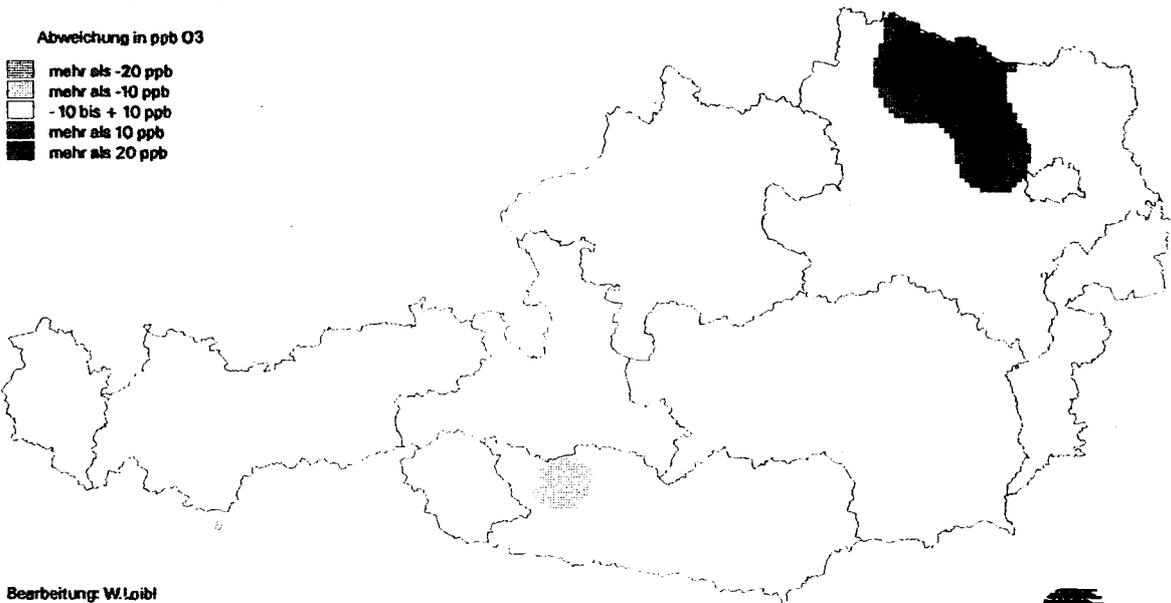
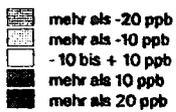
Bearbeitung: W.Loibl
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Abweichung der Prognose von den Messdaten am 29. Juli 1994

Abweichung in ppb O₃



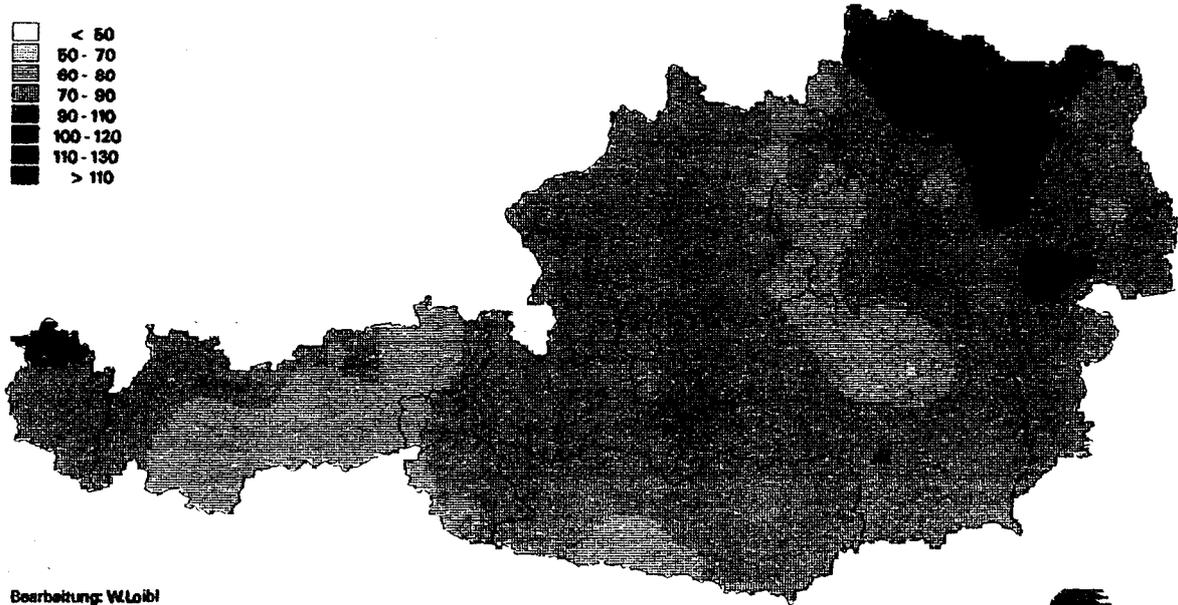
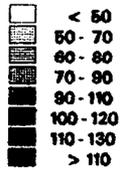
Bearbeitung: W.Loibl
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



Abbildung 21

OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Prognose der maximalen Halbstundenmittelwerte am 30. Juli 1994

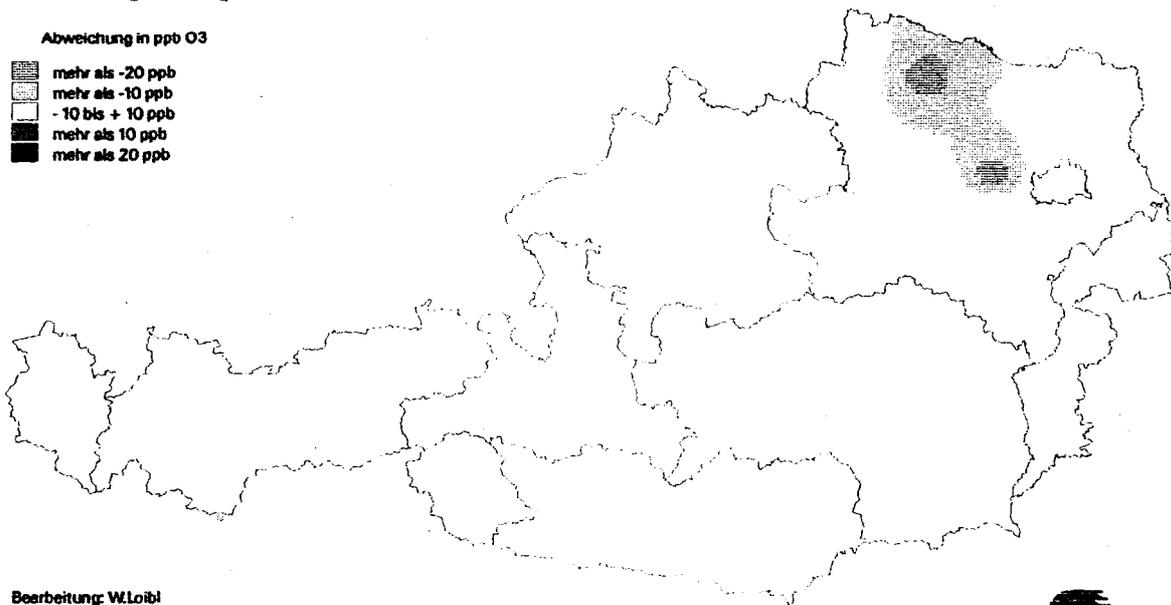
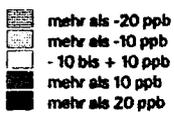


Bearbeitung: W.Loibl

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG

**OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994**

Abweichung der Prognose von den Messdaten am 30. Juli 1994

Abweichung in ppb O₃

Bearbeitung: W.Loibl

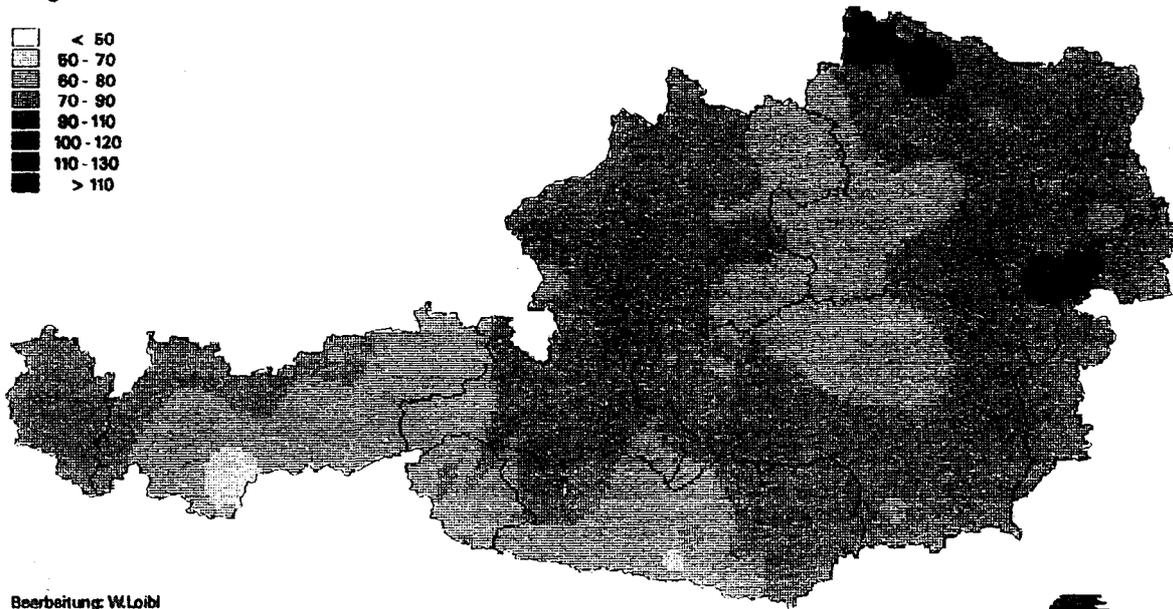
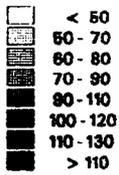
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



Abbildung 22

OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Prognose der maximalen Halbstundenmittelwerte am 31. Juli 1994



Bearbeitung: W.Loibl

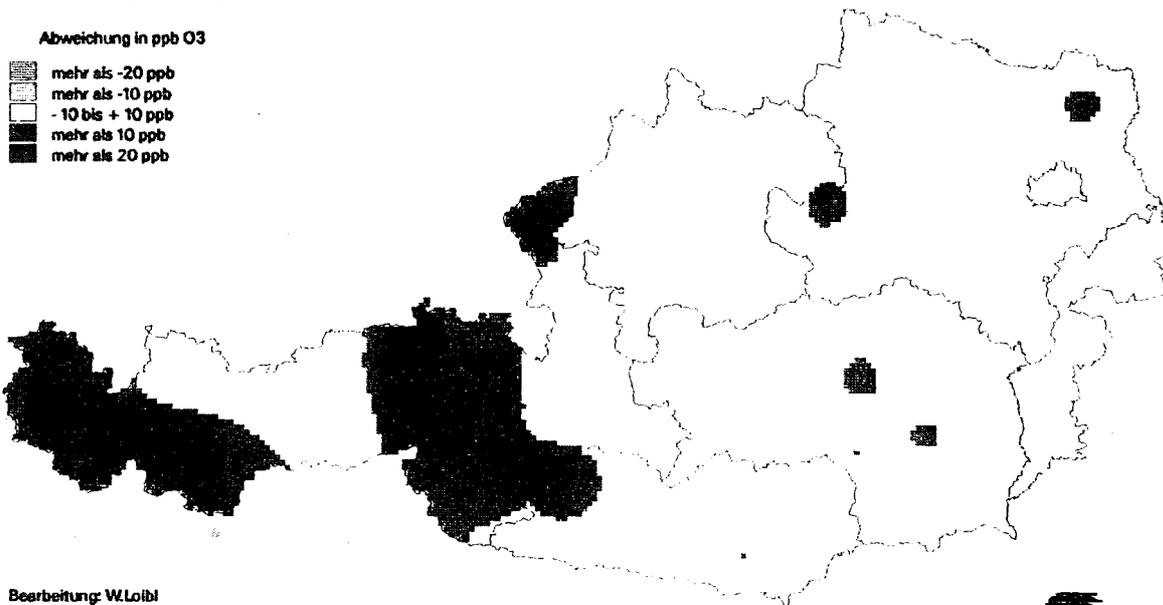
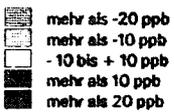
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Abweichung der Prognose von den Messdaten am 31. Juli 1994

Abweichung in ppb O₃



Bearbeitung: W.Loibl

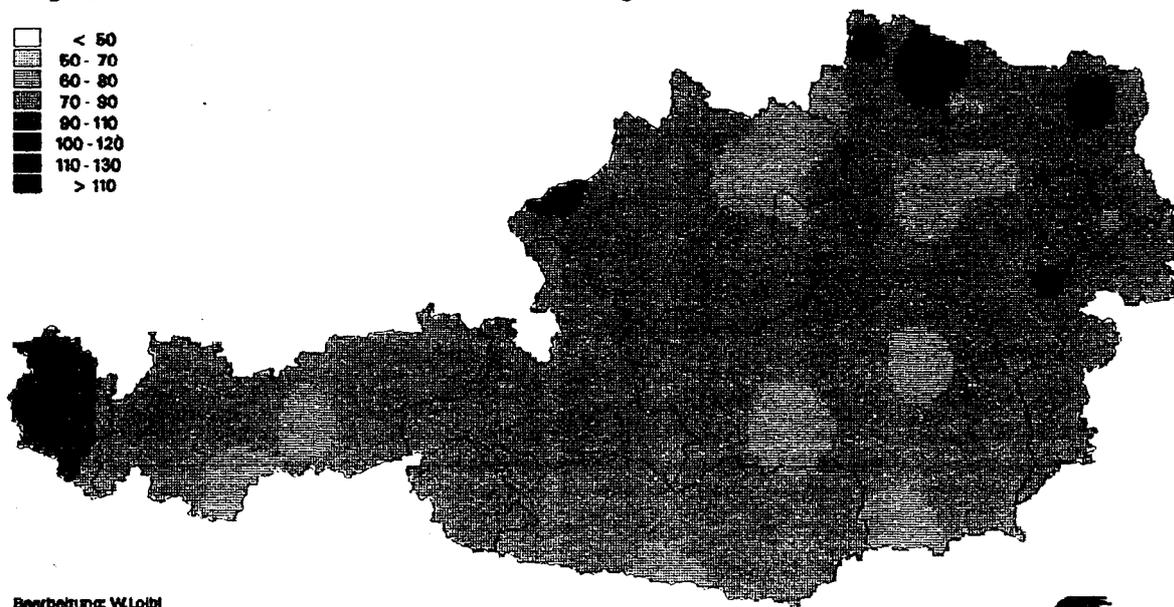
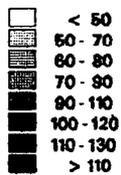
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



Abbildung 23

OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Prognose der maximalen Halbstundenmittelwerte am 1. August 1994



Bearbeitung: W.Loibl

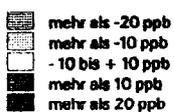
FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Abweichung der Prognose von den Messdaten am 1. August 1994

Abweichung in ppb O₃



Bearbeitung: W.Loibl

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG

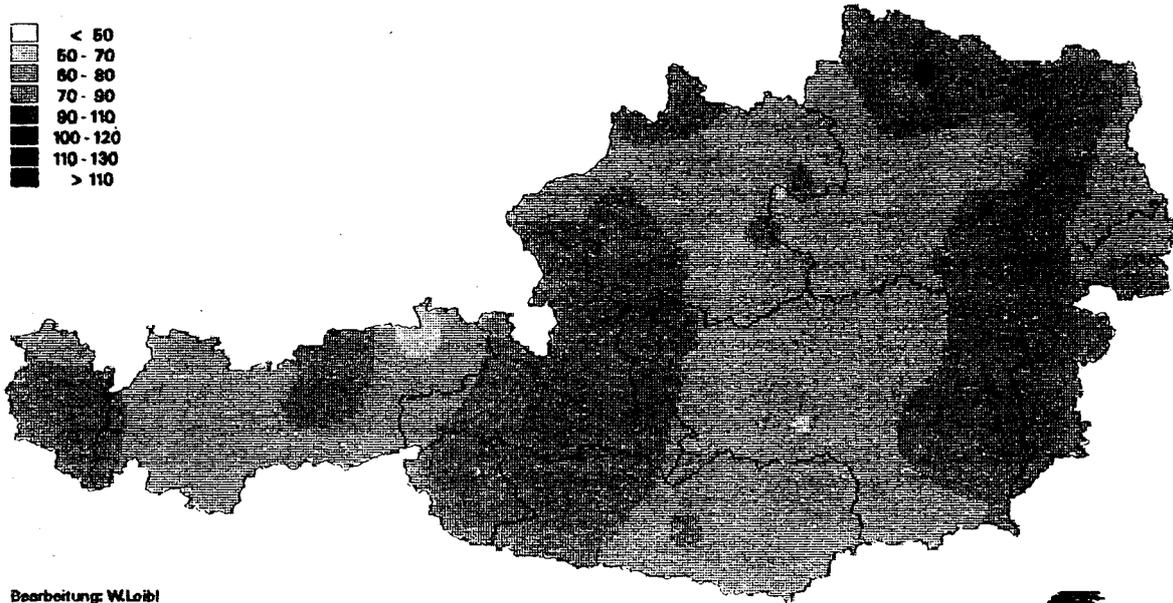


Abbildung 24

OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Prognose der maximalen Halbstundenmittelwerte am 2. August 1994

-  < 50
-  50 - 70
-  80 - 80
-  70 - 90
-  90 - 110
-  100 - 120
-  110 - 130
-  > 110



Bearbeitung: W.Loibl

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG

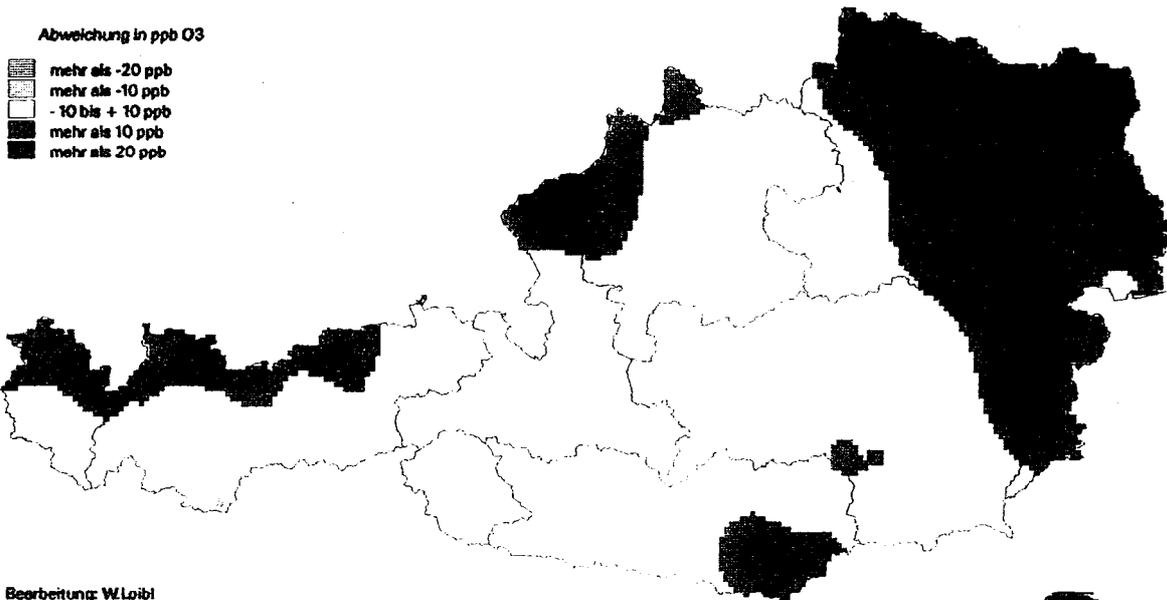


OZONMAXIMA IN ÖSTERREICH - PROGNOSE SOMMER 1994

Abweichung der Prognose von den Messdaten am 2. August 1994

Abweichung in ppb O₃

-  mehr als -20 ppb
-  mehr als -10 ppb
-  - 10 bis + 10 ppb
-  mehr als 10 ppb
-  mehr als 20 ppb



Bearbeitung: W.Loibl

FORSCHUNGSZENTRUM SEIBERSDORF / UMWELTPLANUNG



5. Berechnung weiterer Prognosefunktionen

Um für jede Ozonmeßstation eine Prognose erstellen zu können, wurde die Berechnung von Prognosefunktionen erweitert:

- Erstens wurden Funktionen anhand der Daten April bis September 1994 statt für 40 für alle 120 Meßstationen erstellt, und
- zweitens wurden Funktionen zusätzlich anhand der Daten des Juli und August 1994 berechnet, um steilere Regressionsgeraden zu erzielen, die für Juli und August höhere Spitzenozonwerte generieren können.

Diese zusätzlich erstellten Prognosefunktionen sollen in Perioden hoher Ozonkonzentration eine möglichst genaue Prognose liefern. Es sei jedoch darauf hingewiesen, daß es bei Anwendung dieser Funktionen an Tagen geringerer Ozonkonzentrationen zu Überschätzungen kommen kann.

Es ist zu erwarten, daß diese neu berechneten Funktionen eingeschränkt auf den Zeitraum Juli und August in der Regel bessere Ergebnisse liefern, als die bisher erarbeiteten Prognosefunktionen, die unter der Prämisse entwickelt wurden, Prognosen für Juni bis September zu erstellen, sowie auch windrichtungsspezifische Funktionen zu testen. Für beide Aspekte ist die Verwendung von Daten des gesamten Zeitraumes zur Erstellung der Prognosefunktion sinnvoll bzw. sogar notwendig.

Die folgende Tabelle 10 stellt die Regressionskoeffizienten der Funktionen beider Datensätze gegenüber. Die Zahl neben der Ozonmeßstation bezeichnet den Wetterprognosepunkt, auf den sich die Temperaturprognose bezieht. Am Ende der Tabelle sind die Bezeichnungen dieser Wetterprognosepunkte zu finden.

Tabelle 10: Parameter der Prognosefunktionen für alle 120 Ozonmeßstationen anhand der Daten April bis September sowie Juli bis August

Mess-Station	Prognose a punkt	Funktionen April-September					Funktionen Juli - August				
		b	c	r2	rms	a	b	c	r2	rms	
		ozon		temp		ozon		temp			
t	t+1	t	t+1		t	t+1					
Achenkirch Zenzfeld T	8	8.76	.671	.406	.56	8.2	-8.38	.634	1.271	.77	6.4
Achenkirch Talboden T	8	5.46	.798	.255	.62	8.8	-16.43	.657	1.569	.82	7.1
Achenkirch Christl. T	8	.00	.000	.000	.00	.0	.00	.000	.000	.00	.0
Achenkirch Muehleg. T	8	5.42	.750	.379	.48	11.5	-17.95	.681	1.552	.78	7.6
Wien 9 UBA-AFL W	4	-.43	.382	1.423	.50	15.6	-31.76	.118	3.342	.53	16.2
Amstetten Noe	1	-1.10	.281	1.801	.62	10.9	-16.65	.291	2.492	.64	8.6
St. Andrae K	18	10.95	.552	.554	.44	10.1	-7.82	.287	1.912	.49	9.5
Annaberg Noe	2	11.95	.535	.731	.56	9.3	3.18	.423	1.444	.63	8.9
Arnfels Stmk	15	11.56	.561	.663	.55	8.5	4.48	.369	1.441	.71	6.5
Bad Ischl Ooe	1	4.19	.633	.778	.62	10.4	-23.17	.433	2.417	.72	8.4
Bleiburg K	18	7.03	.634	.582	.56	9.6	-12.10	.388	1.954	.61	8.8
Bludenz Vbg	5	1.11	.624	.860	.63	11.1	-20.78	.530	1.992	.61	11.8
Braunau Ooe	2	5.99	.671	.606	.64	10.7	-2.87	.406	1.782	.71	9.0
Bad Voeslau Noe	4	7.24	.516	.822	.51	11.1	-6.90	.398	1.703	.53	12.0
Deutschlandbg Stmk	15	9.22	.530	.727	.53	9.8	-7.01	.363	1.737	.69	8.3
Donauturm Wien	4	-10.27	.205	2.420	.62	12.3	-14.95	.135	2.859	.65	11.0
Eisenstadt B	4	9.47	.412	1.163	.56	11.1	.64	.358	1.697	.53	11.3
Exelberg W	4	5.80	.401	1.418	.54	14.2	-17.12	.220	2.844	.52	16.2
Feldkirchen K	17	11.05	.616	.444	.51	8.8	-3.61	.312	1.992	.67	6.4
Ferlach K	19	6.99	.563	.711	.46	11.4	-12.49	.204	2.293	.52	9.5
Forsthof/Schoepfl Noe	4	3.83	.614	.794	.62	11.3	-9.21	.652	1.190	.70	10.0
Fuernitz K	18	9.97	.642	.390	.47	9.9	-5.28	.393	1.589	.57	7.9
Gaenserndorf Noe	2	18.05	.271	1.303	.52	10.9	3.10	.018	2.750	.69	8.8
Gaisberg S	9	5.79	.788	1.440	.67	9.3	18.98	.572	1.768	.58	8.0
Gerlitzten K	18	16.80	.508	.632	.44	9.1	5.84	.400	1.386	.61	6.0
Grossgoettfritz Noe	2	13.21	.446	.795	.50	9.7	5.39	.335	1.483	.59	9.0
St.Gilgen Ooe	1	3.92	.706	.431	.64	7.7	-16.49	.563	1.554	.72	6.6
Graz-West Stmk	15	5.00	.607	.706	.60	10.4	-11.78	.480	1.687	.69	10.3
Graz-Sued Stmk	13	4.83	.697	.544	.64	9.8	-20.85	.459	2.229	.76	8.0
Graz-Schlossbg Stmk	15	5.96	.553	.790	.57	9.7	-9.19	.384	1.791	.72	7.9
Graz-Platte Stmk	15	8.63	.627	.577	.58	8.9	.12	.506	1.234	.73	7.0
Grundlsee Stmk	8	7.76	.674	.441	.58	7.8	-4.26	.564	1.256	.67	7.1
Hainburg Noe	2	5.77	.250	1.901	.65	12.0	.55	.140	2.573	.63	10.7
Hallein Reh S	10	1.12	.548	.936	.64	10.1	-23.94	.526	1.971	.72	9.6
Hallein Win S	10	3.83	.665	.659	.64	10.2	-24.64	.499	2.254	.74	9.9
Haunsberg S	10	7.77	.648	.588	.61	9.6	-12.69	.462	1.971	.73	8.4
Hochburg-Ach Ooe	1	10.54	.574	.715	.54	11.1	-18.41	.319	2.635	.64	9.4
Heidenreichstein Noe	2	18.27	.365	.906	.46	10.4	1.23	.467	1.328	.65	9.6
Hermagor Ktn	18	9.41	.639	.463	.52	9.7	-5.87	.223	2.050	.56	7.8
Hermannskogel W	4	6.56	.404	1.380	.58	12.4	-17.18	.181	2.957	.65	11.9
Hochgoessnitz Stmk	12	7.06	.747	.437	.67	7.9	.08	.696	.984	.82	5.8
Hoefen Laerchbich T	7	5.27	.662	.611	.60	9.0	-17.07	.588	1.739	.72	7.8
Illmitz B	15	15.83	.449	.715	.40	11.2	13.57	.222	1.430	.35	12.7

Tabelle 10: Fortsetzung

Mess-Station	Prognose- punkt	Funktionen April-September					Funktionen Juli - August				
		a	b	c	r2	rms	a	b	c	r2	rms
		ozon t	temp t+1				ozon t	temp t+1			
Schwechat Noe	2	1.31	.638	.834	.64	12.2	-17.08	.548	1.856	.66	14.4
Schoeneben Ooe	1	9.08	.582	.768	.61	10.1	-9.36	.501	1.732	.74	6.8
Soelden T	6	12.02	.636	.320	.45	7.4	3.47	.633	.714	.63	5.6
Sonnblick S	10	15.73	.652	.299	.45	8.3	7.33	.701	.518	.62	6.8
Spittal K	16	4.64	.689	.506	.59	9.0	-20.63	.517	1.908	.70	6.8
Wien Stephänsplatz W	4	3.42	.345	1.373	.49	13.6	-25.57	.142	3.032	.51	15.6
Steyr Ooe	1	6.88	.527	.978	.58	11.3	-20.93	.407	2.456	.67	8.8
Steyregg Ooe	1	7.20	.435	1.272	.53	13.0	-21.74	.360	2.719	.67	9.4
Stixneusiedl Noe	4	4.64	.436	1.299	.57	11.5	-.52	.460	1.495	.59	10.6
Stolzalpe Stmk	13	6.60	.809	.135	.61	7.0	-.34	.725	.618	.72	5.5
Streithofen NOe	2	17.41	.297	.974	.32	11.5	.45	.127	2.327	.57	11.1
Sulzberg V	5	5.37	.702	.630	.66	9.4	-8.94	.599	1.515	.65	8.8
St.Valentin Noe	1	7.32	.284	1.741	.59	12.0	-17.61	.356	2.604	.69	8.7
Tamsweg S	8	15.12	.663	.177	.40	9.2	5.02	.583	.820	.59	7.8
Ternitz Noe	4	9.02	.547	.687	.52	9.7	2.69	.477	1.133	.54	10.1
Traun Ooe	1	6.54	.468	1.205	.58	12.3	-23.29	.295	2.955	.61	10.7
Tulln Noe	4	10.36	.788	-.067	.54	11.6	.91	.723	.382	.57	12.3
Dunkelsteinerw. N	2	16.55	.245	1.530	.55	11.5	-.21	.191	2.425	.71	8.9
St. Veit K	18	7.11	.629	.427	.51	9.2	-10.23	.457	1.474	.60	8.2
Villach K	18	9.30	.585	.501	.47	9.9	-4.71	.455	1.327	.61	7.0
Voelkermarkt K	18	8.97	.558	.580	.47	9.8	-6.79	.377	1.618	.56	8.4
Voitsberg Stmk	19	10.64	.527	.750	.50	10.5	-13.13	.509	1.715	.64	9.6
Vorhegg K	18	11.84	.595	.558	.49	9.8	-7.04	.306	2.061	.55	8.9
Weiz Stmk	15	1.28	.607	.756	.67	9.6	-4.85	.739	.719	.78	8.9
Wiesmath Noe	3	10.49	.595	.661	.60	9.2	-1.65	.632	1.060	.74	8.0
Wr.Neustadt Noe	3	9.39	.530	.762	.50	11.3	-8.08	.387	1.834	.56	12.0
Wolkersdorf Noe	2	12.12	.221	1.440	.55	10.4	-4.90	.120	2.415	.61	10.1
Woergl T	8	4.38	.573	.752	.54	11.2	-18.33	.396	2.207	.62	10.3
Wolfsberg K	13	7.12	.663	.421	.54	8.8	-4.96	.411	1.479	.55	8.4
Zell am See S	9	7.37	.668	1.822	.59	10.2	17.94	.533	1.473	.43	9.0
Zillertal T	9	5.11	.817	1.095	.56	8.7	22.17	.548	1.266	.60	5.3
Wien 19 ZAMG W	3	9.35	.450	1.034	.48	13.6	-28.98	.007	4.094	.42	19.2

Wetterprognosepunkte

1 Linz	8 Zell.a.S.	15 Kleinzicken
2 Litschau	9 Sonnblick	16 Lienz
3 St_Poelten	10 Salzburg	17 Mallnitz
4 Wien_19	11 Aigen_Enns	18 Klagenfurt
5 Feldkirch	12 Stolzalpe	19 Graz
6 Reutte	13 Zeltweg	
7 Innsbruck	14 Eisenstadt	

Tabelle 11 stellt die Prognosegenauigkeit der Funktionen anhand aller Tage über 20°C von April bis September den Funktionen der entsprechenden Tage von Juli bis August gegenüber. Es sind jeweils die %-Anteile des Zeitraumes im Juli und August angeführt, an dessen Tagen die Prognose jeweils innerhalb von +/- 10 ppb bzw. +/- 20 ppb eingetroffen ist. Sie entspricht z.T. der Tabelle 9, wo die für die Prognosekarten verwendeten Stationen angeführt sind.

Erwartungsgemäß wird deutlich, daß bei Verwendung der 'Juli-August-Funktionen' für den Zeitraum Juli bis August eine höhere Prognosegenauigkeit als mit den allgemeinen Funktionen, die für das gesamte Sommerhalbjahr gelten sollen, erreicht wird. Bei den +/-10 ppb-Spannweiten beträgt die Genauigkeit der Prognose im Osten in den Tallagen gegen 60 %, was auch der Funktion für den gesamten Zeitraum entspricht. Im Westen und im Süden sinkt die Trefferquote kaum unter 70 % und erreicht häufig Werte zwischen 80 und 90 %. In Einzelfällen (v.a. im Osten) sind die Ergebnisse der Juli-August-Funktionen schlechter als jene der allgemeinen Funktion. Allerdings bezieht sich die Genauigkeit der Viermonatefunktion auf den gesamten Zeitraum. Die +/- 20 ppb-Spalte zeigt, daß nahezu bei allen Stationen (auch bei jenen in den Tallagen mit 'schlechter' Korrelation der Ozonmaxima gegenüber den Temperaturmaxima) eine Genauigkeit von 90 bis 100 % erreicht wird.

Tabelle 11: Prognosegenauigkeit für alle 120 Ozonmeßstationen anhand der Daten April bis September sowie Juli bis August: Eintreffen der Prognose innerhalb von +/- 10 ppb bzw. +/-20 ppb

Mess-Station	Funktionen April-September				Funktionen Juli - August			
	Prognosegenauigkeit				Prognosegenauigkeit			
	r2	rms	in %		r2	rms	in %	
		+/-10ppb	+/-20ppb			+/-10ppb	+/-20ppb	
Achenkirch Zenzfeld T	.56	8.2	87.1	100.0	.77	6.4	90.3	98.4
Achenkirch Talboden T	.62	8.8	53.2	66.1	.82	7.1	61.3	66.1
Achenkirch Christ. T	.00	.0	.0	.0	.00	.0	.0	.0
Achenkirch Muehlegg.T	.48	11.5	40.3	50.0	.78	7.6	45.2	51.6
Wien 9 UBA-AFL W	.50	15.6	48.4	71.0	.53	16.2	53.2	71.0
Amstetten Noe	.62	10.9	71.0	98.4	.64	8.6	72.6	100.0
St. Andrae K	.44	10.1	72.6	95.2	.49	9.5	72.6	96.8
Annaberg Noe	.56	9.3	72.6	95.2	.63	8.9	80.6	96.8
Arnfels Stmk	.55	8.5	79.0	100.0	.71	6.5	85.5	100.0
Bad Ischl Noe	.62	10.4	72.6	96.8	.72	8.4	77.4	98.4
Bleiburg K	.56	9.6	75.8	96.8	.61	8.8	83.9	95.2
Bludenz Vbg	.63	11.1	59.7	90.3	.61	11.8	61.3	90.3
Braunau Ooe	.64	10.7	72.6	96.8	.71	9.0	74.2	96.8
Bad Voeslau Noe	.51	11.1	59.7	91.9	.53	12.0	54.8	93.5
Deutschlandbg Stmk	.53	9.8	77.4	96.8	.69	8.3	80.6	98.4
Donauturm Wien	.62	12.3	67.7	90.3	.65	11.0	66.1	88.7
Eisenstadt B	.56	11.1	59.7	91.9	.53	11.3	61.3	95.2
Exelberg W	.54	14.2	58.1	80.6	.52	16.2	58.1	87.1
Feldkirchen K	.51	8.8	91.9	98.4	.67	6.4	90.3	98.4
Ferlach K	.46	11.4	66.1	87.1	.52	9.5	75.8	88.7
Forstthof/Schoepfl Noe	.62	11.3	64.5	93.5	.70	10.0	69.4	91.9
Fuernitz K	.47	9.9	80.6	98.4	.57	7.9	82.3	98.4
Gaenserndorf Noe	.52	10.9	62.9	93.5	.69	8.8	74.2	100.0
Gaisberg S	.67	9.3	75.8	96.8	.58	8.0	77.4	98.4
Gerlitzten K	.44	9.1	90.3	100.0	.61	6.0	93.5	100.0
Grossgoettfritz Noe	.50	9.7	80.6	96.8	.59	9.0	72.6	98.4
St.Gilgen Ooe	.64	7.7	85.5	100.0	.72	6.6	88.7	100.0
Graz-West Stmk	.60	10.4	62.9	95.2	.69	10.3	71.0	95.2
Graz-Sued Stmk	.64	9.8	62.9	80.6	.76	8.0	71.0	80.6
Graz-Schlossbg Stmk	.57	9.7	75.8	96.8	.72	7.9	82.3	96.8
Graz-Platte Stmk	.58	8.9	83.9	100.0	.73	7.0	85.5	100.0
Grundlsee Stmk	.58	7.8	85.5	98.4	.67	7.1	83.9	98.4
Hainburg Noe	.65	12.0	69.4	93.5	.63	10.7	62.9	91.9
Hallein Reh S	.64	10.1	67.7	91.9	.72	9.6	62.9	95.2
Hallein Win S	.64	10.2	64.5	90.3	.74	9.9	64.5	96.8
Haunsberg S	.61	9.6	69.4	96.8	.73	8.4	80.6	96.8
Hochburg-Ach Ooe	.54	11.1	64.5	95.2	.64	9.4	72.6	96.8
Heidenreichstein	.46	10.4	54.8	66.1	.65	9.6	54.8	67.7
Hermagor Ktn	.52	9.7	80.6	95.2	.56	7.8	85.5	96.8
Hermannskogel W	.58	12.4	62.9	85.5	.65	11.9	56.5	95.2
Hochgoessnitz Stmk	.67	7.9	79.0	91.9	.82	5.8	83.9	91.9
Hoefen Laerchbichl T	.60	9.0	77.4	100.0	.72	7.8	82.3	98.4

Tabelle 11: Fortsetzung

Mess-Station	Funktionen April-September				Funktionen Juli - August			
	Prognosegenauigkeit				Prognosegenauigkeit			
	r2	rms	in %		r2	rms	in %	
		+/-10ppb	+/-20ppb			+/-10ppb	+/-20ppb	
Illmitz B	.40	11.2	51.6	82.3	.35	12.7	54.8	83.9
Innsbruck Reichenau T	.40	11.6	74.2	93.5	.47	10.3	69.4	93.5
Innsbruck Sadrach T	.49	11.1	69.4	91.9	.62	10.5	69.4	95.2
Irnfritz Noe	.61	9.3	83.9	96.8	.70	7.7	85.5	100.0
St. Johann/Pongau S	.56	10.9	64.5	95.2	.69	9.5	71.0	96.8
Judenburg Stmk	.62	8.3	82.3	98.4	.70	7.8	82.3	98.4
Kapfenberg Stmk	.59	10.2	72.6	96.8	.70	9.0	80.6	96.8
Karwendel T	.63	9.5	75.8	100.0	.59	7.8	77.4	100.0
Klagenfurt Europapk.K	.00	.0	.0	.0	.00	.0	.0	.0
Klagenfurt Koschats.K	.54	10.2	71.0	96.8	.61	9.1	72.6	96.8
Klagenfurt Kreuzb. K	.53	10.1	74.2	95.2	.58	8.9	74.2	98.4
Klosterneuburg Noe	.61	13.0	50.0	83.9	.71	12.9	59.7	83.9
Kollmitzberg Noe	.55	11.4	72.6	98.4	.68	7.9	82.3	100.0
St. Kolomann S	.68	8.2	79.0	93.5	.73	7.3	82.3	95.2
Kramsach T	.49	11.1	66.1	88.7	.65	9.7	72.6	88.7
Krems Noe	.46	12.4	67.7	90.3	.56	10.7	75.8	90.3
Kufstein T	.51	12.2	59.7	83.9	.53	12.2	69.4	88.7
Laaberg W	.53	13.4	61.3	85.5	.61	14.0	56.5	88.7
St. Leonhard Noe	.50	11.0	50.0	64.5	.69	8.1	51.6	64.5
Lenzing Ooe	.66	10.3	72.6	98.4	.74	8.0	77.4	98.4
Leoben Stmk	.60	10.3	71.0	96.8	.73	9.8	72.6	98.4
Linz Ooe	.56	12.9	59.7	90.3	.50	12.6	67.7	90.3
Lienz T	.62	8.3	88.7	93.5	.79	6.1	88.7	96.8
Liezen Stmk	.55	8.2	88.7	98.4	.65	6.1	91.9	100.0
Lobau W	.48	11.2	64.5	90.3	.66	11.3	66.1	93.5
Lustenau V	.66	10.4	66.1	90.3	.63	10.5	66.1	91.9
Masenberg Stmk	.69	7.7	87.1	100.0	.82	6.4	90.3	100.0
Mistelbach Noe	.60	10.3	69.4	91.9	.67	9.2	71.0	93.5
Moedling Noe	.49	12.7	59.7	85.5	.59	13.0	53.2	90.3
Muerzzussschlag Stmk	.00	0.0	.0	.0	.98	6.4	.0	.0
Nebelstein Noe	.66	9.8	64.5	82.3	.59	9.1	66.1	82.3
Nordkette T	.66	8.4	85.5	100.0	.67	5.7	88.7	100.0
Oberdrauburg K	.53	9.5	83.9	96.8	.53	8.5	88.7	98.4
Ostrong Noe	.58	9.2	75.8	91.9	.72	7.1	77.4	91.9
Obervellach K	.61	8.0	90.3	100.0	.59	6.0	90.3	100.0
Oberwart B	.55	8.3	85.5	100.0	.76	6.7	85.5	100.0
St. Paul K	.52	10.0	71.0	95.2	.57	9.3	75.8	95.2
Payerbach Noe	.51	9.0	75.8	95.2	.48	9.9	71.0	95.2
Perg Ooe	.55	11.7	66.1	100.0	.67	8.0	82.3	98.4
Piber Stmk	.53	9.5	72.6	98.4	.66	9.2	74.2	98.4
Pillersdorf Noe	.61	10.0	75.8	95.2	.75	8.5	80.6	96.8
St. Poelten Noe	.56	13.2	66.1	90.3	.60	10.5	62.9	100.0
Rennfeld Stmk	.61	7.9	88.7	98.4	.78	6.1	93.5	100.0
Ruefikopf Vbg	.60	12.0	82.3	95.2	.67	10.8	79.0	93.5
Salberg Stmk	.62	9.9	69.4	95.2	.67	9.3	71.0	96.8
Salzburg S	.66	7.0	88.7	100.0	.75	5.4	93.5	100.0

Tabelle 11: Fortsetzung

Mess-Station	Funktionen April-September				Funktionen Juli - August			
	Prognosegenauigkeit				Prognosegenauigkeit			
	r2	rms	in %		r2	rms	in %	
		+/-10ppb	+/-20ppb			+/-10ppb	+/-20ppb	
Schwechat Noe	.64	12.2	51.6	82.3	.66	14.4	53.2	88.7
Schoeneben Ooe	.61	10.1	67.7	88.7	.74	6.8	79.0	88.7
Soelden T	.45	7.4	91.9	100.0	.63	5.6	93.5	100.0
Sonnblick S	.45	8.3	80.6	100.0	.62	6.8	85.5	100.0
Spittal K	.59	9.0	83.9	98.4	.70	6.8	90.3	100.0
Wien Stephansplatz W	.49	13.6	58.1	85.5	.51	15.6	61.3	82.3
Steyr Ooe	.58	11.3	72.6	96.8	.67	8.8	71.0	98.4
Steyregg Ooe	.53	13.0	71.0	91.9	.67	9.4	74.2	96.8
Stixneusiedl Noe	.57	11.5	62.9	95.2	.59	10.6	61.3	98.4
Stolzalpe Stmk	.61	7.0	87.1	100.0	.72	5.5	95.2	100.0
Streithofen NOe	.32	11.5	29.0	32.3	.57	11.1	30.6	33.9
Sulzberg V	.66	9.4	69.4	98.4	.65	8.8	80.6	98.4
St. Valentin Noe	.59	12.0	67.7	96.8	.69	8.7	75.8	100.0
Tamsweg S	.40	9.2	67.7	90.3	.59	7.8	71.0	90.3
Ternitz Noe	.52	9.7	71.0	95.2	.54	10.1	72.6	95.2
Traun Ooe	.58	12.3	66.1	91.9	.61	10.7	74.2	93.5
Tulln Noe	.54	11.6	17.7	27.4	.57	12.3	19.4	29.0
Dunkelsteinerw. Noe	.55	11.5	74.2	96.8	.71	8.9	72.6	98.4
St. Veit K	.51	9.2	79.0	98.4	.60	8.2	79.0	98.4
Villach K	.47	9.9	83.9	98.4	.61	7.0	85.5	98.4
Voelkermarkt K	.47	9.8	74.2	96.8	.56	8.4	79.0	98.4
Voitsberg Stmk	.50	10.5	75.8	95.2	.64	9.6	66.1	98.4
Vorhegg K	.49	9.8	58.1	88.7	.55	8.9	75.8	88.7
Weiz Stmk	.67	9.6	75.8	96.8	.78	8.9	79.0	98.4
Wiesmath Noe	.60	9.2	82.3	98.4	.74	8.0	79.0	100.0
Wr. Neustadt Noe	.50	11.3	61.3	87.1	.56	12.0	61.3	90.3
Wolkersdorf Noe	.55	10.4	72.6	93.5	.61	10.1	74.2	95.2
Woergl T	.54	11.2	71.0	91.9	.62	10.3	72.6	95.2
Wolfsberg K	.54	8.8	80.6	96.8	.55	8.4	82.3	96.8
Zell am See S	.59	10.2	74.2	96.8	.43	9.0	72.6	100.0
Zillertal T	.56	8.7	91.9	100.0	.60	5.3	93.5	100.0
Wien 19 ZAMG W	.48	13.6	16.1	24.2	.42	19.2	22.6	25.8

Die Entwicklung des Verfahrens für eine zuverlässige Prognose ist noch nicht völlig ausgereift. Die in diesem Kapitel berechneten Prognosefunktionen beruhen auf Daten eines noch kurzen Zeitraumes und sind deshalb nur bedingt repräsentativ. Die durchschnittliche Ozonentwicklung wird für den Großteil des Sommers 1995 ebenso genau wie jene des Jahres 1994 vorhergesagt werden können. Die extremen Ozonspitzen mit Werten über 100 ppb werden nicht adäquat erfaßt, da zu wenige Referenzdaten vorliegen, um spezielle Ozonprognosefunktionen für extreme Maxima berechnen zu können.

Die Prognosefunktionen sollten demnach als vorläufig betrachtet werden und deren Ergebnisse nur mit entsprechenden Erläuterungen veröffentlicht werden.

Dabei sollten folgende Aspekte beachtet werden:

1. Die Prognose beruht hier auf einem statistischen Verfahren, welches die durchschnittliche Entwicklung der künftigen Ozonmaxima aufgrund der über einen längeren Zeitraum beobachteten Beziehung "Ozonmaxima des Vortages und der Mittagstemperatur in Relation zu den Ozonmaxima des nächsten Tages" erfaßt. Extremwerte (nach oben oder unten abweichend) können von einem statistischen Verfahren nur innerhalb gewisser Grenzen prognostiziert werden. Prognosewerte müssen deshalb mit einer Spannweite verlautbart werden, die zumindest +/-10 ppb umfaßt und eine Angabe zur Gültigkeitswahrscheinlichkeit in % der Tage, wo die Prognose innerhalb eines vergleichbaren Beobachtungszeitraumes eingetroffen ist, enthalten.
2. Statistische Ozonprognosen können kleinräumige luftchemische Vorgänge, die vor allem im Raum Wien häufig die Ursache für Spitzenbelastungen sind, nicht erfassen, ebensowenig den Ozonferntransport aus dem Ausland. Deshalb ist bei Spitzenwerten mit hoher Wahrscheinlichkeit mit Unterschätzungen der Ozonkonzentration zu rechnen.
3. Die den Ozonprognosen zugrundeliegenden Wetterprognosen basieren auf Wetter-Ausgangslagen, die zumindest 48 Stunden zurückliegen und auch durch die aktuelle Entwicklung nicht revidiert werden können. Die Wetterprognosen, die für Österreich, wie für ganz Europa, im Europäischen Zentrum für mittelfristige Wetterprognose in Reading, England berechnet werden, beruhen auf komplexen Simulationsmodellen, die auf leistungsfähigsten Großrechnern großen Zeitaufwand in Anspruch nehmen. Aktuelle Wetteränderungen werden immer automatisch in die jeweils nächsten Prognosen, die alle 6 Stunden aktualisiert

werden, einbezogen und können für die Ozonprognose erst am darauffolgenden Tag berücksichtigt werden.

5. Bei Implementierung der Prognose müßte diese bereits um 18 Uhr zur Verfügung gestellt werden. Der Liefertermin von 18 Uhr für die Prognose ist vor allem für die westlichen Bundesländer problematisch, da zu Zeiten extremer Ozonwerte, Ozonmaxima im Westen gelegentlich erst nach 17 Uhr - als letztem zur Verfügung stehenden aktuellen Meßwert - auftreten. Da damit von geringeren Tagesmaxima ausgegangen wird, als tatsächlich erreicht werden, werden für den nächsten Tag zu geringe Werte prognostiziert.

6. Resumée

Die Regressionsfunktionen haben sich für die Prognose insgesamt bewährt. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, daß Ozonmaxima - innerhalb einer gewissen Bandbreite - anhand einfacher statistischer Verfahren mit geringem Datenaufwand und mit relativ hoher Präzision österreichweit prognostiziert werden können.

Für einen großen Teil der Meßstationen wird der Verlauf der Ozonmaxima gut prognostiziert, auch bei häufigen Trendänderungen, die durch ein statistisches Modell nicht unmittelbar erklärbar sind. Allerdings wurde auch diesmal deutlich, daß derartige Funktionen nur die durchschnittliche Beziehung Ozon zu Temperatur widerspiegeln können. Der Verlauf - d.h. der Trend - wird zwar richtig prognostiziert, die Maximalwerte während Extremsituationen (aus statistischer Sicht singuläre Ereignisse, die von derartigen Verfahren an sich nicht abgebildet werden können), können jedoch nur bedingt - d.h. nicht in vollem Umfang - vorausgesagt werden. Gelöst werden könnte dieses Problem, wenn ausreichende Datensätze aus Perioden höchster Ozonwerte zur Verfügung stehen würden, anhand welcher die Beziehungen der erklärenden Variablen nur in diesen speziellen Situationen nachvollzogen werden könnten.

Die im Resumée der vorhergehenden Studie (LOIBL 1993) aufgeworfene Frage, ob die Temperaturmaxima auch außerhalb der hochsommerlichen Periode stabile statistische Beziehungen zu den Ozonmaxima aufweisen, konnte beantwortet werden. Monatsweise Prognosefunktionen zeigen, daß die statistische Beziehung von Temperatur und Ozonmaxima schwankt und während des Hochsommers stärker ist. Die Gesamtfunktionen können nur die statistische Beziehung dieser Variablen als Durchschnitt des gesamten Halbjahres abbilden, monatsweise Funktionen ermöglichen bei einem Großteil der Meßstationen Prognosen, welche die Ozonspitzen während des Hochsommers genauer abschätzen.

Zur Qualität der Prognoseergebnisse ist zusammenfassend folgendes zu sagen:

- Insgesamt zeigt sich, daß Prognosen in den westlichen und südlichen Bundesländern mit den zur Verfügung stehenden Prognosefunktionen ausreichend genau sind.
- Extreme Ozonspitzen v.a. im Osten mit Werten über 100 ppb können mit Hilfe statistischer Verfahren nur mit geringer Zuverlässigkeit prognostiziert werden. Die Datensätze des Beobachtungszeitraumes enthalten nur wenige derartig hohe Werte, um spezielle Ozonprognosefunktionen für extreme Maxima berechnen zu können.

- Im Osten zeigt sich, daß in Ausnahmesituationen sowohl die meteorologischen Variablen wie auch die Vortagsozonmaxima nur einen Teil der ozonbildenden Einflußfaktoren repräsentieren und durch andere Faktoren überlagert werden können.

Die Entwicklung des Verfahrens für eine zuverlässige Prognose sind demnach noch nicht abgeschlossen.

Alternative Prognoseverfahren, welche die Ozonmaxima etwa photochemisch simulieren, sind ebenfalls noch in Entwicklung begriffen und liefern derzeit kaum ähnlich gute oder bessere Ergebnisse. Da nicht absehbar ist, ob und wann Simulationsmodelle österreichweite, gesicherte Prognoseergebnisse mit entsprechender räumliche Auflösung liefern können, ist es sinnvoll, das statistische Prognosemodell weiterzuentwickeln. Auch besteht die Möglichkeit, daß eine Kombination beider Verfahren, wo z.B. das Simulationsmodell die Hintergrundbelastung durch Fernverfrachtung liefert und das statistische Modell die lokalen Spitzen berechnet, zu besseren Ergebnissen kommt.

Deshalb scheint es zielführend, weitere Möglichkeiten für eine Verbesserung der statistischen Prognose zu testen:

1. Entwicklung und Anwendung weiterer allgemeiner Prognosefunktionen mit Einbezug zusätzlicher zur Verfügung stehender Variablen (Niederschlag, relative Luftfeuchte, Bewölkungsintensität, Showalterindex, bzw. die Änderungen dieser Parameter zum Vortag).

Vor allem für Stationen im Osten (jene mit Funktionen mit größerem rms-error) sollten zusätzlich folgende Varianten überlegt werden:

2. Entwicklung und Anwendung von individuellen, dynamischen Funktionen mit Integration des jahreszeitlich unterschiedlichen Verhältnisses "Ozonmaxima zu Temperatur".
3. Berechnung von individuellen Funktionen unter Verwendung von Daten von Tagespaaren mit sprunghafter Änderung der Ozonmaxima (jeweils getrennte Funktionen für Änderungen nach oben oder unten). Auch die Integration von windrichtungsspezifischen Funktionen unter Verwendung von Daten von Tagespaaren mit Windrichtungsänderung innerhalb der beiden Tage sollte weiter getestet werden: z.B. Vortagswind nicht aus östlicher Richtung, Drehen des Windes nach Osten.
4. Gleichzeitiger Einsatz von alternativen Prognosefunktionen in Abhängigkeit von den prognostizierten Wetterverhältnissen bzw. deren Änderungen zum Vortag.

Bei gegenüber dem Vortag konstanten Verhältnissen sollten weiter die bisher verwendeten windrichtungsunabhängigen Funktionen herangezogen werden. Ansonsten sollte je nach Wettersituation eine auf die Situation "maßgeschneiderte" Prognosefunktion parallel mit der allgemeinen Funktion verwendet werden. Die Ergebnisse beider Funktionen zuzüglich der +/- 10 ppb-Spannweite ermöglichen damit Aussagen über künftige Ozonmaxima bei unterschiedlicher lokaler Wetterentwicklung bzw. unterschiedlicher lokaler Immissionssituation.

7. Quellen

- FAHRMEIER L. U. HAMERLE A., 1984: Multivariate statistische Verfahren. De Gruyter, Berlin.
- KAISER A. U. KRESS CH., 1993: Handbuch zur Interpretation der meteorologischen Prognosewerte. Meteorologische Beratung im Rahmen des Ozongesetzes. ZAMG. Wien.
- KELLY K. (ed), 1991: Rethinking the ozone problem in urban and regional air pollution. National Research Council. Committee on Tropospheric Ozone Formation and Measurement. Washington D.C.
- LOIBL W., ORTHOFER R. et al., 1991: Ozon in Österreich, Teil 2: Verteilungsmodelle und Flächeninterpolationsverfahren zur synoptischen Darstellung in Kartenform. ÖFZS-A--2177. Seibersdorf.
- LOIBL W., ZÜGER J., KOPCSA A., 1993: Darstellung des Ozonverlaufs während der Ozonepisoden 1992 und Analyse der Stationen je Überwachungsgebiet auf redundante Information, ÖFZS-A--2783. Seibersdorf.
- LOIBL W., 1993: Trendprognose der regionalen Ozonmaxima unter Einbezug der Temperaturdaten am Beispiel der Ozonepisoden 1991 und 1992. OEFZS-A--2912. Seibersdorf.
- ROBESON S. M. U. STEYN D.G., 1990: Evaluation and comparison of statistical forecast models for daily maximum ozone concentrations. in: Atmospheric Environment Vol 24 B, No 2, pp 301-312.
- SENNEWALD E., 1994: Modelle zur Ozonprognose. Ecoinforma 7 - Tagungsband, pp593 - 605. Wien.
- UMWELTBUNDESAMT, 1994: Karte der Ozonmeßstationen. Wien.

Inhalt des Anhangbandes

- Anhang 1: Ergebnisse der Korrelationsanalysen
- Anhang 2a: Ergebnisse der Regressionsanalysen
Funktion 1 (Vortagsozonmaxima, Temperaturprognose)
- Anhang 2b: Ergebnisse der Regressionsanalysen
Funktion 2 (Vortagsozonmaxima, Temperaturdifferenz)
- Anhang 2c: Ergebnisse der Regressionsanalysen
Funktion 3 (Vortagsozonmaxima, Temperaturprognose, Windgeschwindigkeit)
- Anhang 3: Allgemeine und windrichtungsabhängige Prognosefunktionen (Funktion 1)
- Anhang 4: Prognoseergebnisse