

Immissionskartierung im Gebiet des südöstlichen Niederösterreichs anhand des Fichtenborkentests

Barbara MOSER, Wolfgang PUNZ und Rudolf MAIER

Die Borkenproben wurden 1991 (Februar, Mai, August, November) untersucht. Die Ergebnisse erbrachten einen markanten jahreszeitlichen Verlauf mit einem Abfall der Schwefeldioxidimmission im Sommer und einem Ansteigen derselben im Winter.

Im südöstlichen Niederösterreich konnten drei Immissionsschwerpunkte im Norden und Osten des Untersuchungsgebietes festgestellt werden; Gebiete mit geringer Schwefeldioxidbelastung liegen im Süden und Südwesten.

Die elektrolytische Leitfähigkeit der Borke (ELB) und die Sulfatwerte zeigen eine hohe Korrelation. Zwischen dem Gesamtschwefelgehalt der Borke und dem Sulfatgehalt der Borkenextrakte konnte eine mäßige Korrelation gefunden werden. Die Flechtenfunde des südöstlichen Niederösterreichs belegen das Vorkommen sowohl einiger seltener als auch häufiger, toxischer Flechtenarten. Eine gute Übereinstimmung ergaben die Sulfatgehalte der Borkenextrakte mit den Bleikerzenwerten des Immissionskatasters Niederösterreichs.

MOSER B., PUNZ W. & MAIER R., 1993: Pollution mapping in south-eastern Lower Austria by means of the pine bark test.

The bark samples were investigated in 1991 (February, May, August, November). The results showed a distinct seasonal fluctuation, with a decrease in sulfur dioxide immissions in summer and an increase in winter.

Three regions with elevated immissions were determined in the north and south of the study area in southeastern Lower Austria; regions with low sulfur dioxide levels include the south and southwest.

The electrolytic conductivity of the bark and the sulfate values are highly correlated. A moderate correlation was found between the total sulfur content of the bark and the sulfate concentrations in the bark extracts. The lichen finds of southeastern Lower Austria demonstrate the presence of several rare as well as more abundant, toxitolerant lichen species. A good correspondence was found between the sulfate concentrations in the bark extracts and the method of "Bleikerzen" in the immission map of Lower Austria.

Keywords: bioindication, barks, *Picea abies*, Lower Austria.

Einleitung

Die raue Oberfläche der Fichtenborke absorbiert Luftverunreinigungen sehr gut. Durch die Akkumulation von Schadstoffen bzw. durch ihre chemische Umsetzung in der Borke ändern sich die Leitfähigkeit und der Sulfatgehalt von Borkenextrakten in direkter Beziehung zu der Stärke vorangegangener

Immissionen (HÄRTEL & GRILL 1972, KIENZL & HÄRTEL 1979). Das bedeutet, daß die Fichtenborke eine integrale Erfassung der Immissionsituation während eines bestimmten Zeitraums in einem zu untersuchenden Gebiet ermöglicht.

Die Methode des Borkentests wurde sowohl in Industriegebieten zur Beweisführung der Abgasbelastung (HÄRTEL, GRILL & KRZYSCIN 1980 a, b, 1981) als auch in Städten wie Innsbruck (HUTTER 1973), Salzburg (STÜBER 1975), Graz (KIENZL 1978, KIENZL & HÄRTEL 1979) und Wien (PUNZ & SCHINNINGER 1982) zur Indikation der Luftverschmutzung verwendet.

Im Gegensatz zu aufwendigen technischen Luftanalysen liefert die einfache Untersuchungsmethode des Borkentests ausführliche Hinweise für die Art und die Stärke der vorangegangenen Belastungen aus Schwefeldioxidemissionen.

Die Borke von Fichten bietet sich als eine Form der Bioindikation an. Die Schwefeldioxidabsorption ist ein rein chemisch-physikalischer Vorgang und wird daher nicht — wie bei Nadeln oder anderem lebenden Material — durch physiologische Regulationsmechanismen beeinflusst.

Obwohl heute zur quantitativen Erfassung von Luftverunreinigungen registrierende Verfahren bevorzugt werden, haben integrierende Methoden den Vorteil, relativ rasch und ohne großen technischen Aufwand ein Bild von der Luftbelastung eines bestimmten Gebietes zu erhalten.

Für das Untersuchungsgebiet des südöstlichen Niederösterreichs bietet der Immissionskataster für Niederösterreich aus dem Jahre 1982 eine Information über die bestehende Luftgüte. Ein genaues und detailliertes Bild über SO₂-Immissionen im südöstlichen Niederösterreich fehlt. Die vorliegende Untersuchung über die Immissionsbelastung stellt den Versuch dar, diese Lücke zu schließen.

Material und Methode

Das Untersuchungsgebiet und seine Beprobung

Das gewählte Untersuchungsgebiet liegt im südöstlichen Teil Niederösterreichs. Geographisch gesehen bildet die Schwarza die Nordgrenze, im Nordosten ist es die Pitten. Der Hochwechsel mit 1743 m Seehöhe und der Niederwechsel mit 1669 m Seehöhe begrenzen den Süden des gewählten Gebietes und bilden die Landesgrenze zur Steiermark. Die Proben 9, 10, 19,

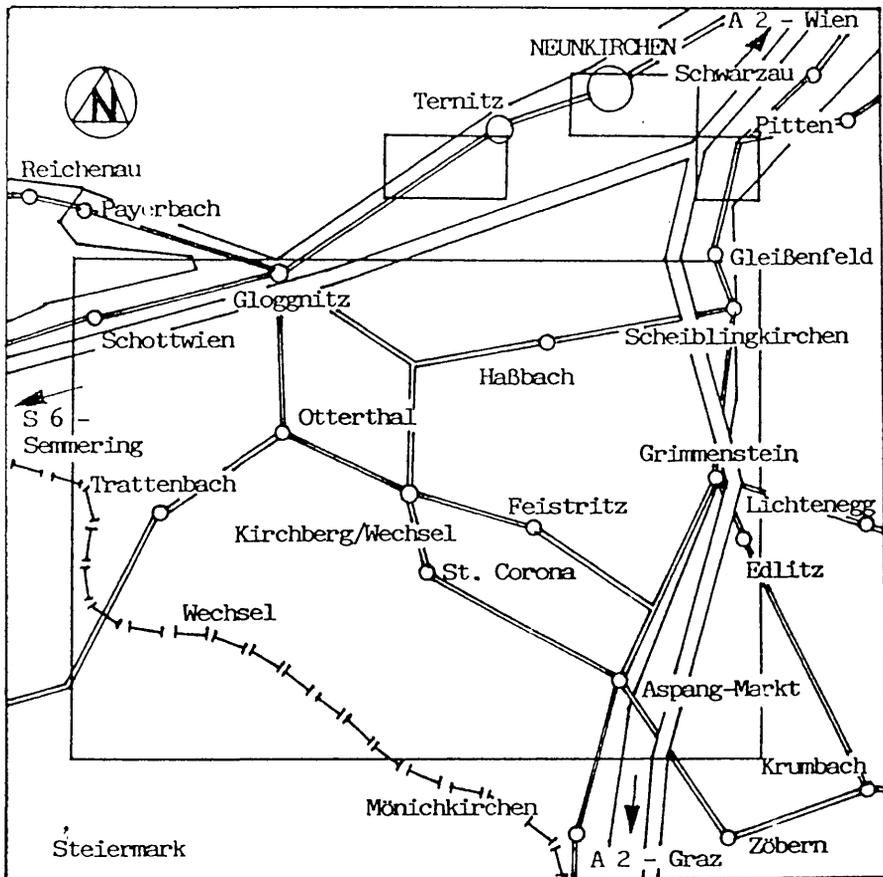


Abb. 1: Übersichtsskizze des Untersuchungsgebietes.

20 liegen zwar bereits in der Steiermark, sie wurden jedoch der Vollständigkeit halber in die Aufnahme einbezogen. Die Westgrenze richtet sich nach keinen geographischen Gegebenheiten, sondern wurde willkürlich von Schottwien ausgehend nach Maria Schutz bis zum Feistritzwald gezogen (vgl. Abb. 1, 2).

Im Norden des Untersuchungsgebietes befindet sich der Ballungsraum der Städte Neunkirchen und Ternitz, wo man Immissionsbelastungen erwarten darf. Auch der Osten des gewählten Gebietes, der in seinem Gesamtverlauf durch die Trasse der Südautobahn (A 2) markiert ist, sollte Unterschiede der Luftbelastung zum eher als unbelastet geltenden Süden und Osten des Untersuchungsgebietes zeigen.

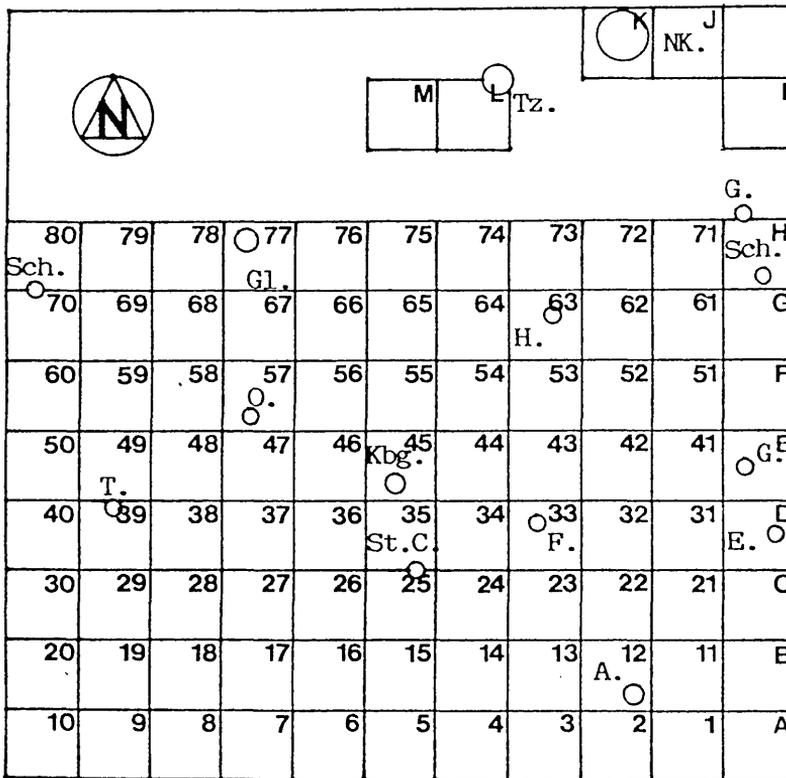


Abb. 2: Untersuchungsgebiet mit den einzelnen Probefeldern.

Über das Gebiet (Gesamtfläche 372 km²) wurde ein Raster auf der Basis des Bundesmeldenetzes gelegt. Insgesamt ergaben sich daraus 93 Untersuchungsfelder mit jeweils einem Probebaum. Das Borkenmaterial der Fichten (*Picea abies* [L.] KARST.) wurde im Abstand von jeweils drei Monaten gesammelt; die Probenahmen erfolgten im Februar, Mai, August und November 1991. Damit sollte ein Jahreszyklus der Schwefeldioxidbelastung kartiert werden.

Die Borkenextrakte wurden auf die elektrolytische Leitfähigkeit, den Sulfatgehalt und den pH-Wert untersucht.

Ergänzend zu den Sulfatwerten der Borkenextrakte wurde auch an ausgewählten Proben eine Gesamtschwefelanalyse in der gemahlene Borke durchgeführt. Zusätzlich zur Borkenkartierung wurden im Untersuchungsgebiet Flechten gesammelt, die ebenfalls einen, wenn auch nur zweitrangigen Einblick in die Immissionssituation des Untersuchungsgebietes geben (ausführlicher hierzu MOSER 1992).

Untersuchungsmethodik

Von grobborkigen Fichtenstämmen wurden ca. 3 mm dicke Borkenstücke abgehoben. Vier Gramm der trockenen Borke wurden zerkleinert und in 60 ml destilliertem Wasser bei Labortemperatur unter mehrmaligem Schütteln 24 h extrahiert. Im Filtrat wurden der pH-Wert (pH-Meter Beckmann), die elektrolytische Leitfähigkeit (= Gesamtleitfähigkeit „ELB“, in $\mu\text{S}/\text{cm}$) und der Sulfatgehalt bestimmt. Der Gehalt der Borkenextrakte an löslichem Sulfat wurde nach Fällung mit BaCl_2 aus saurer Lösung turbidimetrisch bestimmt und in mg Sulfat/l angegeben; daraus läßt sich auf die reine Sulfatleitfähigkeit („ELS“) zurückrechnen (vgl. hierzu HÄRTEL & GRILL 1972, HÄRTEL 1982).

Ergebnisse

Elektrolytische Leitfähigkeit der Fichtenborke

Die klassifizierten elektrolytischen Leitfähigkeitswerte (ELB) für Februar, Mai, August und November (Abb. 3, Tab. 1) zeigen einen Immissions-schwerpunkt im Bereich der Felder 31, 33, 41, 51 und 61. Die absolut höchsten ELB-Werte sind im Feld 80 (Schottwien — Adlitzgräben) zu verzeichnen. Ein dritter Immissionsschwerpunkt liegt im Ballungsraum der Städte Neunkirchen und Ternitz (Felder I, J, L). Auch Abbildung 4, welche die ELB-Jahresmittelwerte wiedergibt, läßt diese Zonen stärkster Immissionsbelastung deutlich erkennen.

Allgemein ist anhand der ELB-Werte im Februar, aber auch noch im Mai eine deutlich schlechtere Immissionssituation gegenüber den Monaten August und November festzustellen.

Elektrolytische Sulfatleitfähigkeit der Fichtenborke

Auch die Sulfatleitfähigkeit (ELS), die den reinen Sulfatanteil der Borke ohne nicht-sulfatische Komponente anzeigt, läßt auf die gleichen Immissionszentren schließen. Wieder kann man eine deutliche Verbesserung der Gesamtsituation der Luftbelastung im August beobachten (vgl. Tab. 2). Die Verteilung der ELS-Werte auf die sechs Klassen zeigt in allen vier Monaten ähnliche Ergebnisse wie bei den ELB-Werten.

											3	6	
												6	
6	4	3	2	4	2	4	2	6	2				
2	3	2	2	3	4	2	4	1	6	3			
	2	1	2	4	2	2	2	4	6	3			
4	3	1	2	3	3	3	6	2	6	2			
1	2	2	4	4	2	2	6	6	6	4			
3	3	2	2	2	3	1	2	6	3	3			
2	1			2	2	2	2	2	3	3			
				1	3	2	2	1	6	3			

ELB-Werte für Februar

											2	6	
												6	
6	6	2	2	5	2	6	2	6	2	3			
2	3	5	2	2	5	2	5	1	6	3			
	2	1	2	3	2	2	2	5	6	2			
3	6	1	2	2	2	2	3	2	6	1			
2	2	2	6	3	4	2	6	3	5	4			
3	3	3	2	2	4	2	2	5	2	5			
2	1			2	1	2	2	3	3	2			
3				2	3	2	1	2	5	1			

ELB-Werte für Mai

Abb. 3: Klassifizierte elektrolytische Leitfähigkeit der Fichtenborke im Februar, Mai, August 301-400; 5 = 401-500; 6 = > 501.

 <div style="display: inline-block; margin-left: 150px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> </table> </div> <div style="display: inline-block; margin-left: 100px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> </table> </div> <div style="display: inline-block; margin-left: 100px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td>2</td><td>3</td></tr> </table> </div>										2	3	2	3	2	3
										2	3				
2	3														
2	3														
6	2		2	3	1	2	1	2	1	2					
1	3	2	1	2	2	2	3	1	6	2					
	2	1	1		1	1	1	5	6	1					
	6		2	1	2	1	2	2	6	3					
1	1	1	2	2	2	1	6	2	1	1					
2	2	1	1	1	2	1	1	4	2	5					
1	1			1	1	1	2	1	2	2					
2				1	2	1	1	1	5	1					

ELB-Werte für August

 <div style="display: inline-block; margin-left: 150px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td>2</td><td>4</td></tr> </table> </div> <div style="display: inline-block; margin-left: 100px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse;"> <tr><td>2</td><td>5</td></tr> </table> </div>										2	4	2	5
										2	4		
2	5												
6	2		1	3	1		2	2	1	2			
1	3	3	1	1	2	1	4	1	6	2			
	1	1	1	2	1	1	1	4	6	1			
	3	1	1	1	2	2	3	2	4	2			
1	1	1	2	2	3	1	6	2	2	2			
1			2	1	2	1	1	3	2	5			
1				2	1	1	1	1	2	2			
2				1	2	1	1	3	5	2			

ELB-Werte für November

und Oktober 1991. Klassengrenzen (in $\mu\text{S}/\text{cm}$): 1 = ≤ 100 ; 2 = 101-200; 3 = 201-300; 4 =

Tab. 1: ELB-Werte der Monate Februar, Mai, August und November und ihre Verteilung auf die 6 Klassen. Kl... = Klassen ... — Anz... = Anzahl ...

Kl.	$\mu\text{S/cm}$	Februar		Mai		August		November	
		Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
1	< 100	8	9	8	9	36	43	34	42
2	101-200	33	39	39	45	31	37	27	33
3	201-300	19	22	14	16	5	6	8	10
4	301-400	11	13	4	5	2	2	5	6
5	401-500	0	0	9	10	3	4	3	4
6	> 501	14	17	13	15	7	8	4	5

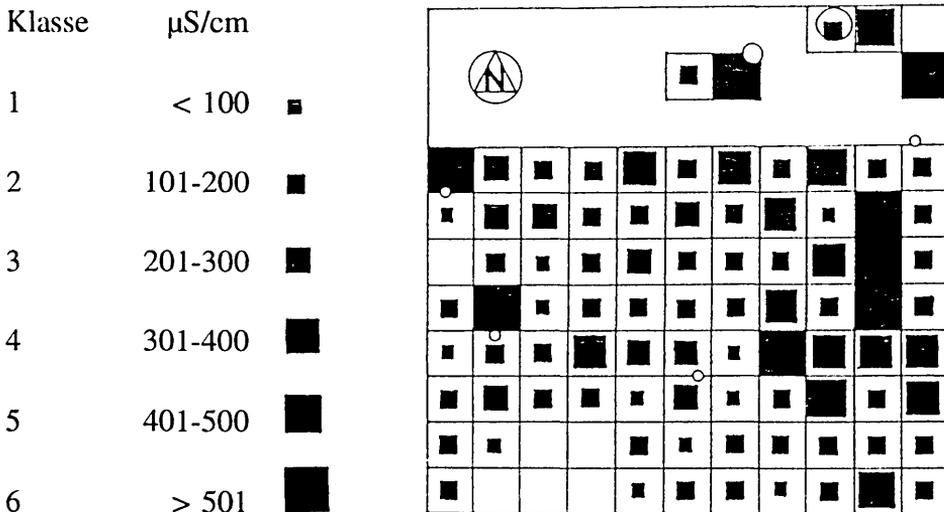


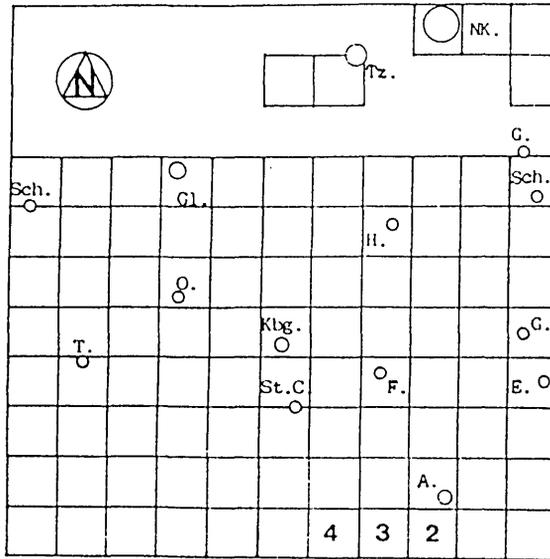
Abb. 4: Elektrolytische Leitfähigkeit der Fichtenborke im Jahresmittel.

Tab. 2: ELS-Werte der Monate Februar, Mai, August und November und ihre Verteilung auf die 6 Klassen. Kl... = Klassen ... — Anz... = Anzahl ...

Kl.	$\mu\text{S/cm}$	Februar		Mai		August		November	
		Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%
1	< 100	11	13	29	33	52	63	47	58
2	101-200	43	51	34	39	19	23	20	25
3	201-300	11	13	8	9	2	2	4	5
4	301-400	6	7	4	5	3	4	3	4
5	401-500	2	2	3	3	2	2	3	4
6	> 500	12	14	9	10	6	7	4	5

Jahreszeitliche Änderungen der Immissionswerte an den einzelnen Standorten

Die Graphiken ausgewählter Standorte in Abbildung 5 und 6 geben auf der linken y-Achse die Sulfatwerte in mg Sulfat/l und auf der rechten y-Achse die ELB-Werte in $\mu\text{S/cm}$ wieder (unterschiedliche Skalierung auf der y-Achse!); die x-Achse zeigt die Monate der Aufsammlung (vgl. PUNZ & SCHINNINGER 1982, 1984). Abbildung 5 zeigt Werte von 0-200 mg Sulfat/l und von 0-500 $\mu\text{S/cm}$. In Abbildung 6 liegt dieses Intervall wesentlich höher, nämlich zwischen 0-550 mg Sulfat/l und 0-1200 $\mu\text{S/cm}$. Die stark belasteten Standorte lassen sich so deutlich erkennen. Die Darstellung aller untersuchten Standorte nach dem gleichen Modus findet sich bei MOSER (1992).



3 ASL

Verlauf des Sulfat- und ELB-Gehalts
im Untersuchungszeitraum

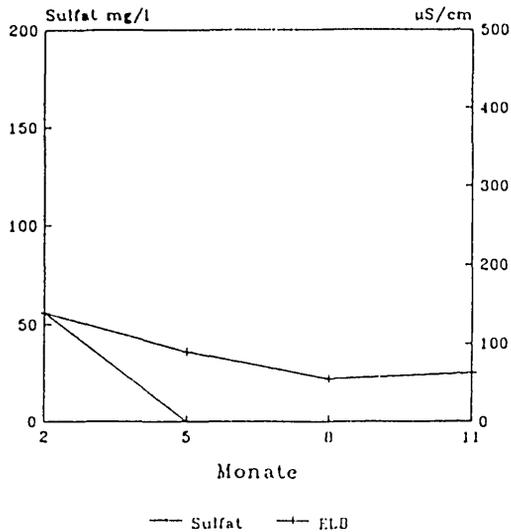
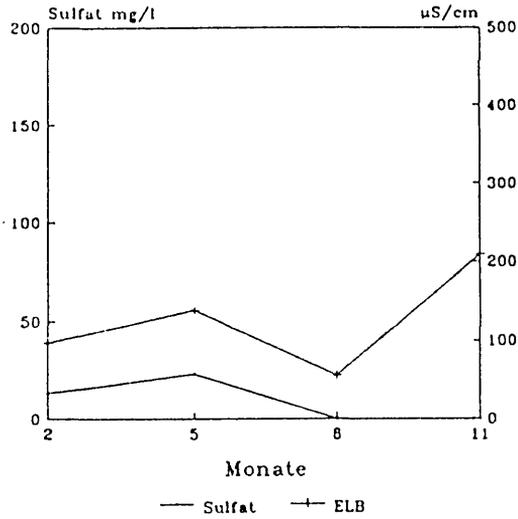


Abb. 5: Verlauf des Sulfat- und ELB-Gehalts an drei schwach belasteten Standorten (2 ASA,

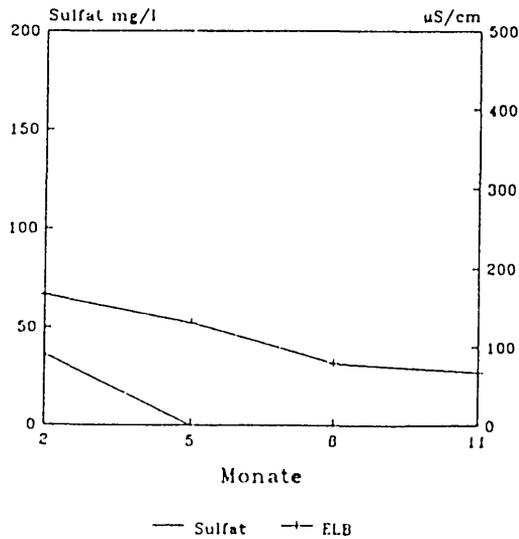
2 ASA

Verlauf des Sulfat- und ELB-Gehalts
im Untersuchungszeitraum

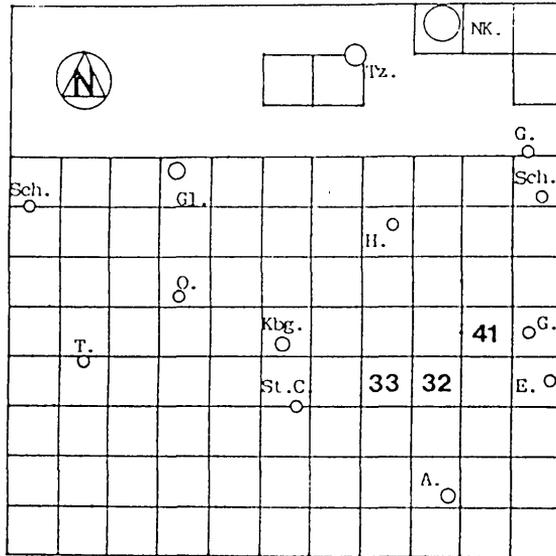


4 GRK

Verlauf des Sulfat- und ELB-Gehalts
im Untersuchungszeitraum



3 ASL, 4 GRK) im Untersuchungszeitraum.



33 FEO

Verlauf des Sulfat- und ELB-Gehalts
im Untersuchungszeitraum

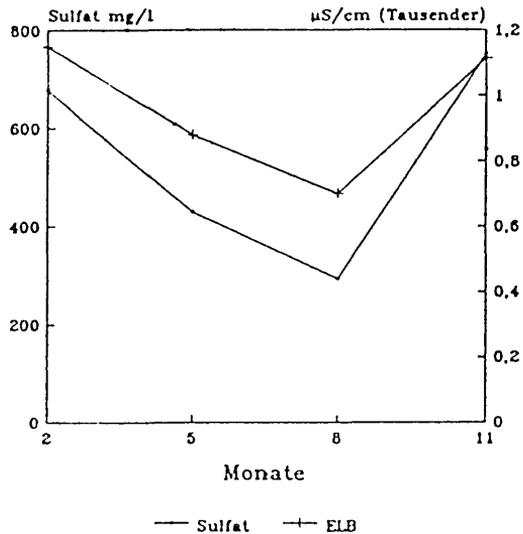
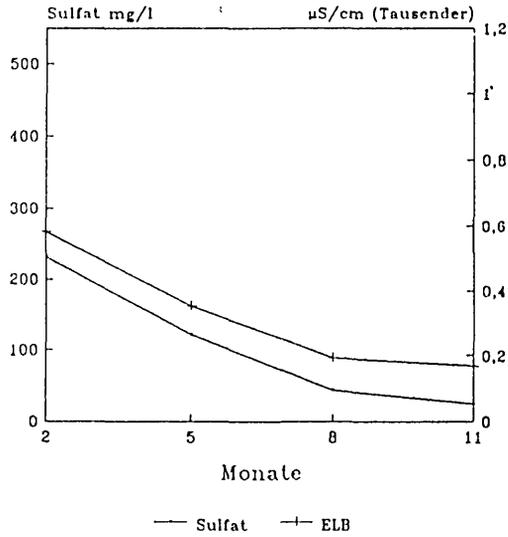


Abb. 6: Verlauf des Sulfat- und ELB-Gehalts an drei stark belasteten Standorten (32 GRO, 33

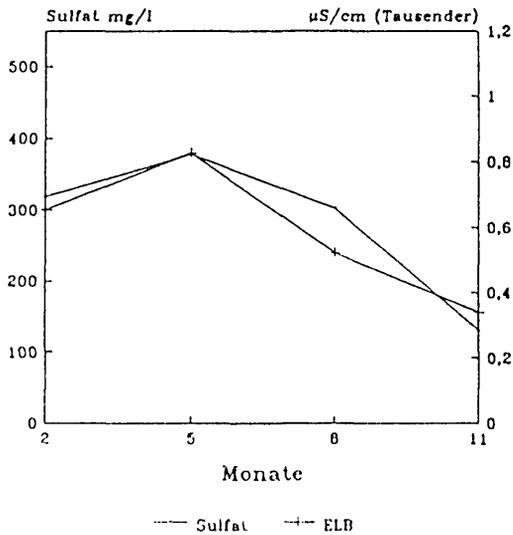
32 GRO

Verlauf des Sulfat- und ELB-Gehalts
im Untersuchungszeitraum



41 HOC

Verlauf des Sulfat- und ELB-Gehalts
im Untersuchungszeitraum



FEO, 41 HOC) im Untersuchungszeitraum.

Diskussion

Bei dem Versuch, die mit Hilfe der Fichtenborkenanalysen gewonnenen Werte für eine Dokumentation der SO₂-Belastung im Raum des südöstlichen Niederösterreichs heranzuziehen, müssen zunächst folgende Punkte berücksichtigt werden:

Der Borkentest stellt eine Methode dar, die keine quantitative, absolute Bestimmung der Schwefelbelastung, sondern lediglich eine Analyse der Belastung der Einzelstandorte relativ zueinander zuläßt.

Zur Verfälschung der Meßergebnisse kann es dann kommen, wenn standort-spezifische Phänomene, wie hoher Staubeintrag oder massiver Kfz-Verkehr, an den Probepunkten vorliegen. Die Borkenbeschaffenheit kann die Meß-ergebnisse ebenfalls verändern (HÄRTEL 1987, KIENZL 1978, KIENZL & HÄRTEL 1979, KREINER 1983).

Unter Berücksichtigung der oben genannten Gesichtspunkte ergibt die zusammenfassende Darstellung der Immissionszonierung anhand der Fichtenborkenanalysen im Untersuchungsgebiet für den Untersuchungszeitraum (1991) folgendes Bild:

Die ELB-Werte der Abbildungen 3 und 4 zeigen drei eindeutige Immissions-schwerpunkte, die auf eine deutlich schlechtere Luftqualität schließen lassen.

Ein Gebiet, das hohe ELB- und ELS-Werte aufweist, ist jenes von Feld 31 (Wanghof) bis Feld 33 (Feistritz), von Feld 41 (Hohegg) über 51 (Eben) bis nach Feld 61 (Kirchau) und weiter nach Feld 72 (Kulm) (vgl. auch Abb. 6). Dieses Immissionsgebiet liegt im östlichen Teil des Untersuchungsgebietes. Auch das Feld 1 (Neustift) zeigt hohe ELB- und ELS-Werte.

Während bei den Probebäumen der Felder 1, 31, 32 und 72 nur im Februar die ELB- und ELS-Werte in der Klasse 6 (> 500 µS/cm) liegen und es in den darauffolgenden Monaten, vor allem aber im August, zu einer deutlichen Verbesserung der Werte kommt, zeigen die Probepunkte 33, 41, 51 und 61 für das ganze Jahr ELB- und ELS-Werte der Klasse 6.

Generell sind fast alle ELS-Werte des Untersuchungsgebietes gegenüber den dazugehörigen ELB-Werten niedriger; in den Feldern 33, 41, 51 und 61 jedoch weisen die ELB- und ELS-Daten immer gleich hohe Werte auf.

Die Gemeinde Feistritz (33) zeigt das ganze Jahr Belastungen der Klasse 6. Auch der Ort Hohegg (41), ein Kurort für Lungenkranke (!), fällt im Februar, Mai und August bei den ELB- und ELS-Werten in Klasse 6. Im

November ist für Hohegg eine Besserung der Immissionsbelastung festzustellen (November: ELB 339 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ELS 299 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Der Ort Eben (51) zeigt mit einer Ausnahme (ELS-Wert im Mai — Klasse 5) ebenfalls immer Werte, die in die Klasse 6 gehören. Die ELS-Werte für Kirchau (61) liegen außer im November stets in der Klasse 6.

Im Immissionskataster finden sich für den Raum Feistritz — Hohegg im Winter — bei einer achtstufigen Skala — Werte der Stufe 5 (0,41-0,50 mg $\text{SO}_3/100 \text{ cm}^2 \times \text{d}$) und das ganze Jahr über Werte der Stufe 4 (0,31-0,40 mg $\text{SO}_3/100 \text{ cm}^2 \times \text{d}$). Für die hohen Sulfatgehalte in den Borkenextrakten und für die relativ hohen SO_3 -Werte des Immissionskatasters dürften Windströmungen aus Industriegebieten verantwortlich sein.

Im Untersuchungsgebiet kommt zur selbstverursachten geringen Luftverschmutzung die Belastung durch beträchtliche Massen verunreinigter Luft hinzu, die aus den Nachbarbezirken einströmt. Einerseits stammt die verschmutzte Luft aus den Industriegebieten südlich von Wien, Baden und Wiener Neustadt, andererseits aus der Mur-Mürz-Furche und dem Grazer Industriegebiet über Hartberg und Friedberg (DOBESCH & NEUWIRTH 1982). Der Begriff „Reinluftgebiet“ hat offenkundig seinen Sinn verloren. Auch in Gebieten, fernab von jeder Industrie, muß die Frage nach der ursächlichen Beteiligung von Luftschadstoffen gestellt werden. Da der überwiegende Anteil des emittierten SO_2 nicht in die bodennahe Luftschicht, sondern aus hohen Schornsteinen in große Höhen gelangt, wo stärkere Luftströmungen vorherrschen können, können SO_2 und dessen Folgeprodukte über große Distanzen verfrachtet werden. Mit vier Tagen hat SO_2 eine etwa viermal längere troposphärische Lebensdauer als Stickoxide. Saurer Regen als Folgeprodukt von SO_2 -Produktion kann in beträchtlicher Entfernung von der Quelle der Verunreinigung beobachtet werden. Bei durchaus gemäßigten Windverhältnissen kann das gebildete Sulfat innerhalb von vier Tagen 2000 km windwärts transportiert werden (FABIAN 1989).

Ein zweiter Immissionsschwerpunkt, der sich aber im Gegensatz zu dem im Raum Feistritz — Hohegg — Eben — Kirchau liegenden Gebiet nur ganz lokal bemerkbar macht, liegt im Nordwesten des Untersuchungsgebietes im Raum Schottwien/Adlitzgraben. Hier (im Feld 80) wurden die höchsten ELB-Werte im gesamten Untersuchungsgebiet gemessen. Mit Sicherheit können für den Probebaum des Feldes 80 methodische Fehler des Borkentests ausgeschlossen werden. Sämtliche ELB- und ELS-Werte liegen in der Klasse 6 (vgl. Abb. 3). Anhand der ELB-Werte ist aber ein Jahresrhythmus der Immissionsbelastung festzustellen: Februar 3180 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Mai 2380 $\mu\text{S}/\text{cm}$, August 1895 $\mu\text{S}/\text{cm}$ und November 1119 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Die ELB-Daten zeigen für das im Osten angrenzende Feld 79 (Aue) Februarwerte der Klasse 4 (301-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$), für den Mai Werte der Klasse 6, für August und November hingegen Werte der Klasse 2 (101-200 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Die ELS-Werte für das Feld 79 liegen im Februar in der Klasse 2, im Mai in der Klasse 3 (201-300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) und im August und November in der niedrigsten Klasse (Klasse 1 - < 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Die Flechtenfunde des Feldes 79 deuten (Prof. R. TÜRK, schriftl. Mitt.) auf eine deutlich schlechte Luftqualität hin.

Obwohl der Immissionskataster mit den Sulfatgehalten der Borkenanalysen in den errechneten Korrelationen überaus gut übereinstimmt, zeigt der Immissionskataster für den Raum Schottwien geringe SO_3 -Werte an.

Ein weiteres Gebiet mit stärkerer Schadstoffbelastung liegt im Raum der Städte Neunkirchen und Ternitz im Norden des Untersuchungsgebietes. Hier war mit Schadstoffbelastungen zu rechnen, da neben den Emissionen aus dem Hausbrand auch solche aus verschiedenen Industriebetrieben an der Luftbelastung beteiligt sind. Der Raum umfaßt das Probefeld I, das etwas südöstlich der Stadt Neunkirchen im direkten Einflußbereich von starkem Verkehrsaufkommen (Knoten A2-Südbahn) liegt, und die Felder J, K, L und M. Das Feld I wird möglicherweise auch vom östlich gelegenen Seebenstein und Pitten mit seiner Papierfabrik, aber auch von Belastungen aus dem nahen Raum Wiener Neustadt beeinflusst.

Im Feld I kann man, wie aus den Abbildungen ersichtlich, mit dauernder Immissionsbelastung rechnen. Die ELB- und ELS-Werte bewegen sich für Februar, Mai und August immer auf der Stufe 6 und zeigen nur für den Monat November Werte der Stufe 4. Für die Probebäume der Felder J und L gilt ähnliches, wenn man die ELB-Werte betrachtet. Für die ELS-Werte kann eine grundsätzlich etwas bessere Gesamtsituation angenommen werden. Das Feld K, das direkt in der Stadt Neunkirchen liegt, und auch das Feld M (Pottschach) zeigen das ganze Jahr über geringe Schadstoffbelastungen.

Der Immissionskataster gibt für das Gebiet um Neunkirchen — Ternitz — Pottschach eine Jahresbelastung von 0,31-0,40 $\text{mg SO}_3 / 100 \text{ cm}^2 \times \text{d}$ an, also eine gleich hohe Belastung wie für das Gebiet um Aspang, Grimmenstein-Hohegg und um Seebenstein.

Geringe SO_2 -Immissionen liegen im Süden des Untersuchungsgebietes vor. Im wesentlichen sind dies die Felder 2-6, 12-20 und 26-28 (vgl. Abb. 3, 4). Die ELB-Werte gehören im Februar und im Mai hauptsächlich der Klasse 2 an und liegen im August und auch noch im November vor allem innerhalb der Klasse 1. Ähnliches gilt auch für das Gebiet um Otterthal bis nach Gloggnitz, also für die Felder 47, 48, 57, 58, 67, 68 und 77 (vgl. Abb. 2).

Das Gebiet um Kirchberg am Wechsel ist ebenfalls als relativ gering belastet anzusprechen. Für Kirchberg (45) und Umgebung (44, 46, 34, 35, 36, 55 und 56) gelten im Winter ELB-Werte der Klassen 2-3. Die Immissionsituation verbessert sich dann wesentlich im August, wo nur mehr Werte der Klassen 1-2 gefunden werden.

Die ELS-Werte der Gebiete mit geringer Belastung zeigen eine weitgehende Übereinstimmung mit den Befunden der ELB-Messungen. Der Immissionskataster enthält für diesen Raum keine Meßergebnisse; nur für den Raum Gloggnitz gibt es ein mit den Werten der Borkenanalysen gut korrespondierendes Ergebnis mit niedrigen SO₃-Werten der Stufe 2 und 3.

Auffällig für diese Gebiete geringer Schadstoffbelastung scheinen manche Flechtenfunde, die Schäden am Vegetationskörper aufweisen. So ist *Hypogymnia physodes*, die eine relativ toxtolerante Blattflechte darstellt, im Feld 10, 19 und 65 sowie *Pseudovernia furfuracea* im Feld 25 geschädigt. Im Feld 28 zeigen sich Schäden an *Usnea subfloridana*, einer ziemlich seltenen Art, die in luftverschmutzten Gebieten weitgehend fehlt. Im Feld 29 wächst hingegen *Bryoria osteola*, eine vom Aussterben bedrohte Art (WIRTH 1980).

Die Ergebnisse der Borkenanalysen zeigen einen Jahreszyklus der Schwefeldioxidbelastung. Der sommerliche Abfall der ELB- und ELS-Werte ist bei fast allen Standorten gut zu erkennen (Abb. 5, 6). In Gebieten, wo dieser nur sehr gering ist, aber eine hohe Immissionsbelastung vorliegt, müssen andere Emissionen als jene, die vom Hausbrand stammen, für die Luftbelastung verantwortlich gemacht werden.

Probebäume von Feldern wie beispielsweise I, J, L, 33, 41, 51, 61 und 80, die in der Abbildung 3 immer die Klasse 6 aufweisen, zeigen einen Jahresgang mit sommerlichem Abfall der Sulfatwerte. Auch der Immissionskataster verzeichnet im Winterhalbjahr — verursacht durch den Hausbrand — erhöhte SO₃-Konzentrationen gegenüber dem Sommerhalbjahr (IMMISSIONS-KATASTER NÖ 1982).

Als Ergebnis der hier vorliegenden Arbeit konnte, wie auch in anderen Arbeiten (KIENZL 1978, KIENZL & HÄRTEL 1979, PUNZ & SCHINNINGER 1982), ein hoher Korrelationsgrad zwischen Sulfatgehalten und ELB-Werten festgestellt werden. Die hier errechnete Korrelation betrug $r = 0,94$ für Februar und Mai und $r = 0,96$ für August und November. Eine Korrelation mit Gesamtschwefelanalysen der Borke mittels LECO-Analysator ergab $r = 0,64$ (MOSER 1992); JOHNSEN & SOCHTING (1973) konnten mittels Gesamtschwefelanalysen die Schwefelzonierung im Stadtgebiet gut dokumentieren.

Eine Korrelation zwischen Sulfatgehalten und pH-Werten der Borkenextrakte erwies sich, wie auch aus den oben genannten Arbeiten bekannt ist, als nicht aussagekräftig für die Immissionskartierung mit Hilfe von Fichtenborken (MOSER 1992).

Ein Vergleich mit einigen Probepunkten des Bioindikatornetzes im Rahmen der Waldzustandsinventur (STEFAN 1991a, b), die im Untersuchungsgebiet lagen, ergaben keine Beziehungen zwischen den Schwefelgehalten der Nadeln des Bioindikatornetzes und den Sulfatgehalten der Borkenextrakte. Die Aufnahme von Schwefeldioxid durch die Nadeln wird physiologisch gesteuert, daneben spielen auch synergistische Wirkungen bei der SO_2 -Aufnahme eine Rolle. So kann es beispielsweise bei geringer SO_2 -Belastung mit einem zusätzlich anderen Schadstoffeinfluß zu einem hohen Pegel an Gesamtschwefel in den Nadeln kommen. Auch „leaching effects“ sind für Schwefel bekannt. So können niedrigere Schwefelkonzentrationen in den Nadeln vorliegen, als durch die vorangegangene Immission zu erwarten gewesen wären. Durch sehr hohe Schwefeldioxidbelastung der Luft werden die Stomata von Nadeln irreversibel geschädigt, sodaß kein Gasaustausch und folglich auch keine SO_2 -Aufnahme mehr stattfinden kann (HÜBLER 1989). Die Ergebnisse von Schwefelanalysen in lebenden Organen sind — im Gegensatz zur toten Borke — stark durch physiologische Prozesse gesteuert und führen daher zu Verfälschungen der Meßergebnisse.

Auch zwischen den Sulfatwerten des Borkentests, den Verlichtungsgraden und der Gesamtschädigungszahl von Kiefernbeständen im Untersuchungsgebiet (POLLANSCHÜTZ 1991) konnte kein Zusammenhang gefunden werden.

Dagegen zeigt sich eine überaus deutliche Übereinstimmung mit dem Immissionskataster Niederösterreichs aus dem Jahre 1982. Die Sommer-, Winter- und Jahreswerte der Meßpunkte des Immissionskatasters und ihre SO_3 -Gehalte wurden den entsprechenden Feldern des Borkentests mit dessen Mittelwerten aus August-, Februar- und Jahreswerten gegenübergestellt. Die Korrelation zwischen den Sulfatgehalten der Borkenextrakte und den Bleikerzenwerten des Immissionskatasters betragen für die Sommerwerte $r = 1$, für die Winterwerte $r = 0,86$ und für die Jahresmittelwerte $r = 0,73$ (MOSER 1992).

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß sich die relativ einfache und billige Methode des Borkentests sehr gut eignet, für ein Gebiet, über das noch keine Werte einer Luftgütekartierung existieren, eine erste Aussage über die Immissionsbelastung zu machen. Mit Hilfe des Borkentests lassen

sich Zonen und Gebiete unterschiedlicher SO₂-Belastungen feststellen. Mit anderen Meßmethoden in Beziehung gesetzt, ergibt die Borkenkartierung ein zutreffendes Bild der Gesamtbelastung eines Gebietes.

Literatur

- DOBESCH H. & NEUWIRTH F., 1982: Wind in Niederösterreich, insbesondere im Wiener Becken und im Donautal. Arbeiten aus der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, H. 54. Wien.
- FABIAN P., 1989: Atmosphäre und Umwelt: Chemische Prozesse — Menschliche Eingriffe — Ozon-Schicht — Luftverschmutzung — Smog — Saurer Regen. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong.
- HÄRTEL O., 1982: Pollutants accumulation by bark. In: STEUBING L. & JÄGER H.-J. (Eds.), Monitoring of air pollutants by plants-methods and problems. Proc. Internat. Workshop Osnabrück (F.R.G.), Sept. 24-25, 1981. Tasks for vegetation science 7 (ed. LIETH H.). Dr. W. Junk Publishers, Den Haag, Boston, London.
- HÄRTEL O., 1987: Die Absorption von SO₂ durch die Borke — Neues zur Bioindikation von Luftverunreinigungen. Verh. Ges. Ökol. 15, 207-211.
- HÄRTEL O. & GRILL D., 1972: Die Leitfähigkeit von Fichtenborken-Extrakten als empfindlicher Indikator für Luftverunreinigungen. Eur. J. Forest Pathol. 2, 205-215.
- HÄRTEL O., GRILL D. & KRZYSCIN F., 1980a: Darstellung der Umweltbelastung im weststeirischen Industriegebiet anhand von Fichtenborken. Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark 110, 105-116.
- HÄRTEL O., GRILL D. & KRZYSCIN F., 1980b: Die Abgasbelastung im Raum Voitsberg-Köflach. Die Verwendung von Fichtenborke zur Indikation. Mitt. FBVA Wien, H. 131, 241-247.
- HÜBLER K., 1989: Mineralstoff- und Ionenhaushalt von Fichten. Diss. Univ. Wien.
- HUTTER M., 1973: Die Pflanze als Indikator für Luftverunreinigungen. Hausarbeit, Univ. Innsbruck.

- IMMISSIONSKATASTER Niederösterreich, 1982: Großflächige Erhebung der Schwefeldioxidimmissionen und des Staubniederschlags. Hrsg. vom Amt der NÖ Landesregierung, Abt. R/1 — Techn. Umweltschutz. Wien.
- JOHNSEN I. & SOCHTING U., 1973: Influence of air pollution on the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area. *Oikos* 24, 344-351.
- KIENZL I., 1978: Baumborke als Indikator für SO₂-Immissionen. Diss. Univ. Graz.
- KIENZL I. & HÄRTEL O., 1979: Die Luftverunreinigungen im Stadtgebiet von Graz, dargestellt anhand von Borkenuntersuchungen. *Mitt. naturwiss. Ver. Steiermark* 11, 113-115.
- KREINER W., 1983: Das Verhalten der Borke unter SO₂-Immissionen. Diss. Univ. Graz.
- MOSER B., 1992: Immissionskartierung im Gebiet des südöstlichen Niederösterreich anhand des Fichtenborkentests. Diplomarbeit, Wien.
- POLLANSCHÜTZ J., 1991: Immissionseinwirkung, eine unspezifische Ursache für Kronenverlichtung. Zusammenfassende Darstellung der Waldzustandsinventur. *Mitt. FBVA Wien*, H. 166, 249-262.
- PUNZ W. & SCHINNINGER R., 1982: Immissionszonierung im Raum Wien, dargestellt anhand von Borkenanalysen. *Beiträge Umweltschutz Lebensmittelangelegenheiten Veterinärverwaltung* (Hrsg.: Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz) 7, 7-92.
- PUNZ W. & SCHINNINGER R., 1984: Tree barks and pollutant zoning. *Task for Vegetat. Science*, vol. 13. Dr. W. Junk Publishers, Den Haag.
- STEFAN K., 1991a: Bioindikatornetz Niederösterreich 1990. Ergebnisse der Schwefelanalysen. Bericht BIN-S 66/1991. FBVA, Inst. f. Immissionsforschung u. Forstchemie.
- STEFAN K., 1991b: Räumliche Verteilung der Schwefelimmunmissionseinwirkungen nach den Ergebnissen des österreichischen Bioindikatornetzes. Zusammenfassende Darstellung der Waldzustandsinventur. *Mitt. FBVA Wien*, H. 166, 213-225.

- STÜBER E. , 1975: Leitfähigkeitsmessungen und Bestimmung des Sulfatgehaltes von Fichtenborkenextrakten (Borkentest). Studie über die umwelthygienisch-ökologische Situation der Stadt Salzburg. Hrsg. vom Bundesministerium für Gesundheit und Umweltschutz. S. 159-162.
- WIRTH V., 1980: Flechtenflora. Ökologische Kennzeichnung und Bestimmung der Flechten Südwestdeutschlands und angrenzende Gebiete. Stuttgart.

Manuskript eingelangt: 1993 03 03

Adresse der Autoren: Mag. Barbara MOSER, Ass.-Prof. Mag. Dr. Wolfgang PUNZ, Univ.-Prof. Dr. Rudolf MAIER, Institut für Pflanzenphysiologie der Universität Wien, Althanstraße 14, A-1090 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien. Früher: Verh. des Zoologisch-Botanischen Vereins in Wien. seit 2014 "Acta ZooBot Austria"](#)

Jahr/Year: 1993

Band/Volume: [130](#)

Autor(en)/Author(s): Moser Barbara, Punz Wolfgang, Maier Rudolf

Artikel/Article: [Immissionskartierung im Gebiet des südöstlichen Niederösterreichs anhand des Fichtenborkentests 135-155](#)