



Bericht Nr.: 2/92

(Grüne Reihe)

**Assoziation von
Luftallergenen und
partikulären Aerosolen
in Linz 1991**

Autoren: H. Schinko R.
Schmidt

Herausgeber: Magistrat Linz, Amt für Umweltschutz
Leiter: Dr. Walter Medinger A-
4041 Linz, Hauptstraße 1 - 5 Tel.:
(0732)2393-2690

Assoziation von Luftallergenen und partikulären Aerosolen in Linz 1991

Prim. Dr. Herwig Schinko und Doz. Dr. Roland Schmidt
zusammen mit dem Umweltamt der Stadt Linz, Vorstand
Doz. Dr. E. Glözl

Einleitung

Die Allergierate, die bronchiale Hyperreagibilität und subklinische Immunveränderungen sind in belasteten Ballungsräumen, Industrieregionen und entlang verkehrsreichen Wohngebieten erhöht. Voraussetzung für eine Reaktion gegenüber Allergenen ist die individuelle Disposition und die Allergenpräsenz für eine Sensibilisierung sowie allergische Reaktion bei Wiederkontakt. Adjuvante Schadstoffwirkungen bei der Sensibilisierung sowie pseudoallergische Reaktionen bei erneutem Schadstoffkontakt sind in der Literatur berichtet. Voraussetzungen für Kombinationseffekte von Luftschadstoffen, biogenen wie nichtbiologischen, sind deren kombiniertes oder konsekutives Auftreffen auf einen Rezeptor bzw. beim Menschen auf ein Erfolgsorgan wie Augen, obere oder untere Atemwege.

Abbildung 1 gibt die zwei Grundmodelle der Einwirkung auf die menschlichen Atemwege wider. Schadstoffe (S und s) können getrennt voneinander auf das Kontaktorgan auftreffen oder außerhalb des Organismus ein Reaktionsprodukt oder eine Schadstoffkombination durch Adsorption oder andere Anlagerung bilden, welche gemeinsam auf den Reaktionsort einwirken (Ss).

Die Art, Zeitpunkt und Dauer der Schadstoffeffekte, dargestellt in ABBILDUNG 2 sind verantwortlich für Vorschädigung, Überlagerung oder Verstärkung von Einwirkungen von allergenen und nichtallergenen Aerosolen.

ABBILDUNG 3 repräsentiert das Modell unterschiedlicher Emittenten, wie es für biogenes Material (Allergene) und industrielle, gewerbliche, Verkehrs- und Haushalts-emissionen zutrifft. Allergene in der Außenluft stammen prinzipiell aus einer anderen Quelle als die gasförmigen und partikulären Emittate. Grundsätzlich muß mit der Kombination zwischen Allergenen-Allergenen, Allergenen-anorganischem/ organischen Staub, Allergenen-Gasen sowie Stäuben untereinander und mit gasförmigen Komponenten gerechnet werden. Medizinisch bestehen dabei erhebliche Unklarheiten bei Kombinationseffekten, mit denen unter realen Bedingungen stets gerechnet werden muß. Einzelwirkungen sind dabei teilweise bekannt und näher untersucht. Voraussetzung für potentielle Schadstoffkombinationen ist aber die Kenntnis des Vorkommens bzw. Aufeinandertreffens von Schadstoffen aus unterschiedlichen Emissionsquellen. Während Immissionen aus Hausbrand, Industrie und Verkehr größere Zeitkonstanz aufweisen, zeigen Außenallergene saisonale Schwer-

MODELL A

MODELL B

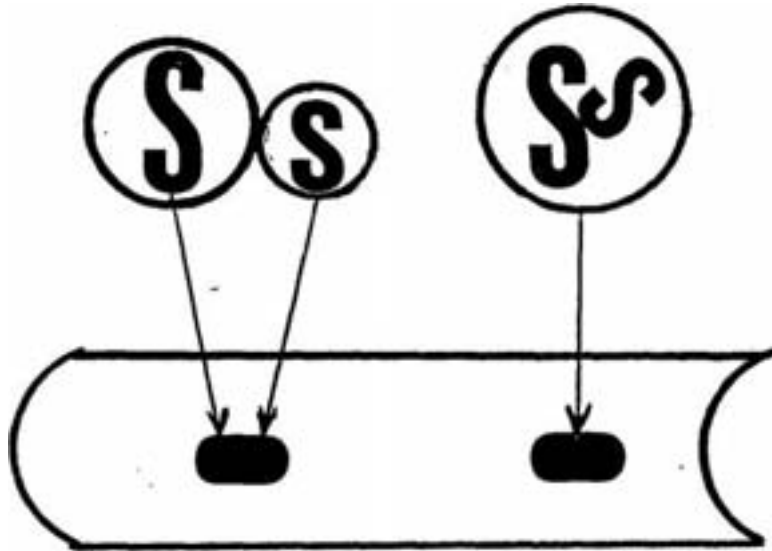


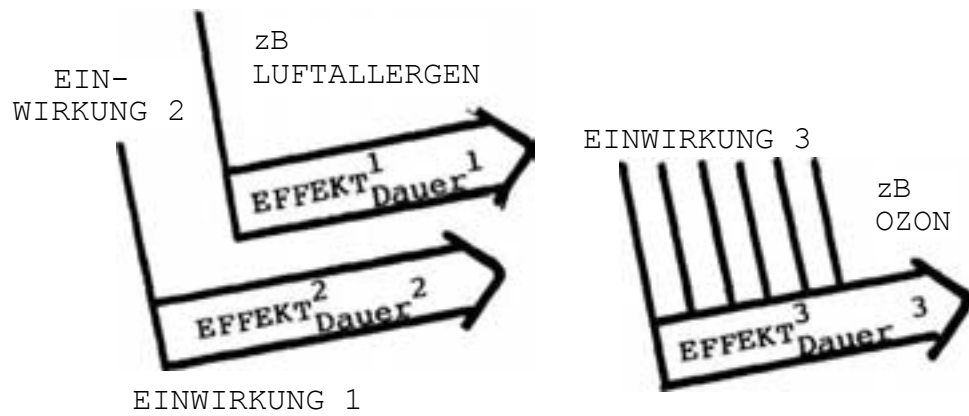
ABBILDUNG 1 Modell der Schadstoffeinwirkung

KOMBINATIONSWIRKUNG nach MODELL A:

Gleichzeitige Einwirkung von Schadstoffen
S und s auf das Erfolgsorgan.
Keine äußere Assoziation.

KOMBINATIONSWIRKUNG nach MODELL B:

Exogene Schadstoffassoziation Ss,
Einwirkung auf das Erfolgsorgan als
Kombinat.



zB
STAUB

ABBILDUNG 2 Überlagerung/Verstärkung von Schäden

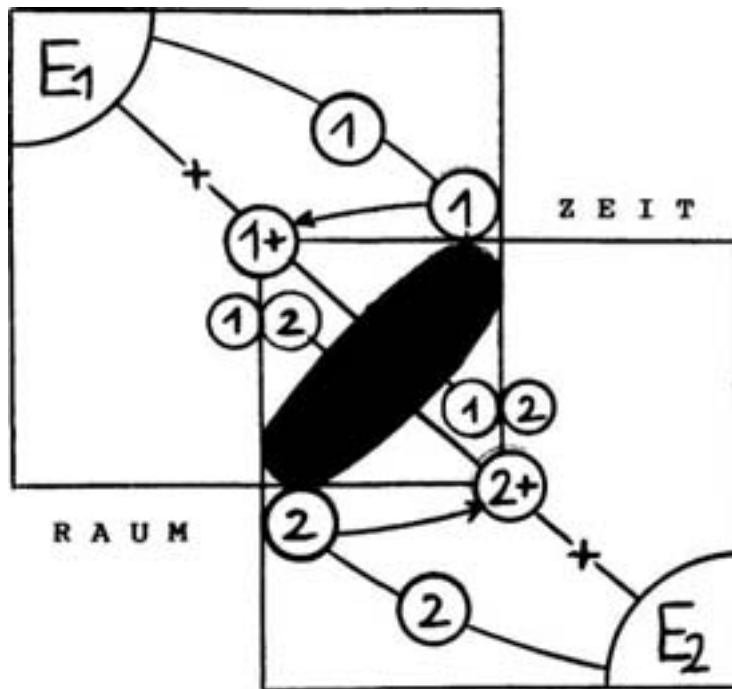
VORSCHÄDIGUNG, ÜBERLAGERUNG, VERSTÄRKUNG

ADDIERUNG-POTENZIERUNG

REAKTIONSÄNDERUNG/MODIFIKATION

IMMISSION - Modell

VARIABLE: Emission, Transmission, Deposition
Kombination (Zeit, Raum, Reaktion)



E Emittenten, Stoffquellen

1,2 Emittate (Staub, Pollen, Gase)

1+ Reaktionsprodukte und

2+ aktivierte Produkte

+ Reaktions/Aktivierungsmechanismus

①② Aerosol-Kombination (extern)



Erfolgsorgan (z.B. Atemwege)

— Transmission

ABBILDUNG 3 Voraussetzungen für eine Kombination von Schadstoffeffekten:
Einwirkung zur gleichen Zeit oder Anhalten unterschiedlicher Schadstoffeffekte zu einer bestimmten Zeit
Einwirkung im gleichen Raum - bei Pollen und atmosphärischem Schwebstaub liegt dieser Ort in der Außenluft
Gleiches Erfolgsorgan
Assoziationsmöglichkeiten (Aggregatbildung, chemische Reaktionen, physikalische Veränderungen)

punkte in Abhängigkeit von der Blütezeit der windblütigen Pflanzen, die selbst wieder Luftschadstoffen und gleichzeitig Bodenbelastungen ausgesetzt sind.

Die zeitliche und räumliche Assoziation von Pollen und atmosphärischem Feinstaub wurde unter Ausnutzung einer Burkard-Pollenfalle auf dem Allgemeinen Krankenhaus der Landeshauptstadt Linz untersucht, wo Einwirkungen aus dem Schienen- und Straßenverkehr, dem Hausbrand und von einem Fernheizwerk sowie von Gewerbe und Industrie, vor allem der Chemie und Eisen/Stahlproduktion vorhanden sind. Untersuchungszeitraum waren die Monate März bis September 1991. Zur Analyse herangezogen wurden 11 Tage (bzw. 12 Tage) mit Pollenmaxima.

Voraussetzung erfolgreicher umweltepidemiologischer Analyse und Betätigung sowie umweltmedizinischer Beratung und Empfehlungen ist die genaue Kenntnis der Exposition (Immission oder Belastung) unter qualitativen Aspekten sowie quantitativer Beeinträchtigung, ohne daß dabei unmittelbar auf die individuelle Reaktion Betroffener geschlossen werden könnte. Welche Substanzen in welcher Menge bei dem komplexen Spektrum der aerogenen Schadstoffe bzw. welche Luftstörgrößen wirklich wirken, wie biologische mit nicht biogenen partikulären Aerosolen tatsächlich zusammenspielen, wissen wir nicht im Detail und nicht genau. Im Linzer Raum, einer Quasi-Beckenlage, wurden in der Vergangenheit stärkere Belastungen durch einatembaren Gesamtstaub beobachtet, wenngleich die Staubbelastung gesamt durch die getroffenen Maßnahmen deutlich gesunken ist. In der Studie wurden nicht die für die oberösterreichische Metropole typischen Schwebstaubkomponenten Sulfat, Nitrat, Ammonium und Stickoxide erfaßt, sondern per Lichtextinktion lediglich der Gesamtstaub gemessen, Schwermetallkomponenten und partikuläre Elemente qualitativ analysiert und aerogenen Pollen gegenübergestellt.

Ort der Probengewinnung für die Pollen in der Außenluft und den atmosphärischen Feinstaub war die Burkard-Pollenfalle auf dem AKH LINZ 15 Meter über dem Erdboden in Nachbarschaft einer Meßstelle zur Luftgüteüberwachung in Linz (ORF-Zentrum, Luftlinie ca. 800 m), wo Vergleichsdaten herkommen. Die Ozonwerte stammen aus der Meßstelle in Steyregg, wurden jedoch wegen ihrer geringen lokalen Unterschiede zum Vergleich mit den Pollenkonzentrationen herangezogen.

Methodik

Die Pollen- und Staubrezeption erfolgte mit einer Sieben-Tage-Pollenfalle von BURKARD, die in 15 m Höhe am Allgemeinen öffentlichen Krankenhaus Linz aufgestellt war. Auf der Trommel mit kontinuierlichem Zeitvorschub wurden nebeneinander zwei adhäsive Streifen aufgezogen. Ein Melinexstreifen wurde in herkömmlicher Weise mit Vaseline beschichtet. Dieser Streifen wurde nach Entnahme in 24-Stunden entsprechende Stücke geschnitten, in Gelvatol eingebettet, auf Objektträger aufgezogen und lichtmikroskopisch pollenanalytisch ausgewertet. In den Diagrammen sind die Monatssummen sowie die Gesamtpollenzahl der allergologisch wichtigsten Pollentypen angegeben. Von den Tagen mit Pollenmaxima sind in Säulendiagrammen der Anteil der dominierenden Aeroallergene sowie die Pollensumme/m³Luft in 2-Stundenintervallen ausgewertet. Die Pollenbelastungsspitzen im Jahre 1991 wurden zwischen März und September gefunden. Genauer analysiert wurden:

12., 16. und 17.3.1991

3. und 5.4.1991

8., 10. und 22.5.1991

7. (und 12.) 6.1991

11.7.1991 sowie der

2.9.1991

Demnach stehen für Detailanalysen 11 Beobachtungstage zur Verfügung.

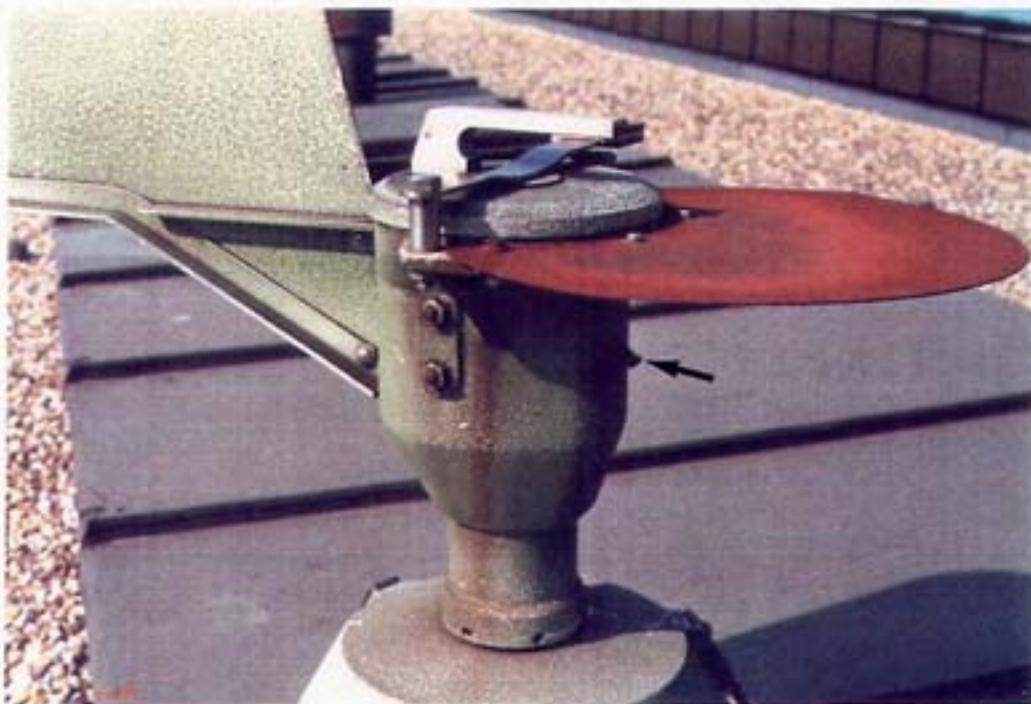
Der Staubgehalt wurde densitometrisch als Lichtextinktion in Prozent jeweils in Zehnminutenintervallen an einem Transsekt der für die Pollenauswertung verwendeten Dauerpräparat gemessen und parallel zum Allergengehalt geplottet. Der Staubgehalt wurde als mittlere 2-Stunden-Extinktion der im gleichen Intervall gezählten Pollenanzahl gegenübergestellt und als relativierte STAUB-POLLEN-RATIO (SPR) angegeben, wie folgt

STAUB (mittlere 2-Stunden-Extinktion) * Korrekturfaktor POLLEN
(% 2-Stundenwert/24-Stunden-Pollenanzahl)

um die relative Verteilung zwischen Staub und Pollen an den Analysetagen auszudrücken. Gleichzeitig wurde zwischen Staub- und Pollenkonzentrationen eine Korrelation mittels linearer Regressionsanalyse errechnet.

Die Vermessung (Fläche = area in Quadratmikrometer, größter Durchmesser = femax) der Staubpartikel pro Flächeneinheit ($10^6 \text{ } \mu\text{m}^2$) wurde punktuell im Bereiche der täglichen Pollenbelastungsspitzen mit Hilfe des Bildanalysesystems LUCIA ausgeführt. Für die optische Unterscheidung der Partikel vom Hintergrund mußte ein Schwellwert gesetzt werden, der die Umwandlung in ein Binärbild mit zwei Graustufen erlaubte, wobei jedes Pixel 256 Graustufen annehmen konnte. Der Schwellwert wurde so gewählt, daß die heller gefärbten Sporomorphen (inklusive Pollenkörner) im Vermessungsergebnis nicht aufscheinen. Einschränkungen ergeben sich einerseits aus der subjektiven Fokussierung und Schwellwertsetzung, andererseits aus der irregulären Form der Partikel.

BURKARD POLLENFALLE

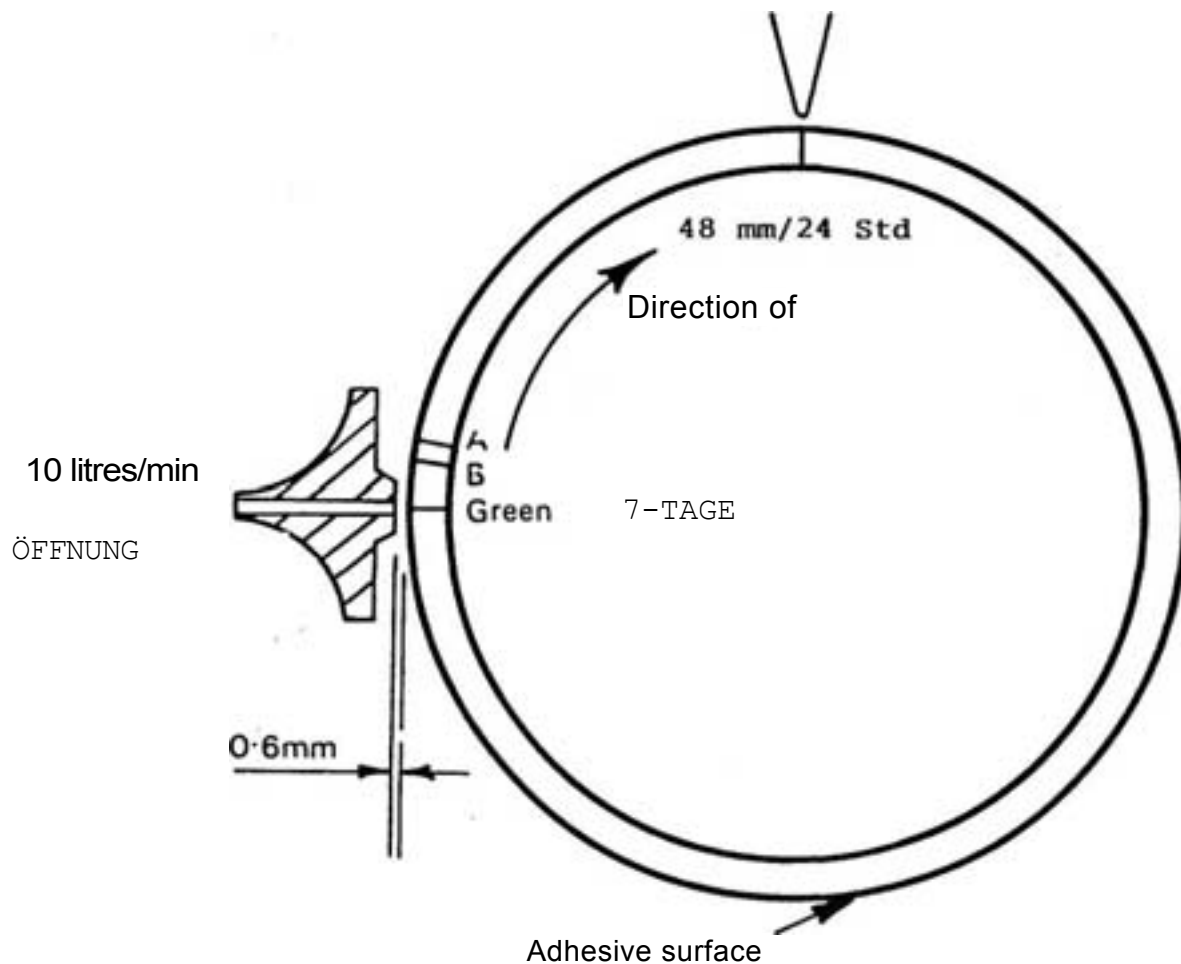


Aufgestellt auf dem Dach des Allgemeinen öffentlichen
Krankenhauses der Landeshauptstadt Linz.

Übersicht und Detail: Mit Pfeil (←) markiert die
Ansaugöffnung

BURKARD Pollenfalle

W i r k p r i n z i p



Der Luftdurchsatz von 10 Litern/Minute entspricht im Durchschnitt dem zweifachen Atemminutenvolumen eines Erwachsenen (bzw. einer unbegrenzt durchhaltbaren Daueraktivität).

Die Pollen- und Staubkörnchen-Impaktion erfolgt auf einem Adhäsivstreifen. Die Trommel rotiert mit einer Geschwindigkeit von 48 mm/24 Stunden, entsprechend einem Vorschub von 2 mm/Stunde. Durch den Öffnungsschlitz von 2 mm entsteht eine geringe zeitliche Unschärfe bei der Zuordnung der impaktierten Partikel. Bei 2-Stundenintervallen wird diese Ungenauigkeit vernachlässigbar.

Theoretisch ist eine Partikelsuperposition möglich, sofern Adhäsivkräfte zwischen Schwebeteilchen vorhanden sind.

Die Vermessungsergebnisse des maximalen Durchmessers (f_{max}) sind aus letzterem Grund als Annäherungswerte zu betrachten. Eine geringgradige Größenunterschätzung ist möglich.

Für die rasterelektronenmikroskopische Auswertung (REM - JEOL JSM 35) wurde parallel zum vaselinebeschichteten Melinexstreifen ein Scotch-tape aufgezogen. Vor Goldbesputterung wurden die auf Trägern aufgezogenen Streifenstücke mehrere Tage in einer bei 60 Grad thermostatisierten Vakuumkammer belassen, um eine weitgehende Entgasung des Klebstoffes zu gewährleisten. Gegenüber der Auswertung diverser Staubfilter stand hier der direkte Bezug zu den Allergenmaxima und der Staubverteilung der Melinexstreifen im Vordergrund. Für die Identifizierung einzelner Partikel im REM wurde ein energiedisperses System (ED-Röntgenmikroanalyse auf Basis der Röntgendiffraktion - EDAX ORTEX SYSTEM 5000) verwendet.

Parallel zur Allergen- und Stauberhebung am Probenpunkt AKH Linz wurden für die ausgewählten Tage Klimadaten der nahegelegenen Immissionsmeßstelle ORF-Zentrum Linz (Temperatur, barometrischer Druck, Windrichtung) sowie Immissionsdaten (SO_2 , NO_2 , NO_x) herangezogen. Die Ozonwerte (O_3) stammen von der Meßstelle Steyregg in östlicher Position zur Pollenfalle.

Als Bezugsinformation werden für die Zeit vom März bis September 1991 die Monatsmittel der Staubimmission am Standort Bad Ischl mit denen am Standort ORF-Zentrum in Linz verglichen. In der zeitlichen Auswertung der am Standort ORF-Zentrum Linz erhobenen Staub-Tagesmittelwerte sind die oben bezeichneten Untersuchungstage markiert.

Ergebnisse

Quantitative Analyse

1. Staub - Hintergrundinformation

In TABELLE 1 sind die Monatsmittel für Staub, gemessen am Standort Bad Ischl und am ORF-Zentrum Linz für die Zeit vom März 91 bis September 91 gegenübergestellt, wobei die Meßdaten für 3/1991 inkomplett sind und die Werte von 5/1991 nicht in die Auswertung einbezogen werden konnten (Daten vom Amt der OÖ Landesregierung, Abteilung Luftreinhaltung und Energietechnik zur Verfügung gestellt).

Während in Bad Ischl eine relativ konstante Staubbelastung mit geringen Schwankungen um 29 Mikrogramm/m³ gemessen wurde, liegen am Meßort Linz in AKH Nähe im Durchschnitt fast doppelt so hohe Monatsmittelwerte (im Mittel 1,9-fach höher) mit zudem beträchtlichen Schwankungen bei hoher Varianz vor.

In ABBILDUNG 4 (100%=200/μg/m³) und ABBILDUNG 5 (100%=120μg/m³) sind die Tagesmittelwerte für Staub am ORF-Zentrum geplottet. Mit Balken sind die näher analysierten Untersuchungstage markiert. Wie schon in Tabelle 1 fällt ein Abfall der Staubbelastung bis Juni-Juli 91 mit nachfolgendem allmählichen Anstieg auf.

2. Pollen- und Staubimmission

In den ABBILDUNGEN 6 bis 16 sind für die näher analysierten Tage mit Pollen-maxima jeweils die zwei bedeutsamsten Aeroallergene neben der Gesamtpollenzahl als 2-Stundenwerte (Pollen/m³ Luft) widergegeben und jeweils im rechten unteren Feld den gemessenen Staubintensitäten (%Lichtextinktion) gegenübergestellt.

3. Allergenkombinationen

TABELLE 2 faßt die Allergenkombinationen an den Einzeltagen zusammen. Nur an zwei Untersuchungstagen fand sich ein dominierendes Einzelallergen. An 9 von 11 Tagen mit Pollenmaxima fand sich eine immunologisch bedeutsame Aeroallergen-kombination, wobei mitunter mehr als zwei Pollensorten gefunden wurden. Entsprechend besteht bereits bei den Pollen von windblütigen Pflanzen bei Überlappung der Blütezeit ein punktuelles Zusammentreffen unterschiedlicher Luftallergene.

In TABELLE 3 sind die Monatssummen relevanter Luftallergene gegenübergestellt. Aus dieser läßt sich die gleichsinnige Information einer über Wochen bestehenden Superposition von Aeroallergenen ableiten, sodaß bei entsprechender individueller Disposition eine simultane Mehrfachallergie vorstellbar ist. Hypothetisch wäre auch eine

STAUBDEPOSITION/IMMISSION - Monatsmittel mg/m'

Monat	BAD ISCHL	ORF-LINZ	RATIO I	RATIO II
März 91	0,036*	0,109	0,33*	3,0*
April 91	0,032	0,070	0,46	2,2
Mai 91	0,022	0,043	0,51	2,0
Juni 91	0,032	0,049	0,65	1,5
Juli 91	0,031	0,055	0,56	1,8
August 91	0,030	0,058	0,52	1,9
September 91				
M ± 2 SD	0,029 ±0,008	0,064 ±0,048	0,54 ±0,14	1,9 ±0.5

Tabelle 1 Gegenüberstellung der Staub-Monatsmittel in unbelastetem Gebiet (Bad Ischl, Salzkammergut) und am mäßig belasteten Rezeptor in Linz (ORF-Zentrum) Staub-Durchschnittsbelastung am ORF-Zentrum im Mittel 1,9-fach über der von Bad Ischl (Ratio II) bzw. Belastung in Bad Ischl im Mittel 54% der im Bereiche ORF-Zentrum (Ratio I)

Zeitliche Auswertung fuer ORF-Zentrum

ZEITRAUM: 91-03-12 bis 91-06-30
DATEN: Tagesmittelwerte

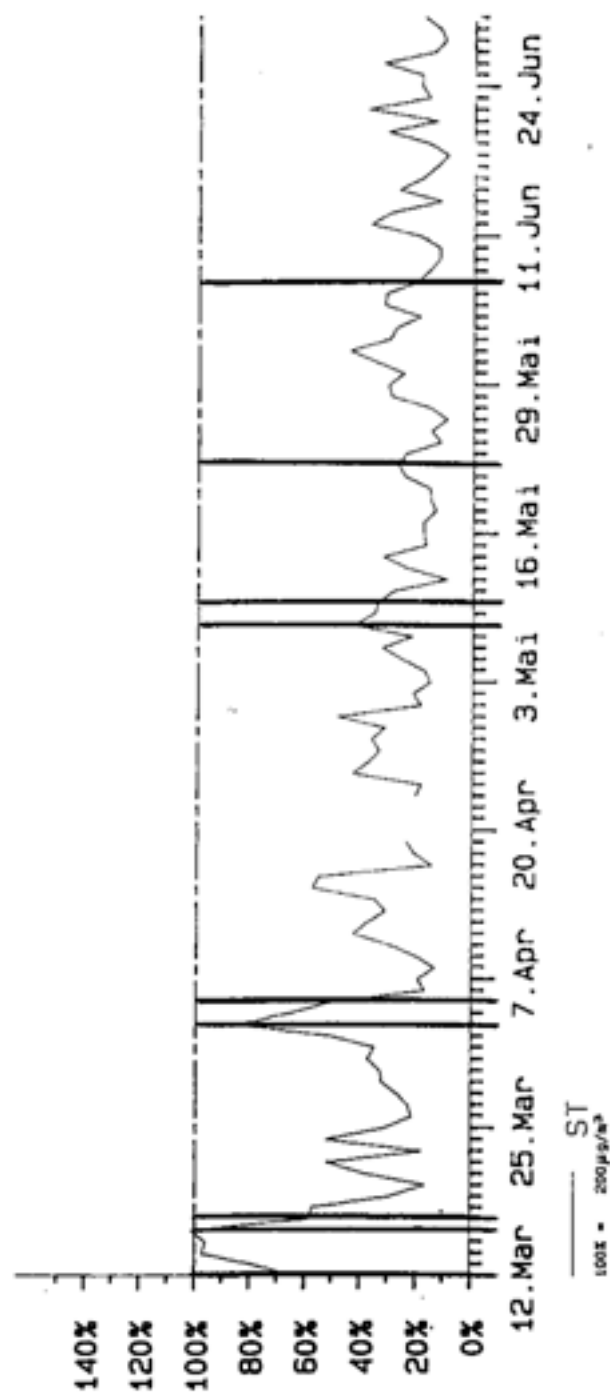


Abbildung 4 Staub-Tagesmittelwerte in Linz, ORF-Zentrum
vom 12.3. bis 30.6.1991
Balken = Untersuchungstage

GRAPHIK: APC - 1 - Bsp. 00000000

Zeitliche Auswertung fuer ORF-Zentrum

ZEITRAUM: 91-07-01 bis 91-09-02

DATEN: Tagesmittelwerte

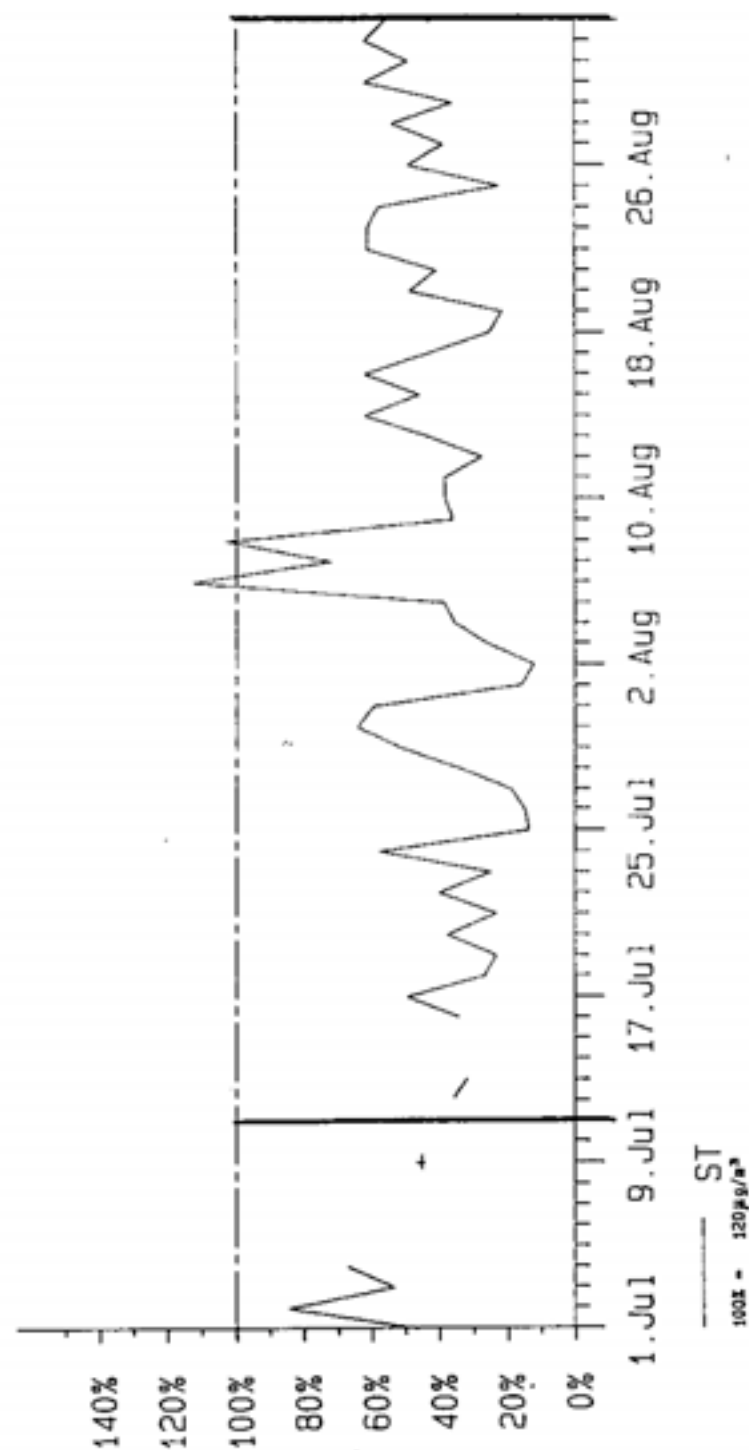


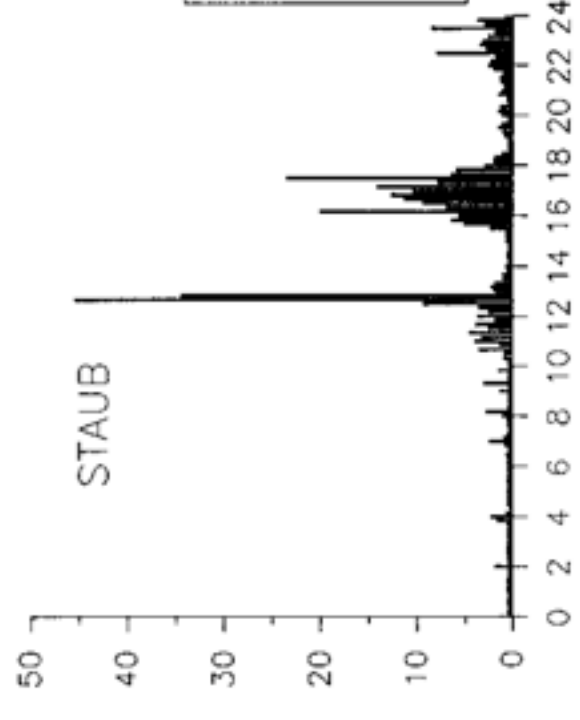
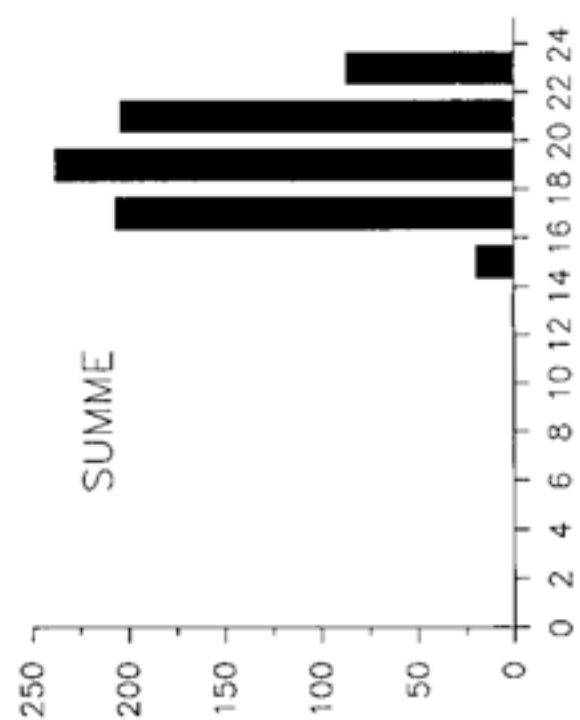
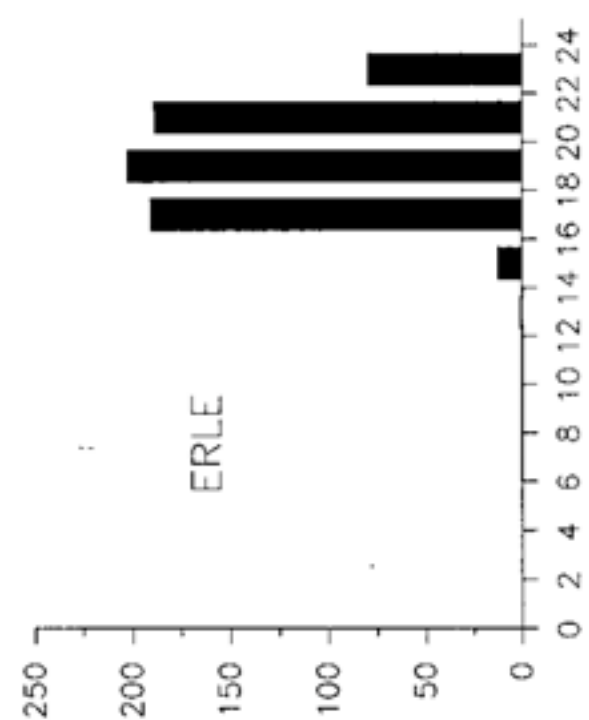
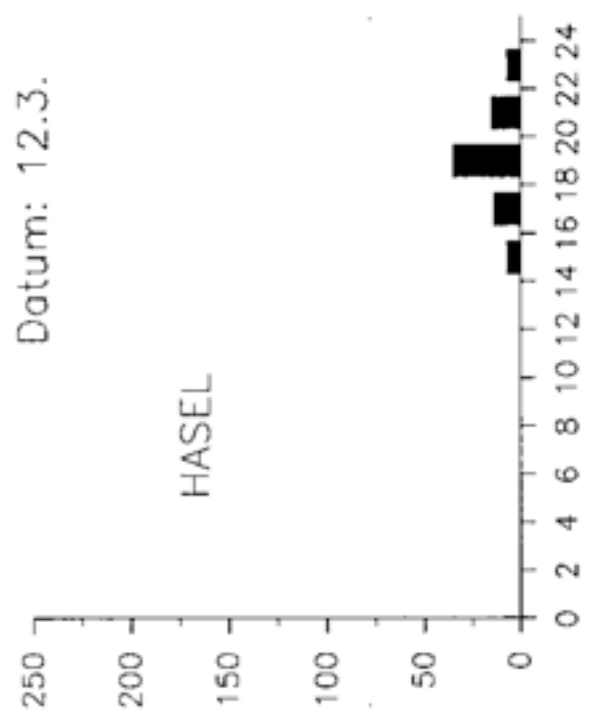
Abbildung 5

Staub-Tagesmittelwerte in LINZ, ORF-Zentrum
vom 1.7. bis 2.9.1991
Balken = Untersuchungstage

GRAPHIK: A/C - Staubreiter

ABBILDUNG 6

Datum: 12.3.

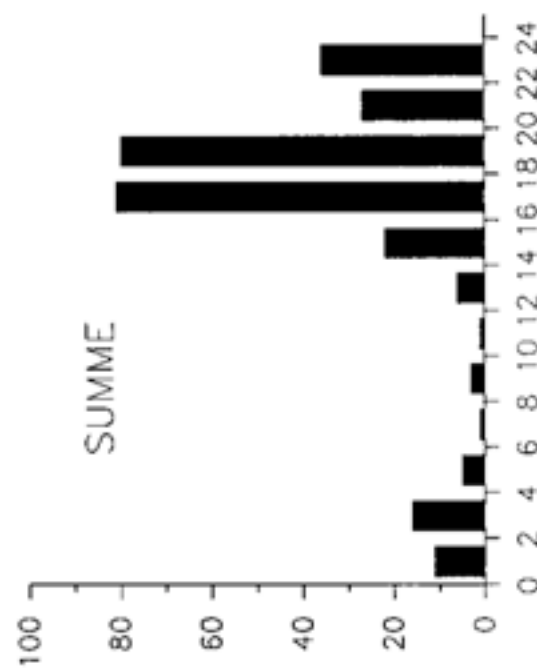
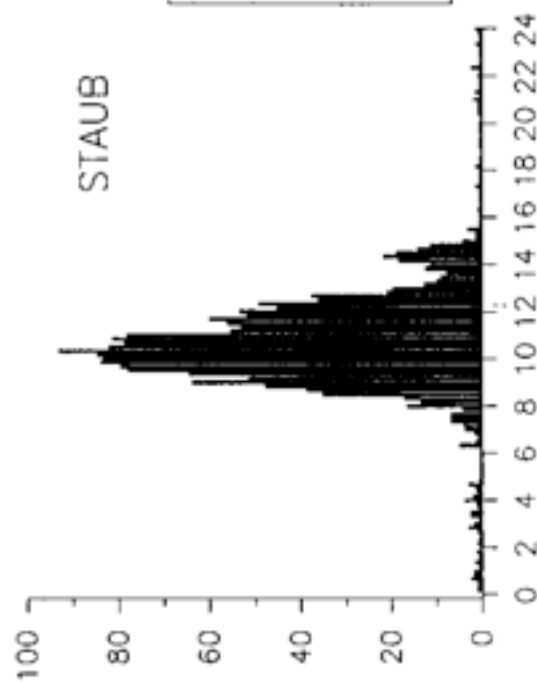
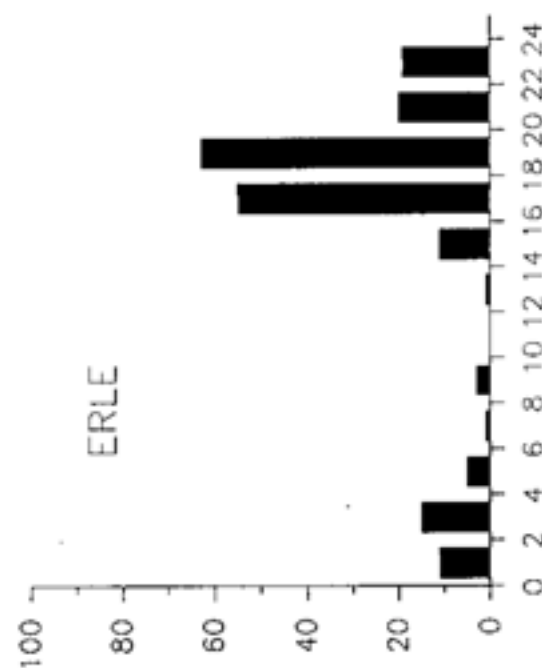
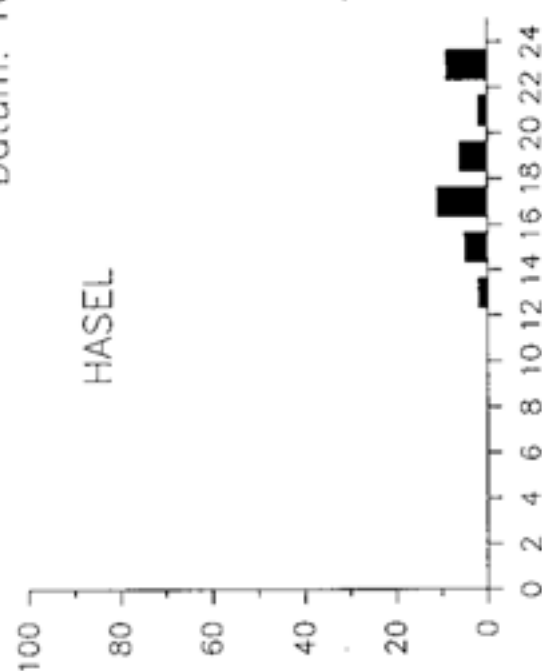


Extinction %

Stunden

Datum: 16.3.

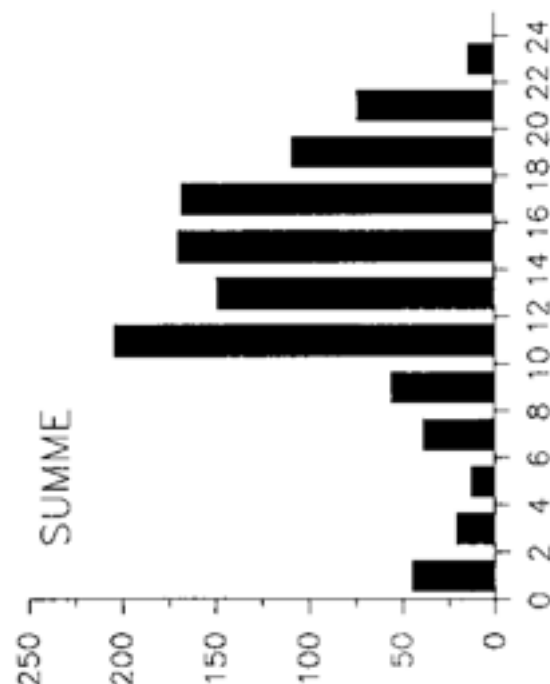
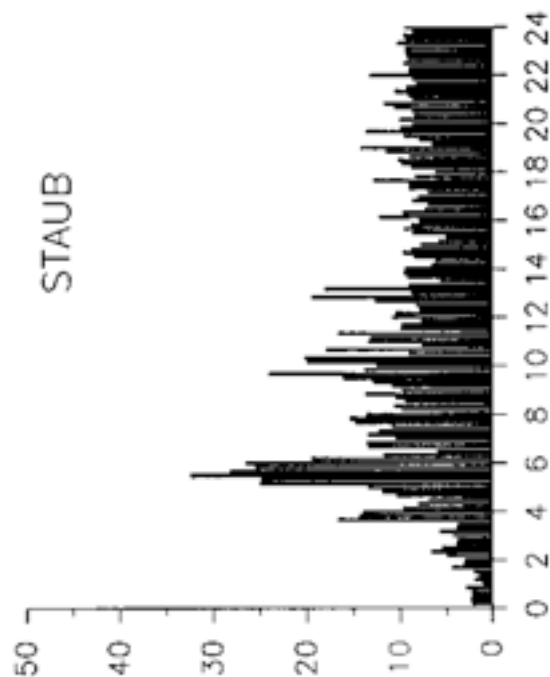
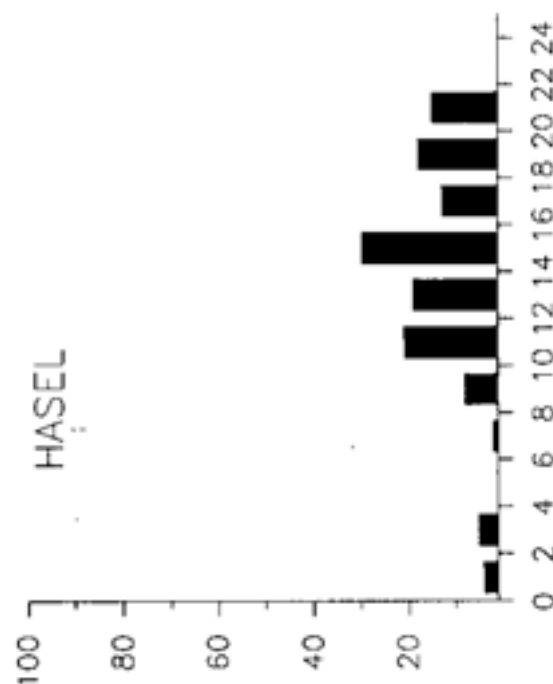
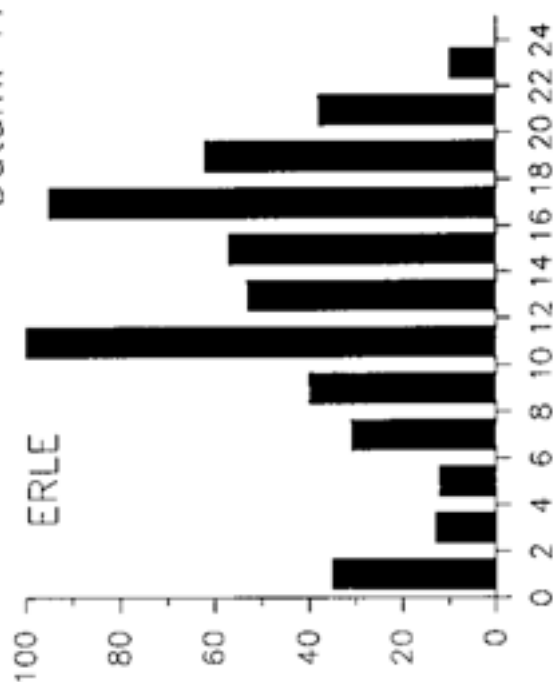
ABBILDUNG 7



Stunden

ABBILDUNG 8

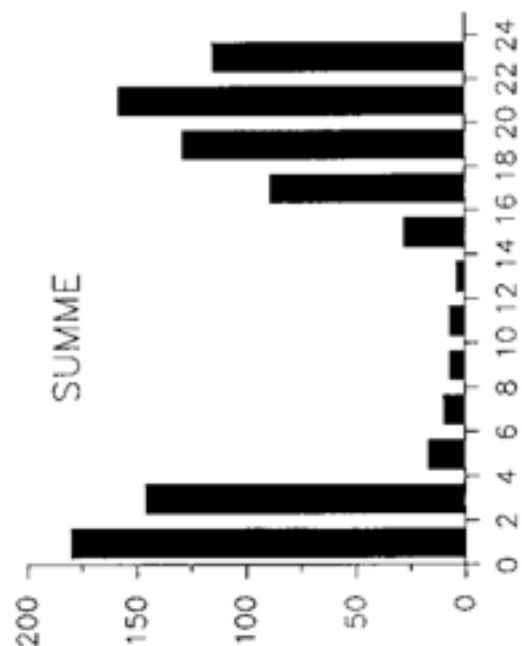
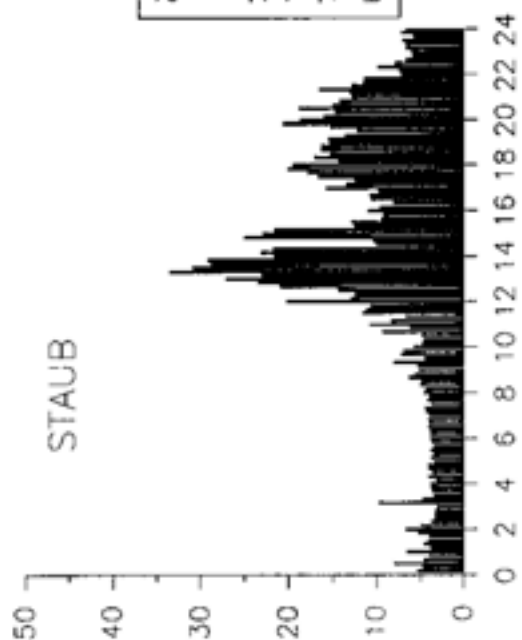
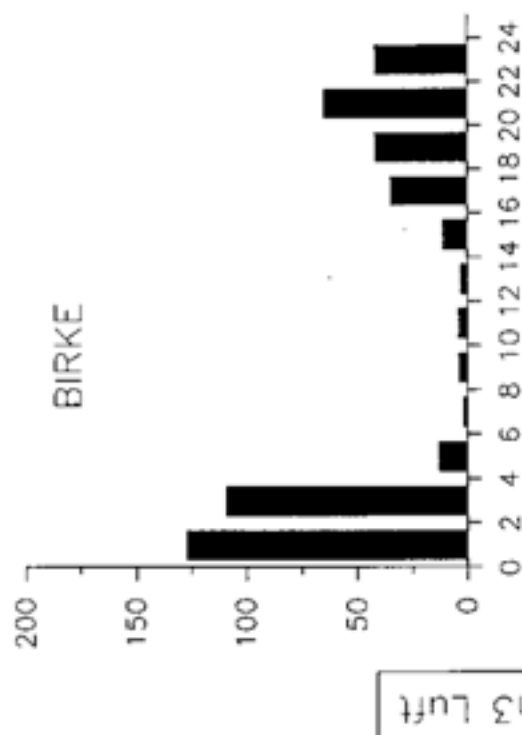
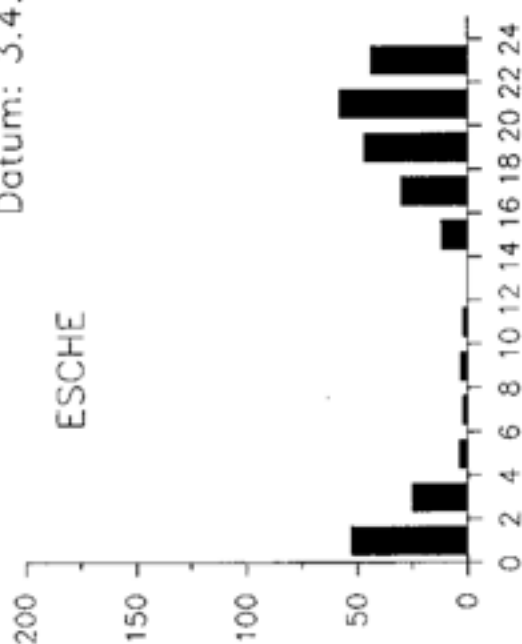
Datum: 17.3.



Extinktion %

Datum: 3.4.

ABBILDUNG 9



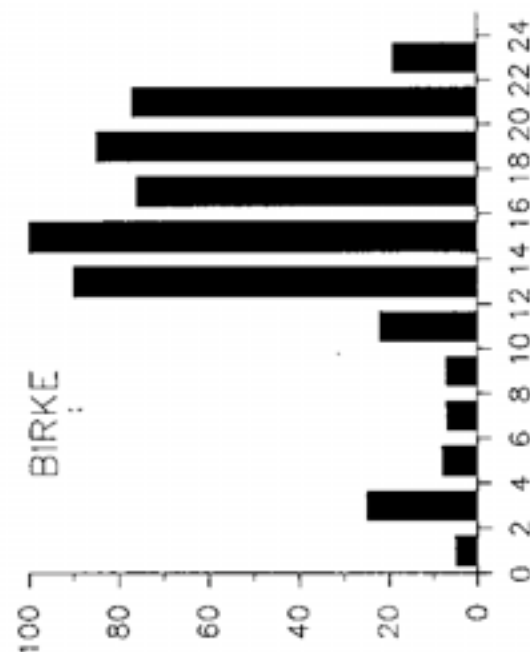
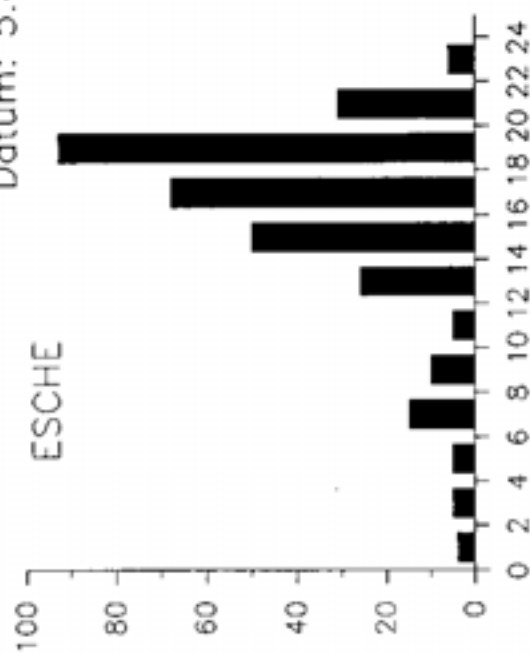
Extinktion %

14

Stunden

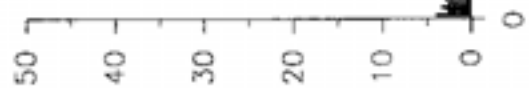
ABBILDUNG 10

Datum: 5.4.



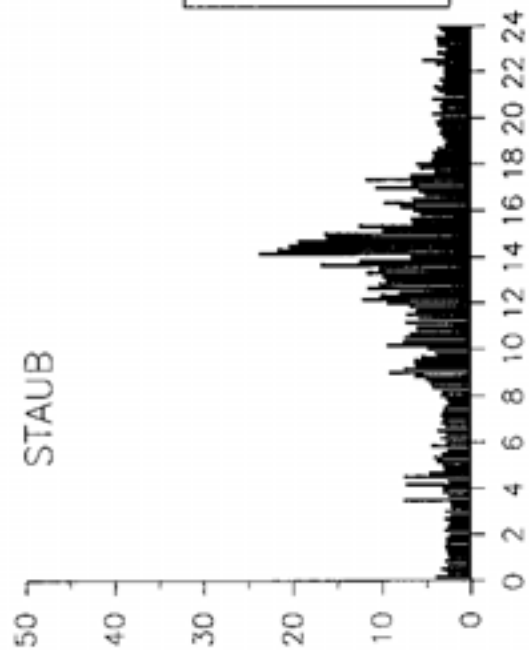
Pollen/m³ Luft

STAUB



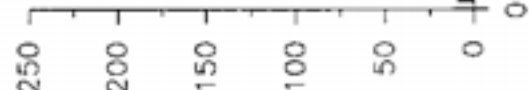
Extinktion %

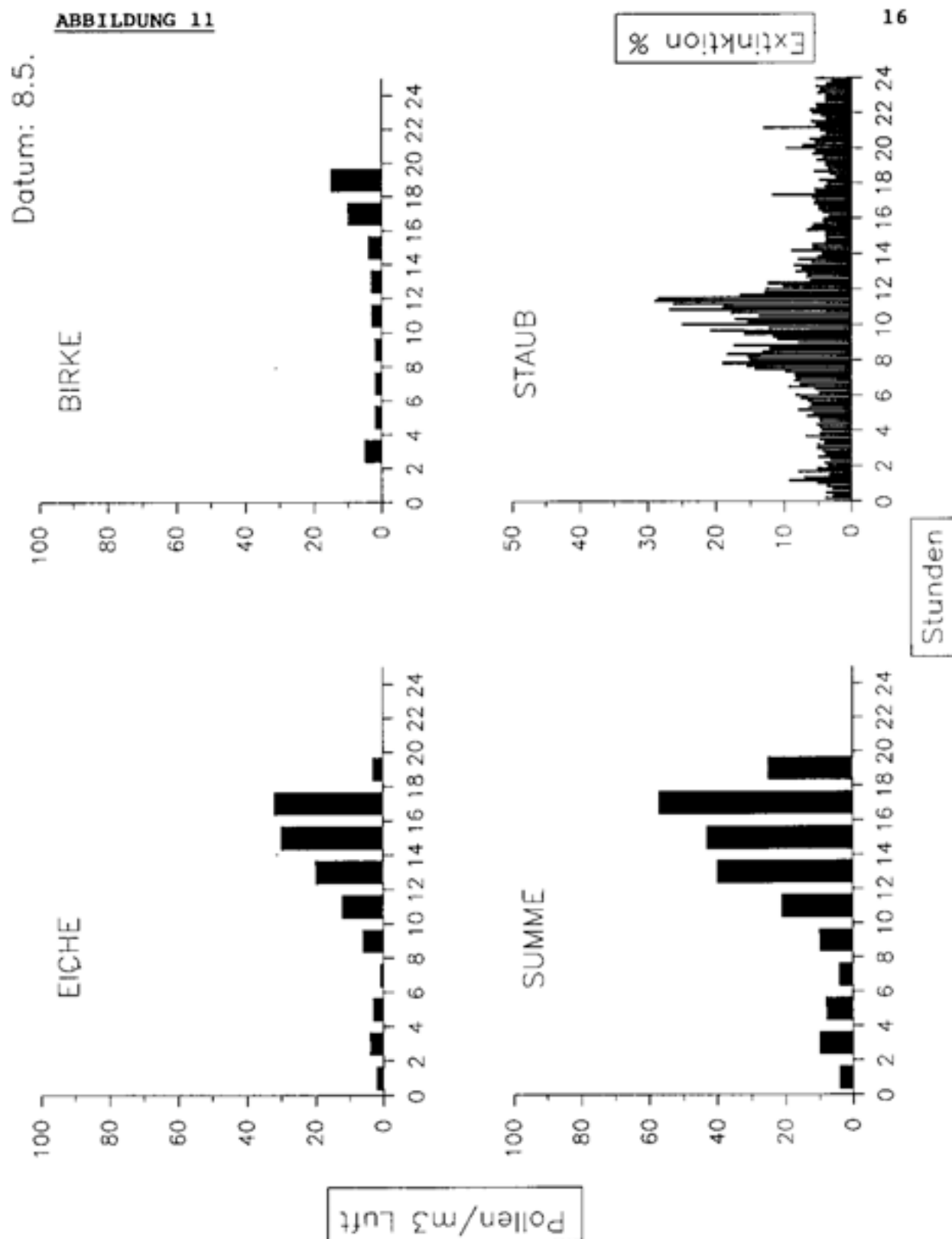
15



Stunden

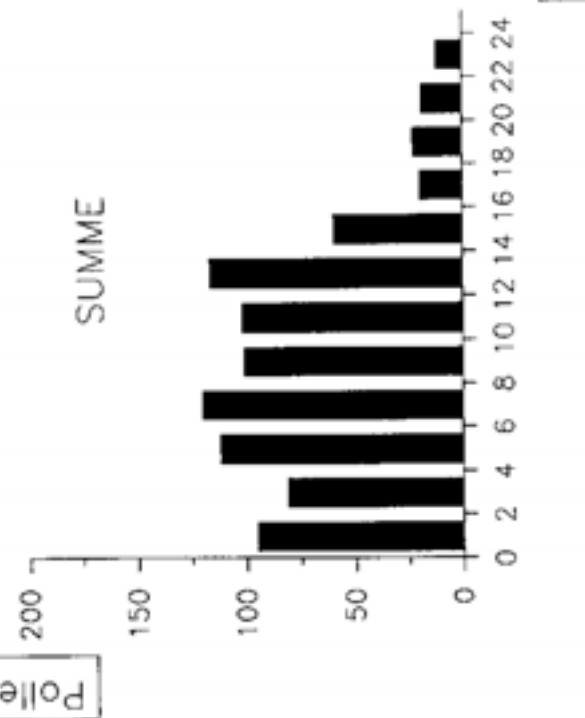
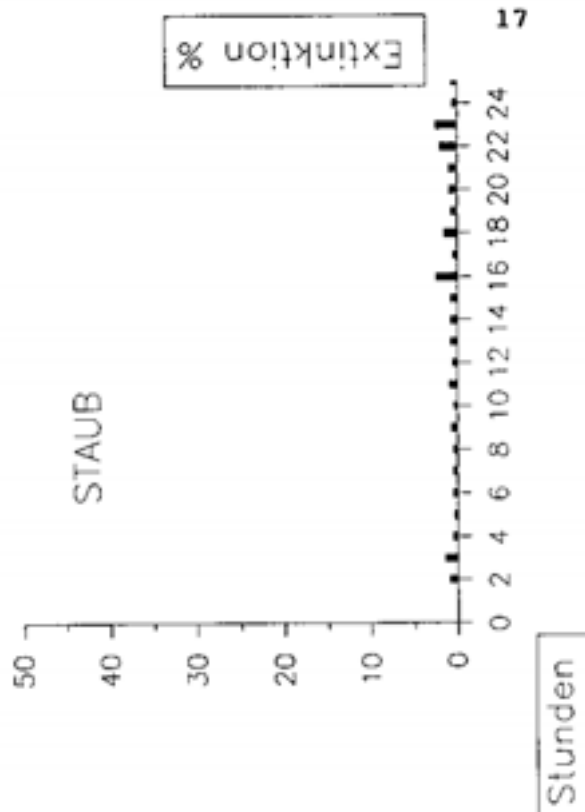
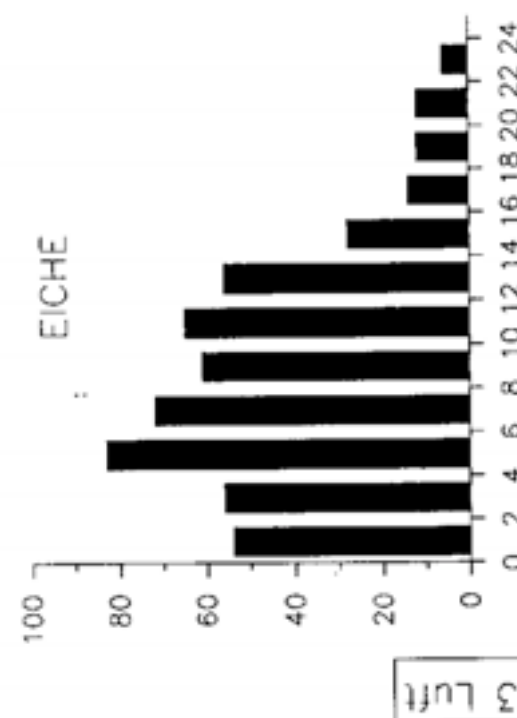
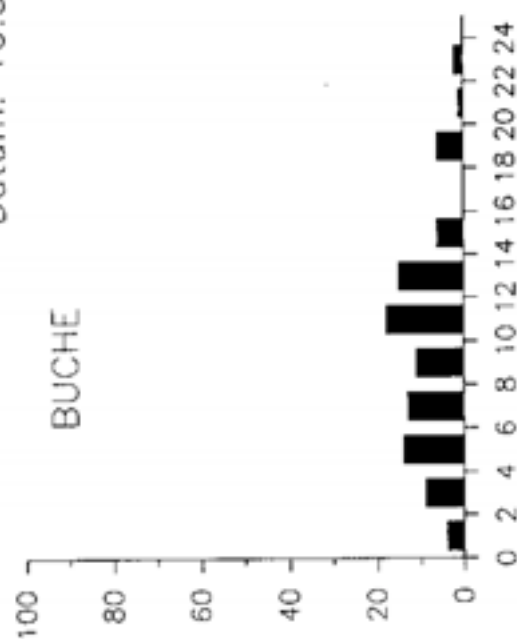
SUMME





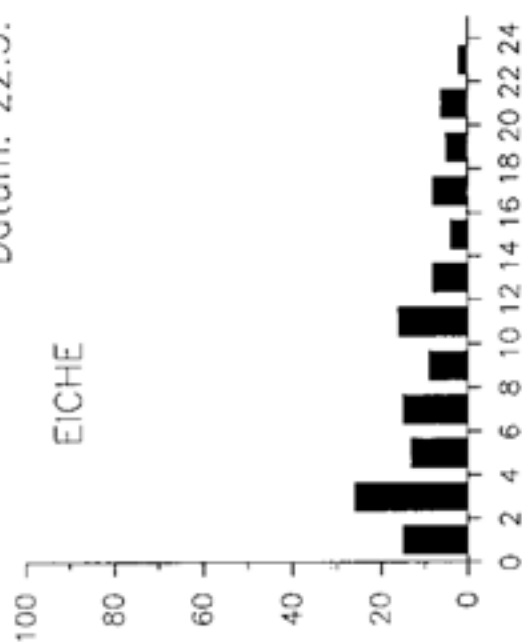
Datum: 10.5.

ABBILDUNG 12

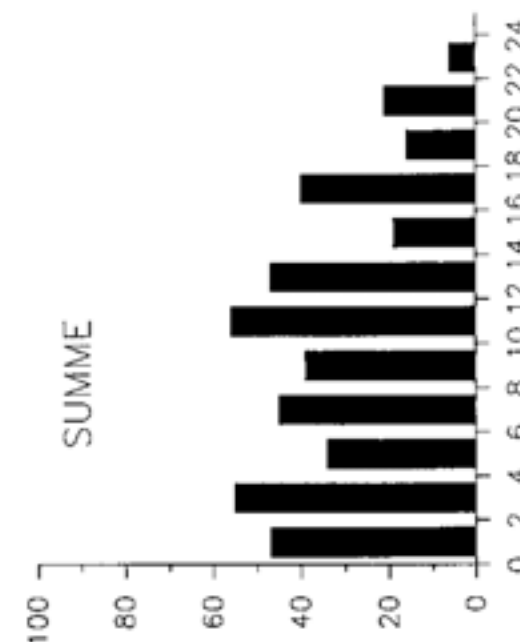
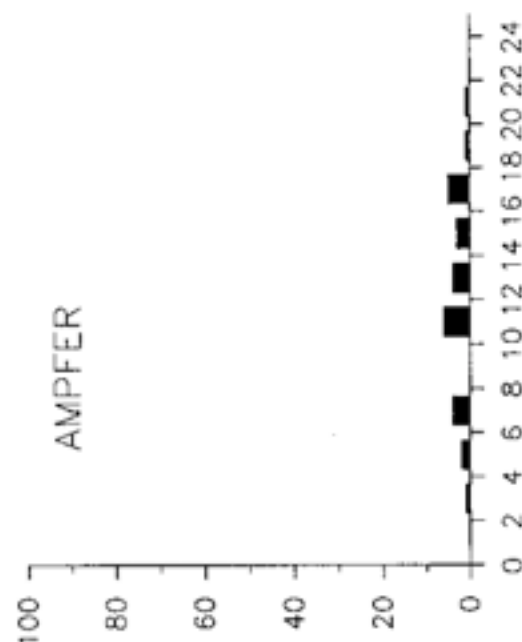
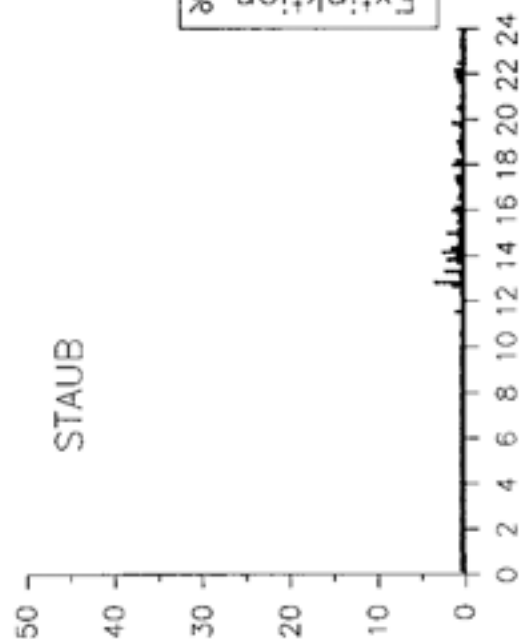


Datum: 22.5.

ABBILDUNG 13



STAUB



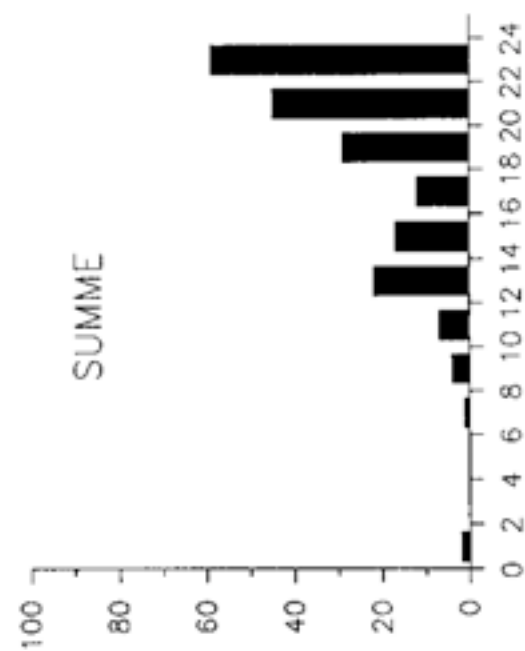
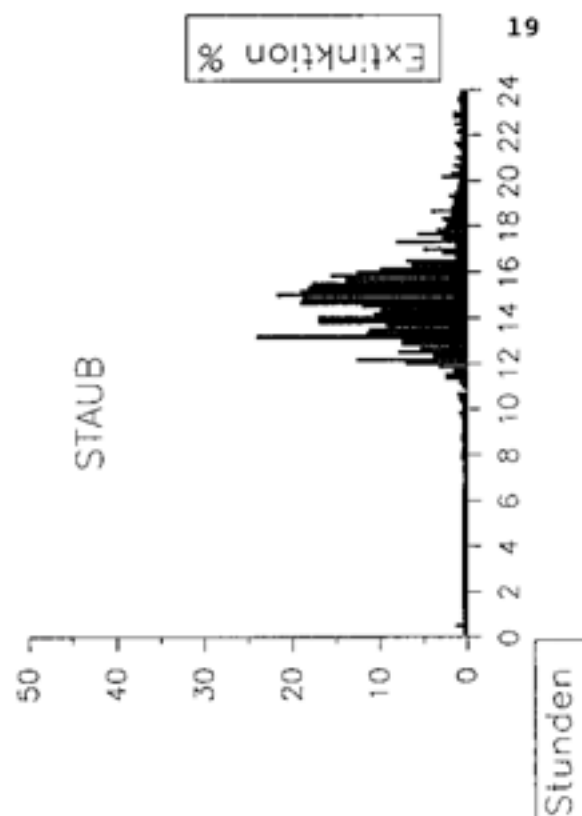
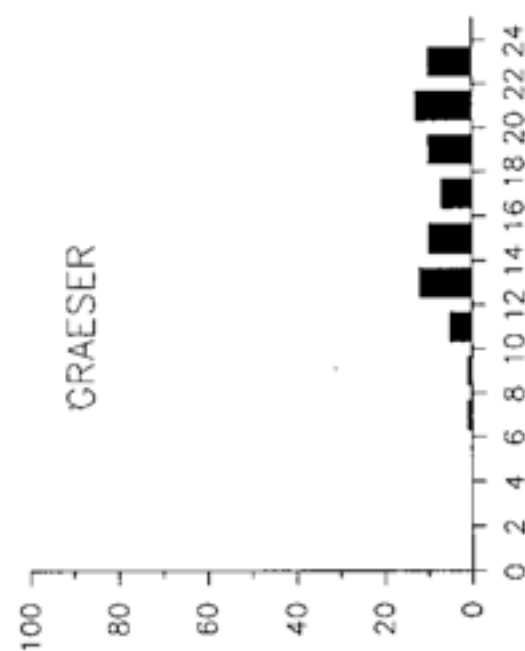
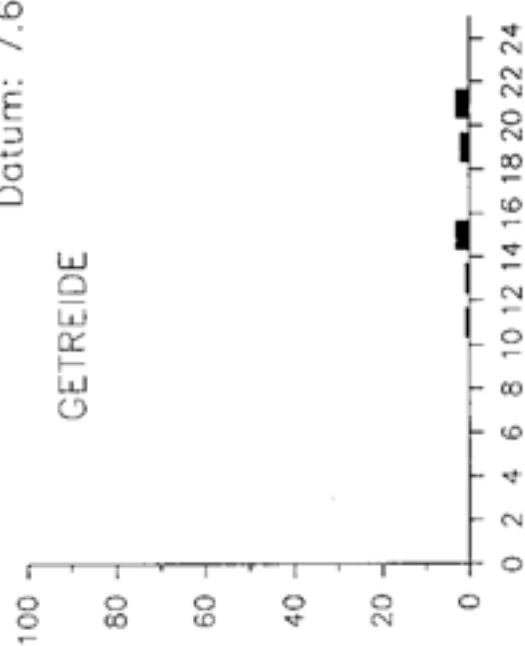
Pollen/m³ Luft

Extinktion %

Stunden

ABBILDUNG 14

Datum: 7.6.



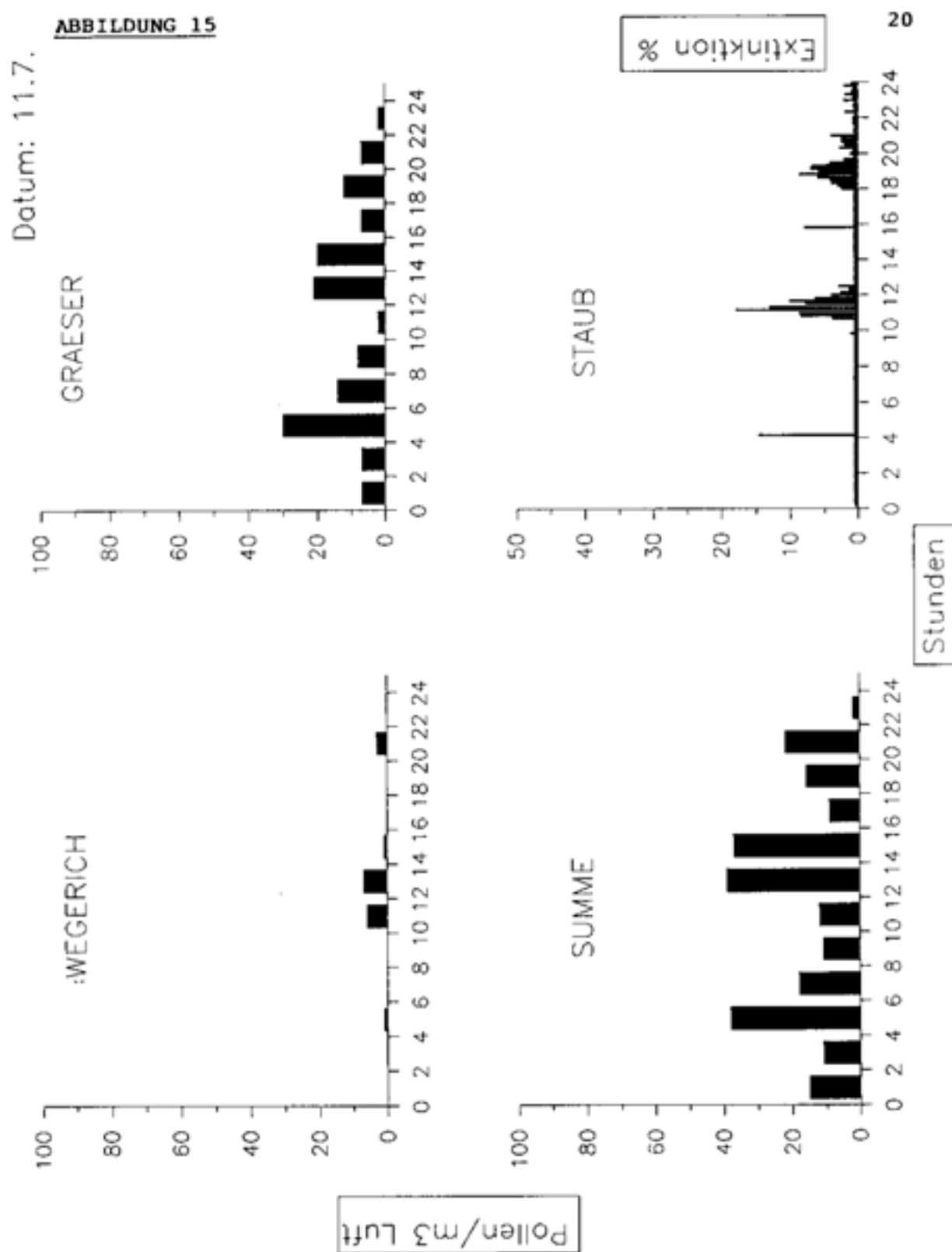
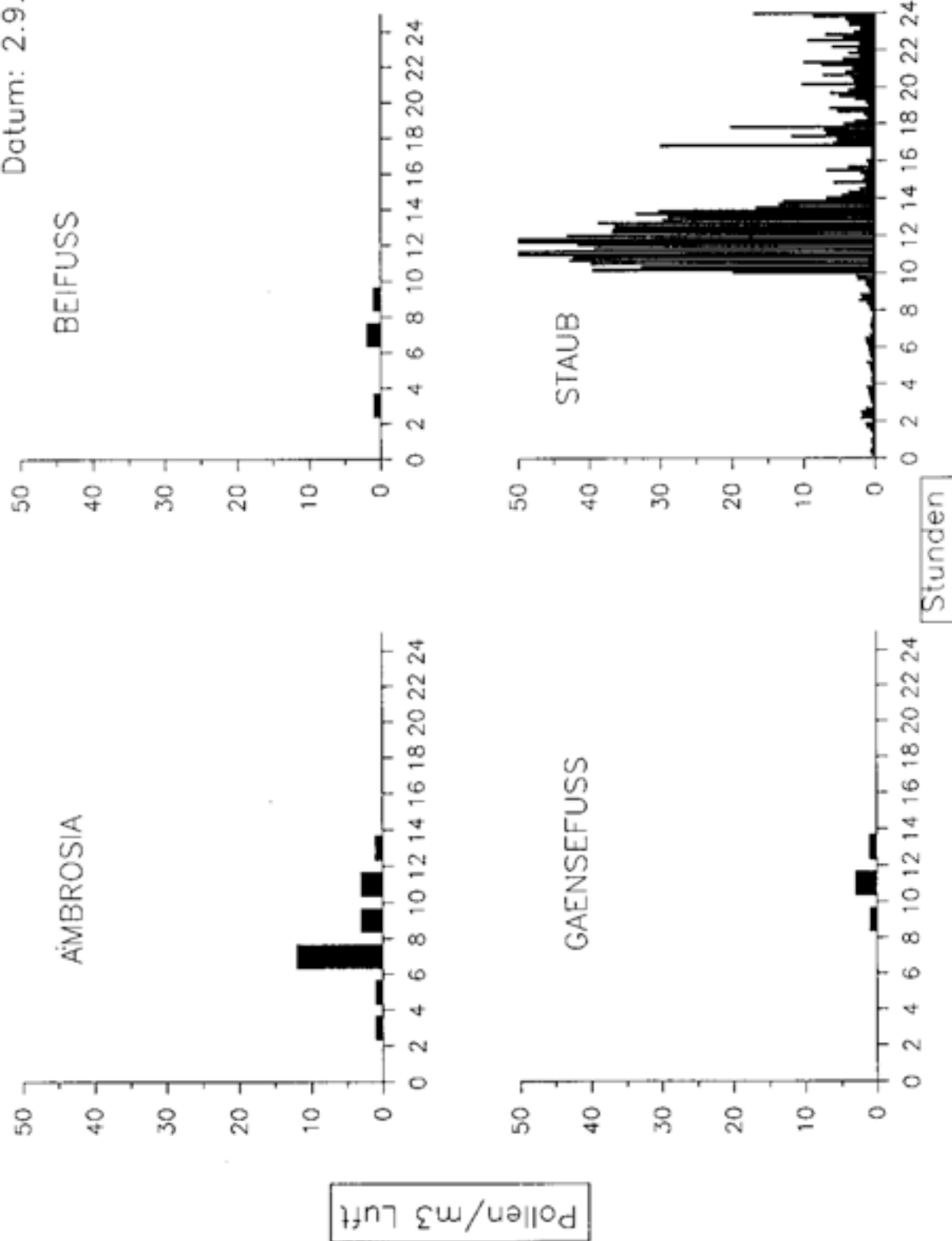


ABBILDUNG 16

Datum: 2.9.



erhoben mit der BURK ARDFALLE am AKH Linz

Datum	AEROALLERGENE
-------	---------------

12.3.91	Erle - Hasel
---------	--------------

16.3.91	Erle - Hasel
---------	--------------

17.3.91	Erle - Hasel
---------	--------------

3.4.91	Birke - Esche - (Erle) - (Hasel) - (Weide)
--------	--

5.4.91	Birke - Esche - (Weide)
--------	-------------------------

8.5.91	Birke - Eiche
--------	---------------

10.5.91	Birke - Eiche
---------	---------------

22.5.91	Eiche - (Ampfer) - (Birke)
---------	----------------------------

7.6.91	Süßgräser
--------	-----------

11.7.91	Süßgräser - Brennessel
---------	------------------------

2.9.91	Ambrosia
--------	----------

OHNE () = Vorrangige Allergenimmission

MIT () = Untergeordnete Allergenimmission

Möglich RELEVANTE AERO-ALLERGENKOMBINATIONEN: 9x

DOMINIERENDES EINZELALLERGEN: 2x

AEROALLERGENE - MonatssummenTABELLE 3für relevante Luftallergene und monatliche Gesamtpollenzahl

Pflanze	Feb	März	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sept	1991
ALNUS Erle	12	3167	37	21	7	1	-		3245
BETULA Birke	-	163	3923	390	16	3	-		4495
CORYLUS Hasel	2	654	23	-	-	-	-		679
CYPERACEAE Ried/Sauerg räser	-	2	4	5	6	-	-		17
FAGUS Buche	-	-	585	431	54	-	-		1070
FRAXINUS Esche	-	43	1622	55	3	-	-		1723
PLANTAGO Wegerich	-	-	2	50	39	129	12	14	246
POACEAE Süßgräser	-	1	13	213	524	1038	60	5	1854
QUERCUS Eiche	-	-	128	1868	44	-	-		2040
RUMEX Ampfer	-	-	20	151	62	21	1		255
CEREALIA Getreide	-	-	-	3	35	23	-		61
POLLEN GESAMT	14	5128	7456	4840	2117	2071	448	74	22148

Voraussetzungen für eine Pollinose (allergische Reaktion auf Aeroallergene)

1. Pollenpräsenz
2. Sensibilisierung gegenüber Aeroallergen(en) auf dem Boden einer immunologischen Disposition
3. Auf Grund von Allergenkombinationen bzw. durch allergische Schleimhautläsion (Barrierenzusammenbruch) sind hypothetisch Mehrfachallergien vorstellbar

Monoallergie durch Epithel(Schleimhaut)läsion als Wegbereiter für eine Zweitsensibilisierung denkbar, da allergische Entzündungen sowohl im Rahmen einer Rhinitis ("Heuschnupfen") als auch in Form eines Bronchialasthmas (allergisches oder extrinsisches Asthma) zu Epithelschäden führen können. Theoretisch fördert der Zusammenbruch der Epithelbarriere eine Zweitsensibilisierung.

4. Staub und Pollen - Korngröße und Atemwegsgängigkeit

Die Größe der Staubkörner der Windblüher ist bekannt und schwankt in Abhängigkeit von der betreffenden Pflanze zwischen 10 und 100 Mikron. In der Literatur wird allerdings auch die Möglichkeit von Pollenfragmenten unter 10 Mikrometer diskutiert. ABBILDUNG 17 stellt die Größe intakter Pollen der Größenverteilung von atmosphärischem Feinstaub gegenüber. Während Pollenkörner sicher die oberen und größeren Atemwege (Nase, Luftröhre, große Bronchien), aber auch die Augen erreichen, können Pollenteile, vor allem aber der Schwebstaub mit seiner Fraktion unter 10 Mikron auch die tiefen Atemwege und kleinsten Atemräume irritieren.

ABBILDUNG 18 zeigt die Größenverteilung der vermessenen nicht biogenen Staubpartikel. Der maximale Teilchendurchmesser liegt im Mittel zwischen 6 und 10 Mikron mit Extremen zwischen 1 und 80 Mikrometer. Analog findet sich eine gemittelte Partikelfläche zwischen knapp 20 und knapp 60 μm^2 . Diese Größenverteilung ermöglicht eine potentielle Deposition im gesamten Atemtrakt, sicher ein Zusammentreffen von Staub und Pollen in den oberen bzw. größeren Atemwegsabschnitten, sofern eine zeitliche Koinzidenz zwischen biogenen und nichtbiogenen Immissionen besteht. Andernfalls ist ein Kombinationseffekt denkbar, wenn der durch Staub oder Aero-allergene gesetzte Effekt bis zur Einwirkung des folgenden Immittenten anhält - im Sinne von "Vorschädigung" oder Superposition von allergischen und nichtallergischen Schleimhautreaktionen, wodurch es zu Addition oder sogar Potenzierung der Effekte kommen kann.

5. Zeitliche Staub-Pollen-Beziehung

5.1. Staub-Pollen-Verteilung

Die zeitliche Assoziation von Staub und Blütenstaub wurde als STAUB-POLLEN-

RATIO (SPR) ausgedrückt. Fällt der Logarithmus von SPR zwischen

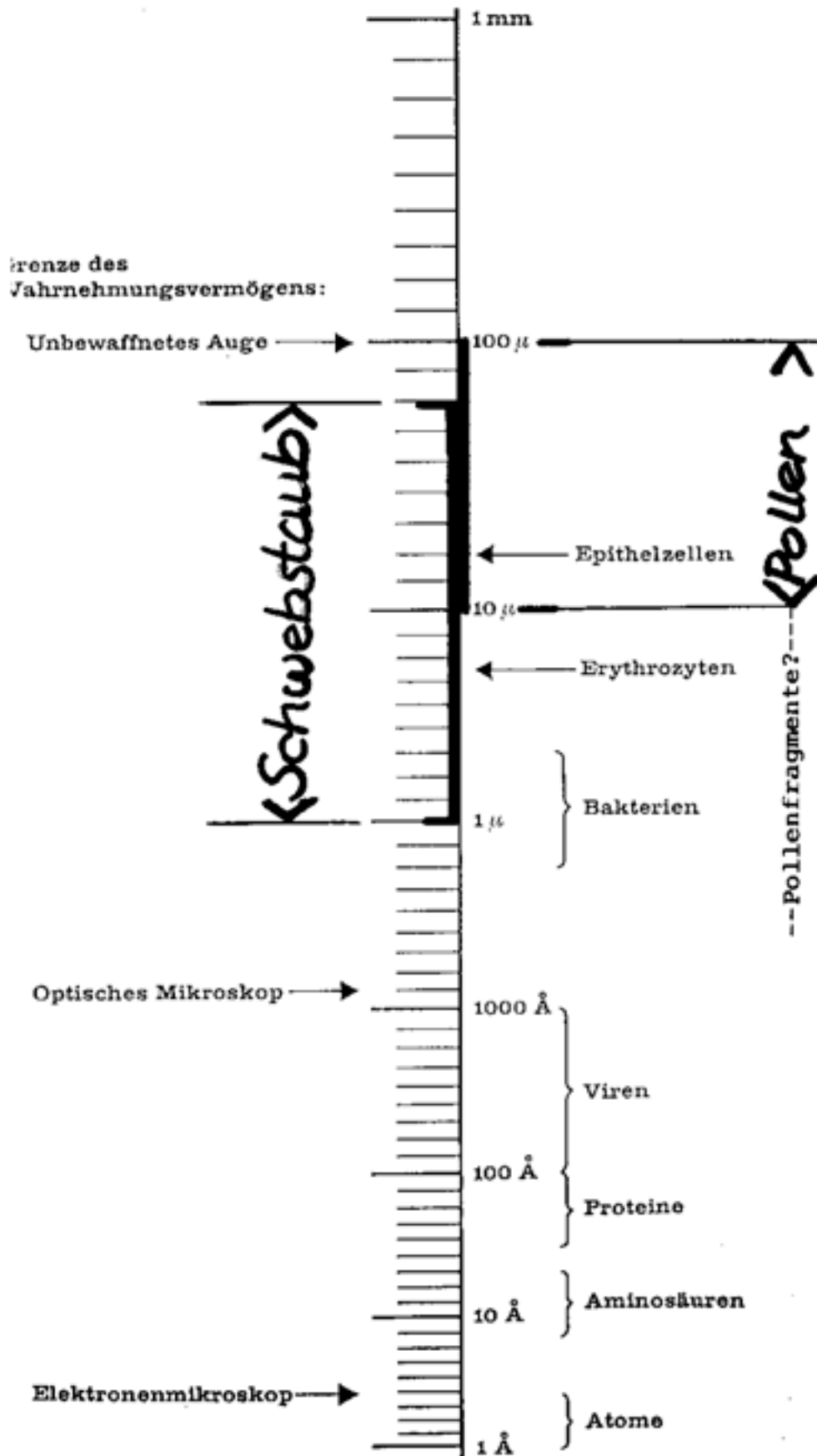
-0,5 und +0,5 verhält sich die relative Immission von Staub zu Pollen in einem Verhältnis zwischen 0,3 und 3,0 (P&S)

-1,5 und -0,5 dominiert die Pollenimmission deutlich über die Staubimmission (P>S)

unter -1,5 treffen nur mehr Pollen auf die Burkardfalle (P)

+0,5 und +1,5 überwiegt die Staubdeposition deutlich die Pollenimmission (S>P) und

über +1,5 besteht praktisch nur mehr Staubbiederschlag ohne Pollenflug (S)



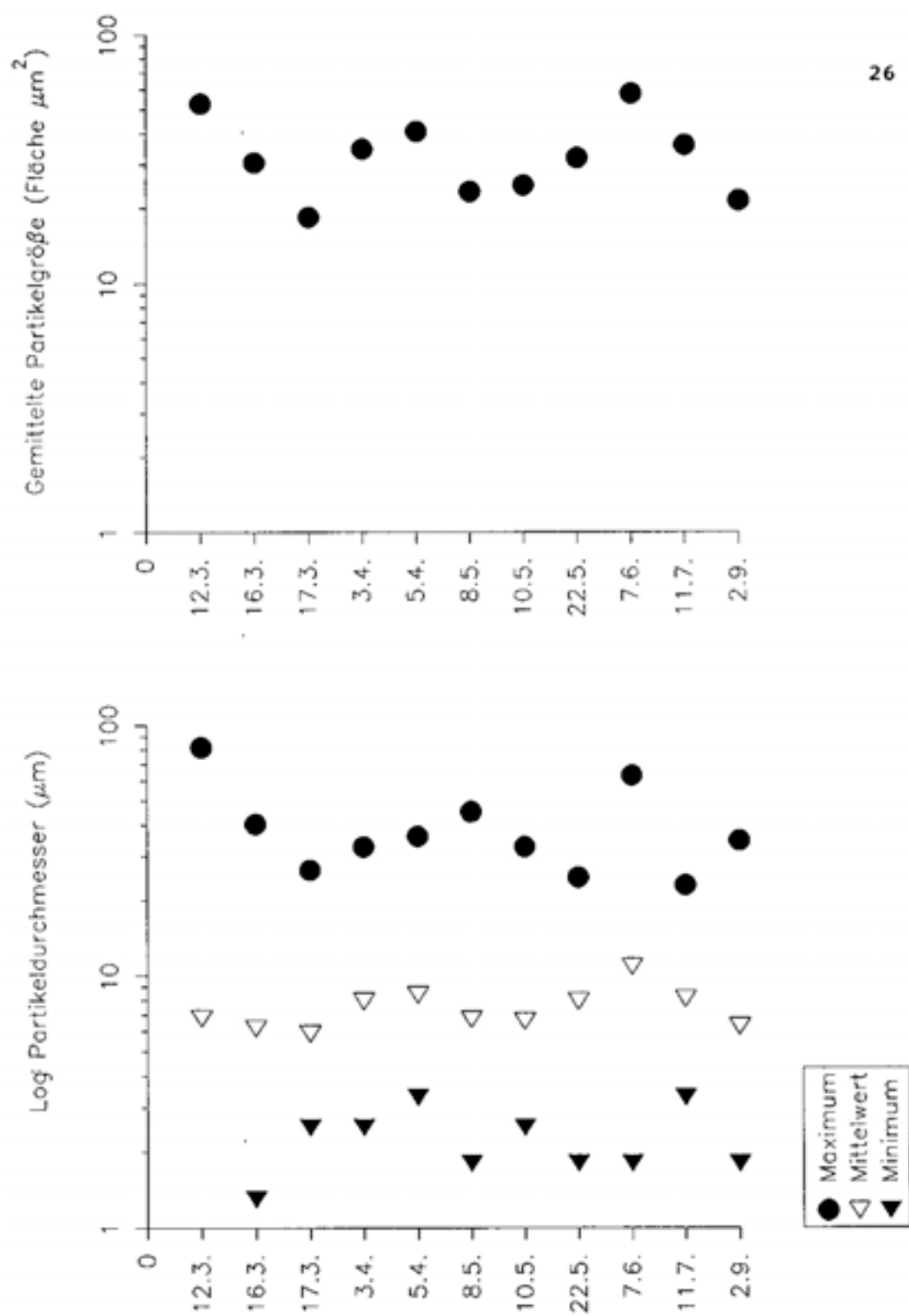


ABBILDUNG 18

In den folgenden ABBILDUNGEN 19 bis 23 sind die Staub-Pollen-Ratios an 12 Tagen mit Pollenmaxima (einschließlich dem sonst nicht berücksichtigten 12.6.1991) dargestellt. Dabei läßt sich kein einheitliches oder dominantes Verteilungsmuster zwischen/an den Einzeltagen erkennen - auch nicht bei der semiquantitativen Verteilung, bezeichnet VERTEILUNGSDOMINANZ.

An den 12 Tagen mit Spitzenbelastungen durch Blütenstaub, entsprechend 144 2-Stunden-Beobachtungsintervallen, finden sich x-mal eine

STAUBDOMINANZ bei 40 2-Stundenintervallen

POLLENDOMINANZ bei 20

AUSGEGLICHENE STAUB-POLLEN-
IMMISSION bei 84 2-Stundenintervallen

Bei den 144 Untersuchungsintervallen gab es bezogen auf den Tagesgesamteintrag an Pollen bzw. an Staub

bei 78 2-Stundenintervallen relativ mehr STAUB

bei 66 relativ mehr POLLEN.

Bei linearer Korrelation zwischen mittlerer 2-Stunden-STAUB-Immission und POLLENeintrag/2Stunden findet sich nur an einem einzigen von 12 Tagen eine schwache Korrelation und zwar mit einem Korrelationskoeffizienten von $r = 0,52$. Die Pollenimmission ist damit von der Staubimmission unabhängig. Allerdings finden sich bei 84/144 2-Stundenintervallen (58,3%) Staub- und Pollenpräsenz gleichzeitig. An Tagen mit (starkem) Pollenflug superponiert demnach Blütenstaub den geogenen und anthropogenen Staub.

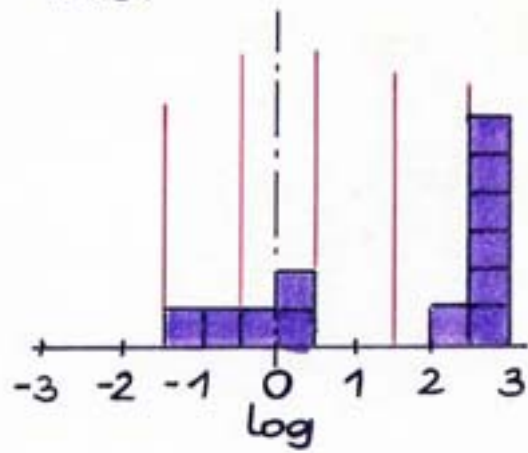
5.2. Staub- und Pollenspitzen

TABELLE 4 vergleicht das Auftreten von Pollenpeaks (PP) und Staubspitzen (SS) im Tagesgang an den 12 untersuchten Tagen mit Pollenmaxima

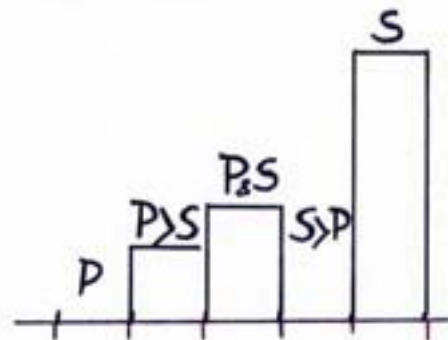
STAUB-POLLEN-RATIO (relativ)

ABBILDUNG 19

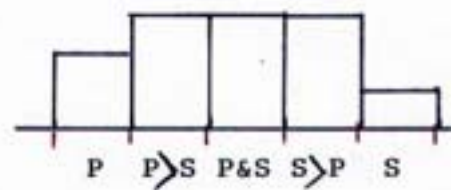
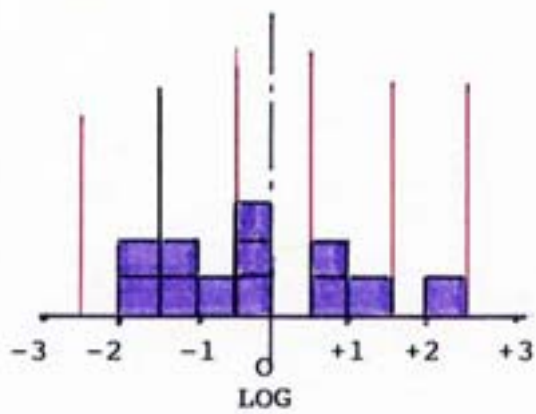
12.3.



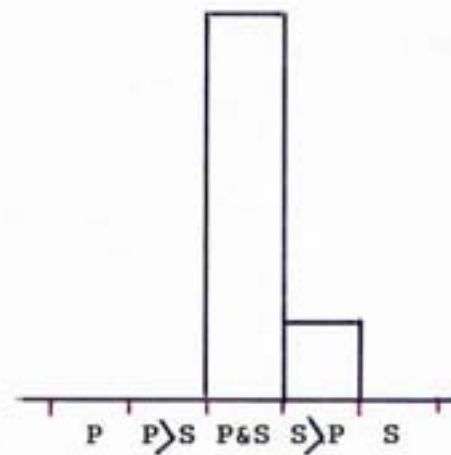
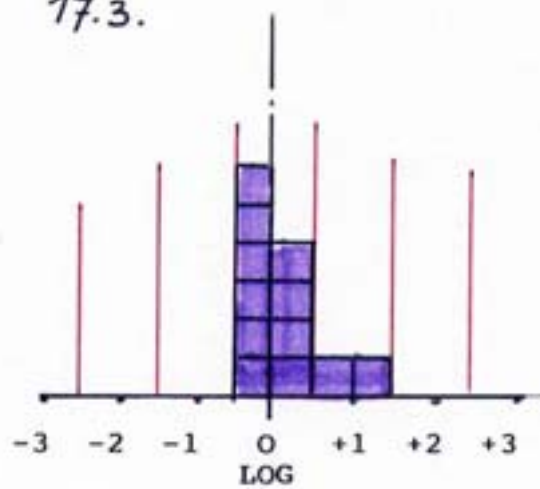
VERTEILUNG-DOMINANZ



16.3.



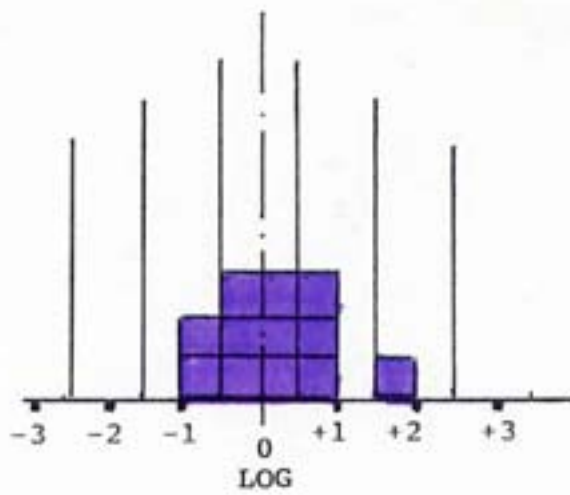
17.3.



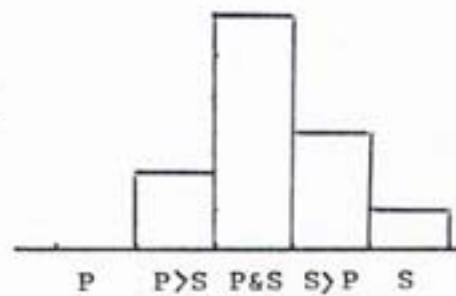
STAUB-POLLEN-RATIO

ABBILDUNG 20

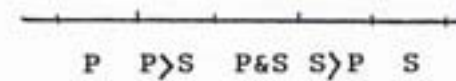
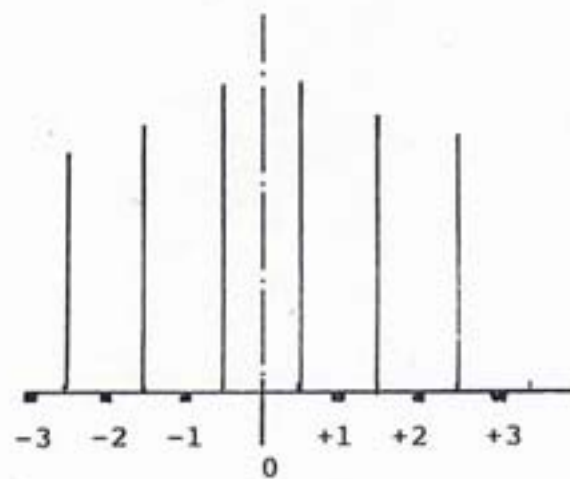
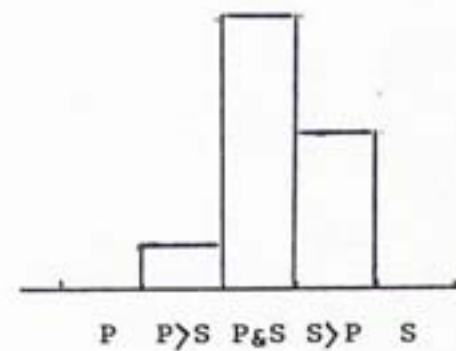
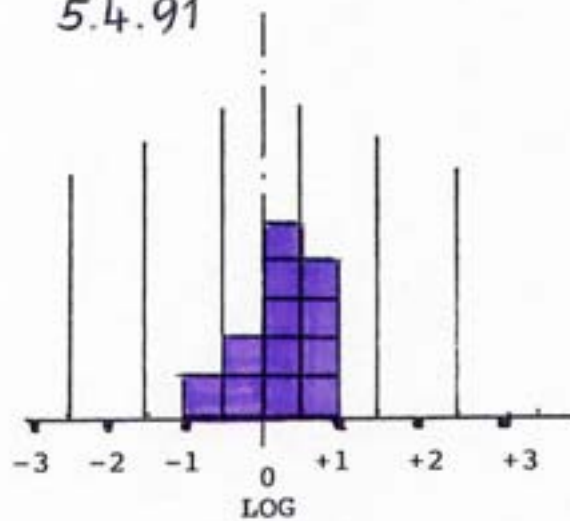
3.4.91



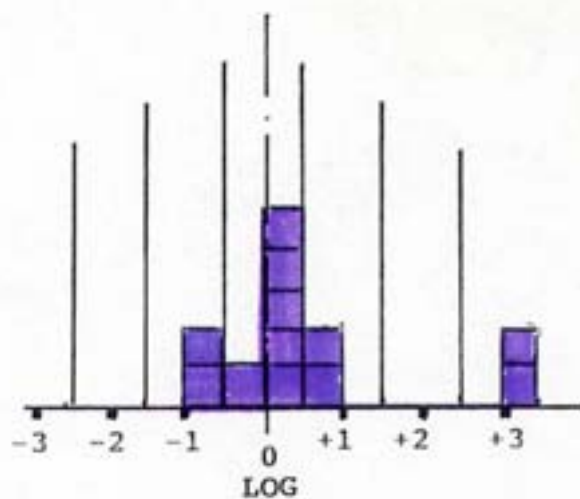
VERTEILUNG-DOMINANZ



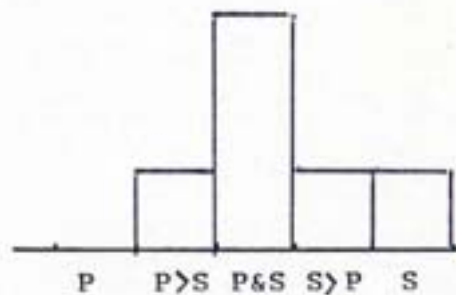
5.4.91



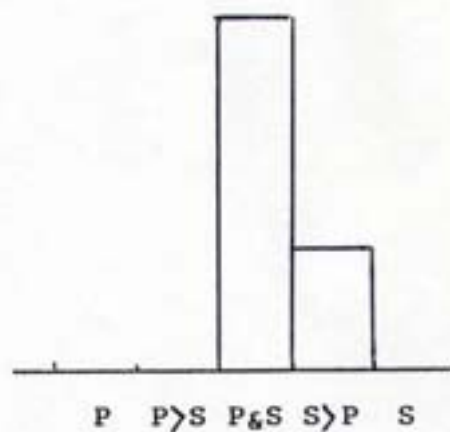
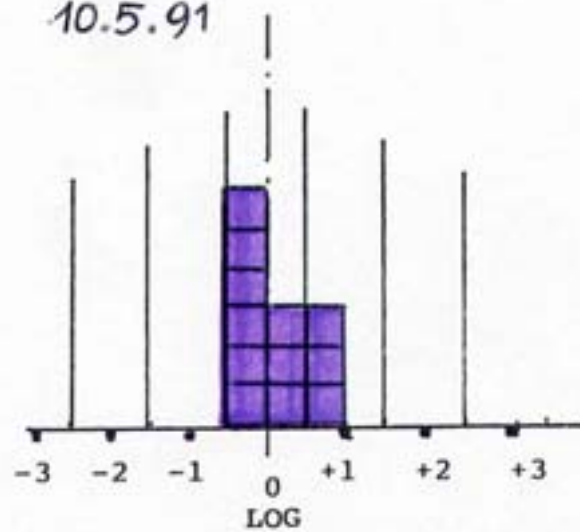
8.5.91



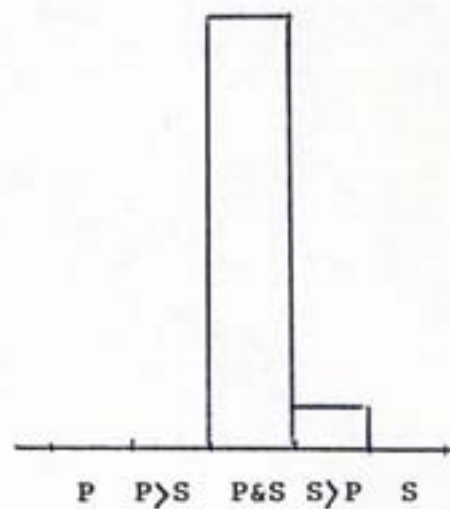
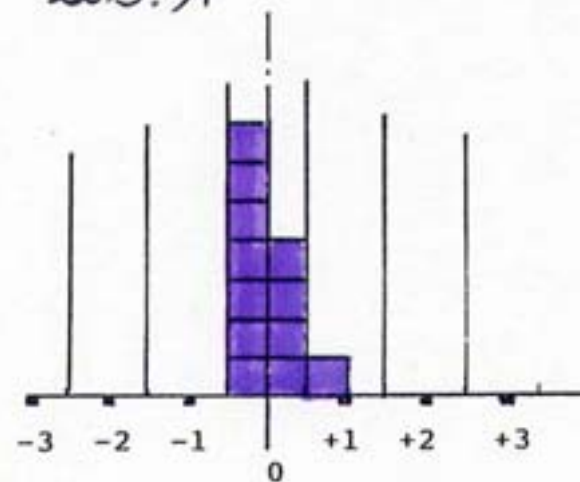
VERTEILUNG-DOMINANZ



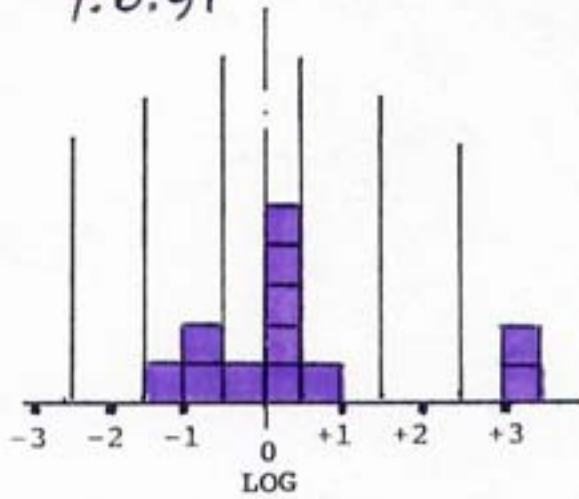
10.5.91



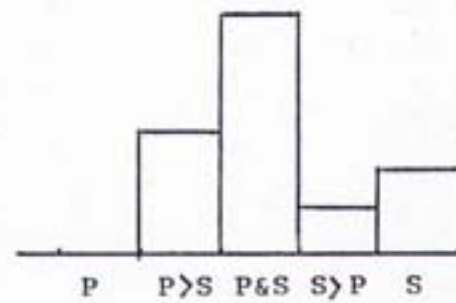
22.5.91



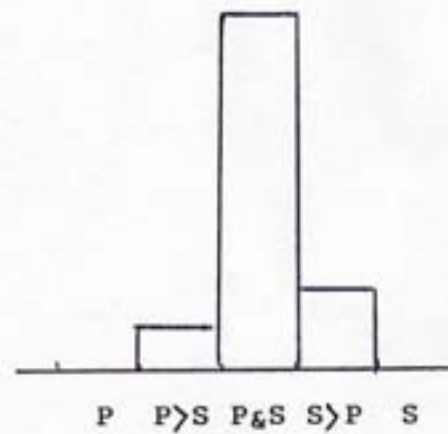
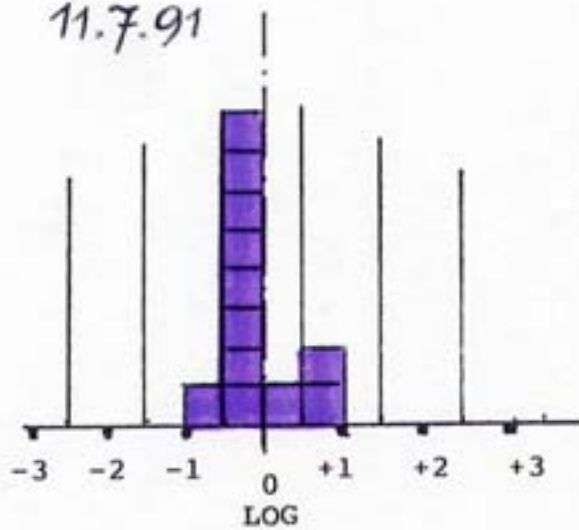
7.6.91



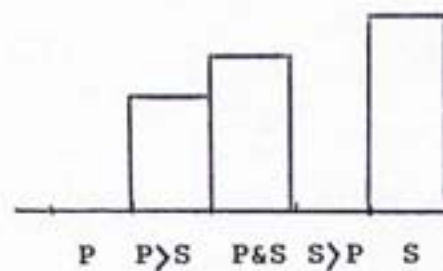
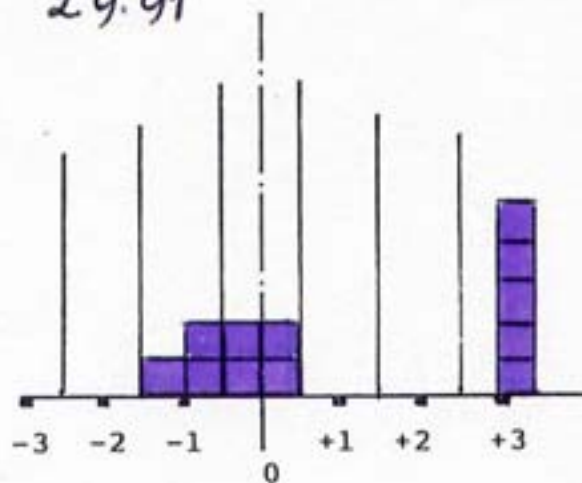
VERTEILUNG-DOMINANZ



11.7.91

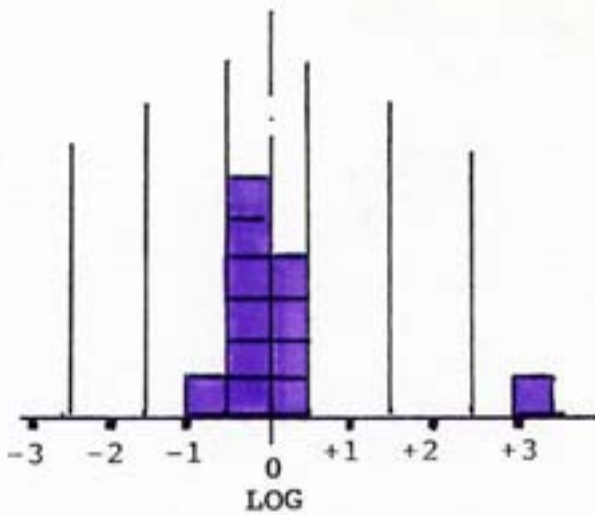


29.91

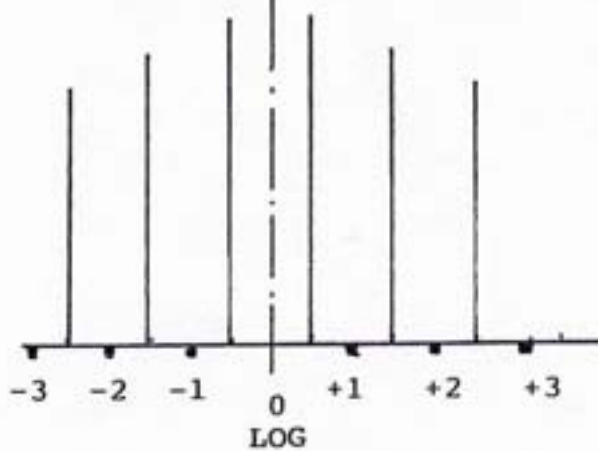


STAUB-POLLEN-RATIO

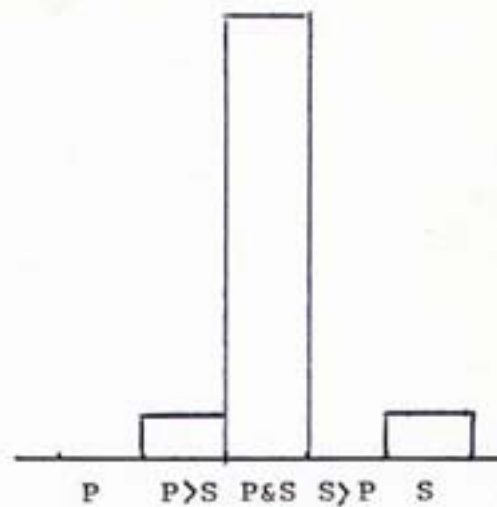
12.6.91



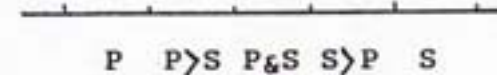
Überwiegen
von
P o l l e n | S t a u b



VERTEILUNG-DOMINANZ



Relative, semiquantitative
Verteilung von
Pollen und Staub



VERTEILUNGSMODELL

Prozentverteilung zwischen Staub und Pollen
für 2-Stundenintervalle, ausgedrückt als
Staub-Pollen-Ratio (SPR, Vergleich des
Prozentanteils der 2-Stundenmengen,
Tagesmenge = 100%)

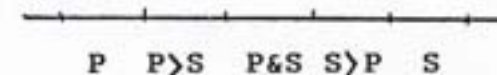
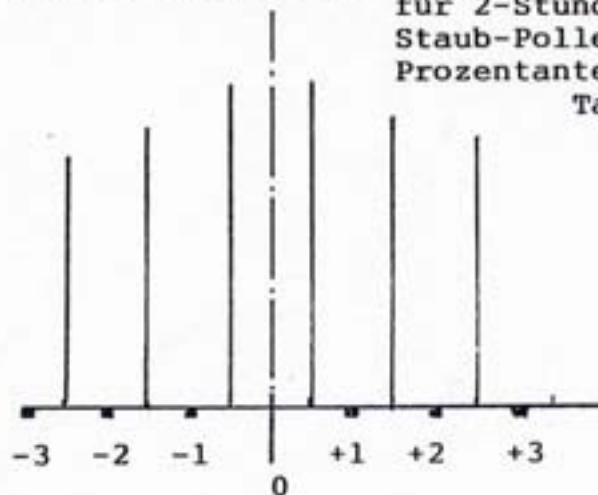


TABELLE 4 Vergleich von Pollenpeaks (PP) mit Staubspitzen (SS) an Tagen mit Pollenmaxima (N=12)

12.3.	PP nach SS	+6 Stunden
16.3.	PP nach SS	+6
17.3.	PP nach SS	+6
3.4.	PP nach SS	+8
oder	PP vor SS	+12
5.4.	PP nach SS	+8
8.5.	PP nach SS	+6
10.5.	PP vor SS	-2
22.5.	PP vor SS	-2
7.6.	PP mit SS	0
12.6.	PP mit SS	0
11.7.	PP nach SS	+2
2.9.	PP vor SS	-2

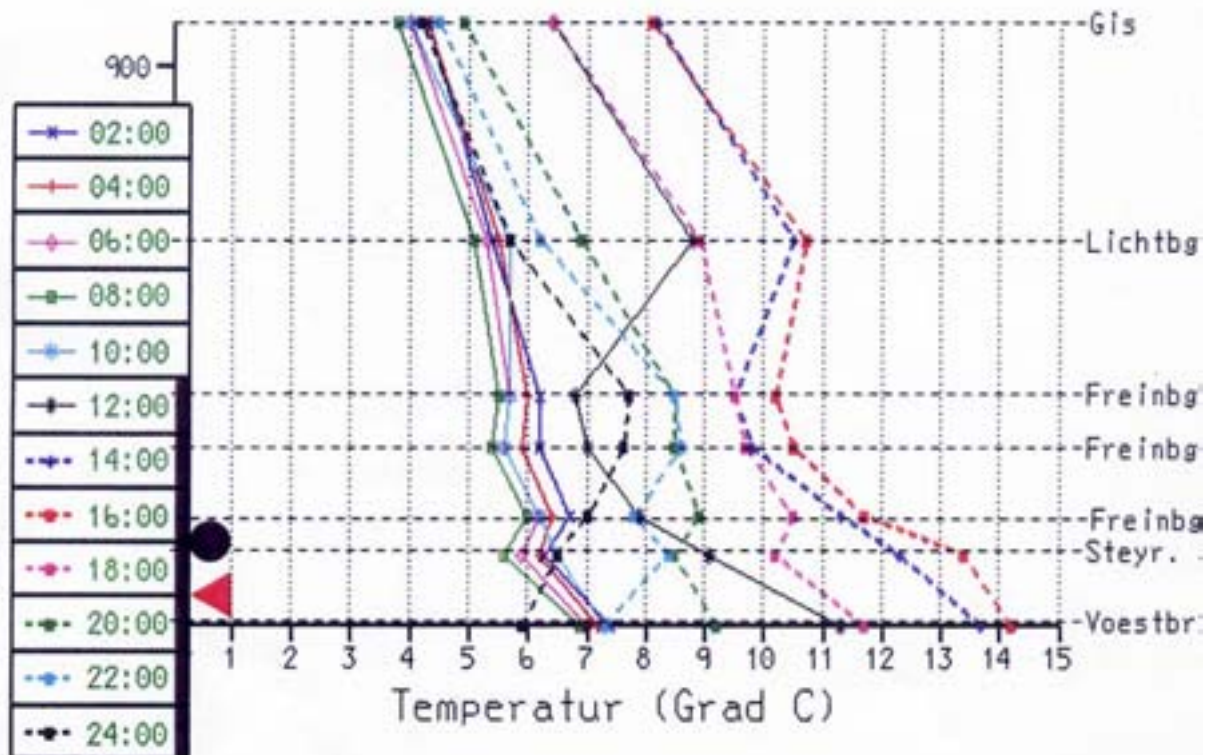
Während bis Anfang Mai die Pollenspitzen nach den Staubspitzen, wie in der Literatur berichtet, auftreten, fallen ab Mai Pollenpeaks in die zeitliche Nähe bzw. sogar knapp vor Staubmaxima auf. Einen sicheren kausalen, z.B. meteorologischen Zusammenhang zwischen PP und SS sehen wir daher nicht. Mit fortschreitender Jahreszeit scheint die frühere tageszeitliche Erwärmung für eine Vorverlagerung des Beginns wie des Gipfels des Pollenfluges verantwortlich, sodaß sich Staub- und Pollenmaxima einander nähern. Eine zusätzliche Variable besteht bei der Blütenstaubemission in pflanzen- bzw. baumspezifischem Blühverhalten.

In den ABBILDUNGEN 24 bis 30 werden die Temperaturprofile in Abhängigkeit der Höhe über dem Meeresspiegel sowie das Temperaturverhalten im Tagesgang der untersuchten Tage dargestellt. Mit eingetragen ist der Pollenflug, der sich an den meisten Tagen fast über die gesamten 24 Stunden, wenngleich in unterschiedlicher Stärke erstreckte. Staubmaxima fallen mehrheitlich in die Tageszeit zwischen 10 und 18 Uhr (mit einer Ausnahme). Pollenspitzen fallen ebenfalls durchschnittlich in die zweite Tageshälfte, streuen zeitlich jedoch etwas mehr als die Staubspitzen.

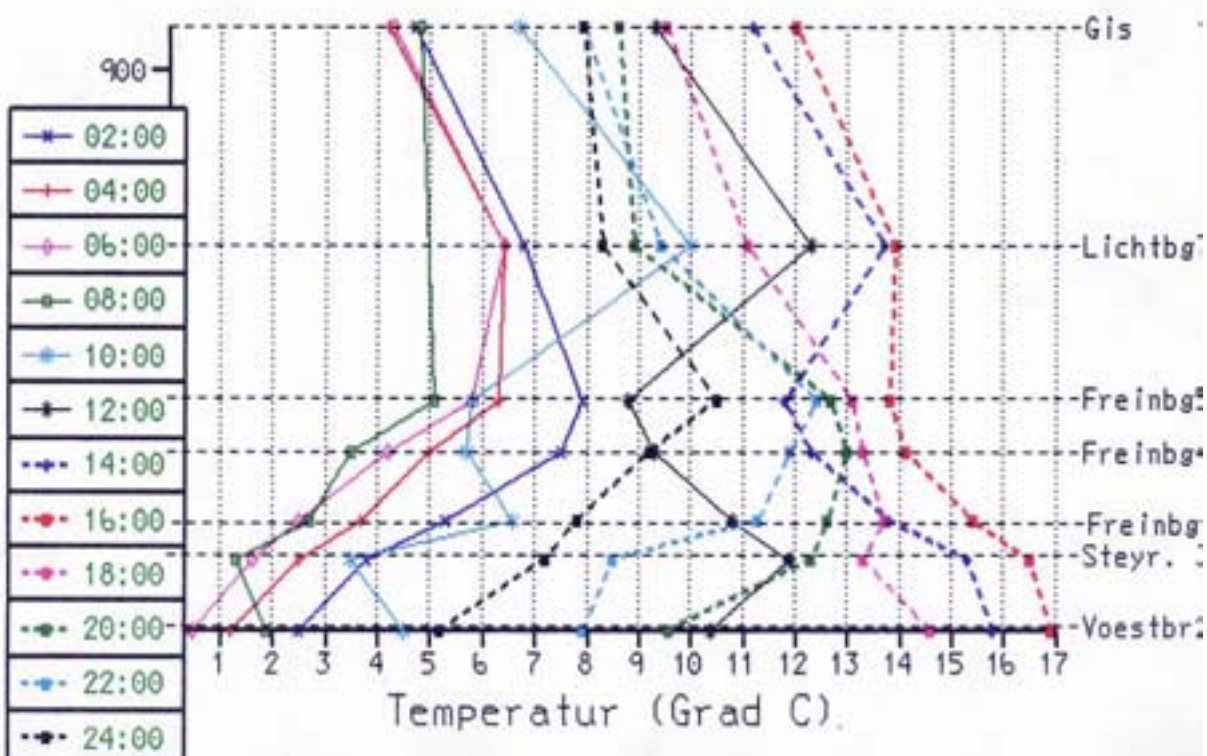
6. Pollenimmission und Temperatur

TABELLE 5 stellt die 2-Stundendurchschnittstemperaturen gegenüber, bei denen es zu Pollenmaxima kam. Bis Juni 91 fanden sich Belastungsspitzen durch Pollen bei Temperaturen zwischen 8 und 19,5 Grad Celsius mit einem Mittel bei 14 Grad und 2 Standardabweichungen von plus/minus 7 Grad. Im Juli und September sind die Temperaturen am Pollenmaximum jahreszeitbedingt höher. Bei der Diversität der Blütenstaub emittierenden Pflanzen und den uneinheitlichen und inkonstanten klimatischen Verhältnissen wundert die breite Temperaturstreuung nicht.

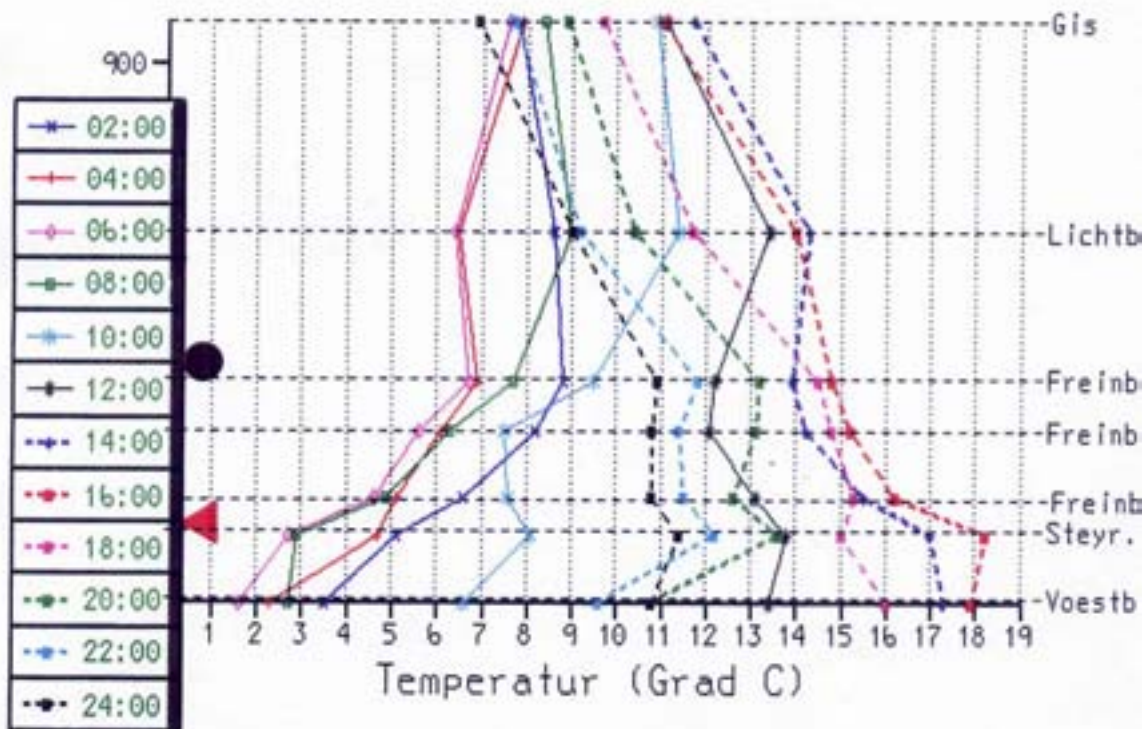
Temperaturprofil vom 1991-03-12 ABB. 24



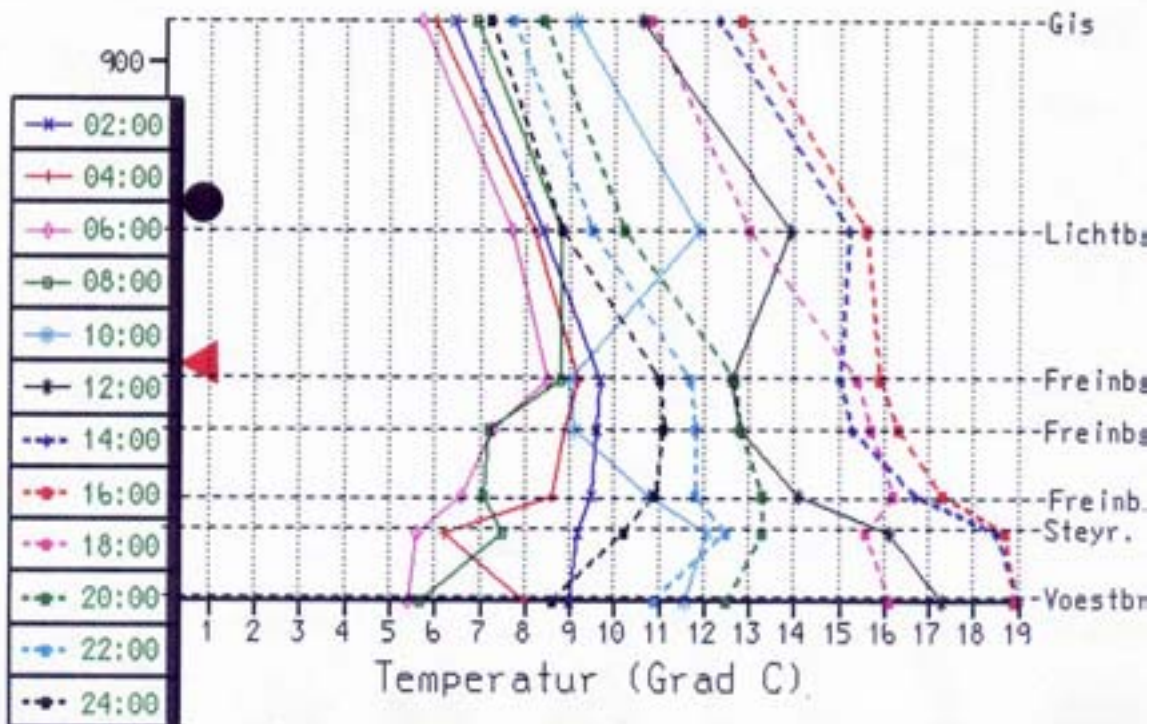
Temperaturprofil vom 1991-03-15



Temperaturprofil vom 1991-03-16 ABB. 25

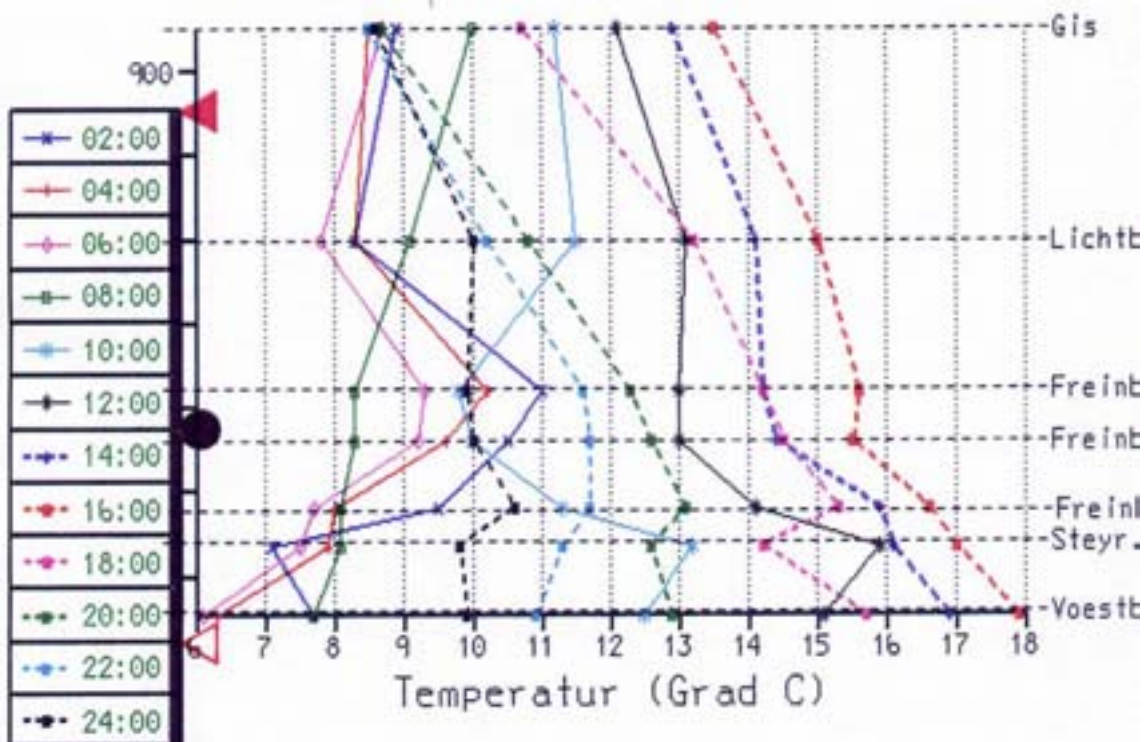


Temperaturprofil vom 1991-03-17

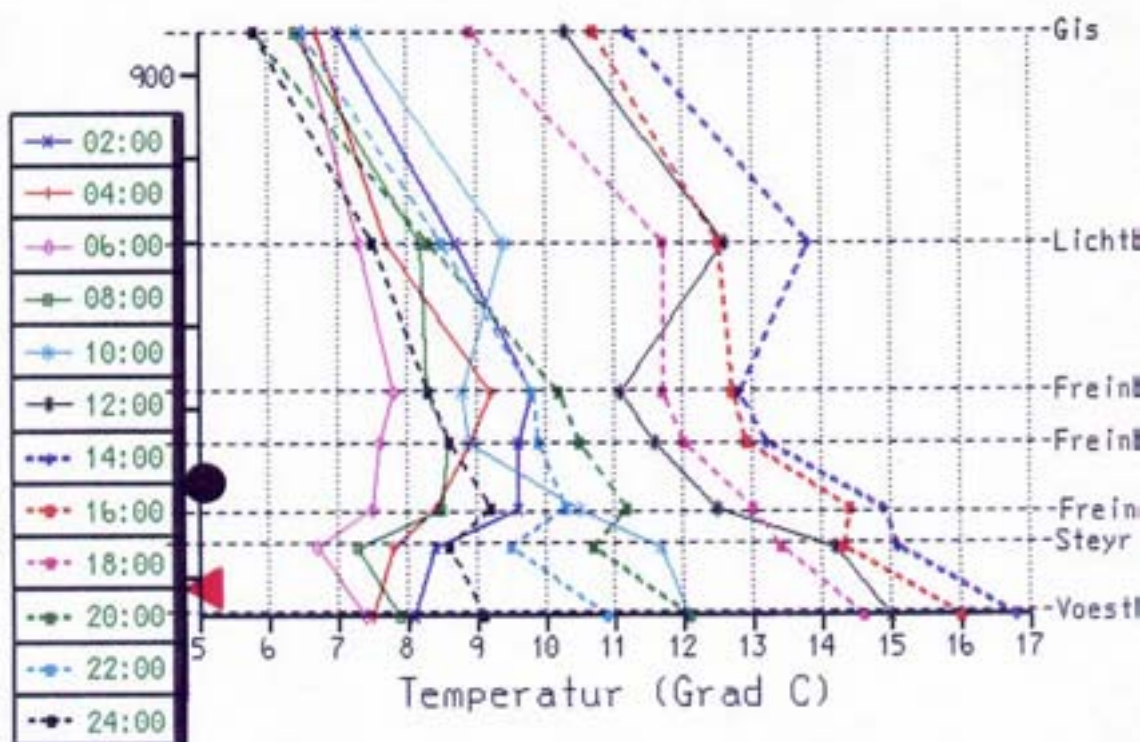


Temperaturprofil vom 1991-04-03

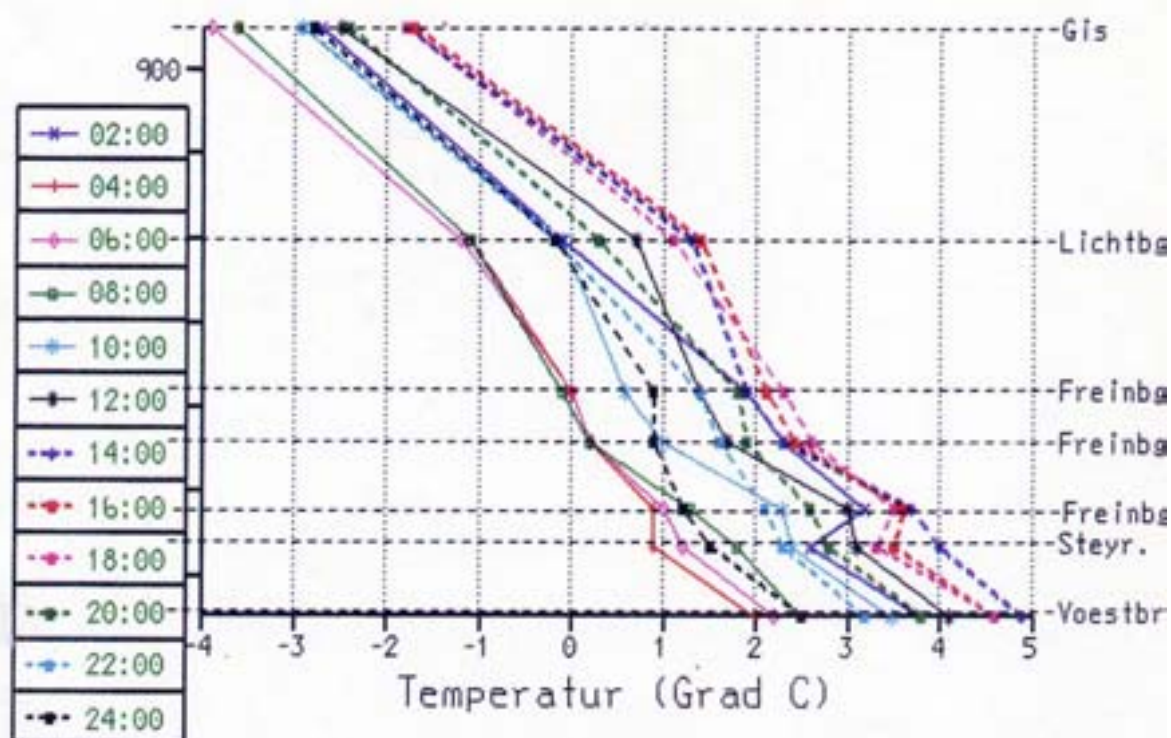
ABB. 26



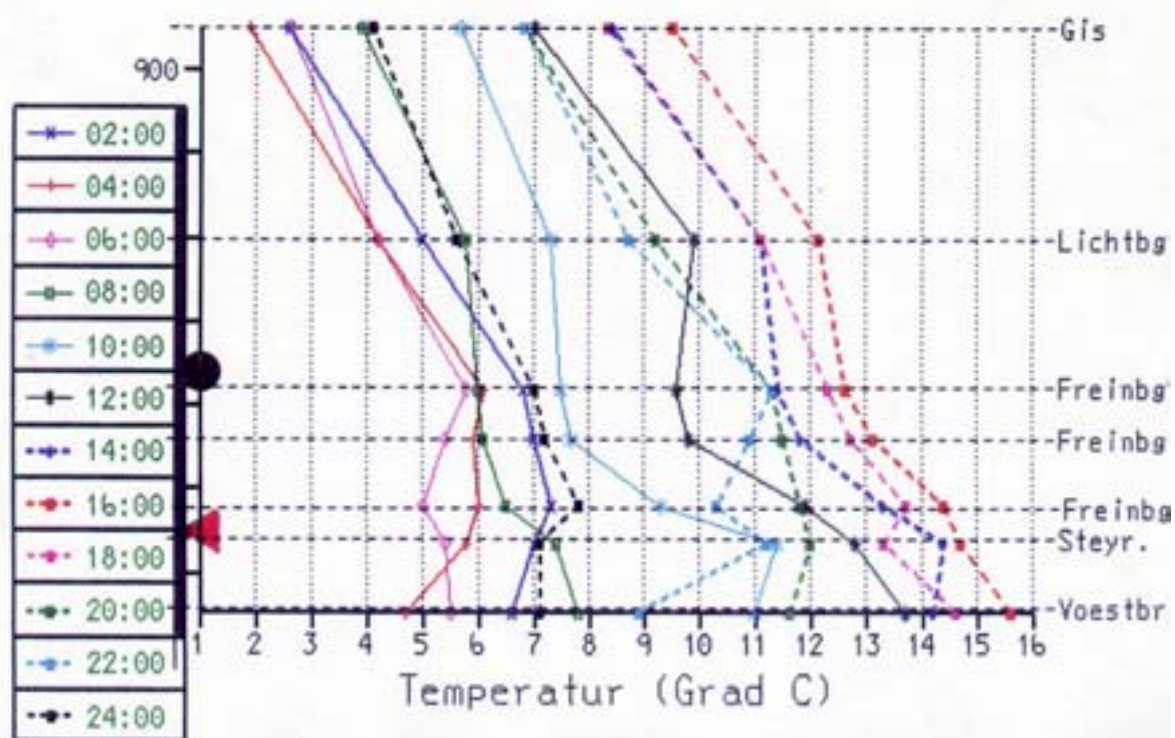
Temperaturprofil vom 1991-04-05



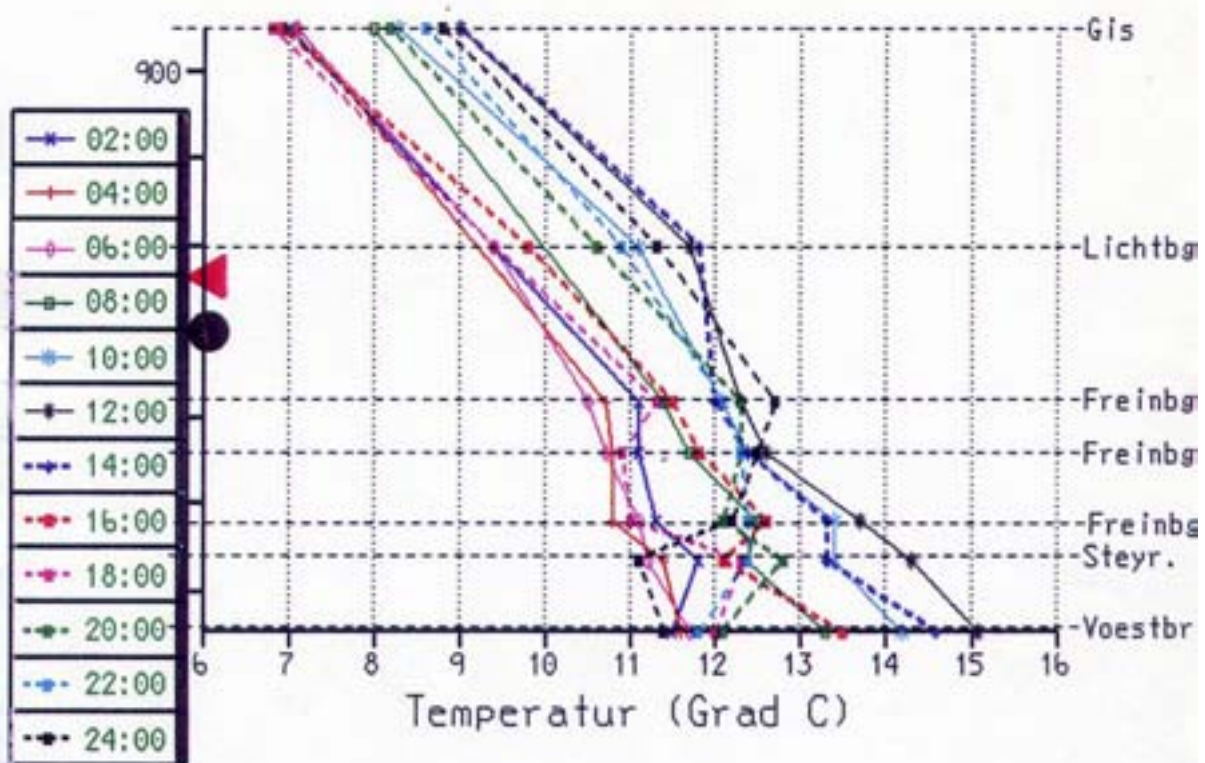
Temperaturprofil vom 1991-04-17 ABB. 27



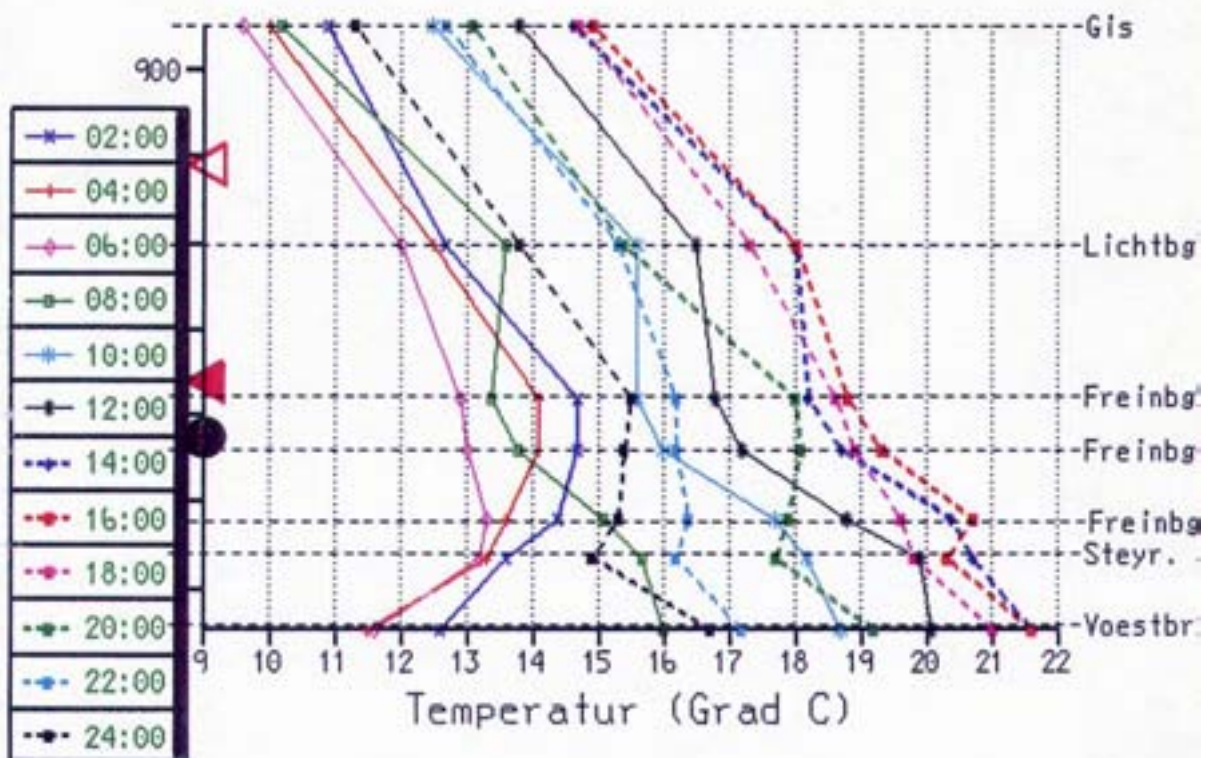
Temperaturprofil vom 1991-05-08



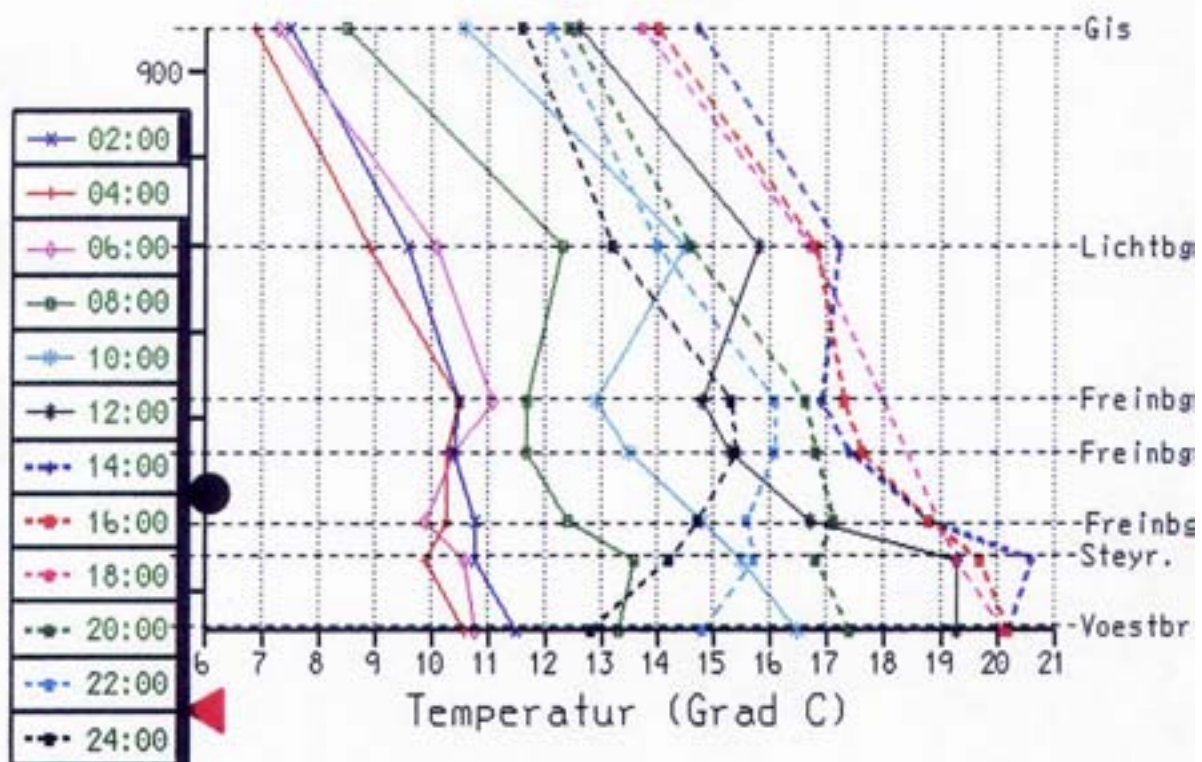
Temperaturprofil vom 1991-05-10 ABB. 28



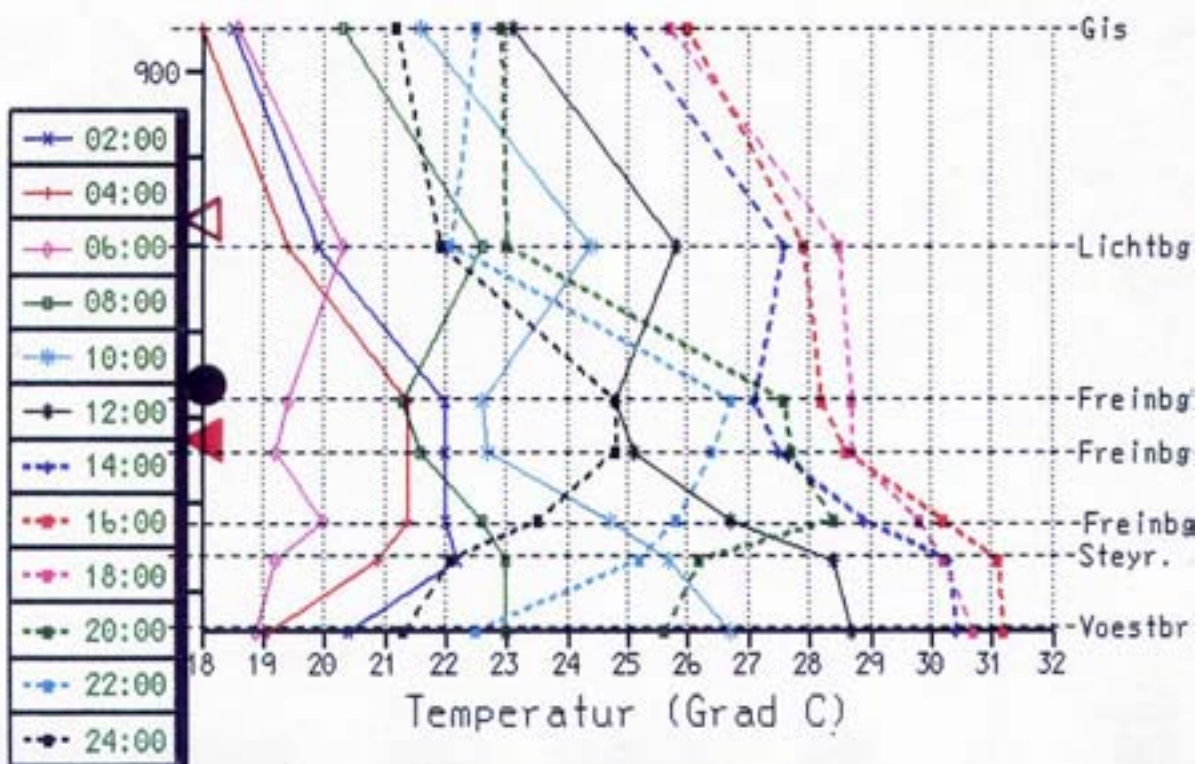
Temperaturprofil vom 1991-05-22



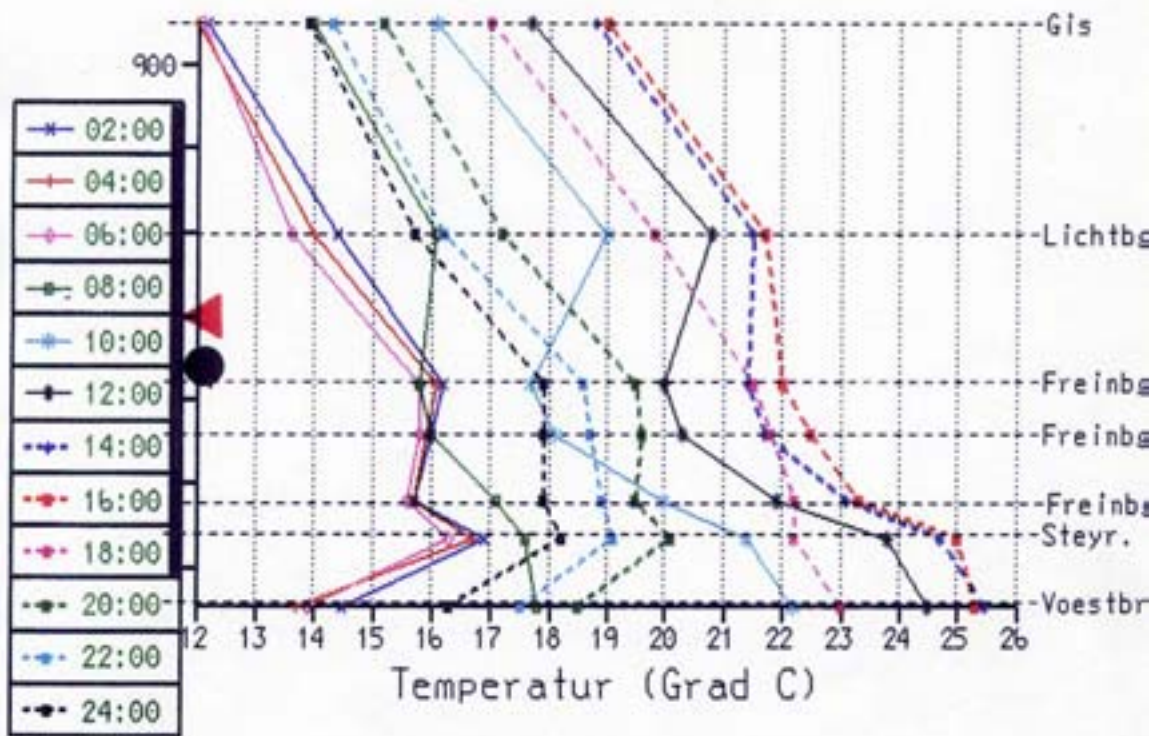
Temperaturprofil vom 1991-06-07 ABB. 29



Temperaturprofil vom 1991-07-11



Temperaturprofil vom 1991-09-02 ABB. 30



ABBILDUNGEN 24-30

Temperaturtagesprofile in Bodennähe und in verschiedenen Höhen im Raume Linz
In den Zeittabellen links sind der Pollenflug, Pollen- und Staubmaxima an den untersuchten Tagen zwischen März und September 1991 markiert.

POLLENMAXIMA - Tagestemperatur

<u>DATUM 1991</u>	<u>Durchschnittswert</u> (2 Stunden)	<u>Höhere Temperaturen über Stunden</u> <u>- vor/+nach Pollenmaximum</u>
12.3.	10°	-4
16.3.	17°	-2
17.3.	14,5°	+6
3.4.	8°	+16
5.4.	14°	-2 bis +6
8.5.	15°	Keine
10.5.	12,5°	+8
22.5.	19,5°	+6
7.6.	14°	-12

Mittel±2Standardabweichungen der Temperaturen bei Pollenmaxima
zwischen März und Juni 1991

M ± 2 SD 14° ± 7°

11.7.	29,5	+4
2.9.	20,0	+8

Mittel±2Standardabweichungen der Temperaturen bei Pollenmaxima
zwischen März und September 1991

M ± 2 SD 15,8° ± 11,6°

TABELLE 5 2-Stundendurchschnittstemperaturen bei Pollenmaxima
(Mittelwerte und 2 Standardabweichungen) für die Tage
zwischen 12.3. und 7.6.1991 bzw. die Tage zwischen
12.3. und 2.9.1991

7. Pollen/Staubmaxima und Windrichtung

In den ABBILDUNGEN 31 und 32 werden die Windrichtungen während der 2-Stunden mit Staubmaxima denen während Pollenspitzen gegenübergestellt. Die angeschlossene TABELLE 6 zeigt keine enge Übereinstimmung der Windrichtungen, während über die Zeit sich aber sowohl bei den Staub- als auch bei den Blütenstaubmaxima ähnliche Hauptwindrichtungen nachweisen lassen.

WINDRICHTUNG Dominanz	bei POLLENMAX in Grad	bei STAUBMAXIMUM in Grad (Nord=360)	
I	40-65	(30) 48-68	(NO)
II	82-109	81-105	(O)
III	118-143	118-144	(SO)
IV	179-192	181-192	(S)
V	225-254	205-250	(SW)
Windstille	10x	8x	

Während sich aus der Gegenüberstellung 4-5 dominante Windrichtungen ableiten lassen, entbehrt die Tabelle 6 einer aufschlußreichen Information über die Quellen der Pollen- wie Staubemission. Aus der Tabelle und den Abbildungen über die Windrichtungen läßt sich keine kurzfristige industrielle Dominanz bei der Staub-Belastung dokumentieren. Allerdings wurden bei der Staubanalyse typisch groß-industrielle Aerosole nicht untersucht.

8. Pollen und gasförmige Luftschadstoffe

Bei visueller Gegenüberstellung des Pollencounts und der gasförmigen Luftlasten wie SO₂, NO₂, NO_x, gemessen am Standort ORF-Zentrum, finden sich keine parallelen Intensitätsbewegungen zwischen Pollen und gasförmigen Schadstoffen. Im Gegensatz dazu zeigt jedoch Ozon (O₃ gemessen am Standort Steyregg) Parallelität zur Pollenkonzentration der Luft. Dabei sind Ozonanstieg und Zunahme der Pollenzahl/m³Luft meist parallel. Bei einigen Tagen nimmt die Ozonkonzentration vor dem Blütenstaub zu. An der Mehrzahl der Untersuchungstage bleibt die Ozonkonzentration Stunden über den Abfall der Pollenkonzentration hinaus erhöht.

Ozon weist eine enge Korrelation zum Pollenflug auf. Sowohl die Ozonbildung als auch das Blühverhalten von Pflanzen sowie ihre Pollenemission sind von Sonneneinstrahlung abhängig. Während also Stickoxide und Schwefeldioxid zu den Pollen der Luft eine ähnliche Beziehung wie Staub aufweisender keine relevante direkte Korrelation trotz gleichzeitiger Vorkommen, besteht zwischen Ozon- und Pollenkonzentration eine enge zeitliche Koinzidenz - auch für den betroffenen Organismus. Dadurch sind kurzfristige Reaktionsverstärkungen bei empfindlichen Personen möglich.

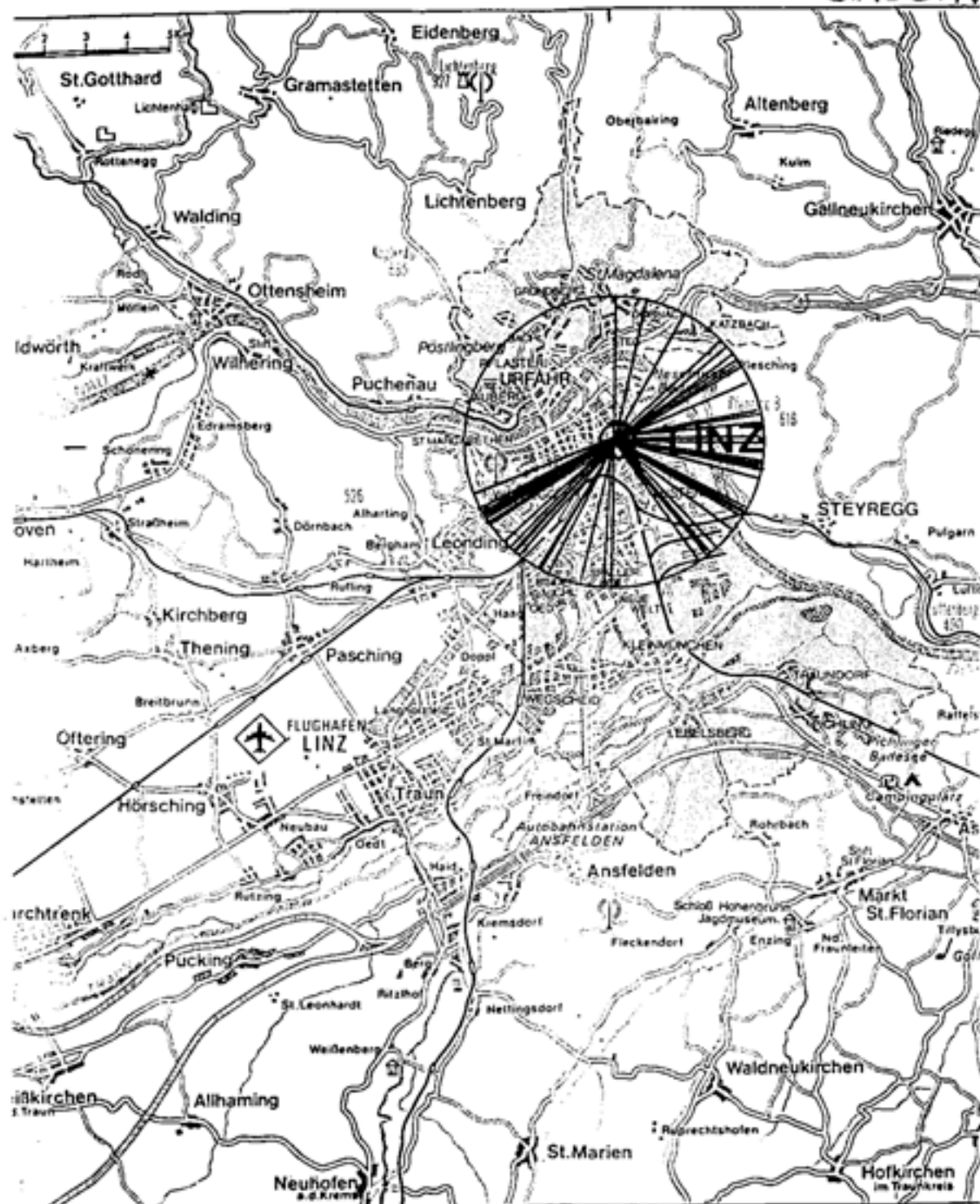


Abbildung 31 Windrichtung in 30-Minutenintervallen während der
2-Stundenperioden mit Staubmaxima.
Innenkreis entsprechend 8x Windstille

POLLENMAX

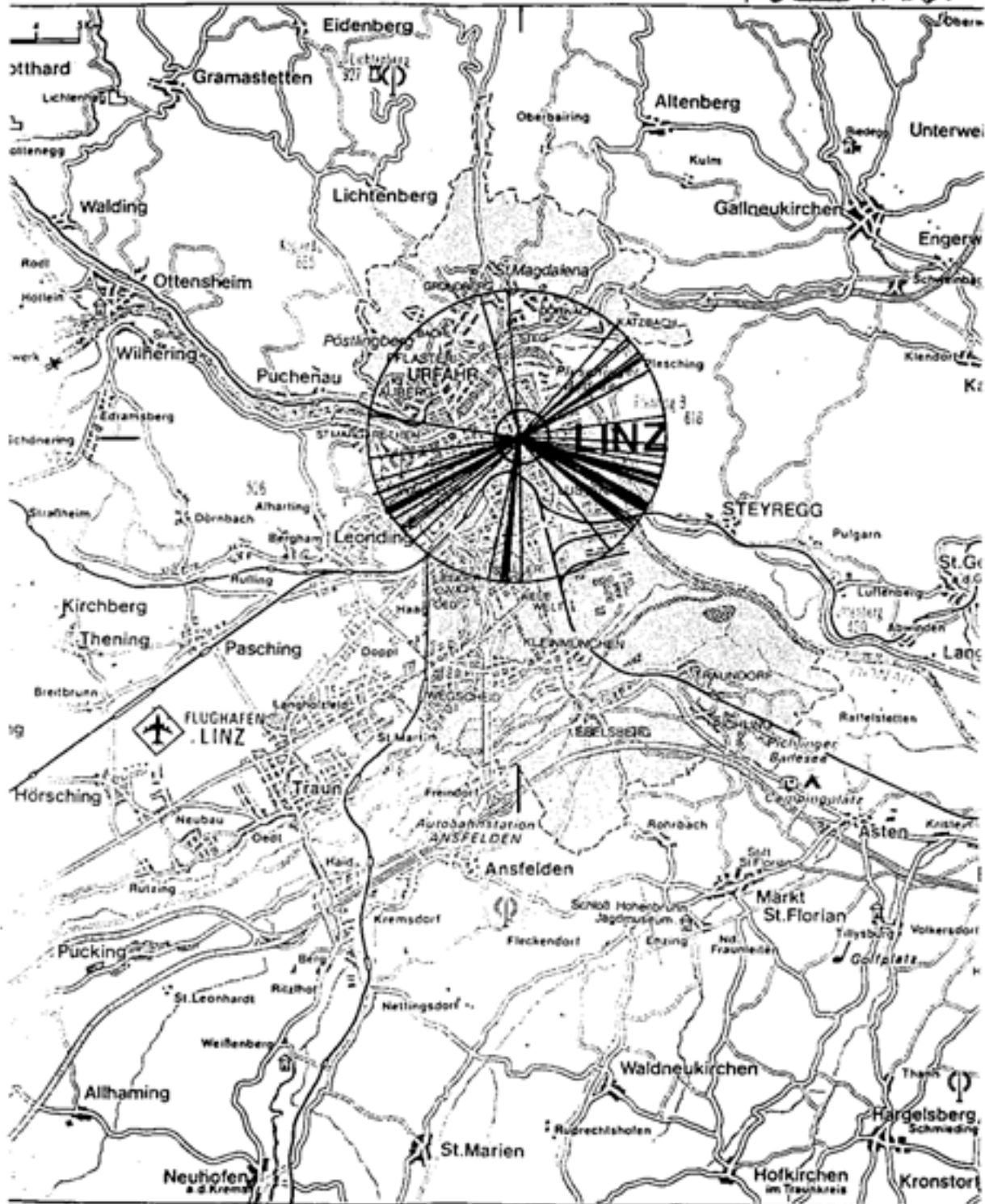


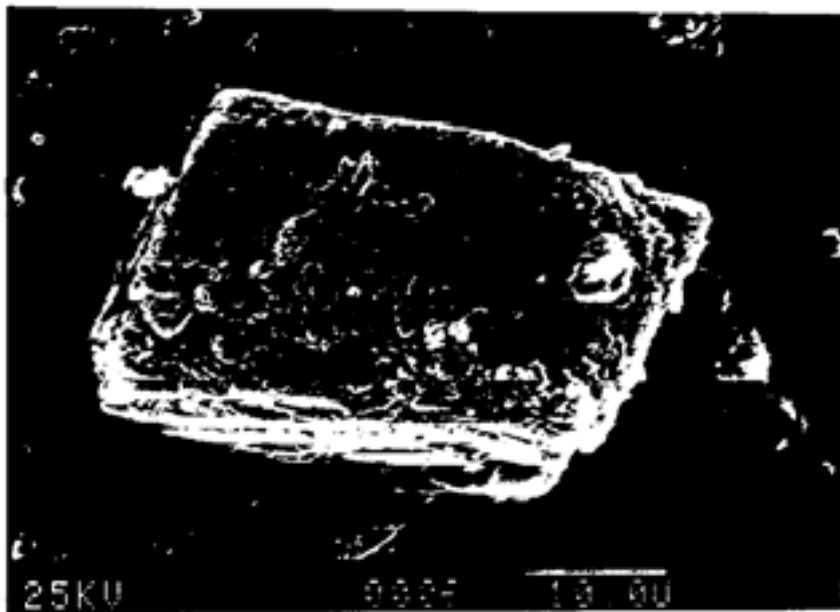
Abbildung 32 Windrichtung in 30-Minutenintervallen während der
2-Stundenperioden mit Pollenmaxima,
Innenkreis entsprechend 10x Windstille

WINDRICHTUNG bei POLLENMAXIMA (2/d) und STAUBMAXIMA (2/d)
am Standort des AKH

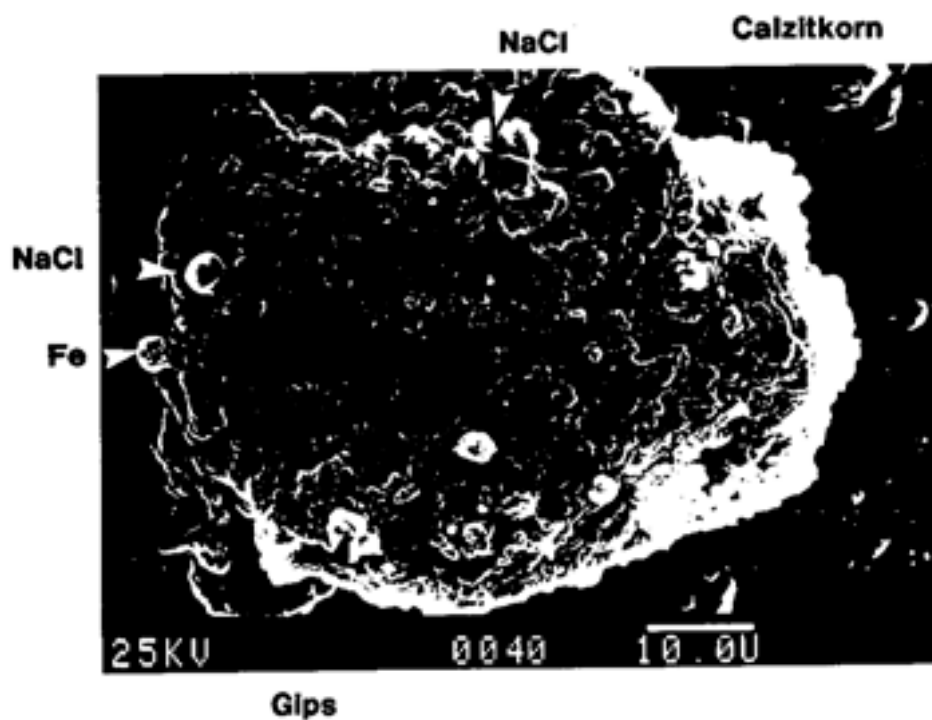
	Anzahl der Pollen/2 ^h	Windrichtung whd. 2 ^h Pollenmaxima	Staub %Ext.	Windrichtung whd. 2 ^h Staubmaxima
<u>12.3.91</u>	1. 238	82° - 109°	11,0	131° - 150°
	2. 207	97° - 121°	8,8	1 - 60°
<u>16.3.91</u>	1. 81	40° - 53°	71,5	104° - 125°
	2. 80	1° - 50°	45,0	Windstille
<u>17.3.91</u>	1. 205	104° - 125°	18,6	142° - 238°
	2. 170	85° - 104°	13,1	104° - 125°
<u>3.4.91</u>	1. 180	344° - Windstille	23,2	129° - 206°
	2. 158	55° - 62°	16,8	90° - 167°
<u>5.4.91</u>	1. 202	221° - 228°	13,6	221° - 228°
	2. 196	232° - 256°	11,8	201° - 223°
<u>8.5.91</u>	1. 57	227° - 263°	19,7	194° - 240°
	2. 43	209° - 279°	15,1	105° - 188°
<u>10.5.91</u>	1. 120	89° - 97°	3,0	80° - 91°
	2. 43	77° - 90°	2,9	75° - 86°
<u>22.5.91</u>	1. 56	237° - 249°	1,4	240° - 250°
	2. 55	235° - 241°	1,1	247° - 271°
<u>7.6.91</u>	1. 59	Windstille	15,4	47° - Windstille
	2. 45	61° - 108°	11,6	26° - 92°
<u>11.7.91</u>	1. 39	108° - 129°	6,8	127° - 141°
	2. 38	Windstille	4,5	112° - 138°
<u>2.9.91</u>	1. 20	117° - 192°	42,8	99° - 108°
	2. 9	99° - 106°	21,3	99° - 107°

Tabelle 6 Windrichtung bei Pollen- und Staubmaxima an den Untersuchungstagen
 Keine enge Korrelation der Windrichtungen bei Blüten- und Schwebstaub, keine bevorzugte Windrichtung für Pollen oder Staubpartikel, jedoch summiert Nachweis von 4-5 dominierenden Hauptwindrichtungen.
 Windrichtungen während der 2-Stundenintervalle von Staub- und Pollen-Belastungsspitzen lassen keinen Rückschluß auf die Emissionsquelle bzw. Emissionsbereiche von biogenem und anthropogenem Staub zu

Calzitkorn



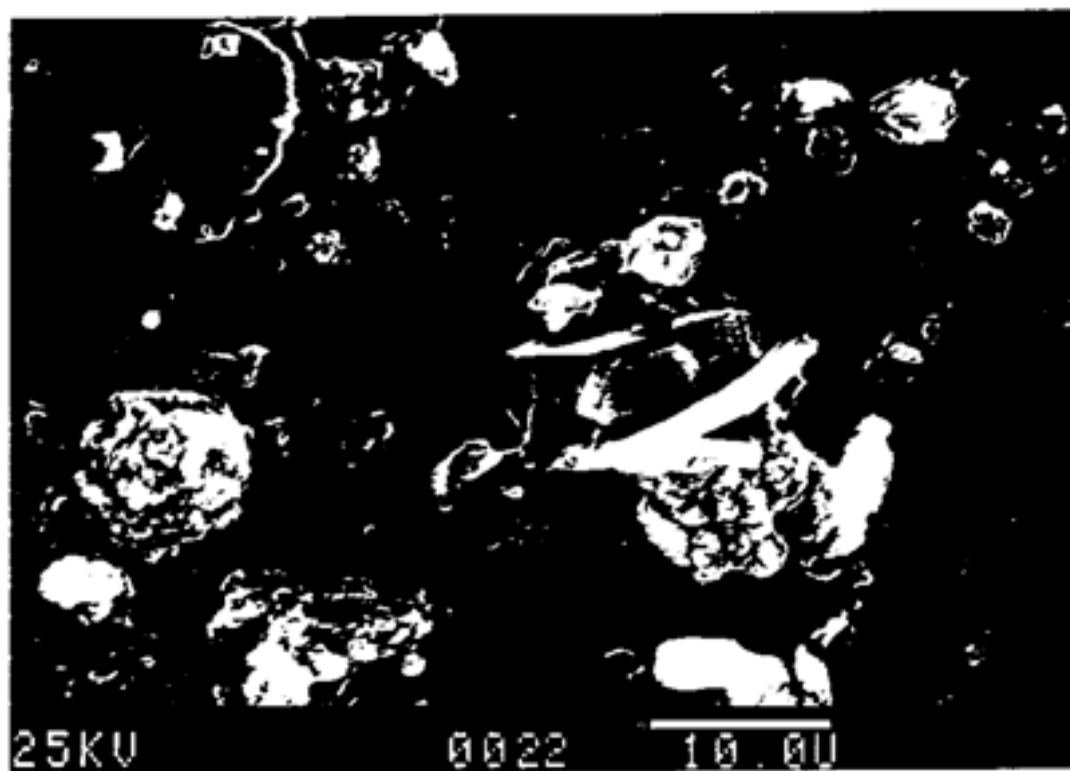
16.3.



22.5.

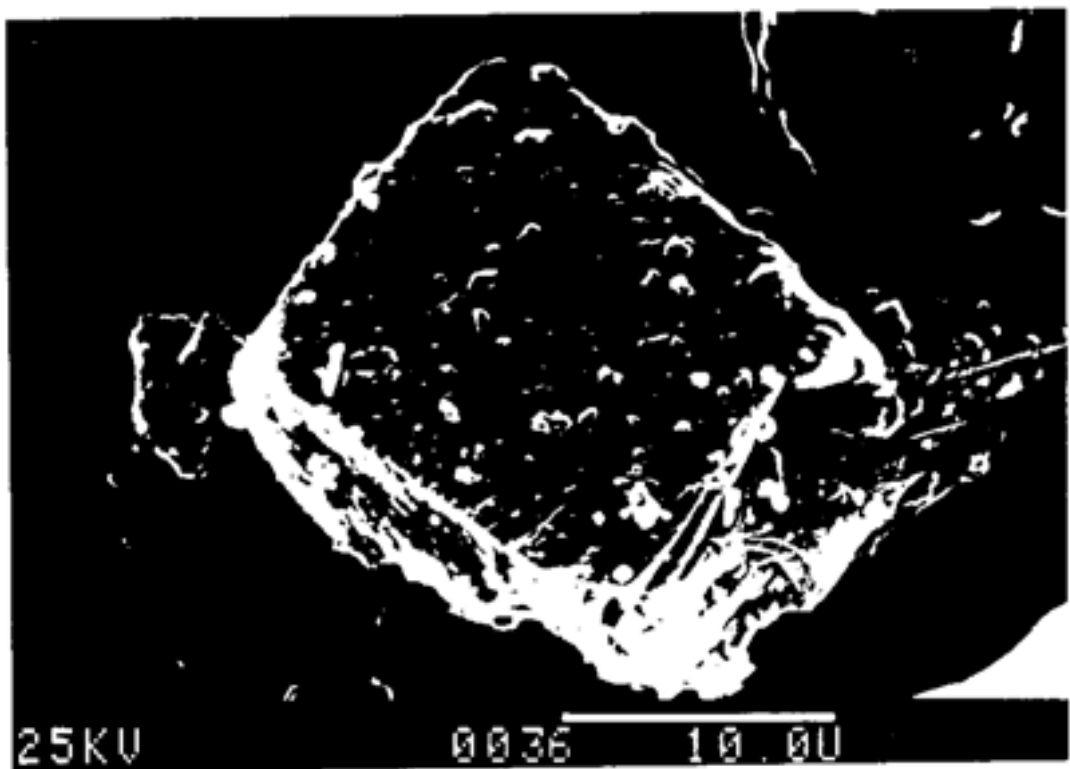
Abb. 33 a,b: Natürliche mineralische Staubpartikel im REM mit EDX-Detektion.

Tonminerale



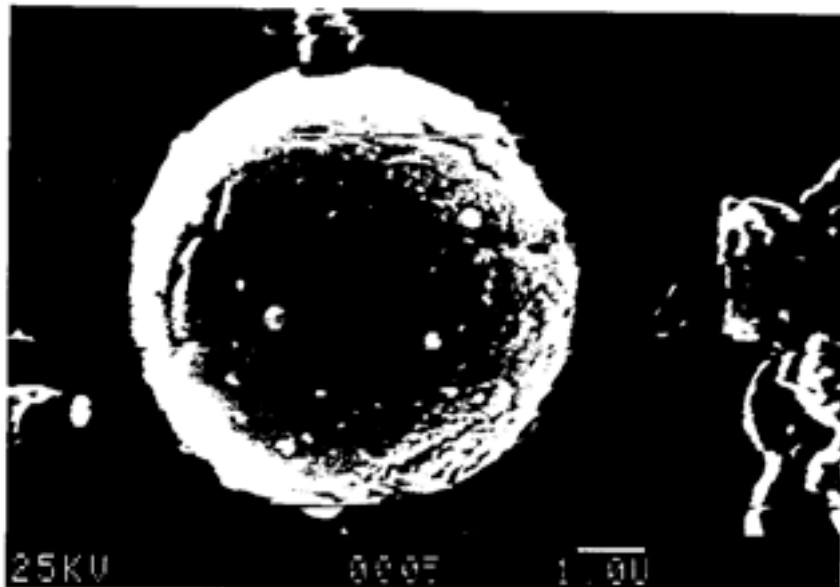
16.3.

Quarz

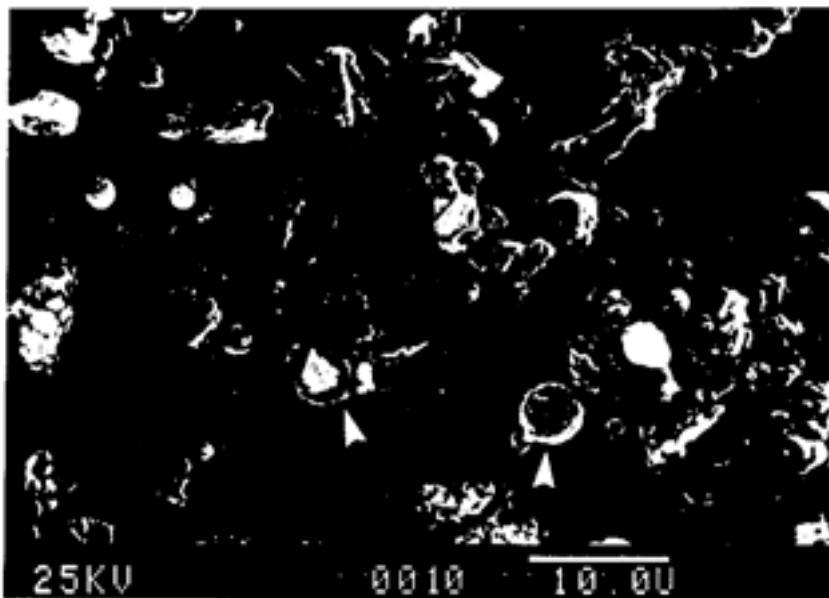


3.7.

Eisen-Sphäroid



16.3.



16.3.

Eisen Sphärolite

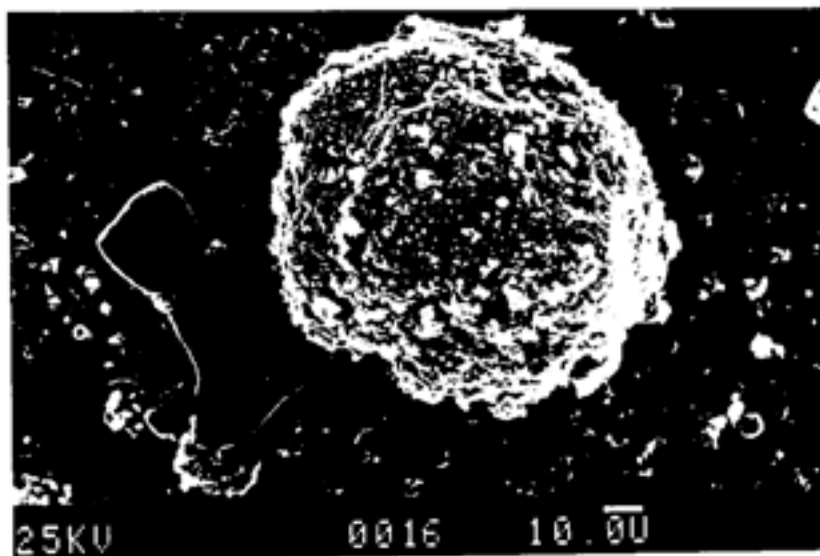
Abb. 34 a,b: Anorganische Partikel, Überwiegend industrieller Herkunft, im REM mit EDX-Detektion.

Sphärische silikatische Aschepartikel



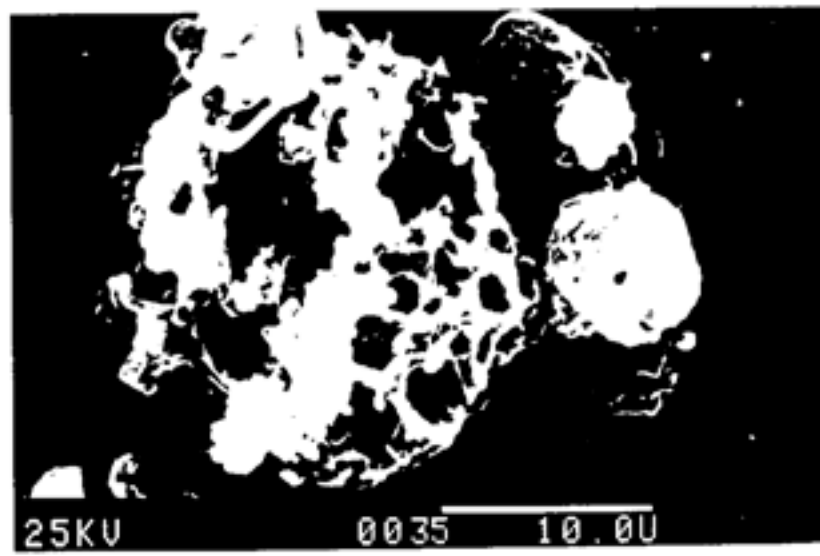
2.9.

Sphärische karbonatische Schlackepartikel



16.3.

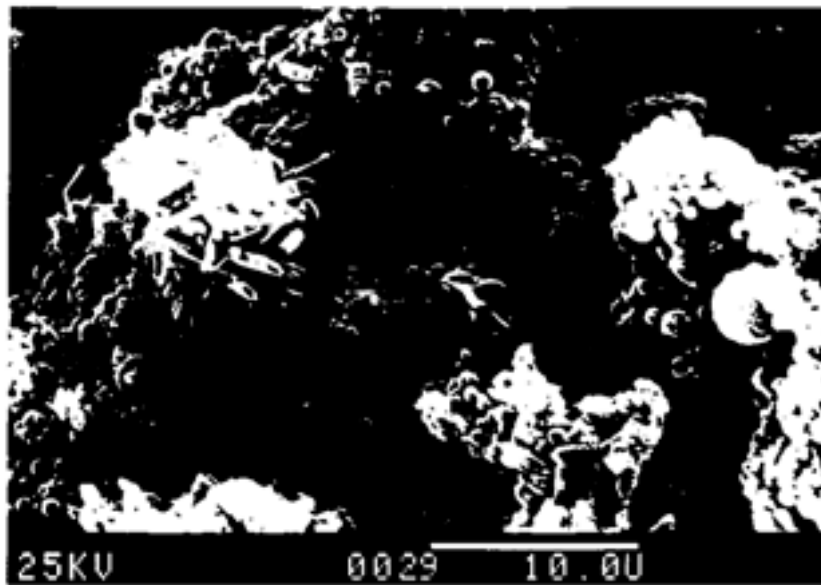
mit wabenartiger Struktur



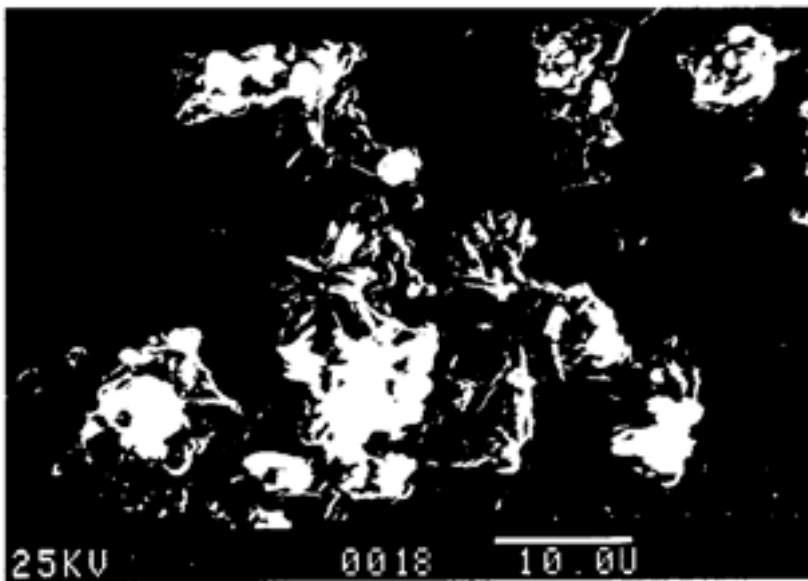
16.3.

mit zusätzlichem Partikelfilm

Gips



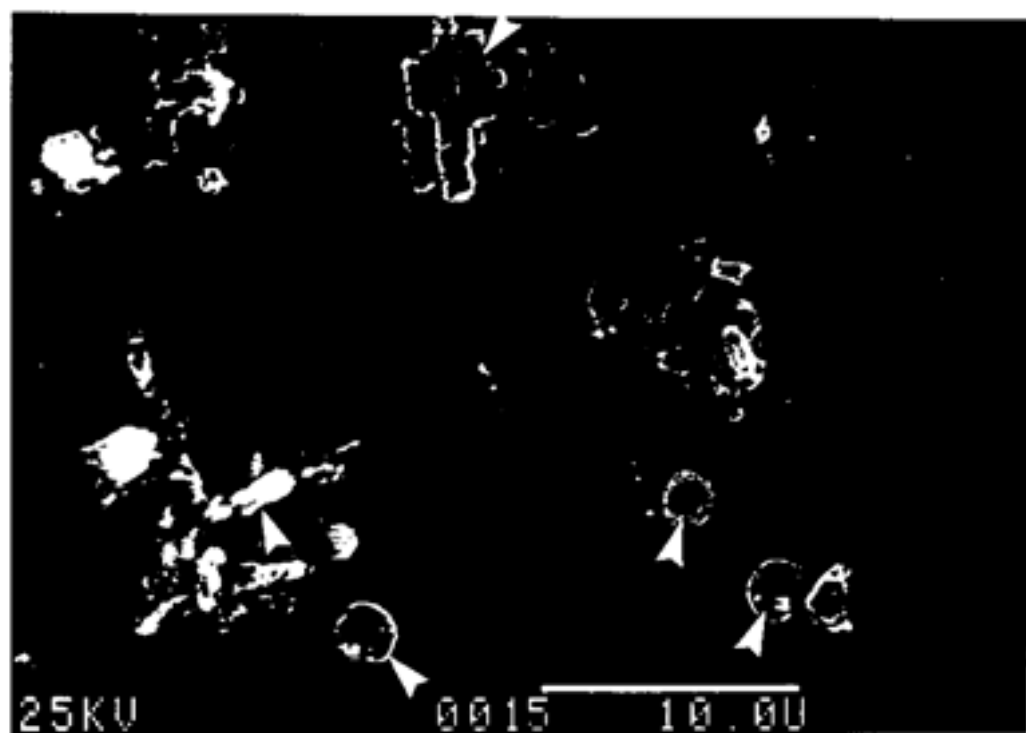
17.3.



16.3.

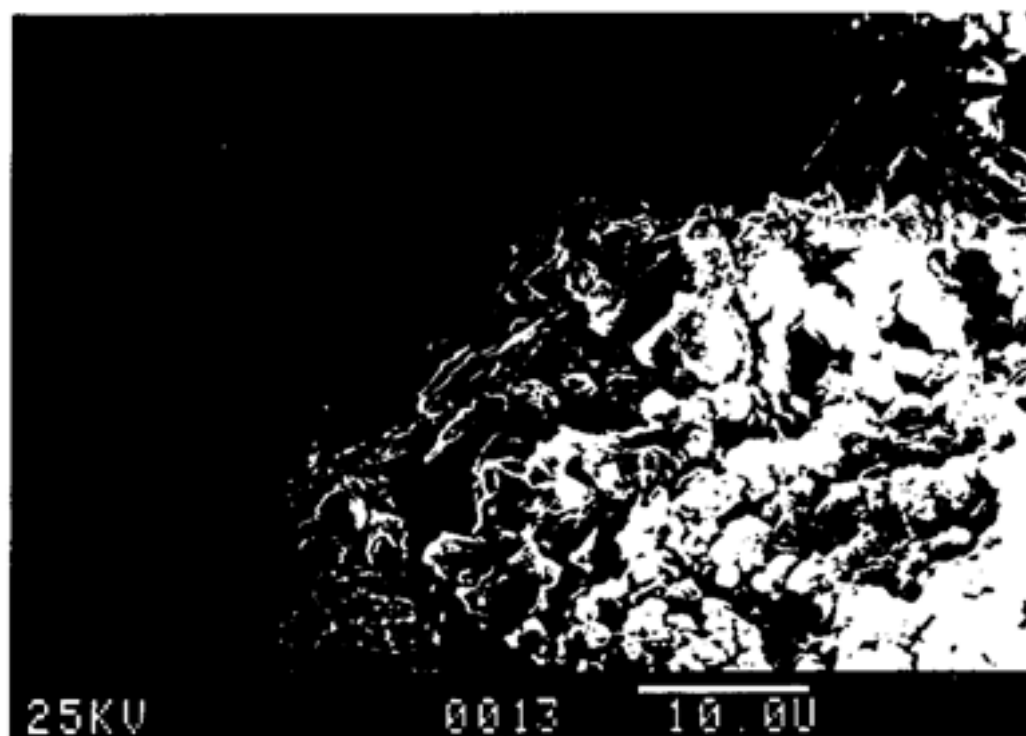
Abb. 35 a-d: Ausgefüllte Partikel im REM mit EDX-Detektion.

Gips



16.3.

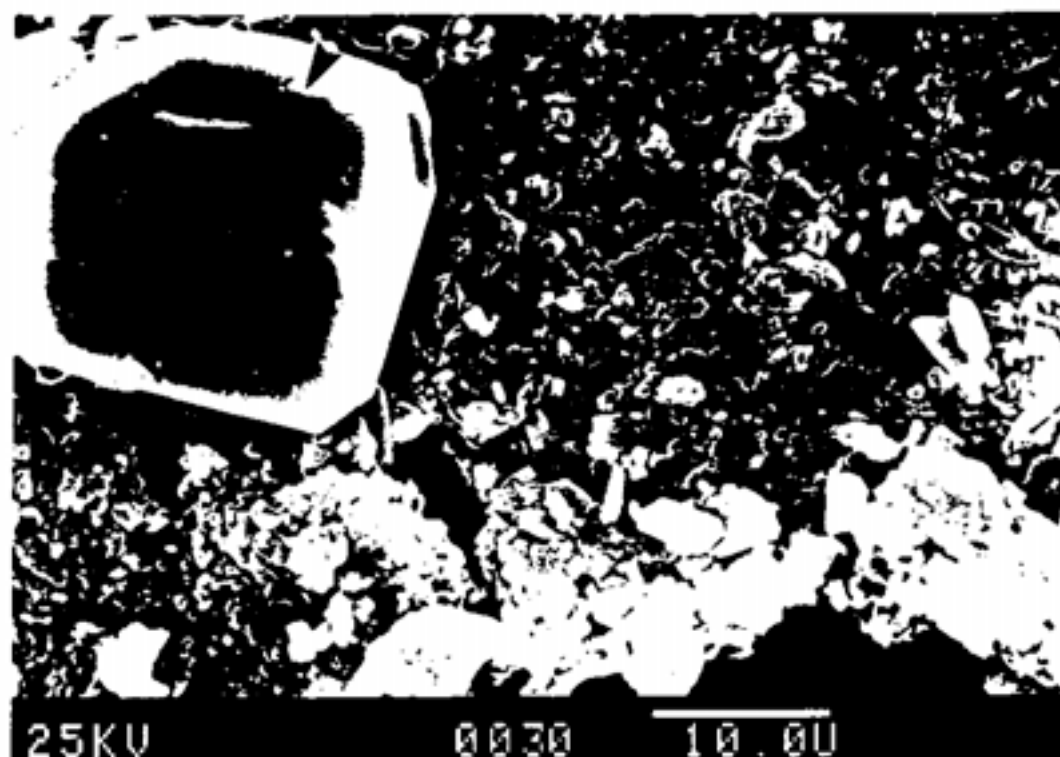
Eisen-Sphärolite



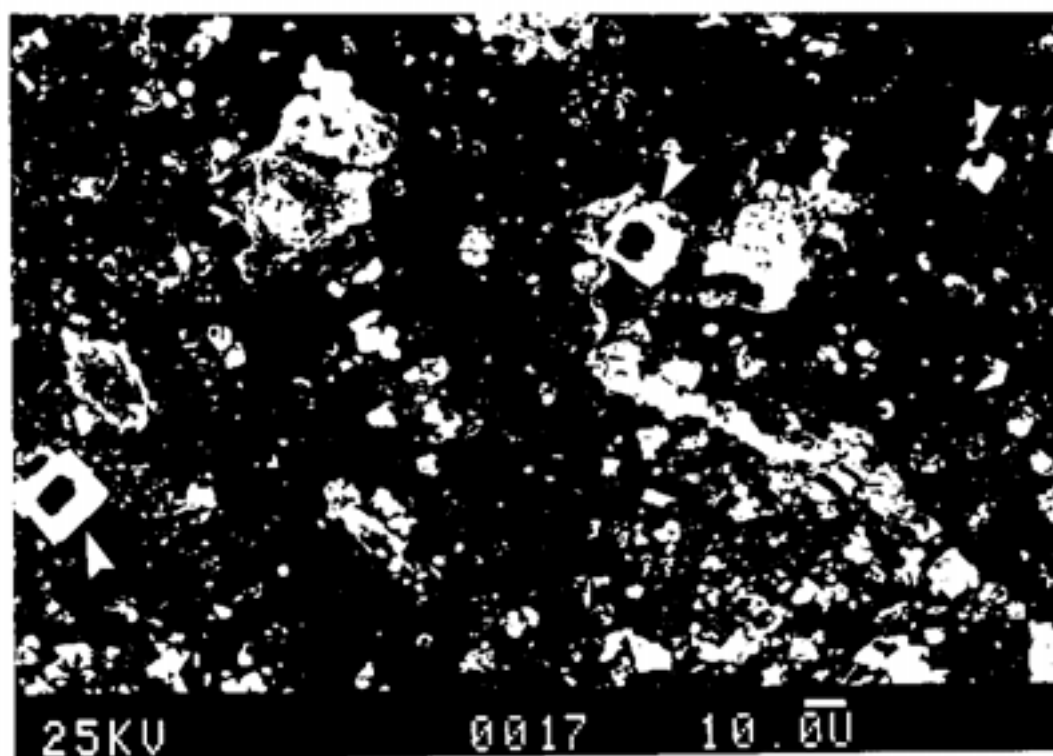
16.3.

Gips

Na Cl

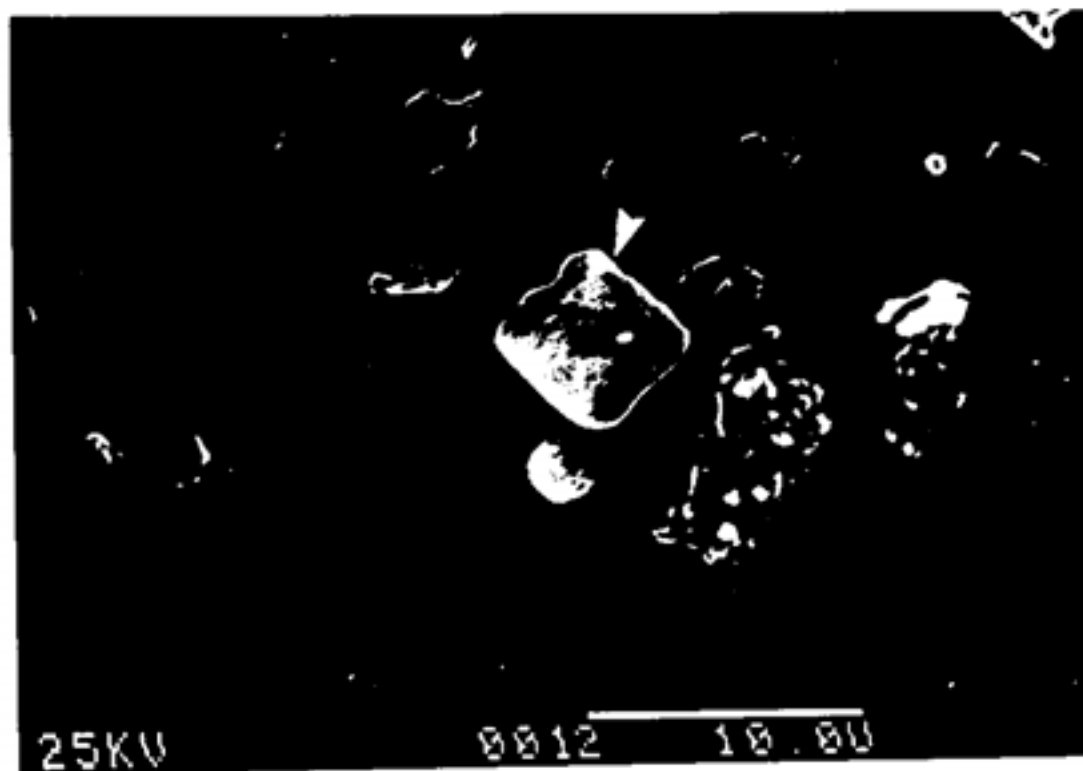


5.4.



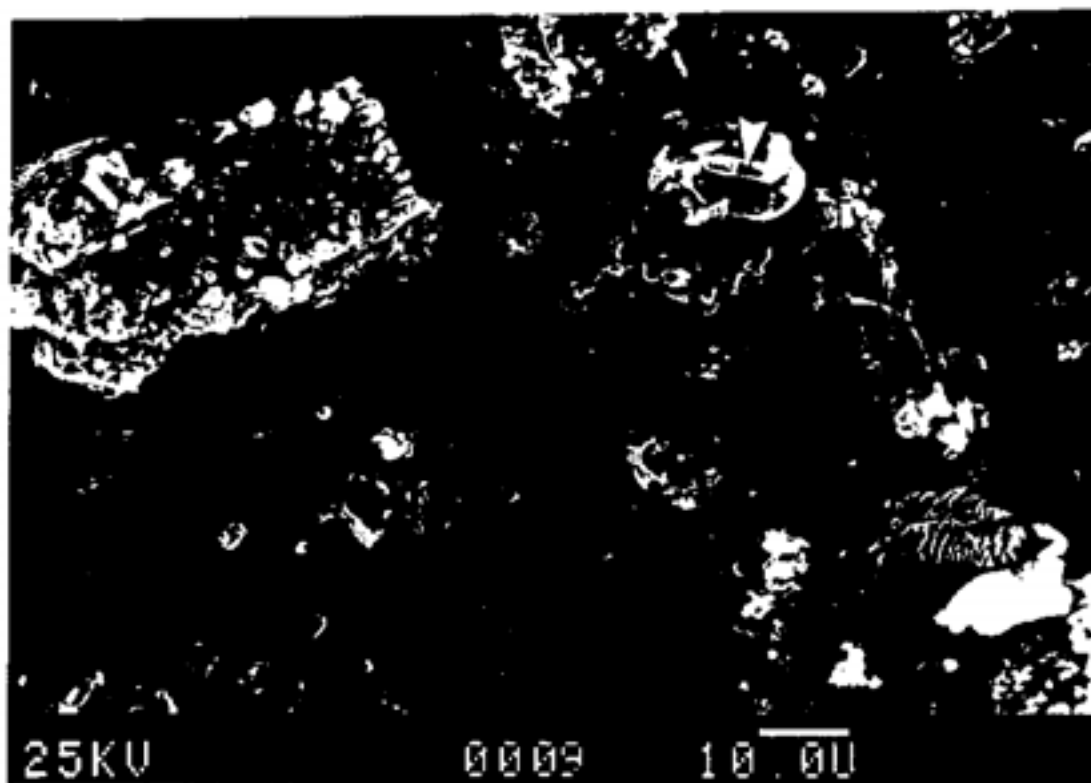
16.3.

Na Cl



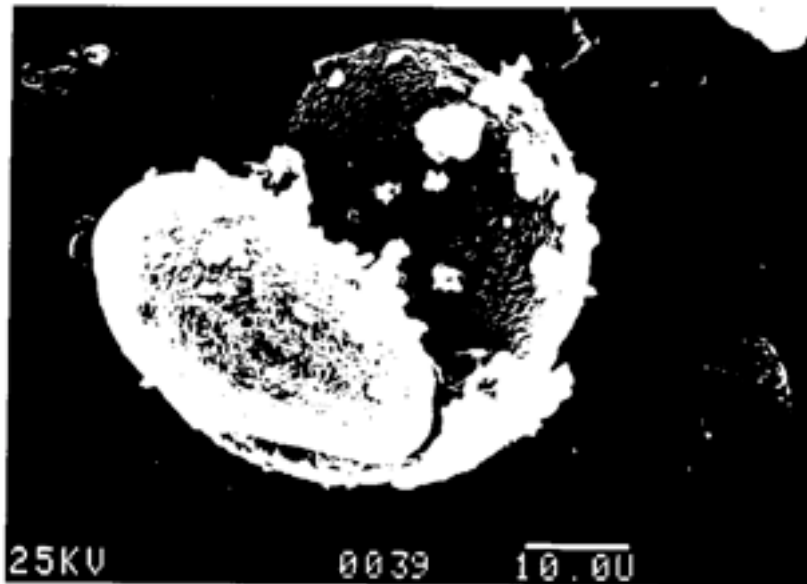
16.3.

Kalium



16.3

Pollenkörner mit Staubfilm und Deformation



22.5.

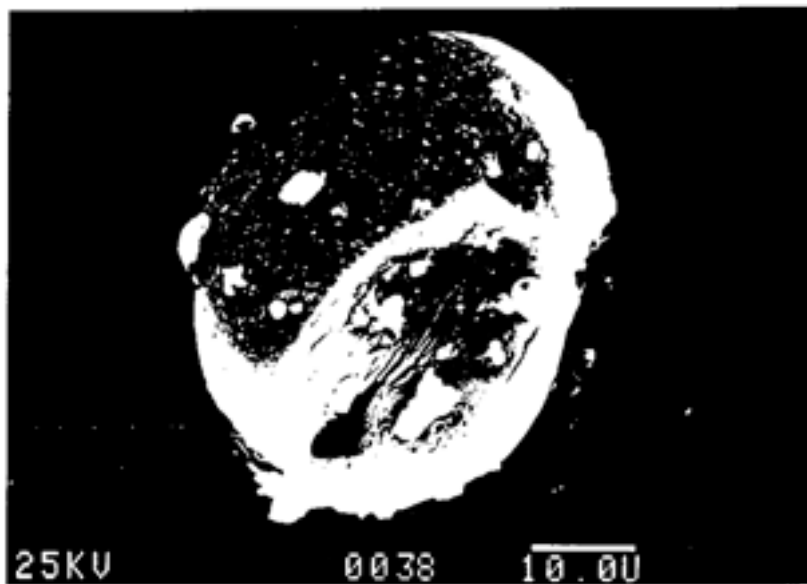
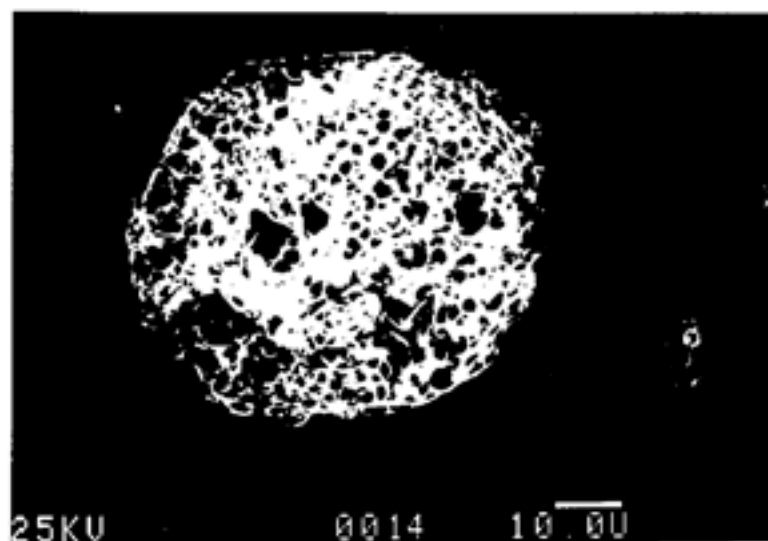


Abb. 36: Pollenkörner im REM mit Staubfracht und Deformation.

Sphärische karbonatische Schlackepartikel mit wabenartiger Struktur



16.3.

Energy Range: 0 - 10 keV 10 eV/ch

Preset: Q44

Res. Time: 127.00 Sec. Live Time: 116.50 Sec.

9% Deadtime 1111 Counts/Second

Acquisition dates: 01-Sep-91 Acquisition time: 17:20:26

File S12

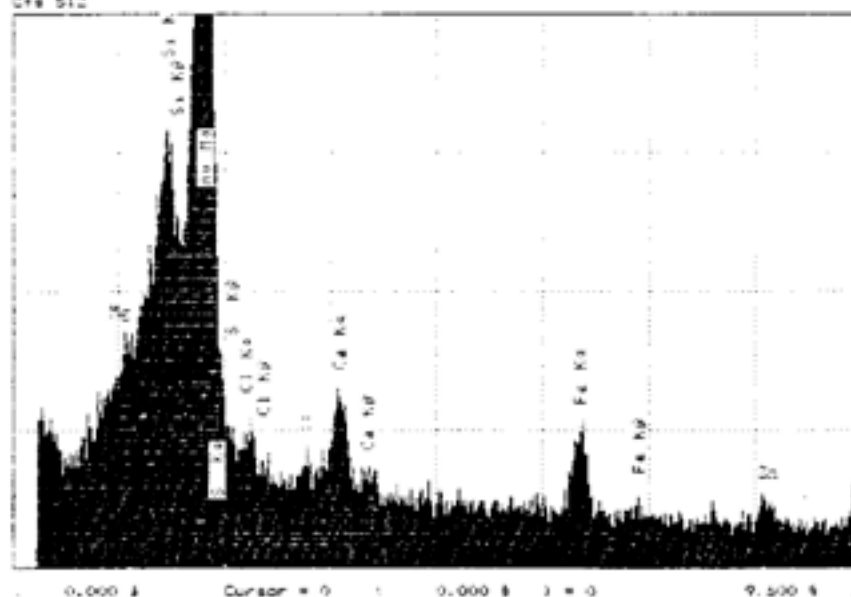
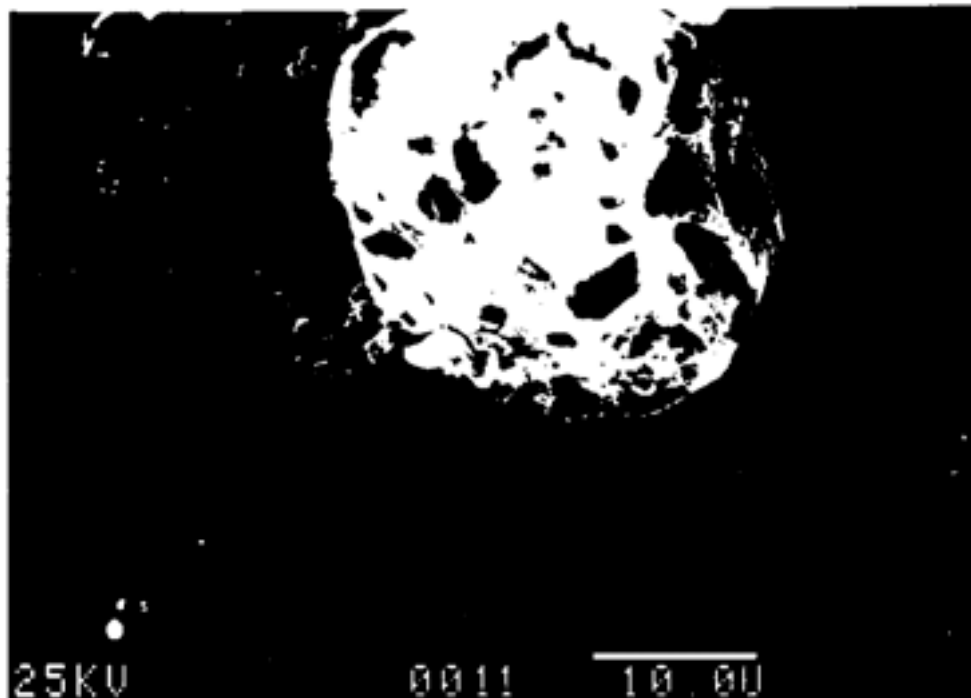


Abb. 37 a-c: Verbrennungsrückstände im REM und EDX-Detektion.

Spärliche karbonatische Schlackepartikel



16.3.

Sample ID:

Energy Range: 0 - 10 keV 10 eV/ch

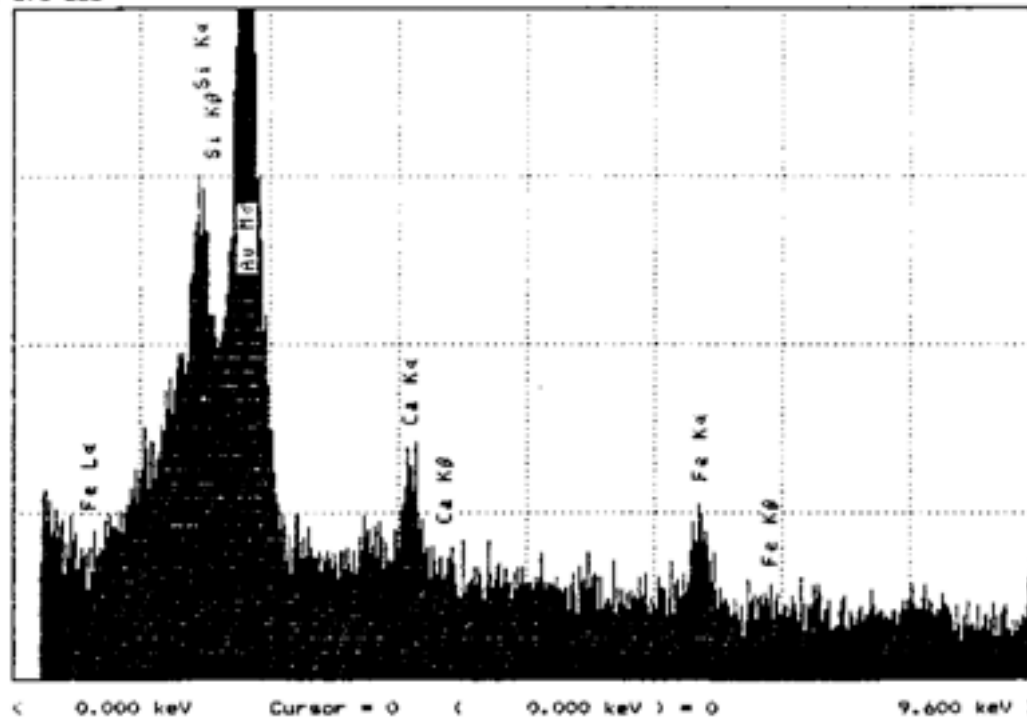
Preset: Off

Real Time: 117.96 Sec. Live Time: 112.48 Sec.

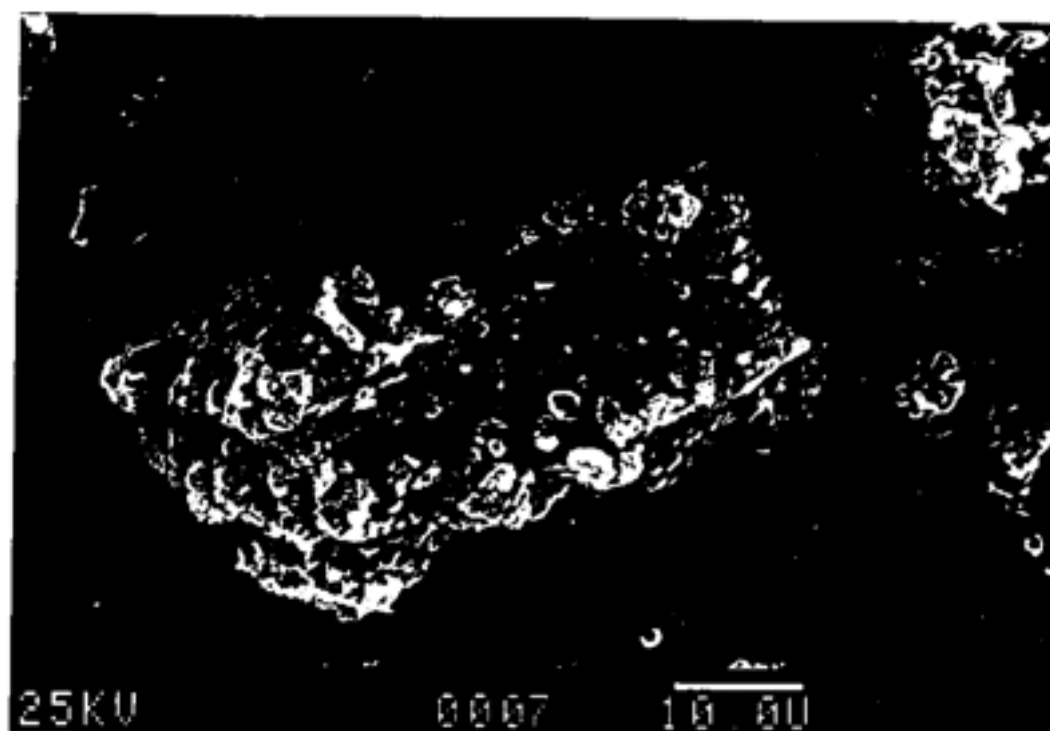
4% Deadtime 557 Counts/Second

Acquisition date: 01-Feb-91 Acquisition time: 16:47:10

Cfs 256

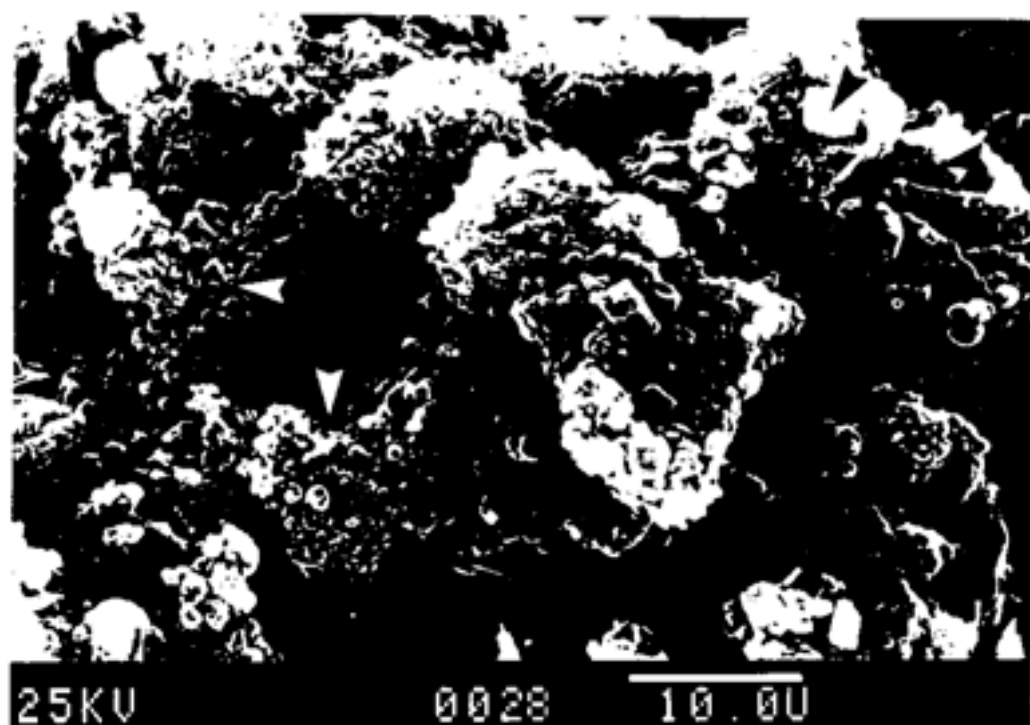


Schlacke Partikel mit Eisen



16.3.

Schlacke Partikel mit Eisen und Mangan



17.3.

Qualitative Analyse

Die Ergebnisse der Größenanalyse des nicht biogenen Staubes sind bereits in ABBILDUNG 18 im vorangehenden Abschnitt ausgeführt. Die rasterelektronische Bestimmung des maximalen Partikeldurchmesser wies einen Größenbereich des Feinstaubes zwischen 1 und 80 Mikrometer bei mittleren Maximaldurchmessern zwischen 6 und 10 μm auf. Dabei ist der Feinstaub unter 10 Mikron atemwegsgängig bis in die kleinsten Atemwege. Andererseits kann eine Sedimentation oder Impaktion nicht nur in den Luftwegen, sondern auch außerhalb des menschlichen Organismus erfolgen.

Die qualitative Analyse der in der Burkardfalle impaktierten Staubteilchen erlaubte eine morphologische Deskription und Identifizierung von Schwermetallen durch die qualitative rasterelektronenmikroskopische Auswertung und die ans REM gekoppelte Röntgen-Mikroanalyse.

Bei den biogenen Aerosolen wurden nur Pollenkörner analysiert, bei nicht biogenem Material wurde zwischen organischen und anorganischen Komponenten unterschieden.

1. Anorganische Bestandteile

1.1 Natürliche Staubpartikel

Exemplarisch dargestellt in ABBILDUNG 33. Häufig kommen Calzit (Kalziumkarbonat) und Quarz (Siliziumoxid) vor, wobei diese auf Grund früherer Staubanahmen nicht nur dem natürlichen geogenen, sondern auch dem industriellen Hintergrund zugeordnet werden müssen. Auch andere silikatische Bestandteile und Tone wurden gefunden. Obwohl Quarz nicht in Konzentrationen auftritt, die zu Staublungenerkrankungen führen können, ist doch die höhere Luftbelastung an diesem Mineral in dem Sinn relevant, als auch in "nicht toxischen Konzentrationen" strukturelle und funktionelle Abnormitäten von Alveolarmakrophagen auftreten, von Zellen, die bei der Entzündung und Immunreaktion eine zentrale Rolle spielen.

1.2. Partikel wahrscheinlich industrieller Herkunft

Zu ihnen zählen die Eisensphäroide (ABBILDUNG 34a) als Korrelate der in früheren Staubanahmen nachgewiesenen erhöhten Eisenbelastung des Linzer Zentralraumes.

Daneben können Partikel mit schlackeartiger Zusammensetzung mit Eisen- und/ oder Manganbeimengungen gefunden werden (ABBILDUNG 34b). Sphärische silikatische Aschepartikel sind in ABBILDUNG 37c dargestellt. Titanoxid ließ sich ebenfalls punktuell nachweisen wie in ABBILDUNG 34c, ohne daß seine Herkunft oder Bedeutung den Untersuchern bekannt wäre.

13. Fällungsprodukte

Häufig kamen Gips und Steinsalz vor (ABBILDUNGEN 35a-d). Gips tritt in Abhängigkeit der industriellen Prozesse als Reaktionsprodukt von SO₂ bzw. seinen Abkömmlingen und Kalziumverbindungen auf.

Steinsalz in der Luft wird der sekundären Aufwirbelung von Streusalz durch den Wind und Kraftverkehr zugeschrieben.

2. Organische Bestandteile

2.1. Pollenkörner

Elektronenoptisch weisen diese zumeist eine Staubfracht auf, wie ABBILDUNG 36 zeigt. Bei allergischen Reaktionen sind Kombinationsmöglichkeiten auch dadurch denkbar, daß nicht nur allergenes und nichtallergenes Material gleichzeitig auf Schleimhäute auftrifft, sondern immunologisch wirksame Pollensubstanzen durch Staubbeladung von Pollen hypothetisch kombiniert d.h. mit anderen chemisch nicht näher definierten Stoffen aus dem Anteil des Feinststaubes nach vorausgehender exogener Assoziation (Adsorption, Bindung) als Stoffkombination am Reaktionsort eintreffen.

Ob die Beladung der Pollen durch Sekundärstaub das spezifische Gewicht und Flugverhalten des Blütenstaubes verändert und mit für den in der Literatur verstärkten Ausfall von Pollen in Ballungsräumen verantwortlich ist, bleibt derzeit offen.

Eine Deformation und Fragmentation von Pollen wurde in REM-Aufnahmen beobachtet.

Zur Zeit kennen wir die immunologischen Auswirkungen der Staubbeladung der Pollenkörner bzw. der Pollenläsion nicht.

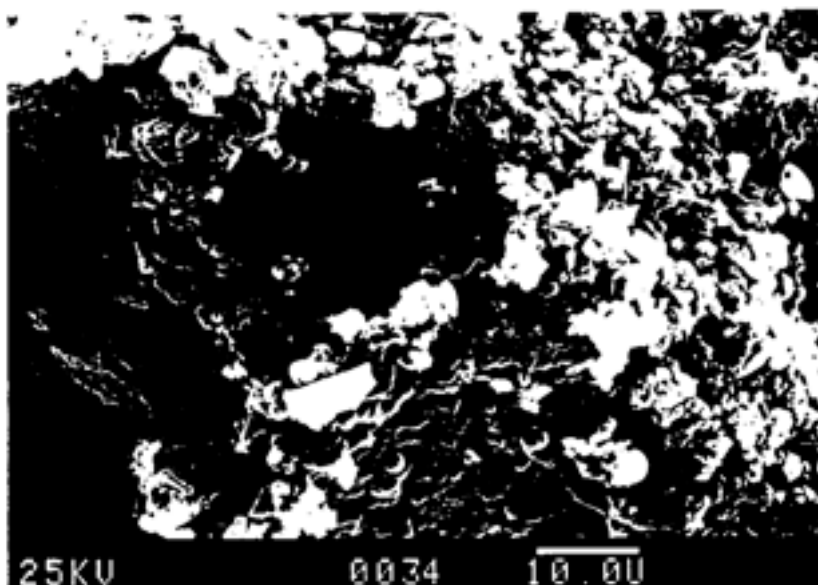
2.2. Verbrennungsrückstände

Häufig wurden sphärische karbonatische Partikel mit überwiegend wabenartiger Struktur gefunden, abgebildet in ABBILDUNG 37a-c.

Auch diese Partikel sind oftmals mit einem sekundären Staubfilm beschlagen. Als "Aktivkohle der Luft" kommen die Karbonteilchen jedoch nicht nur für eine Staubaggregation, sondern auf Grund ihrer porotischen Struktur auch für die Bindung von Flüssigkeit, wegen der Kohleeigenschaften zudem für die Adsorption einer Vielzahl volatiler organischer Substanzen, ja selbst als Reaktionsort und Katalysator für Sekundärreaktionen in Frage. Aus der Literatur ist bekannt, daß die partikulären organischen Verbrennungsrückstände sich bevorzugt im Feinststaub finden und eine Verstärkung bei der Sensibilisierung gegenüber Allergenen zumindest im Tierversuch induziert wird. Die karbonatischen Partikel stammen dabei nicht nur aus der industriellen Hochtemperaturverbrennung von Kohle oder Schweröl, sondern auch aus dem Dieselmotor im Straßenverkehr.

Amorphe Aschepartikel (Ruß im weiteren Sinne) wurden ebenfalls detektiert.

Belastungsmaxima mit amorphen Aschepartikeln spiegeln Phasen mit erhöhtem Hausbrand wider.



7.6.

Titanoxid

Sample ID: (Ti-Cr-1)

Energy Range: 0 - 10 keV 10 eV/ch

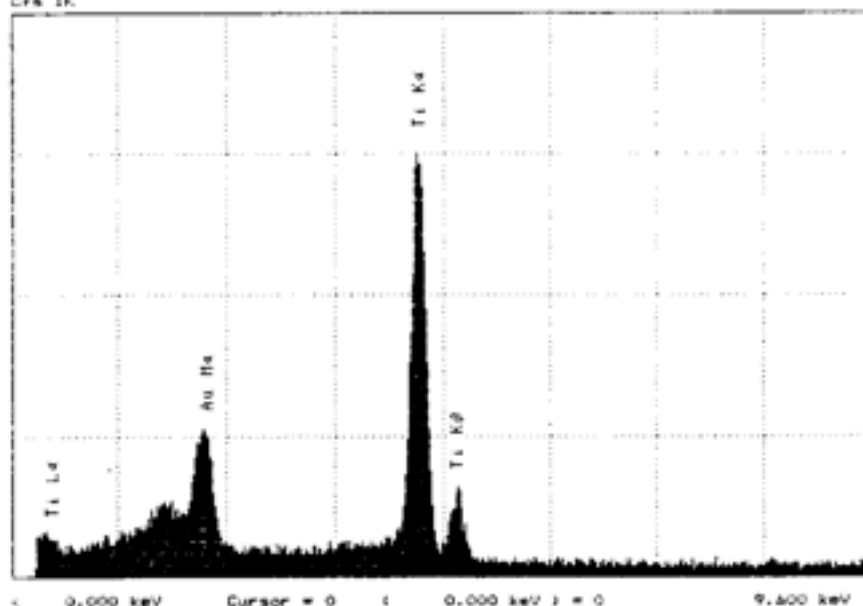
Preset: Off

Real Time: 75.90 Sec. Live Time: 69.76 Sec.

9% Deadtime 1094 Counts/Second

Acquisition date: 01-Feb-91 Acquisition time: 22:20:06

CPS: 1K



3. Staubaggregate

Abhängig von Größe, Oberflächenstruktur und chemischer Grundsubstanz dominieren Staubaggregate unterschiedlicher Zusammensetzung. Im industriellen Bereich können sphärische karbonatische und silikatische Partikel lokalisiert werden, wie sie bei Hochtemperaturverbrennungen entstehen. In den ABBILDUNG 33 und 37c sind Staubaggregate dargestellt. Größere Staubteilchen (Calzit, Karbonpartikel, Pollen) waren dabei ähnlich mit einem sekundären Staubfilm behaftet. Das Modell der exogenen Luftschadstoffassoziation trifft demnach nicht nur auf Pollenkörner zu, sondern ist für viele partikuläre Aerosole gültig. Obwohl chemische Analysen nicht durchgeführt wurden, müssen auch Schadstoffkombinationen zwischen anorganischem und organischen Staub mit flüssigen, in Flüssigkeit gelösten Substanzen sowie Reaktionen mit gasförmigen und flüchtigen Luftbestandteilen zumindest angenommen werden. Reaktionsprodukte wie Gips sind der Prototyp chemischer Aerosolvebindungen. Der größte Teil der Reaktionsprodukte entzog sich jedoch auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung dem Nachweis in dieser Arbeit.

Zusammenfassung und Diskussion

Am Standort des Allgemeinen öffentlichen Krankenhauses der Stadt Linz in Nähe der Luftgütemeßstelle ORF-Zentrum wurde in einem mäßig staubbelasteten Gebiet die Assoziation von Aeroallergenen (Pollen) und atmosphärischem Feinstaub untersucht. Die durchschnittliche Staubbelastung lag im Untersuchungszeitraum vom März 1991 bis September 1991 am Rezeptorort 1,9-fach über dem einer ländlichen Vergleichsregion eines industriell unbelasteten Gebietes (Bad Ischl, Salzkammergut).

Anlaß der Untersuchung sind steigende und erhöhte Allergieraten, eine vermehrte bronchiale Übererregbarkeit und subklinische Immunveränderungen in mit Luftschadstoffen belasteten Regionen.

Zur Staubsammlung wurde eine Burkard-Pollenfalle am Standort AKH Linz benutzt, welche die Bestimmung der Pollen- und partikulären Schadstoffimmission erlaubt und gleichzeitig als apparatives Modell für die menschliche Außenluftbelastung betrachtet werden kann, da die Sammelrate mit 101 Luftdurchsatz pro Minute der Minutenventilation eines gering bis mäßig körperlich daueraktiven Erwachsenen entspricht. Die Staubabscheidung an der Pollenfalle entspricht daher über definierte Zeiten (z.B. die untersuchten 2-Stundenintervalle) der in diesem Zeitraum inhalierten, impaktierten oder sedimentierten Staublast des Atemtraktes.

Für eine Zunahme der Allergie- und Asthmahäufigkeit müssen äußere Einflüsse geändert und/oder neue Kombinationswirkungen von Luftschadstoffen verantwortlich sein. Potentielle Schadstoffkombinationen zwischen Luftallergenen und nicht biogenen Aerosolen wurden daher untersucht - und zwischen Pollen und Pollen, Aeroallergenen und atmosphärischem Feinstaub, Pollen und Ozon (bei enger Korrelation), Pollen und anderen atmosphärischen Leitgasen (Stickoxide, Schwefeldioxid - ohne zeitliche Korrelation) belegt.

Im Prinzip lassen sich zwei Grundmodelle einer Schadstoffkombination für den menschlichen Organismus konzipieren. Luftschadstoffe können getrennt, aber gleichzeitig auf die Erfolgsorgane - beim Menschen Augen, Nase, Rachen, Luftwege, Lunge - einwirken. Am Reaktionsort können sich Effekte überlagern, einander verstärken, im Sinne von einer Vorschädigung wirken, für allergische Reaktionen sensibilisieren oder die Zellreaktion durch Zellschädigung ändern (**Modell S+s**)

Die zweite Möglichkeit besteht in einer vorausgehenden äußeren Schadstoffverbindung (Adsorption, Aggregation, chemische Reaktion) und nachfolgenden Einwirkung auf tierische oder menschliche Kontaktorgane - bei Luftschadstoffen vorrangig auf Atemwege und äußere unbedeckte Körperoberflächen (**Modell S-s**).

An Schadstoffkombinationen wurden gefunden:

Modell S+s

Aeroallergene mit Aeroallergenen (Pollenkombinationen)
Blüten- und atmosphärischer Feinstaub Pollenkörner und
SO₂, NO_x, CO₂

Modell S-s

Pollen mit sekundärem Feinstaubfilm
Anorganische/organische Staubpartikel mit Sekundärstaub (Aggregate)
(Hypothetisch bei Aerosolkoinzidenz und solaren Einflüssen:
Chemische Oberflächenveränderungen/reaktionen an Schwebstaub und Pollen)

Während zwischen Ozon- und Pollenbelastung eine deutliche Korrelation durch solaren Einfluß bestand, aber auch zwischen den einzelnen Aeroallergenen, fanden sich nur Zufallsverteilungen zwischen Blütenstaub und Schwebstaub bzw. gasförmigen Luftschadstoffen. In saisonaler und meteorologischer Abhängigkeit superponiert der Pollenflug die anthropogene Luftbelastung aus Verkehr, Haushalt, Gewerbe und Industrie bzw. Energiegewinnung. Die zeitliche und räumliche Koinzidenz der Luftlasten führt zu einer Belastung der menschlichen Kontakt/Erfolgsorgane durch Überlagerung von Schadstoffen bzw. Schadstoffeffekten.

Die Organbelastung erfolgt dabei nach dem Prinzip der

- Exposition am gleichen Ort
- Einwirkung zur gleichen Zeit
- auf das gleiche Erfolgsorgan
- in gleicher/ähnlicher Weise oder durch Modifikation einer Reaktion.

Auf Grund der Größenverteilung von Pollen und Schwebstaub sind von Kombinations-effekten sicher die Augen, der Nasen-Rachenraum und die größeren Atemwege betroffen. Unzulänglich aufgeklärt ist die Möglichkeit, ob Pollenfragmente auch tiefere Atemwege erreichen. Jedenfalls wirken auf kleinste Atemwege hypothetisch Feinstaub mit niedrigem Maximaldurchmesser und gasförmige Luftbestandteile kombiniert ein.

Staubaggregate - Pollen/Feinstaub, Grobstaub/Feinstaub, Karbonpartikel/gebundene chemische Substanzen - belasten größenabhängig entsprechende Atemwegsabschnitte. Von den nachgewiesenen Substanzen erhöhen Karbonpartikel oder adsorbierte Substanzen an dieser "Aktivkohle der Luft" aber auch Quarzstäube die Sensibilisierung gegenüber Luftallergenen.

Pseudoallergische Reaktionen sind im Sinne unspezifischer Triggerreaktionen bei Asthmatikern bekannt und auf Grund des irritativen Potentials einer Reihe der nachgewiesenen Luftschadstoffe denkbar.

Von den sekundären Reaktionsprodukten von Schwefeldioxid wurde nur der relativ neutrale Gips in der REM-Analyse erfaßt. Andere Reaktionsprodukte von SO₂ vor allem mit Ammoniumverbindungen blieben unerfaßt, haben jedoch für empfindliche Atemwege eine größere Bedeutung wegen ihrer höheren Aggressivität.

Andere Luftschadstoffe wie Eisenverbindungen (z.B. Eisensphäroide) oder sphärische Karbonatteilchen kommen potentiell als Katalysatoren für chemische Reaktionen zwischen unterschiedlichen Aerosolkomponenten in Frage.

Von den metallischen Verbindungen waren in Übereinstimmung mit früheren Analysen Eisen, Zink und Mangan nachweisbar. Die anderen selteneren Schwermetalle lagen unter der Detektionsgrenze der Methode, stellen nach Ansicht der Autoren dadurch aber auch keine relevante Luftbelastung bzw. Atemtraktbelastung dar.

Siliziumoxid (Quarz) und Silikate wurden relativ häufig gefunden. Wenn auch ihre Konzentrationen zu niedrig für die Entwicklung einer Staublungenerkrankung sind, weisen Arbeiten über ihren cytotoxischen Effekt auf eine Rolle bei Immun- und Entzündungsreaktionen und auf eine mögliche Verstärkung bei der Sensibilisierung gegenüber Allergenen hin. Bei zukünftigen Staubanalysen verdiente der Quarzanteil ebenso wie der Karbonatanteil - Karbonatpartikel verstärken ebenfalls die Allergisierung - aus medizinischer Sicht Aufmerksamkeit.

Die immunologische Bedeutung der Staubbeladung der Pollenkörner sowie der Fragmentation und Deformation ist ebenso wenig bekannt wie die Auswirkungen auf die Verfrachtung von Blütenstaub, die Deposition in Ballungsräumen - v.a. ob durch Pollenaltertion ein verstärkter Ausfall bewirkt wird.

In klinischen Provokationsversuchen haben Luftallergenbelastungen eine Wirkung über Stunden bis Tage, während die unspezifischen Reizstoffe wie Staub und die irritativen Gase nur kurzzeitige Effekte zeigen. Für den Menschen sind die ubiquitären und ständigen Belastungen mit nicht biogenen Luftschadstoffen als "Vorschädigungen" vor bzw. für Pollenreaktionen vorzustellen. Umgekehrt spielen die partikulären wie nichtpartikulären Schadstoffe der Luft eine Verstärker-, Modulator- oder Rolle als Zuschadtschädigung bei allergischen Atemwegserkrankungen wie z.B. Pollinose (Heuschnupfen) oder allergischem Asthma bronchiale.

Die Studie untersuchte die möglichen Schadstoffkombinationen in der Außenluft, gibt aber keinen Aufschluß über die tatsächlich beim Menschen wirksamen Komponenten. Sie beweist aber, daß die typische Luftbelastung nicht durch eine Einzelnoxe, vielmehr durch vielfache Schadstoffkombinationen zustandekommt.

Nicht im Detail konnte der genaue Prozentsatz staubbeladener Pollen, die Art des Staubes auf den Pollen und auch nicht der Grad der Pollenveränderungen untersucht werden. Die angewandte Methodik erlaubte auch keinen Nachweis von Pollenfragmenten oder immunologisch aktiven Pollenbestandteilen. Da Pollen ähnlich wie sphärische Karbonatpartikel "Dreck im Gepäck" mitführen, d.h. als Träger für eine Reihe von Substanzen oder als Reaktionsorte für Sekundärprodukte fungieren, werden adjuvante immunologische Effekte, additive Schleimhautreaktionen und potenzierte Umwelt-

einflüsse nicht nur durch zufälliges Zusammentreffen von Schadstoffen vorstellbar, sondern auch durch enge exogene Schadstoffassoziation bzw. -Verbindungen denkbar mit ihrer Einwirkung als Schadstoffkombination.

Blütenstaub von Windblütern ist nicht nur Extrembedingungen im Hinblick auf Sonnen- oder UV-Bestrahlung, Pilz- oder Bakterienbefall ausgesetzt, sondern unterliegt als Luftkomponente selbst Einflüssen von oder Wechselwirkungen mit anderen atmosphärischen Aerosolen.

Aufgrund jahreszeitlicher Immissionsschwankungen und des saisonalen Auftretens von Pollenflug entstehen bestimmte Pollen-Schadstoffkombinationen. Während Staub in den Monaten März und April eine größere Rolle spielt, wird Ozon gegen den Sommer zu als Kombination zu Aeroallergenen in der Außenluft immer bedeutsamer. Ozon selbst wäre wegen der engen Beziehung zum Pollenflug als Leit- oder Indikatorsubstanz für die Pollenimmission denkbar, wobei die Blütezeit der Pflanzen und Bäume allerdings die Art der emittierten Pollenkörner und damit die mit Ozon assoziierte Blütenstaubart bestimmt.

Die Sensibilisierung bzw. individuelle Atopie gegenüber Pollen bleibt jedoch die Grundvoraussetzung für die allergische Reaktion beim Menschen. Die anderen Luftschadstoffe üben bei Allergien der Atemwege, genauer bei der Pollinose, einen Einfluß als Zusatzfaktoren. Die Assoziation von Luftallergenen mit atmosphärischem Schwebstaub und anderen Luftschadstoffen ist die Regel, die Kombinationsmöglichkeiten sind manigfach. Die isolierte und monokausale Betrachtung von Aeroallergenen und allergischen Reaktionen bedarf der Ergänzung und des Einbezuges von real vorliegenden Zusatzeffekten und gängigen Luftschadstoffkombinationen.

Luftschadstoffe und Luftschadstoffkombinationen treffen jedoch nicht nur den Menschen, sondern auch die Aeroallergene emittierenden Windblüter. Für Birken wurde in unserer geografischen Breite wie für Zedern in Japan eine Erhöhung des Gehaltes allergener Substanzen in Pollenkörnern unter Umweltbelastung im Sinne eines "Umweltstress" nachgewiesen, ohne daß dabei die Bedeutung der direkten oder indirekten (über den Boden) Luftschadstoffwirkungen bekannt wäre.

Wir danken dem Umweltamt der Stadt Linz, Herrn Doz. Dr. Glötzl und Herrn Dipl. Ing. Hager, sowie dem Amt der OÖ Landesregierung, Unterabteilung Luftreinhaltung und Energietechnik, Frau Dr. Danninger, für die Unterstützung bei diesem Projekt.

Linz, April 1992

LITERATUR

- Amt der OÖ Landesregierung, Landesbaudirektion, Immissionsschutz: Schwermetalle im Schwebstaub 2, Messungen 1984 - Meßbericht 2
- Amt der OÖ Landesregierung, Unterabteilung Luftreinhaltung und Energietechnik: Untersuchungen zur Immissionssituation von Staubbiederschlag im Raum Linz und Umgebung, 1990
- BEHRENDT Heidrun: Grundlagen der Allergie und mögliche Angriffspunkte für Umweltchemikalien- Allergologie 12 (3): 95-99,1989
- BUCKM.: Außenluftverunreinigungen. Allergologie 12 (3): 100-108,1989
- ISHIZAKIT. et al.: Studies of prevalence of Japanese cedar pollinosis among residents in a densely cultivated area. Annals of Allergy 58: 265-270,1987
- LEUSCHNER RM et al.: Pollen und unbelebte Schwebeteilchen als Ursache obstruktiver Atemwegserkrankungen. Z Erkr Atmungsorgane 161 (2):141-152,1983
- MAYER K.H. et al.: Asthma und Allergie - eine Familienkrankheit? Atemwegs-Lungenkrankheiten 10 (11): 587-590,1984
- MURANAKA Masaharu et al.: Adjuvant activity of diesel-exhaust particulates for the production of IgE antibody in mice. J Allergy Clin Immunol 77: 616-623,1986
- Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen: In: Gesundheitsdaten und Umweltdaten in Österreich: Modell einer Regressionsanalyse des Österr. Statistischen Zentralamtes, Modell einer schrittweisen Indexbildung im Bereiche der Luftschadstoffbelastung: 120-123,1990
- POPP W., ZWICK H. et al.: Sensitization to aeroallergens depends on environmental factors. Allergy 44: 572-575,1989
- PUXBAUM H.: Untersuchung über das Auftreten der erhöhten Staubbbelastung im Raum Linz. Projektteil der Analytischen Luftgütestudie für den Raum Linz. Bericht 4A/86 - Abteilung f. Umweltanalytik, Institut f. Analytische Chemie, TU Wien, 1986 RIEDEL F.: Tierexperimentelle Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Reizgasschädigung und bronchialer Sensibilisierung. Allergologie 12 (3): 112-113,1989
- ROSE N.L.: A method for the selective removal of inorganic ash particles from lake Sediments. J Paleolimnology 4:61-67,1990

ROSE N.L.: A method for the extraction of carbonaceous particles from lake sediment.
J Paleolimnology 3:45-53,1990

SUZUKI S. et al.: Particulate air pollutants as enhancers of IgE production. Research
Trends. ACI News 1/3: 76-78,

Verein Deutscher Ingenieure: Maximale Immissions-Konzentrationen für Schwebstaub.
VDI-Richtlinien. VDI-Handbuch: Reinhaltung der Luft, Band 1,1990

ZWICK H. et al.: Effects of ozon on the respiratory health, allergic sensitization, and
cellular immune System in children. Am Rev Respir Dis 144:1075-1079,1991

ZWICK H. et al.: Pollen sensitization and allergy in children depend on pollen load.
Allergy 46: 362-366,1991