

Phyton (Austria)	Vol. 29	Fasc. 3 Sonderband „Zillertal“	(69)–(83)	21. 11. 1989
------------------	---------	--------------------------------------	-----------	--------------

## Luftschadstoffmessungen am Höhenprofil „Zillertal“

Von

Stefan SMIDT\*)

Mit 8 Abbildungen

Eingegangen am 2. Juni 1989

Key words: Altitude profile, monitoring, ozone, sulphur dioxide, nitrogen oxides.

### Summary

SMIDT S., 1989. Air pollution measurements at the altitude profile "Zillertal". *Phyton (Austria)* 29 (3, Special issue "Zillertal"): (69)–(83), 8 figures. – German with English summary.

Air pollution measurements at the altitude profile "Zillertal" were started in 1984. Presently SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub> are measured continuously at three altitudes (600 m, 1000 m, and 1560 m a. s. l.). Data gained were appointed to three test trees closely located to the measuring stations.

SO<sub>2</sub>- and NO<sub>2</sub>-limiting values were exceeded only at the bottom of the valley (600 m). Elevated ozone concentrations were registered frequently at the mountain stations (1000 m, 1560 m). Therefore, it is assumed that ozone is the most prominent pollutant in higher altitudes of this area. Due to the occurrence of generally elevated ozone concentrations at the timberline the risk of an injury is increased but seems to be manifested only in combination with stressing climatic conditions.

### Zusammenfassung

SMIDT S., 1989. Luftschadstoffmessungen am Höhenprofil „Zillertal“. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (69)–(83), 8 Abbildungen. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung. Im Rahmen des Forschungsprojektes „Höhenprofil Zillertal“ wurden im Untersuchungsgebiet dauerregistrierende Immissionsmessungen (SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub>) in drei Seehöhen (600 m, 1000 m und 1560 m) durchgeführt. Die Ergebnisse wurden drei Probebäumen in unmittelbarer Umgebung der Meßstationen zugeordnet.

Während SO<sub>2</sub>- und NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen nur im Talboden festgestellt wurden, wurden erhöhte Ozonkonzentrationen vor allem an den Bergstationen

---

\*) Dr. Stefan SMIDT, Institut für Immissionsforschung und Forstchemie der Forstlichen Bundesversuchsanstalt 1131 Wien, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien (Austria).

registriert. In diesem emittentenerfernen Gebiet hat aufgrund der vorliegenden Meßserien der sekundäre Luftschadstoff Ozon die größte Bedeutung. Da die Langzeitkonzentrationen mit der Seehöhe bis etwa 2000 m ansteigen, nimmt auch die Belastung durch Ozon praktisch bis zur aktuellen Waldgrenze zu.

### Einleitung

„Neuartige Waldschäden“ treten in Gebieten auf, in denen die Schäden über die Wirkung der klassischen primären Luftschadstoffe nicht erklärt werden können, obwohl Luftschadstoffe grundsätzlich als ubiquitäre Mitverursacher von Waldschäden angesehen werden müssen (NIESSLEIN 1985, PRINZ 1985). Da die Waldschäden streßphysiologisch gesehen multifaktoriell bedingt sind, müssen zur Abschätzung des möglichen Anteiles, den Luftschadstoffe an der Ausbildung der diversen Schadbilder haben, kontinuierliche Messungen durchgeführt werden.

Mit dem Höhenprofil Zillertal wurde ein von größeren Emittentenerfernes Gebiet ausgewählt, das sich zudem über eine Höhendifferenz von rund 1200 Metern erstreckt, welche es ermöglicht, die Veränderungen mit der Seehöhe in die Untersuchungen einzubeziehen (GLATTES & al. 1985).

Die Dokumentation der Immissionsverhältnisse in diesem Höhenprofil soll unter Berücksichtigung der meteorologischen Daten eine Hilfe für die Interpretation der jahreszeitlich und immissionsbedingten baumphysiologischen Reaktionen von Fichten, der vorherrschenden Baumart des Untersuchungsgebietes, liefern. Hierbei sind die bekannt phytotoxischen Luftschadstoffe  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  und Ozon von besonderem Interesse.

### Material und Methoden

Zur Beurteilung der Immissionssituation im Bereich des Höhenprofils wurden in drei Seehöhen dauerregistrierende Luftschadstoffmessungen durchgeführt. Die Ergebnisse der Meßstelle Ramsau (600 m) wurden Probebaum 1 (700 m) zugeordnet, die der Talwiese (1000 m) Probebaum 2 und die der Stockaste (1560 m) Probebaum 3 (1520 m). Zur Interpretation der Daten wurden ferner an diesen Meßstellen und an zwei weiteren Punkten (in 850 m und 1720 m Seehöhe) meteorologische Parameter kontinuierlich erhoben, um u. a. Hinweise auf Herkunft und Ausbreitung der Luftschadstoffe zu erhalten.

Die  $\text{SO}_2$ -Messung erfolgte mit  $\text{SO}_2$ -Analysegeräten (Wösthoff U3S, BRD), die  $\text{O}_3$ -Messung mit Ozonmetern (Monitor Labs MLU 8410, U. S.) und die  $\text{NO}_x$ -Messung mit  $\text{NO}_x$ -Metern (Monitor Labs MLU 8440, U. S.) in klimatisierten Meßcontainern. Die Datenaufbereitung erfolgte sowohl analog als auch digital. Die Meßdatenerfassung begann 1986 und wurde mit dem Fortschreiten des Ausbaues der Stationen bis 1988 komplettiert (Tab. 1). Zur Beurteilung der  $\text{SO}_2$ -Meßdaten wurden die Grenzwerte der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen (Bundesgesetzblatt 199, 1984) herangezogen (Tab. 2).

Die Ozongehalte wurden nach dem Grenzwert des Eidgenössischen Departement des Inneren (1987;  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  für das 98-Perzentil eines Monats), nach dem

Tabelle 1 / Table 1

Meßzeiträume für die Schadgase SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> und NO<sub>x</sub> an den drei Meßstellen des Höhenprofiles  
 Measuring periods for the pollutants SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and NO<sub>x</sub> at the three measuring stations of the altitude profile

		1986	1987	1988
Meßstelle	Gas	JFMAMJJASOND	JFMAMJJASOND	JFMAMJJA
Stockaste (1560 m) (Probebaum 3)	SO <sub>2</sub>	-++-+++++	----+++++	+++++
	O <sub>3</sub>	--+++++	+++++	+++++
	NO <sub>x</sub>	----+++++	+++-----	+++++
Talwiese (1000 m) (Probebaum 2)	SO <sub>2</sub>	-----++	+++++	-----++
	O <sub>3</sub>	-----	+++++	+++++
	NO <sub>x</sub>	-----	-----	-----++
Ramsau (600 m) (Probebaum 1)	SO <sub>2</sub>	+++-----	-+-----	+++++
	O <sub>3</sub>	+++-----	+++-----	+++++
	NO <sub>x</sub>	+++-----	+++-----	+++++

Tabelle 2 / Table 2

SO<sub>2</sub>-Grenzwerte (2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen)  
 Limiting values for SO<sub>2</sub> (2. decree against forest air pollutants)

	April–Oktober	November–März
	mg SO <sub>2</sub> ·m <sup>-3</sup>	
Halbstundenmittelwerte	0,07 *)	0,15 *)
Tagesmittelwerte	0,05	0,10

\*) 97,5-Perzentil (d.h., innerhalb eines Monats müssen 97,5% der Halbstundenmittelwerte unter dem Grenzwert liegen); zulässige Überschreitung maximal 100%.

Tabelle 3 / Table 3

Maximale Ozon-Immissionskonzentrationen (mg·m<sup>-3</sup>) (VDI-Richtlinie 2310 [Blatt 6, Entwurf] als Einzelkomponenten zum Schutz der Vegetation)  
 Maximum ozone concentrations (mg·m<sup>-3</sup>)

Resistenzgrad	Einwirkungsdauer (Stunden)				
	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
sehr empfindlich	0,30	0,15	0,12	0,10	0,08
empfindlich	0,50	0,35	0,25	0,20	0,17
weniger empfindlich	1,00	0,50	0,40	0,35	0,30

(72)

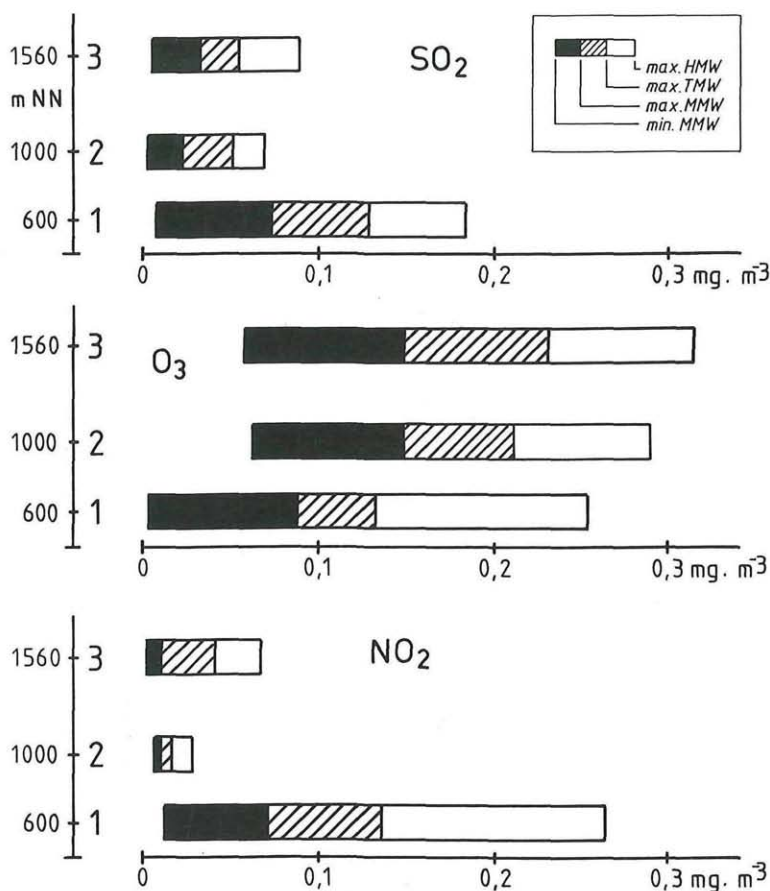


Abb. 1: Schadstoffkonzentrationen

Bandbreite der SO<sub>2</sub>-, O<sub>3</sub>- und NO<sub>2</sub>-Monatsmittelwerte mit maximalen Tages- und Halbstundenmittelwerten an den drei Meßstellen des Höhenprofils (1986–August 1988)

Fig. 1: Pollutant concentrations

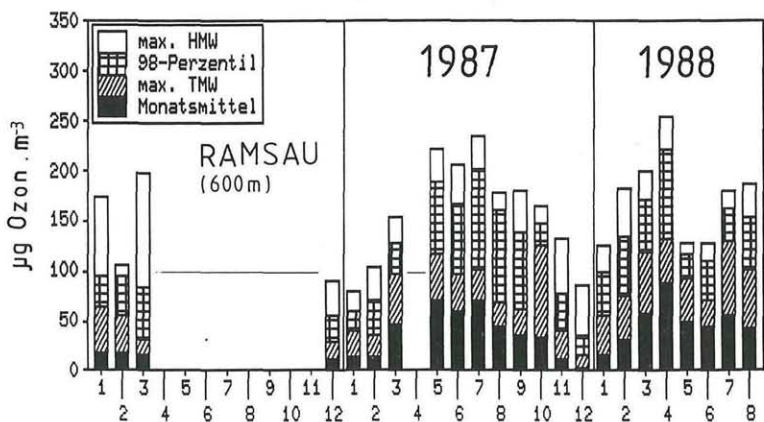
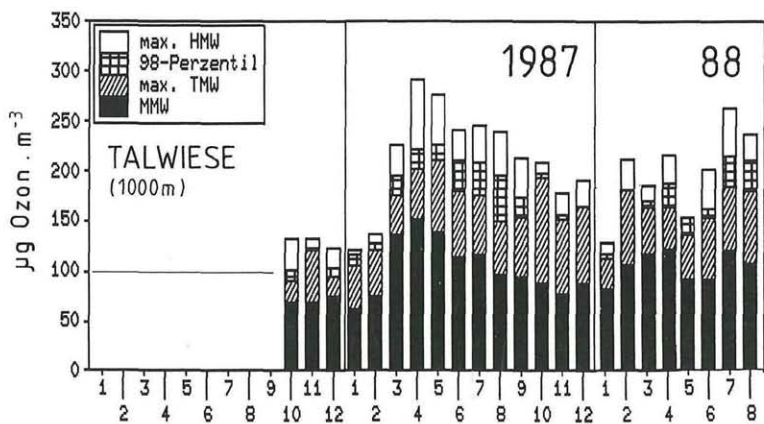
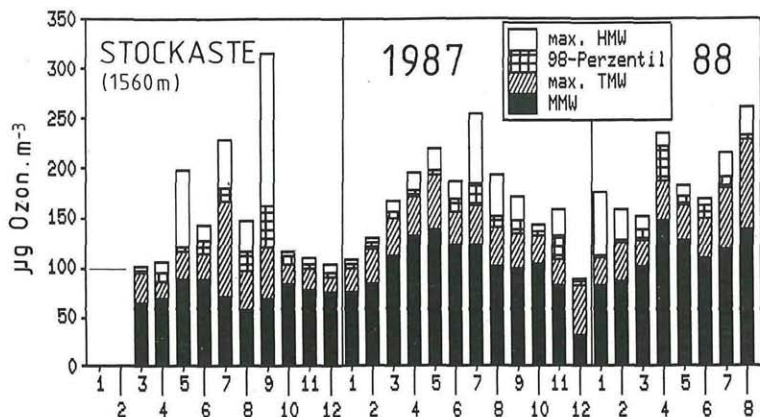
Range of the monthly mean values of SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> and maximum daily and half hourly mean values at the three measuring stations of the altitude profile (1986–August 1988)

Abb. 2: Ozonkonzentrationen

Monatsmittelwerte, max. Tagesmittelwerte, 98-Perzentilwerte und max. Halbstundenmittelwerte an den Meßstellen des Höhenprofils (1986–August 1988)

Fig. 2: Ozone concentrations

Monthly mean values, maximum daily mean values, 98-percentiles and maximum half hour mean values at the measuring stations of the altitude profile (1986–August 1988)



(74)

WHO-Grenzwert ( $0,06 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  für die Vegetationsperiode; WORLD HEALTH ORGANIZATION 1987) und den Höchstwerten des VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE (1987) beurteilt (Tab. 3).

Die  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen wurden anhand des Tagesmittelwert-Grenzwertes der ÖSTERREICHISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN 1987 und des EIDGENÖSSISCHEN DEPARTEMENT DES INNEREN 1987 ( $0,08 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) und anhand der maximalen Halbstundenmittelwerte von  $0,2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN, 1987) bzw.  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (95-Perzentil; EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT DES INNEREN 1987) bewertet.

## Ergebnisse

### Schwefeldioxid

Während der gesamten Untersuchungsperiode wurden die Tagesmittel- und Halbstundenmittel-Grenzwerte der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen nur an der Talstation (600 m) während einer österreichweiten  $\text{SO}_2$ -Episode im Februar 1986 überschritten. Deutlich geringere Monatsmittelwerte und Maximalwerte der Tages- und Halbstundenmittelwerte wurden an den beiden Bergstationen gemessen (Abb. 1; SMIDT & al. 1988a, b). Die im Vergleich zur Station Talwiese (1000 m) höheren Monatsmittel an der Stockaste (1560 m) sind dadurch zu erklären, daß es auf der Talwiese während mehrerer Wintermonate zu einem Geräteausfall kam, wodurch die relativ hohen Gehalte während dieser Zeit von dieser Meßstation nicht registriert wurden.

### Stickstoffoxide

Wie beim  $\text{SO}_2$  wurden Grenzwertüberschreitungen beim  $\text{NO}_2$  nur an der Talstation registriert. Der Tagesmittel-Grenzwert von  $0,08 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  wurde 1986 an drei Tagen im März und 1987 an 11 Tagen im Januar, an 2 Tagen im November und an 6 Tagen im Dezember überschritten. Der Halbstundenmittel-Grenzwert von  $0,2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  wurde nie überschritten, wohl aber der  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ -Grenzwert (95-Perzentil) in allen vier Meßmonaten des Jahres 1986 (Januar bis März und Dezember 1987). Die in Abb. 1 dargestellten Bandbreiten der Monatsmittel sowie die Maximalwerte zeigen – analog zum  $\text{SO}_2$  – geringere Werte an beiden Bergstationen.

### Ozon

Auf der Stockaste (1560 m) wurde für den gesamten Untersuchungszeitraum der höchste Monats-, Tages- und Halbstundenmittelwert aller drei Meßstellen gemessen (Abb. 1). Besonders hohe Tagesmittelwerte wurden während einer bundesweiten Episode im Juli 1986 registriert (SMIDT & al. 1988a).

Der Grenzwert des Eidgenössischen Departement des Inneren ( $0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ , 98-Perzentil) wurde an beiden Bergstationen in den meisten Monaten überschritten (Abb. 2). Daß die Häufigkeit der Überschreitungen

in den meisten Meßmonaten weit über das zulässige Maß von 2% hinausging, zeigt Abb. 3: In vielen Monaten liegen sogar mehr als 50% der Halbstundenmittelwerte über  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Wie sich ein Föhnwindbruch auf Ozongehalte auswirken kann, zeigt Abb. 4 für die Talstation (600 m): An zwei Tagen (14. und 15. 1. 1988) stiegen sowohl Temperatur als auch Ozongehalt auffallend stark an; auch die Gegenläufigkeit von Ozon und  $\text{NO}_x$  wird hier deutlich. Windgeschwindigkeiten erreichten während des zweiten Tages Werte bis  $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , wobei Spitzengeschwindigkeiten bei Südwind auftraten, während derer hohe Ozonkonzentrationen (Halbstundenmittelwerte  $> 0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) gemessen wurden.

Photochemische Reaktionen sind jedoch nicht auf den Talboden beschränkt, wo relativ hohe  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen auftreten; auch die wesentlich geringeren  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen oberhalb des Talbodens reichen aus, um Ozon photochemisch zu bilden (LIU & al. 1987). Aus Abb. 5 ist ersichtlich, daß sich die hier am Monat Juni 1987 beispielhaft wiedergegebenen mittleren Ozon-Tagesgänge an Standorten unterschiedlicher Seehöhe markant voneinander unterscheiden. Die Tatsache, daß an der in 1000 m Seehöhe gelegene Station Talwiese während der Mittags- und frühen Nachmittagsstunden deutlich höhere Konzentrationen gemessen wurden als ober- und unterhalb dieser Station, deutet auf eine lokale Ozonproduktion hin. Die geringe  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen auf der Stockaste mit Tagesmittelwerten zwischen  $0,001$  und  $0,003 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$   $\text{NO}$  bzw.  $0,002$  und

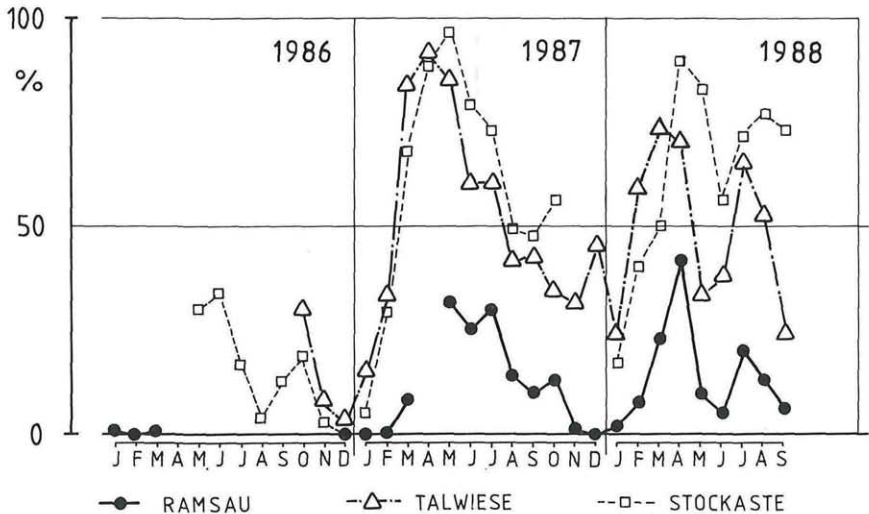


Abb. 3: Prozentanteil der Ozon-Halbstundenmittelwerte  $> 0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$

Fig. 3: Percentage of half hour ozone means  $> 0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$

(76)

0,012 mg.m<sup>-3</sup> NO<sub>2</sub> reichen jedoch aus, um zumindest im Sommer photochemisch Ozon zu bilden (LIU & al. 1987). Neben der photochemischen Ozonbildung tragen aber auch lokale Transportphänomene wie Tal-Hangwindssysteme durch thermische Konvektion und großräumige Lufttransporte zur aktuellen Ozonkonzentration bei.

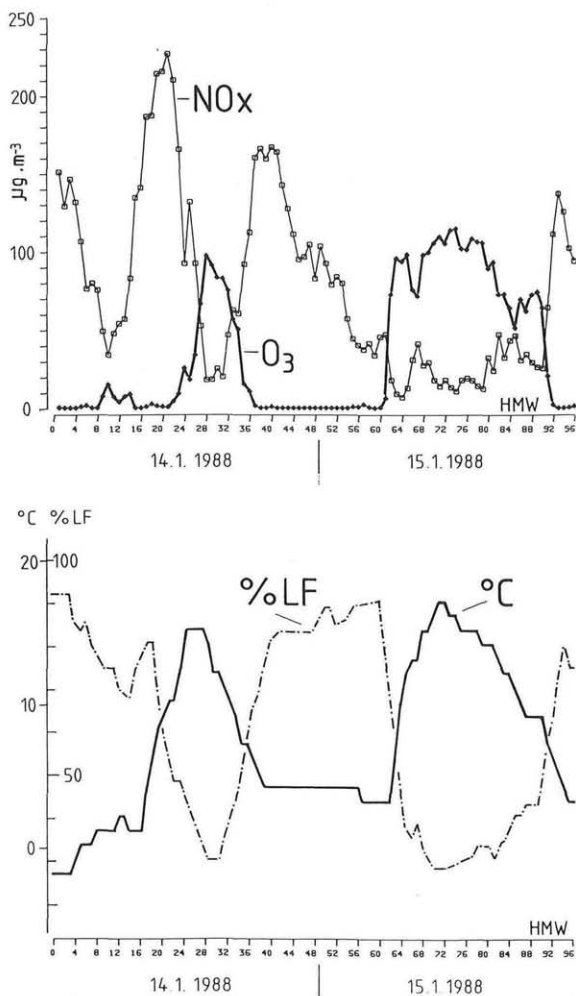


Abb. 4: Ozon- und NO<sub>x</sub>-Konzentrationen sowie Luftfeuchte und Temperaturverlauf an der Meßstation Ramsau während eines Föhnwindereignisses

Fig. 4: Ozone and NO<sub>x</sub> concentrations and relative humidity, temperature at the measuring station Ramsau during a foehn event



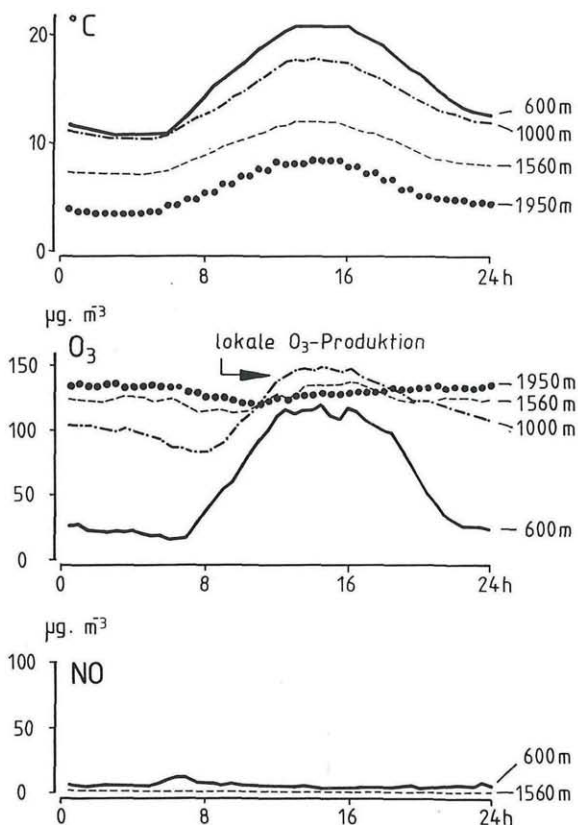


Abb. 5: Mittlere monatliche Tagesgänge der Temperatur, Ozon- und NO-Konzentrationen im Zillertal (Juni 1987)  
 Ahorn (1950 m): etwa 10 km südlich des Höhenprofils gelegen

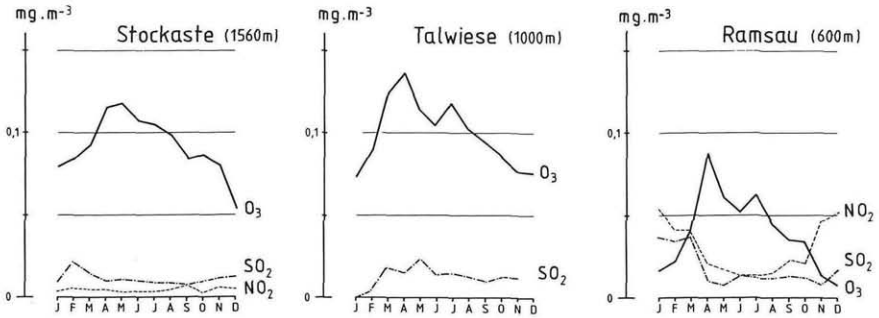
Fig. 5: Monthly averaged course of temperature, ozone and NO concentration in the Zillertal  
 Ahorn (1950 m): situated approx. 10 km southwardly of the altitude profile

### Diskussion

Da die baumphysiologischen Reaktionen auf eine Schadstoffbelastung deutlich jahreszeitlich und ontogenetisch bestimmt sind, muß die unterschiedliche Immissions-situation nicht nur nach Schadgaszusammensetzung und Seehöhe, sondern auch bezüglich der Jahreszeit differenziert betrachtet werden.

Die Untersuchungen haben gezeigt, daß im Vergleich zu den Bergstationen am Talboden relativ höhere  $\text{SO}_2$ - und  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen auftre-

(78)

Abb. 6: Gemittelte  $\text{SO}_2$ -,  $\text{O}_3$ - und  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen (1986–August 1988)Fig. 6: Mean concentrations of  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_3$  and  $\text{NO}_2$  (1986–August 1988)

ten, während die Ozonkonzentrationen im Tal vergleichsweise gering sind. Die Ozonwerte steigen mit der Höhenlage an und sind an der in 1000 m Seehöhe gelegenen Station insbesondere während der Monate März und April auffallend hoch. Die Konzentrationen der primären Komponenten  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  waren im Untersuchungsgebiet in den Wintermonaten am höchsten, während die sekundäre Komponente Ozon im Frühjahr bzw. Sommer die Maximalwerte erreichte (Abb. 6).

#### Ozon-Grenzwertüberschreitungen

Der Schweizerische Perzentil-Grenzwert wurde an den Bergstationen wie auch an zahlreichen anderen Meßstationen Mitteleuropas (GLATTES & SMIDT 1987) in zahlreichen Monaten überschritten (Tab. 4), sodaß die Praktikabilität dieses Grenzwertes in Frage gestellt werden muß. Als Ursache für die generellen Überschreitungen kann die  $\text{NO}_x$ -abhängige photochemische Ozonbildung gelten, die auch bei den in den Reinluftgebieten herrschenden sehr geringen  $\text{NO}_x$ -Konzentrationen im Sommer ablaufen dürfte (LIU & al. 1987).

Auch der Vergleich einiger Vegetationszeitmittelwerte mit dem Luftgüteleitwert der WHO zum Schutz einer „sehr empfindlichen“ Vegetation vor Langzeitwirkungen ( $0,06 \text{ mg.m}^{-3}$ ) ergab für die Bergstationen des Zillertales deutliche Überschreitungen, sodaß während der gesamten Vegetationsperiode pflanzenschädliche Ozonkonzentrationen vorliegen. Für die Meßstelle Ramsau zeigen jedoch die Werte der Monate Mai bis Oktober 1987 einen Mittelwert, der unter  $0,060 \text{ mg.m}^{-3}$  liegt (Tab. 4).

Bei der Auswertung nach der VDI-Richtlinie 2310 (Entwurf, Tab. 3) wurden für jeden Tag aus den Halbstundenmittelwerten 1h-, 2h-, 4h- und 8h-Mittel berechnet und mit den Höchstwerten der Richtlinie verglichen. Hierzu ist zu bemerken, daß sich die in der VDI-Richtlinie zitierten Resi-

Tabelle 4 / Table 4

Ozon-Grenzwertüberschreitungen an „waldspezifischen“ österreichischen Meßstellen

Violation of ozone-limiting values at "wood-specific" measuring stations in Austria

Meßstelle	Jahr	Mittel IV-X (WHO: 0,06 mg·m <sup>-3</sup> )	Monate mit Überschreitung des Schweiz. 98-Perzentils (0,10 mg·m <sup>-3</sup> )														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
Ahorn																	
(Zillertal)	1986	0,096	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
(1950 m)	1987	0,122	0	0	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	1988	-	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stockaste *)	1986	0,076	0	0	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
(1560 m)	1987	0,117	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
	1988	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0	0
Wurzeralm/OÖ.	1985	0,085	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	+	
(1400 m)	1986	0,092	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	1987	0,077	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
	1988	0,076	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Talwiese *)	1986	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	+	
(1000 m)	1987	0,114	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	1988	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0
Schöneben/OÖ.	1985	0,083	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	
(920 m)	1986	0,083	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	1987	0,077	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
	1988	0,078	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Ramsau *)	1986	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	
(600 m)	1987	0,053	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	
	1988	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	0

\*) Meßstellen am Höhenprofil Zillertal

0 = keine Meßwerte, - = keine Überschreitung, + = Überschreitung

stanzreihen vorwiegend auf mittelamerikanische Baumarten beziehen und nicht ohne weiteres auf Mitteleuropa übertragen lassen. Die im Untersuchungsgebiet anzutreffenden Baumarten (vgl. GLATTES & al. 1985) fallen vorwiegend in die Klassen „sehr empfindlich“ (*Sorbus aucuparia*, *Larix decidua*) und „weniger empfindlich“ (*Picea abies*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Quercus robur*). Waldbauliche Bedeutung hat jedoch lediglich die Hauptbaumart *Picea abies*. Die Auswertung für „sehr empfindliche“ Pflan-

zen ergab, daß an den Bergstationen, insbesondere bei den 8-Stunden-Mittelwerten (Höchstwert:  $0,080 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ), fast 80% an Überschreitungen auftrat (Abb. 7). Bei den kürzeren Beurteilungszeiträumen wurden die Höchstwerte in geringerem Ausmaß überschritten, der Halbstunden-Höchstwert von  $0,30 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  nur ein einziges Mal (an der Stockaste im September 1986).

Besonders an Meßstellen oberhalb des Talbodens wären somit nur die im Untersuchungsgebiet kaum vertretenen Baumarten *Larix decidua* und *Sorbus aucuparia* gefährdet. Die „weniger empfindliche“ *Picea abies* ist gemäß den VDI-Höchstwerten durch die auftretenden Ozonkonzentrationen nicht gefährdet. Im Gegensatz zu dem sehr niedrigen Luftgüteleitwert der WHO sind die VDI-Höchstwerte bei Kurzzeiteinwirkung für „empfindliche“ und „weniger empfindliche“ Pflanzenarten so hoch angesetzt, daß nach bisherigen Auswertungen nur selten Überschreitungen vorkommen. Dadurch soll eine Unempfindlichkeit der Pflanzen gegenüber kurzzeitig auftretenden hohen Ozonkonzentrationen Berücksichtigung finden. Demgemäß sind im wesentlichen nur „sehr empfindliche“ Pflanzenarten bei entsprechend hohen Kurzzeitkonzentrationen gefährdet.

Eine weitere Frage im Zusammenhang mit der Gefährdung durch Ozon ist die steigende Belastung der Waldvegetation mit zunehmender Seehöhe: Die Ozon-Jahresmittelwerte (1987) nehmen bis zu einer Seehöhe von rund 2000 m, also bis in den Bereich der Waldgrenze, zu und erreichen dort Werte

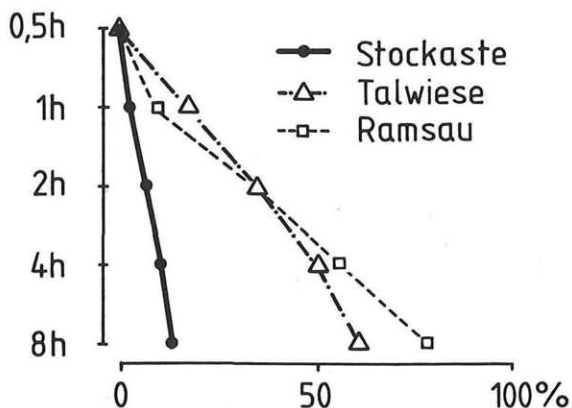


Abb. 7: Prozentanteil der Überschreitungen der VDI-Höchstwerte für „sehr empfindliche“ Pflanzen

(0,5h: 0,30; 1h: 0,15; 2h: 0,12; 4h: 0,10; 8h: 0,08  $\text{mg O}_3\cdot\text{m}^{-3}$ ); Meßjahr: 1987.

Fig. 7: Percentage of exceedances of the VDI-limiting values for „very sensitive“ plants

(0.5h: 0.30, 1h: 0.15, 2h: 0.12, 4h: 0.10, 8h: 0.08  $\text{mg O}_3\cdot\text{m}^{-3}$ ); measuring year 1987.

von rund  $0,1 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  (Abb. 8). Kurzzeit-Spitzenkonzentrationen sind hingegen in 1000 m Höhe am größten: So tritt Ozon im Zillertal in diesem Höhenbereich im Vergleich zu  $\text{SO}_2$  und  $\text{NO}_x$  in deutlich höheren Konzentrationen auf.

Die Vegetation ist im Bereich der Waldgrenze zahlreichen natürlichen, insbesondere klimatischen Streßfaktoren ausgesetzt. Eine zusätzliche Belastung stellen Ozonkonzentrationen mit Monatsmittelwerten ab etwa  $0,15 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$  dar, da bei längerem Einwirken eine Schädigung der Fichtennadeln erwartet werden muß (vgl. SKEFFINGTON & al. 1985). Da jedoch bisher keine eindeutigen Nachweise für Oxidantenschädigung im Bereich der Waldgrenze erbracht werden konnten, wurde in Hinblick auf eine Ozongefährdung mit der guten genetischen Anpassung der Hochlagenvegetation

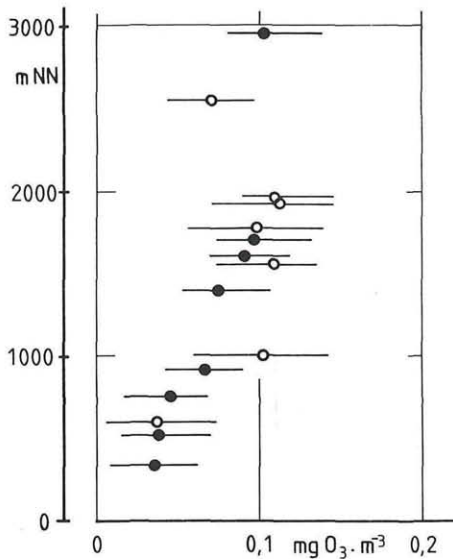


Abb. 8: Ozon-Jahresmittelwerte und Bandbreite von Monatsmittelwerten an Meßstellen Mitteleuropas (●: ganze Meßjahre, ○: unvollständige Meßjahre)

Meßstellen: Zugspitze/BRD, 2962 m; Sestriere/Italien, 2550 m; Seegrube/Tirol, 1960 m; Ahorn/Tirol, 1950 m; Wank/BRD, 1776 m; Hochgratbahn/BRD, 1708 m; Predigtstuhl/BRD, 1613 m; Stockaste/Tirol, 1560 m; Wurzeralm/Oberösterreich, 1400 m; Talwiese/Tirol, 1000 m; Schöneben/Oberösterreich, 920 m; Garmisch/BRD, 740 m; Ramsau/Tirol, 600 m; Lenzing/Oberösterreich, 510 m; Steyregg/Oberösterreich, 335 m.

Fig. 8: Annual mean values of ozone and range of the monthly mean values at measuring stations in Central Europe

(●: complete measuring year, ○: incomplete measuring year)

an erhöhte Ozonkonzentrationen argumentiert. Hierbei sollte es sich um das Ergebnis eines langfristigen Anpassungsprozesses handeln. Da jedoch die troposphärischen und bodennahen Ozonkonzentrationen erst seit dem Ende der sechziger Jahre signifikant um rund 2% jährlich zunehmen (WEGE 1988), stellt sich die Frage, ob die evolutionäre Adaption der forstlichen Vegetation in höheren Lagen ausreichen kann, um die relativ rasche Zunahme der Ozonkonzentration zu verkraften. Es ist daher insbesondere auf Grund von Synergismen eine temporär höhere Streßbelastung im Bereich der Waldgrenze zu erwarten.

In welchen Monaten das Zusammenwirken der einzelnen Komponenten zur höchsten Gesamt-Immissionsbelastung für die Vegetation führt, hängt von der Pflanzenart, von klimatischen Faktoren sowie von den jahreszeitlich und ontogenetisch variierenden biochemischen und physiologischen Voraussetzungen ab. Es muß bei der Beurteilung der Toxizität unbedingt davon ausgegangen werden, daß immergrüne Koniferen auch während der sogenannten Vegetationsruhe Schadstoffe aufnehmen können (KÖRNER & PERTERER 1988) und überdies während dieser Zeit die NO<sub>x</sub>-Entgiftungskapazität verringert zu sein scheint (ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN 1987).

#### Literatur

- EIDGENÖSSISCHES DEPARTEMENT DES INNEREN 1985. Luftreinhalteverordnung.
- GLATTES F., SMIDT S., DRESCHER A., MAJER C. & MUTSCH F. 1985. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden am Beispiel eines Höhenprofiles im Zillertal/Tirol, erste Ergebnisse. – FBVA-Berichte Nr. 9.
- GLATTES F. & SMIDT S. 1987. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. – FBVA-Berichte Nr. 20.
- KÖRNER C. & PERTERER J. 1988. Nehmen immergrüne Waldbäume im Winter Schadgase auf? – Symposium „Verteilung und Wirkung von Photooxidantien im Alpenraum“, 11.–15. 4. 1988 in Garmisch Partenkirchen, Tagungsband 400–414. Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung München.
- LIU S. C., TRAINER M., FEHSENFELD F. C., PARRISH D. D., WILLIAMS E. J., FAHEY D. W., HÜBLER G. & MURPHY P. C. 1987. Ozone production in the rural troposphere and the implications for regional and global ozone distributions. – J. Geophys. Res. 92: 4191–4207.
- NIESSELEIN E. & VOSS G. (Hsg.) 1985. Was wir über das Waldsterben wissen. – Deutscher Institutsverlag Köln.
- ÖSTERREICHISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN 1987. Stickstoffoxide in der Atmosphäre. – Luftqualitätskriterien NO<sub>2</sub>.
- PRINZ B. 1985. Symptomatik und mögliche Ursachen der Waldschäden. – LIS-Berichte 57: 7–25.
- SKEFFINGTON R. A., ROBERTS T. M. & BLANK L. A. 1985. Schadsymptome an Fichte und Kiefer nach Belastung mit Ozon und saurem Nebel. – Allg. Forstzeitschr. 50: 1359–1362.

- SMIDT S., GLATTES F. & LEITNER J. 1988a. Höhenprofil Zillertal – Meßbericht 1986 (Luftschadstoffmessungen, meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen). – FBVA-Berichte Nr. 26.
- , – & – 1988b. Höhenprofil Zillertal – Meßbericht 1987 (Luftschadstoffmessungen, meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen). – FBVA-Berichte Nr. 32.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE 1987. Maximale Immissionskonzentrationen für Ozon. – Richtlinie 2310, Blatt 6 (Entwurf).
- WEGE K. 1988. Ozonbeobachtungen am Meteorologischen Observatorium Hohenpeissenberg in der Troposphäre. – Symposium „Verteilung und Wirkung von Photooxidantien im Alpenraum, 11.–15. 4. 1988. Tagungsband, 295–304.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (Regional Office for Europe) 1987. The effects of ozone and other photochemical oxidants on vegetation. In: Air Quality Guidelines, Vol. 2, Copenhagen.

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [29\\_3](#)

Autor(en)/Author(s): Smidt Stefan

Artikel/Article: [Luftschadstoffmessungen am Höhenprofil "Zillertal". 69-83](#)