

maximal dreijährige Gastrolle auf. Nur der Flußregenpfeifer zeigt durch seine mehrmalige Wiederkehr eine gewisse Beständigkeit.

Aber schon nach zwei bis drei Jahren macht sich auf den Schlickflächen eine üppige Vegetation breit. In diesem neuen Biotop findet dann u. a. das ebenso anmutige wie seltene Blaukehlchen für mehrere Jahre geeignete Brutmöglichkeiten. Dieser Ablauf wird sich noch mehrmals wiederholen, ehe in 20 bis 30 Jahren der Verlandungsprozeß in der Hagenauer Bucht weitgehend abgeschlossen sein wird. Sicher wird es auch dann noch Tümpel, Rinnen und andere Kleingewässertypen geben. Eine Verarmung bei den hier brütenden Wasservogelarten wird

nicht zu verhindern sein und mit den großen Vogelansammlungen während der Zugzeit wird es dann auch aus sein. Bis dahin aber können uns allerdings einige Überraschungen ins Haus stehen.

#### Literatur:

ERLINGER, G., 1965: Die Vogelwelt des Stauseegebietes Braunau – Hagenau · Jb. OÖ. Mus. Ver., **110**, S. 422–445.

DERS., 1981: Vogelparadies aus Menschenhand – die Hagenauer Bucht · ÖKO-L, **3/2**, S. 3–9.

DERS., 1982: Erstbrut-Nachweise von Rohrweihe, Uferschnepfe und Kolbenente für Oberösterreich im Bereich des Unteren Inns · ÖKO-L, **4/4**, S. 14–18.

DERS., 1983: Der Wasservogel-Brutbestand 1982 in der Reichersberger Au und Hagenauer Bucht · ÖKO-L, **5/2**, S. 30–31.

DERS., 1984: Der Verlandungsprozeß der Hagenauer Bucht – Einfluß auf die Tier- und Pflanzenwelt, Teil I · ÖKO-L, **6/3**, S. 15–18.

GRIMS, F., 1963: Die Besiedlung des neu entstandenen Innstausees St. Florian bei Schärding · Egretta **6**, S. 29–31.

REICHHOLF, J. u. H., 1982: Die Stauseen am unteren Inn – Ergebnisse einer Ökosystemstudie · Berichte der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege, Laufen, **6**, S. 47–89.

UHL, F., 1933: Über die Brutvögel der Umgebung von Burghausen a. S. · Verh. Ornith. Ges. Bayern, **XX**, H. 1, S. 1–52.

## Die chemische und mineralogische Zusammensetzung des Flugstaubes im Linzer Raum

Mag. Dr. Peter GRUBER  
Dobrein 19  
A-8693 Mürzsteg

Das Problem der Umweltverschmutzung ist scheinbar untrennbar mit der Höherentwicklung der menschlichen Kultur verbunden, in deren Gefolge u. a. die Bevölkerungsdichten stark ansteigen. Schließlich lebt ein Großteil der Bevölkerung konzentriert in einigen wenigen Ballungsräumen, wo auf relativ kleiner Fläche, bei einer hohen Bevölkerungsdichte, ein überdimensionaler Güterumsatz (Produktion-Konsumation) stattfindet, der naturgemäß das Problem einer zunehmenden Umweltbelastung unübersehbar nach sich zieht. Man spricht von Urbanisation (= Verstädterung) bzw. Umweltverschmutzung!

Der vorliegende Beitrag bildet die Kurzfassung einer umfassenden Studie (veröffentlicht im Naturkundlichen Jahrbuch der Stadt Linz, Bd. 27) über die Situation der Linzer Staubproblematik, wobei insbesondere auf die Methodik der Staubanalyseverfahren Bezug genommen und die daraus resultierenden Ansätze zur Lösung der Staubemissionsproblematik angeboten werden.

Das Problem der Umweltverschmutzung kannten ansatzweise bereits die alten Griechen und Römer.

Im alten Griechenland wurden von Hippokrates (400 v. Chr.) im Zuge der Erzverarbeitung bereits hohe Schornsteine vorgeschlagen, um die giftigen Abgase in der Luft besser zu verteilen. Wie wir heute wissen, war dies allerdings ein, auf die heutige Situation übertragen, grundlegender Denkfehler.

Aufgrund übelriechender Dünste in Gerbereien durften diese nur mit besonderer Genehmigung errichtet werden.

Die Patrizier Roms beklagten bereits

die durch Ruß verursachte Verschmutzung ihrer weißen Wolltoga.

1293 reichte der Adel Londons eine Beschwerde bei Edward I. ein, worauf den Handwerkern grundsätzlich die Verwendung von Steinkohle zu Heizungszwecken untersagt wurde.

In den sogenannten Industrieländern hat inzwischen die Konzentration von Menschen, Industrie und Gewerbe in den sogenannten Ballungsräumen ein nicht vorhersehbares, ungeheures Ausmaß erlangt. Die Folgen sind Umweltbelastungen mit Schädwirkungen, die bereits für die menschliche Existenz bedrohliche Züge annehmen, wenn man u. a. nur

an die negativen Auswirkungen auf dem Gesundheitssektor denkt.

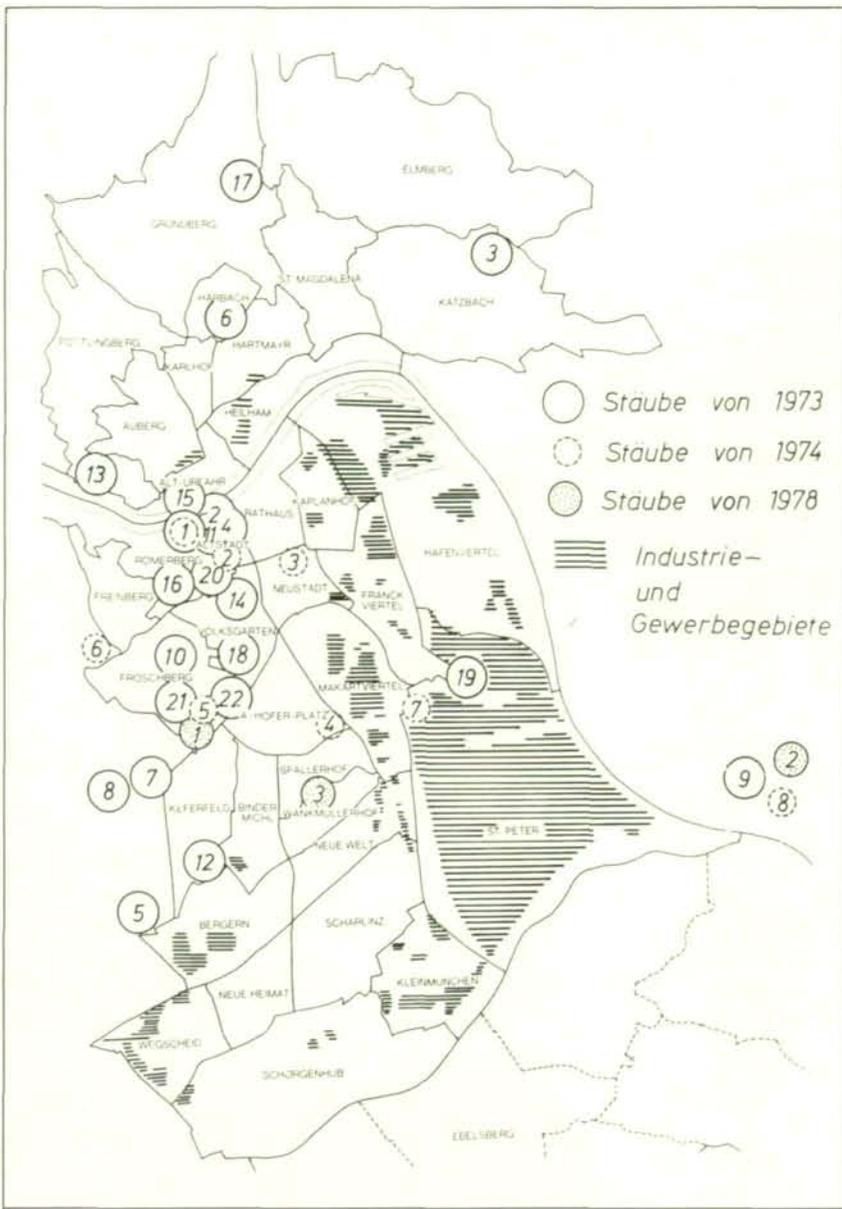
Vor etwa 15 Jahren, als man weltweit die lebensbedrohende Problematik erkannte, setzte eine intensive wissenschaftliche und technologische Auseinandersetzung mit den an Umfang stetig zunehmenden Umweltproblemen bzw. die Suche nach wirksamen Lösungen ein.

Die Situation im Großraum Linz ist vor dem Hintergrund einer expansiven Industrialisierung der letzten 40 Jahre und eines dadurch bedingten rapiden Bevölkerungszuwachses zu sehen, der u. a. eine raschest zu lösende Umweltverschmutzungsproblematik im sogenannten „ö. Zentralraum“ nach sich zog.

#### Ursachen der Luftverschmutzung

Die Verschmutzung der Luft erfolgt, vereinfacht dargestellt, hauptsächlich durch Abgase (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl, HF...), in geringerem Ausmaß durch staubförmige Verunreinigungen.

Massemäßig werden nach LOUB (1975) in Ballungszentren etwa 5mal mehr gasförmige Stoffe (CO<sub>2</sub> nicht mitgerechnet) abgegeben als staub-



- 1-22 Die im Lageplan auf diese Weise gekennzeichneten Stäube wurden 1973 gesammelt:  
 1 Römerbergtunnel 2 Nibelungenbrücke 3 Kloster Dornbach, Koglerweg 4 Promenade 5 St. Isidor 6 Leonfeldner Straße 7 Welser Straße 8 Welser Straße neben Bahn 9 Steyregg 10 Froschberg 11 Alter Markt 12 Bindermichl- Stadlerstraße 13 Urfahrwände 14 Volksgarten 15 Rudolfstraße 16 Kapuzinerstraße 17 Göteborgweg 18 Stockhofstraße 19 Boschweg – Eingang Chemie Linz 20 Herrenstraße – Spittelwiese 21 Schultestraße 22 Bahnhof-Post
- ⊖ 1-8 Die im Lageplan auf diese Weise gekennzeichneten Stäube wurden 1974 gesammelt:  
 1 Römerbergtunnel 2 Hauptplatz, Dreifaltigkeitssäule 3 Hessenplatz 4 Bulgariplatz 5 Bahnhof 6 Ziegeleistraße 7 Posseltbrücke 8 Steyregg
- ◐ 1 Die im Lageplan auf diese Weise gekennzeichneten Stäube wurden 1978 gesammelt von der Magistratsabteilung für Umwelthygiene:  
 1 Hauptbahnhof 2 Windegg bei Steyregg 3 Wankmüllerhofstraße (ÖAMTC)

förmige Teilchen. Den größeren Anteil zur Luftverschmutzung tragen daher die Abgase bei, da sie sich rasch ausbreiten und ebenso rasch reagieren. Daher gibt es auch keinen wirkungsvollen Schutz.

Auffälliger – und daher überbewertet – sind Auswirkungen der Stäube. Allerdings beeinflussen auch diese in vielfältiger Art und Weise anorganische Materie (z. B. Bausubstanz) und Organismen gleichermaßen. Ihre Wirkung ist nicht so unmittelbar wie die der Gase, sondern langsamer und anhaltender.

Entsprechend ihrer Bedeutung liegt bereits eine umfangreiche Literatur zur Problematik des Staubbiederschlages vor.

**Staubmessungen**

In Linz wurde der Staubbiederschlag bis zum Vorliegen dieser Studie nur quantitativ von der damaligen Abteilung für Umwelthygiene (dzt. Amt für Umweltschutz) des Magistrates Linz und der Umweltschutzabteilung der öö. Landesregierung erfaßt. Es wurde ermittelt, daß auf jeden Quadratmeter des Linzer Stadtgebietes täglich zwischen 0,40–1,30 g Staub fallen.

Die hier nur gekürzt bzw. auszugsweise vorliegende Arbeit ist bisher der erste chemisch-mineralogische Analysebefund des Linzer Staubes.

Da der Faktor Staub ein Vielstoffsystem ist, müssen verschiedene Analyseverfahren angewendet werden und deren Ergebnisse miteinander kombiniert werden, um genauere Aussagen treffen zu können.

Chemische Analysen (Gesamtanalyse und Löslichkeitsverhalten), Korngrößenverteilung, Dichte- und spezifische Oberflächenverhältnisse sowie mittels mikroskopischer und röntgenoptischer Verfahren erarbeitete staubmineralogische Befunde sollen dazu dienen, ein möglichst umfassendes Bild des Linzer Staubes zu gewinnen.

Denn eine genaue Kenntnis der Staubzusammensetzung ist notwendig, um, unter Miteinbezug der umfangreichen Literatur, mögliche Auswirkungen sowohl unmittelbar als auch auf längere Sicht abschätzen zu können.

**Staubdefinition nach den VDI-Richtlinien 2031 (1962)**

Staub ist ein grob disperser Stoff

ÖKO-L 7/2 (1985)

Abb. 1: Lageplan der Staubsammelstellen.

beliebiger Form, Struktur und Dichte, dessen Teilchengröße zwischen  $0,5 \mu\text{m}$  –  $500 \mu\text{m}$  ( $0,0005 \text{ mm}$  –  $0,5 \text{ mm}$ ) liegt. Stäube sedimentieren, d. h. sie halten sich nur begrenzte Zeit in der Luft und lagern sich schließlich auf dem Boden ab.

Unter  $0,5 \mu\text{m}$  beginnt das Gebiet der Aerosole (Schwebstoffe), die nicht mehr sedimentieren.

### Probennahme

Die untersuchten Stäube wurden in den Jahren 1973, 1974 und 1978 auf 22 Probestellen des Stadtgebietes von Linz bzw. des Steyregger Gemeindegebietes (Abb. 1) entnommen.

Es ist Staub, der sich über längere Zeit an geschützten Stellen ablagert, so daß man annehmen kann, daß die Proben einen Querschnitt durch die an diesem Ort übliche Staubzusammensetzung geben.

### Untersuchungsergebnisse

Die **Dichte** der Stäube schwankt zwischen  $2,04$  –  $2,94 \text{ g/cm}^3$ . Die Dichte der Stäube gibt bereits Hinweise auf seine mögliche Zusammensetzung und beeinflusst außerdem sein Ausbreitungs- und Ablagerungsverhalten.

Die **Glühverluste** bei  $500^\circ \text{C}$  betragen  $3,8$ – $14,5$  Prozent und bei  $700^\circ \text{C}$   $8,9$  –  $20,5$  Prozent. Diese Prozentgehalte bedeuten zugleich die Menge verglühten Russes, Kokes und anderer organischer Substanzen.

Die **spezifische Oberfläche** der Stäube liegt zwischen  $10,0$ – $21,4 \text{ m}^2/\text{g}$ . Der Mittelwert im Winter beträgt  $18,7 \text{ m}^2/\text{g}$  Staub und im Frühling  $13,1 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Der Ruß, der in der kalten Jahreszeit vermehrt anfällt, bewirkt diesen großen Unterschied der Werte zwischen  $20$ – $130 \text{ m}^2$  Oberfläche/g.

Das Reaktionsvermögen der Stäube hängt außer von der chemischen Zusammensetzung auch vom Umfang der Oberflächengrößen ab, die für chemische Reaktionen zur Verfügung stehen. Denn zum Teil sind diese Oberflächen katalytisch hoch wirksam.

Die **Korngrößenverteilung** wird mittels Siebung und Sedimentation bestimmt. Die Korngrößenverteilung ist ein sehr wichtiges Merkmal, denn davon hängen Staubausbreitung und Ablagerung sowie biologische Wirk-

samkeit ab.

Teilchen mit Durchmessern größer  $10 \mu\text{m}$  sedimentieren rasch, kleinere Teilchen bedeutend langsamer. Teilchen mit Durchmessern kleiner  $1,0 \mu\text{m}$  sedimentieren nicht mehr, sie unterliegen nur der Auswaschung bei Niederschlägen.

Tab. 1: Mittelwerte der Korngrößenverteilung des Linzer Staubes.

Korngröße	Anteil in %
> 0,5 mm	0,78
0,5 – 0,2 mm	1,23
0,2 – 0,063 mm	9,77
0,063 – 0,020 mm	60,10
0,020 – 0,006 mm	17,61
0,006 – 0,002 mm	4,53
< 0,002 mm	4,66
--- oberhalb mit freiem Auge noch sichtbar, unterhalb unsichtbar.	

Langfristige Messungen in deutschen Industriegebieten zeigten im Zeitraum von 1964–1974 eine Verschiebung zu den Feinstäuben, d. h. der Staubniederschlag geht zurück und der gefährlichere, in der Luft schwebende Anteil nimmt zu!

Die Tabelle 1 über die Mittelwerte der Korngrößenverteilung scheint diesen Trend auch für die Linzer Stäube zu bestätigen.

Zahlreiche Untersuchungen (KLOSTERKÖTTER 1970, DAUTREBANDE 1961) beweisen die starke Ablagerung der Feinstanteile ab  $1,0 \mu\text{m}$  in den Lungen. Teilchen größer  $5,0 \mu\text{m}$  werden ausschließlich in den oberen Atemwegen zurückgehalten und mit dem Bronchialschleim ausgeschieden.

Tab. 2: Chemische Analyse (Gesamtaufschluß) der Linzer Stäube.

Element	Extremwerte		Mittelwerte	
	in $\mu\text{g/g}$ Staub	in %	in $\mu\text{g/g}$	in %
Natrium, Na	5200 – 11800	0,52 – 1,18	12275	1,22
Kalium, K	9200 – 15000	0,92 – 1,50	11062	1,10
Calcium, Ca	17500 – 134000	1,75 – 13,40	64762	6,47
Magnesium, Mg	10000 – 23200	1,0 – 2,32	16800	1,68
Eisen, Fe	42100 – 154000	4,21 – 15,40	120367	12,06
Mangan, Mn	880 – 9800	0,088 – 0,98	4072	0,40
Aluminium, Al	16000 – 47300	1,60 – 4,73	31137	3,11
Siliziumdioxid	29600 – 489100	29,60 – 48,91	437537	43,75
Phosphat, $\text{PO}_4$	640 – 1900	0,06 – 0,19	1257	0,12
Sulfat, $\text{SO}_4$	3710 – 29450	0,37 – 2,94	12533	1,25
Blei, Pb	400 – 940	0,04 – 0,09	591	0,059
Zink, Zn	440 – 1120	0,04 – 0,11	850	0,085
Kupfer, Cu	70 – 300	0,007 – 0,03	143	0,014
Nickel, Ni	60 – 110	0,006 – 0,01	67	0,0067
Cobalt, Co	7 – 20	0,0007 – 0,002	16	0,0016
Chrom, Cr	50 – 190	0,005 – 0,019	117	0,0117
Cadmium, Cd	1 – 90	0,0001 – 0,009	2	0,0002

### Chemische Befunde

Welche Wirkungen Stäube haben können, wird, neben Korngröße und Form, vor allem durch ihre chemische Zusammensetzung bestimmt. Maßgebend ist nicht nur die Gesamtkonzentration einzelner Stoffe im Staub, sondern vor allem deren Löslichkeitsverhalten. Daraus wird erkennbar, wie sich abgelagerter Staub über längere Zeit, z. B. im Boden, verhält.

Folgende Bestandteile wurden hinsichtlich ihrer Gesamtkonzentration und ihres Löslichkeitsverhaltens analysiert:

Natrium, Kalium, Calcium, Magnesium, Aluminium, Siliziumdioxid, Phosphat, Sulfat, Chlorid, Eisen, Mangan, Zink, Blei, Kupfer, Cadmium, Nickel, Kobalt, Chrom und Molybdän.

Tab. 3: Reihung der Elemente im Linzer Staub nach ihrer Häufigkeit (in %).

Element	%
1. $\text{SiO}_2$	43,75
2. C	17,20
3. Fe	12,06
4. Ca	6,47
5. Al	3,11
6. Mg	1,68
7. $\text{SO}_4$	1,25
8. Na	1,22
9. K	1,10
10. Mn	0,40
11. $\text{PO}_4$	0,12
12. Zn	0,085
13. Pb	0,059
14. Cu	0,014
15. Cr	0,011
16. Ni	0,006
17. Co	0,001
18. Cd	0,0002

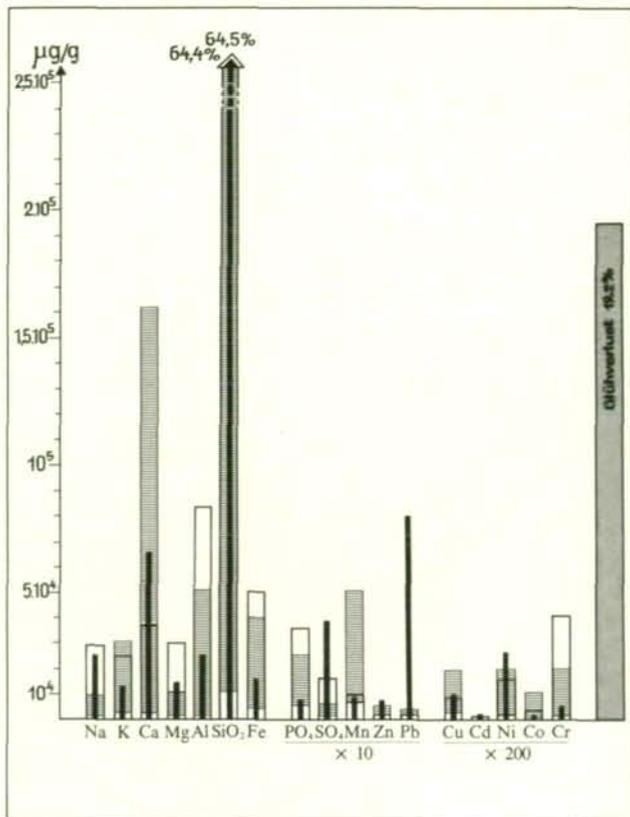


Abb. 2: Römerbergtunnel.

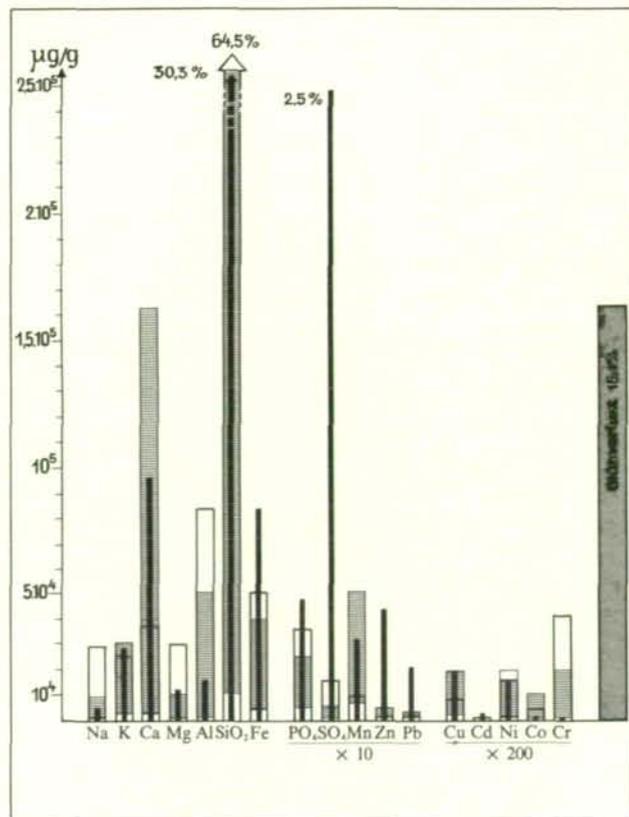


Abb. 3: Boschweg/Eingang Chemie Linz AG.

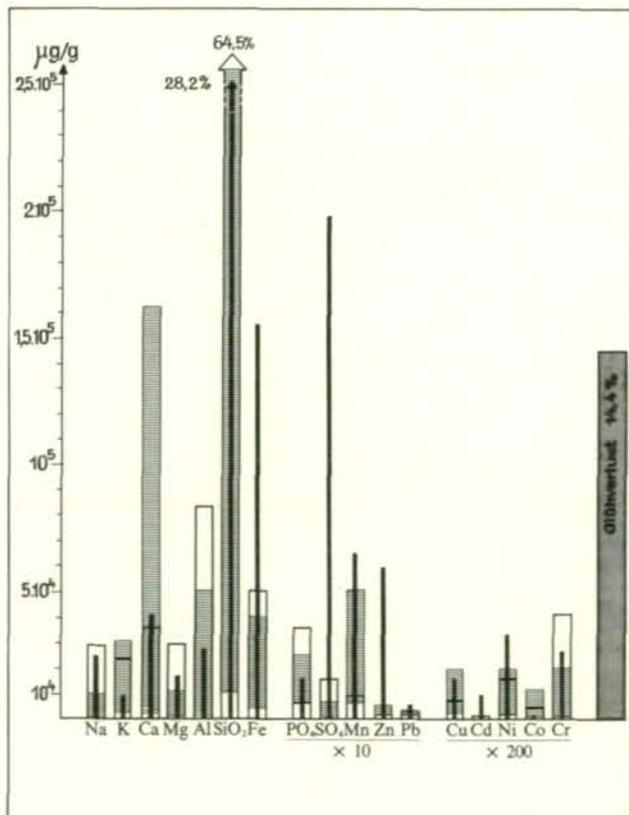
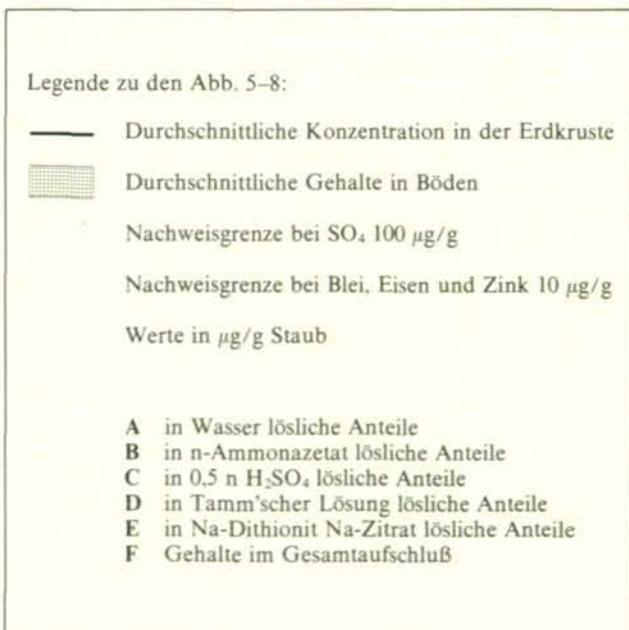
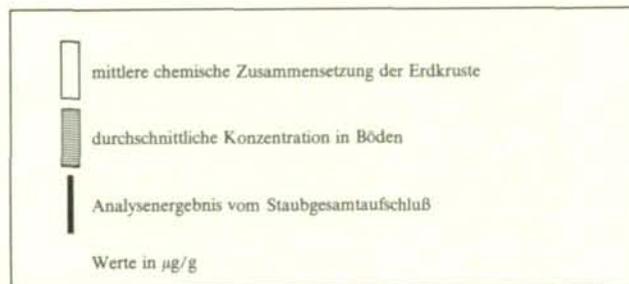


Abb. 4: Steyregg.

Abb. 2-4: Vergleich zwischen der Staubzusammensetzung der Sammelstellen Römerbergtunnel, Boschweg/Eingang Chemie Linz AG und Steyregg und der mittleren chemischen Zusammensetzung der Erdkruste bzw. der Böden.



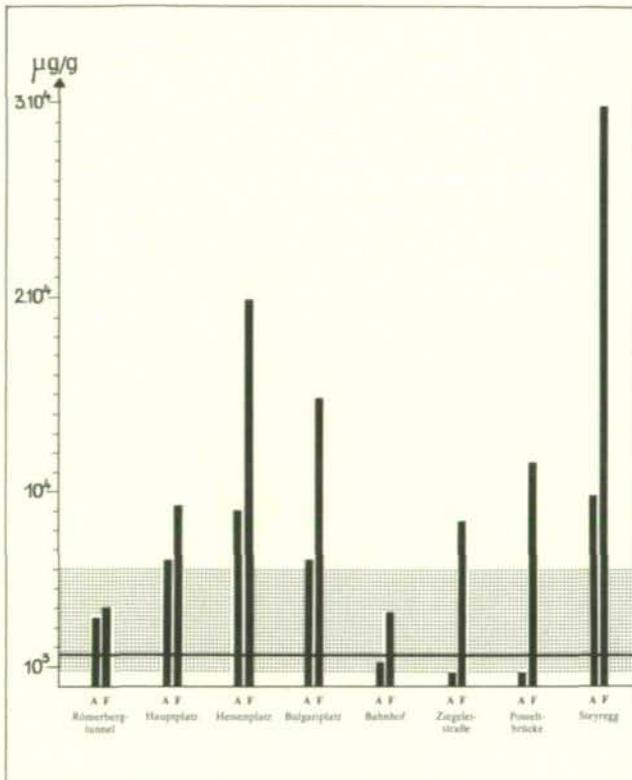


Abb. 5: SO<sub>4</sub>-Verhältnisse.

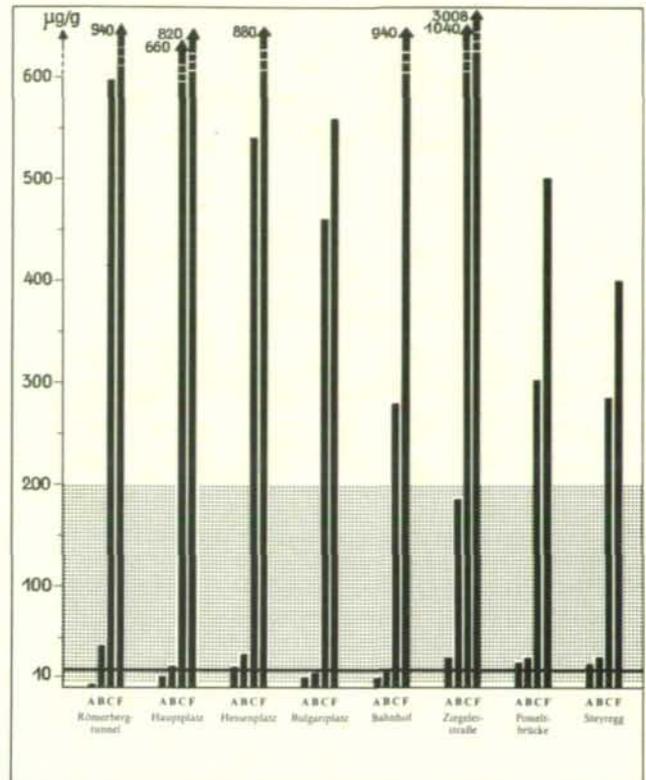


Abb. 6: Bleiverhältnisse.

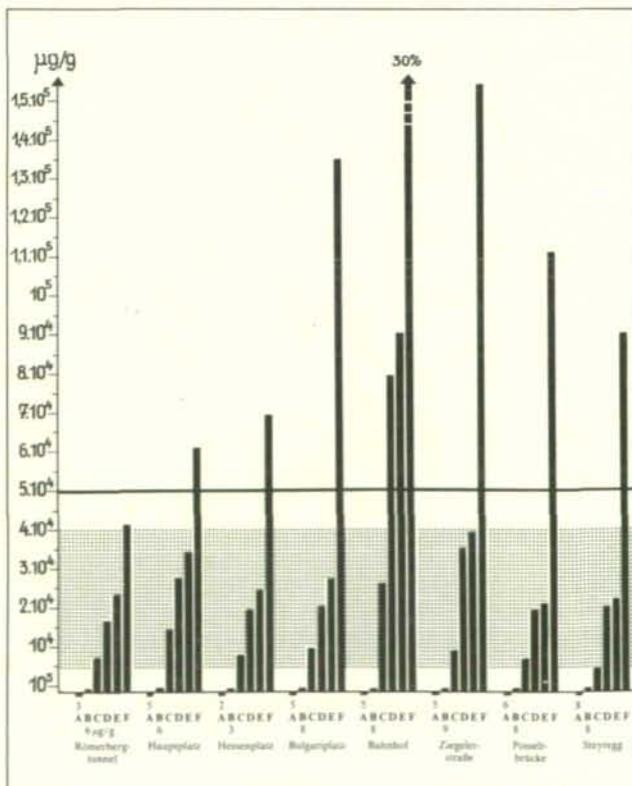


Abb. 7: Eisenverhältnisse.

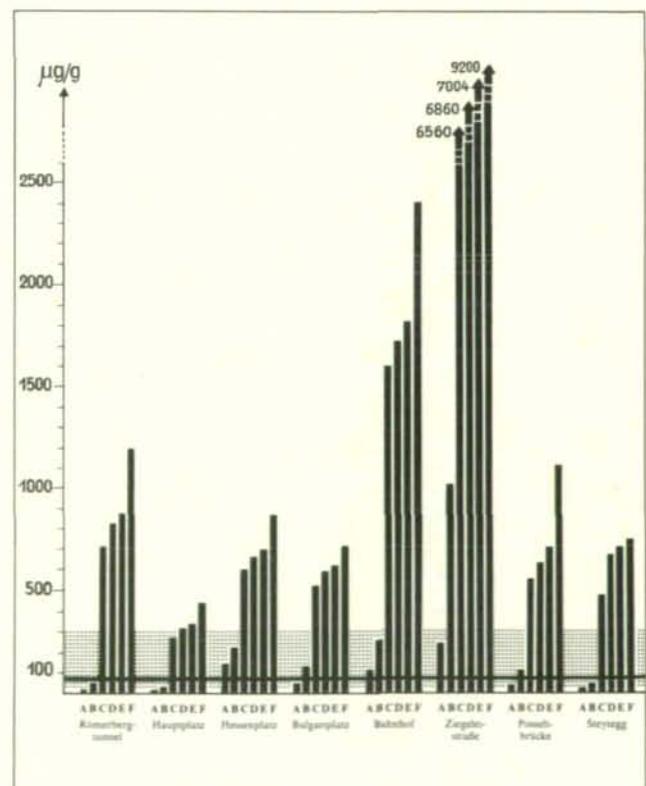


Abb. 8: Zinkverhältnisse.

Abb. 5–8: Gesamtkonzentration ( $\mu\text{g/g}$  Staub) und Löslichkeitsverhalten von SO<sub>4</sub>, Blei, Eisen und Zink im Vergleich zur durchschnittlichen Konzentration in der Erdkruste bzw. im Boden.

Alle untersuchten Staubproben ergaben einen sauren Wasserauszug mit Werten von pH 5,7–6,1!

Nicht untersucht – obwohl heute aktuell – wurde der Staub auf Vanadium, Strontium, Quecksilber, Beryllium und Fluor.

Die Tabelle 2 stellt eine Zusammenfassung der Werte über die unteren und oberen Grenzkonzentrationen und die Mittelwerte der Staubzusammensetzung und Tabelle 3 eine Reihung der Häufigkeit der untersuchten Elemente im Staub dar.

### Konzentration einzelner Elemente im Staub

Umweltprobleme ergeben sich zu meist erst dann, wenn Substanzen in unnatürlich hohen Mengen auftreten. Wenn es staubförmige Verunreinigungen zu bewerten gilt, bieten sich dafür zwei natürliche Vergleichsmaßstäbe an:

- + Die durchschnittliche Zusammensetzung der Erdkruste und
- + die durchschnittliche Bodenzusammensetzung.

Durch diesen Vergleich, der in den drei ausgewählten Beispielen der Abb. 2–4 zum Ausdruck kommt, erkennt man, welche Elemente im Staub in unnatürlich hohen Konzentrationen auftreten und daher besondere Beachtung verdienen.

Im vorliegenden Fall sind dies die Stoffe Sulfat, Blei, Eisen und Zink, wobei für eine Industriestadt wie Linz die Schwefel- und Bleiverbindungen die allergrößte Bedeutung haben.

### Sulfat (SO<sub>4</sub>)

Der abnorm hohe Sulfatgehalt (Abb. 5) der Linzer Stäube stammt zum überwiegenden Teil vom SO<sub>2</sub> (Schwefeldioxid) aus den Abgasen der fossilen Brennstoffe Kohle und Heizöl (0,5–4,0 Prozent Schwefel) und zum Teil aus Prozessen der chemischen Industrie.

In der freien Atmosphäre oder adsorbiert an Staubteilchen, die katalytisch wirken (BARTON, 1973, BRIMBLECOMBE, 1974, HILL, 1971), erfolgt die Reaktion zu Sulfat nach der Formel:  $\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 2e \rightarrow \text{SO}_4$ .

Schwefeloxide aus Abgasen sind der wichtigste Stimulator der atmosphärischen Korrosion, d. h. Metalle korrodieren schneller und Bauwerke zerfallen früher!

Schäden an der Vegetation in Industriegebieten werden hauptsächlich von Schwefeloxiden verursacht, weil sie in den Geweben reduzierend wirken.

Beim Menschen verursachen Konzentrationen von 2,5–5,0 mg SO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, wie sie häufig in Linz gemessen werden, eine Reizung der Atemwege.

### Blei (Pb)

Im krassen Gegensatz zu den geringen Bleigehalten der natürlichen Umwelt (0,0015 Prozent) stehen die hohen Bleiwerte (Abb. 6) in den Linzer Stäuben mit 0,04–0,2 Prozent!

Das meiste Blei stammt aus Antiklopfmitteln in Treibstoffen. Aus den Verbrennungsmotoren tritt es hauptsächlich als Bleioxid aus, welches sich innerhalb weniger Tage zu Bleikarbonaten umsetzt. Die aus Benzinmotoren freigesetzten Bleiverbindungen bestehen hauptsächlich aus „lungengängigen“ Korngrößen (< 1 µm). Bleiverbindungen gelangen aber auch bei der Schrottaufbereitung über die Flugstäube in die Atmosphäre und stammen wahrscheinlich von bleihaltigen Schutzanstrichen der eingeschrotteten Stahlkonstruktionen.

Infolge der geringen Teilchengröße und der hohen Löslichkeit wird Blei zu etwa 95 Prozent von der Lunge aufgenommen, nur etwa fünf Prozent stammen aus der Nahrung!

Beim Menschen erhöht sich der Bleigehalt in Haaren, Nägeln, Leber und Nieren nachweislich und schädigt auf Dauer das Blutbildungssystem und das Nervensystem. Als besonders empfindliche Personengruppen gelten Schwangere und Kinder!

Im Boden reichert sich Blei vor allem in den oberen Bodenschichten an, da es nicht zur Verlagerung neigt.

### Eisen (Fe) in Form seiner Oxide

Der Eisengehalt (Abb. 7) in den Linzer Stäuben liegt zwischen 4,2–15,4 Prozent. Dies zeigt den starken Einfluß der Eisen- und Stahlindustrie auf die Staubzusammensetzung.

Die vorhandenen Eisenverbindungen Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) und Hämatit (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sind schwerlösliche Oxide; in weit geringerem Umfang ist Siderit (FeCO<sub>3</sub>) nachzuweisen.

Eisen ist für den pflanzlichen wie tierischen Organismus ein wichtiges Spurenelement und ist in Enzyme

der Zellatmung und in den roten Blutfarbstoff eingebaut.

Aus der Nahrung vermag unser Organismus nur etwa 10 Prozent des darin enthaltenen Eisens aufzunehmen (SCHÜTTE, 1965).

Für Mensch und Tier werden Eisenstäube als inert oder ungiftig betrachtet. Es gibt mehrere Untersuchungen, die den Stäuben aus den Bereichen Hochofen und Stahlwerk günstige Wirkung auf den Pflanzenertrag zuschreiben (MASEK, 1972, BERGER, 1966).

Im Überblick kann gesagt werden, daß die Eisenoxide – infolge ihrer chemischen Stabilität – kaum eine Umweltgefährdung darstellen.

### Zink (Zn)

Zu jenen vier Elementen, die in den Stäuben in unnatürlich hoher Konzentration auftreten – im Vergleich zur Boden- und Erdkrustenzusammensetzung – gehört auch das Zink. Die Höchstgehalte in den Flugstäuben betragen aber nur etwa 0,1 Prozent. ZnO (primär), ZnSO<sub>4</sub> und ZnCO<sub>3</sub> sind die vorherrschenden Zinkverbindungen im Staub.

Diese etwas über dem natürlichen Maßstab liegenden Zinkgehalte stammen hauptsächlich aus der Stahlindustrie, wo es aus verschiedenen Hochtemperaturprozessen verdampft.

Die in den Linzer Stäuben vorhandenen Zinkgehalte (Abb. 8) können für die Vegetation als Spurenelementdüngung betrachtet werden.

Für den tierischen und menschlichen Organismus ist Zink ein wichtiges Spurenelement und Mangel an Zink führt zu Sterilität der männlichen Individuen (EINBRODT, 1973).

### Mikroskopisch-mineralogische Analyse

#### Mikroskopische Verfahren

Mit lichtmikroskopischen Techniken und mittels Röntgenuntersuchungen wurde ein Bild der mineralogischen Zusammensetzung des Linzer Staubes gewonnen. Daraus geht die zentrale Bedeutung einiger weniger Verbindungen in den Stäuben hervor.

Der Linzer Staub setzt sich hauptsächlich aus folgenden Komponenten zusammen:

Ruße, Koksteilchen, Schlackengläser aus Hochtemperaturprozessen,

Eisenoxide ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), Quarz und Kalzit.

Untergeordnet treten Gipskristalle,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  und Hochtemperatursilikate auf.

Durch die mikroskopischen Verfahren werden sichtbar:

- + Die mineralogische Natur der Teilchen,
- + ihr unterschiedliches Auftreten in den einzelnen Staubproben,
- + die Formenmannigfaltigkeit der Teilchen,
- + der innere Aufbau oft komplexer Teilchen,
- + die Korngröße der verschiedenen Staubkomponenten und
- + die Herkunft der Teilchen und ihre Bildungsbedingungen.

### Hauptbestandteile des Staubspektrums

In der Folge werden die wichtigsten Staubkomponenten besprochen, wobei besonders auf ihre umweltbeeinflussende Wirkung Bezug genommen wird. Die Abb. 9–16 – eine Auswahl mikroskopischer Bilder des Linzer Staubes – sollen die textlichen Erläuterungen optisch veranschaulichen.

### Ruß

Ruß ist amorpher Kohlenstoff, der bei unvollkommener Verbrennung organischer Stoffe entsteht. Volumenmäßig ist Ruß im Linzer Staub zu etwa 30–40 Prozent vorhanden.

In Feuerungen tritt starkes Rußen vor allem beim Anheizen auf, weil die Temperatur im Feuerraum niedrig ist und geringer Zug zu wenig Sauerstoff zuführt.

Auffallend im Staubbild ist der typische Ölruß in Form hohlraumreicher, rundlicher Gebilde (Abb. 9, 13, 14). Teilchen, die aus den Heizungen stammen, können sehr verschieden sein; jedes hat seine eigene Temperatur- und Zeitgeschichte hinter sich. Ruß hat mit 20–130  $\text{m}^2/\text{g}$  eine sehr große innere Oberfläche. Die biologischen Schädigungsmöglichkeiten von Ruß an sich sind gering. Bedenklich ist jedoch die Fähigkeit der Ruße, Teerprodukte und verschiedene cancerogen (krebsfördernde) wirksame Kohlenwasserstoffe zu adsorbieren!

Unbestritten ist sicher die stark verschmutzende Wirkung, die vom Ruß ausgeht.

ÖKO-L 7/2 (1985)

### Koksteilchen

Da die Koks- und Kohlenfeuerung der Haushalte durch Erdgas und Erdöl stark verdrängt worden ist, haben heute Koksteilchen in Stäuben geringere Bedeutung als früher.

Die Hauptmenge der derzeit feststellbaren, mikroskopisch kleinen Koksteilchen (Abb. 9) im Staub wird beim Löschen des Kokses mit Dampf in die Atmosphäre mitgerissen.

Aus der Literatur geht hervor (MASEK, 1972), daß Stäube aus Kokereien negativen Einfluß auf die Vegetation haben.

### Schlackengläser

Schlackengläser entstammen immer Hochtemperaturprozessen, in denen sich eine  $\text{SiO}_2$ -reiche Schmelze bildet. Winzige Tröpfchen dieser Schmelze – oft ist es nur eine dünne Schmelzhaut – werden vom Gasstrom mitgerissen.

Häufig sehen diese Gläser wie zerfetzte und in die Länge gezogene Tropfen aus, seltener treten sie kugelförmig (Abb. 9, 10, 12) und hohlraumreich auf. Solche Schlackengläser stammen zum größten Teil vom Hochofenprozeß und der Sinteranlage, zum geringeren Teil aus den Feuerungen verschiedener kalorischer Anlagen der Industrie.

### Eisenoxide

Das Eisen tritt in den Flugstäuben in Form seiner Oxide  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (Magnetit) und  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Hämatit) auf, oft in einem einzigen Teilchen innig verwachsen.

Diese Eisenoxidteilchen sind in der Mehrzahl eckig (Abb. 9, 10, 13, 15 – Korngrößen 10–60  $\mu\text{m}$ ), seltener treten sie als Vollkugeln oder Hohlkugeln (Abb. 16) auf. Eisenoxide kristallisieren aber auch skelettartig und unvollkommen in Schlackengläsern aus.

### Magnetit ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

Er kann aus den Stäuben mittels eines Magneten leicht isoliert werden. Als Erz wird Magnetit in großen Mengen verarbeitet.

### Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Wird als wichtiges Erz eingesetzt, findet sich aber auch in den von der

Stahlindustrie verwendeten Kiesabbränden.

Beide Eisenoxide sind gegen Verwitterung sehr beständig, die Eisenfreisetzung nach Staubablagerung erfolgt daher nur sehr zögernd und über lange Zeiträume.

### Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ )

$\text{SiO}_2$  ist mit 60 Prozent der Hauptbestandteil unserer Erdkruste. Die Linzer Stäube enthalten zwischen 29,6–48,9 Prozent  $\text{SiO}_2$ .  $\text{SiO}_2$  ist in den Stäuben zum größten Teil als Quarz vorhanden (Abb. 14) oder in Schlackengläsern.

Wichtig ist der gesundheitliche Aspekt, der mit staubförmigem  $\text{SiO}_2$  verbunden ist.

Größere Mengen Quarzstaub im Lungengewebe führen über allergische Reaktionen des Lungengewebes nach längerer Zeit zur Silikose (Staublunge).

Da Quarz im Linzer Staub meist nur in Korngrößen von 20–70  $\mu\text{m}$  auftritt, kann er jedoch nicht in unsere Lunge gelangen, denn Teilchen größer als etwa 5,0  $\mu\text{m}$  werden wirkungsvoll in den oberen Atemwegen abgeschieden und mit dem Bronchialschleim nach außen befördert.

Untersuchungen von Staubproben (1978) zeigen auffallend, daß der Gehalt an Quarz gegenüber 1974 stark abgenommen hat, was auf die wirksame Filterung der Abgase der Sinteranlage zurückzuführen ist.

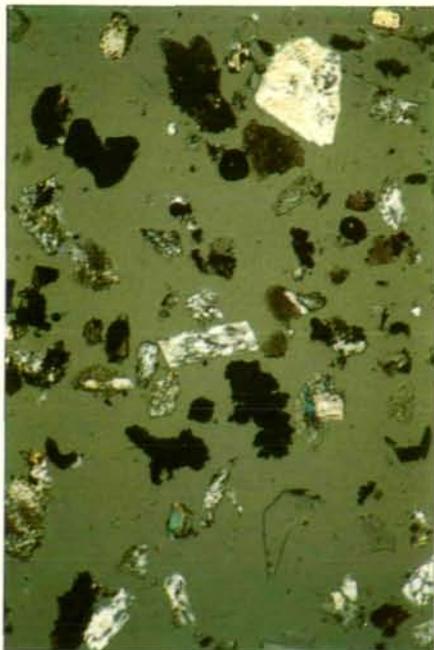
### Calcit ( $\text{CaCO}_3$ )

Die Linzer Stäube enthalten 1,7–13,4 Prozent Ca, wovon der weitaus größere Teil als Calcit ( $\text{CaCO}_3$ ) vorliegt, ein geringerer Teil als Gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ).

Kalkstäube können aus der Zement- und Düngemittelindustrie bzw. aus der Sinteranlage stammen, ein Teil auch aus der natürlichen Umwelt (Löß enthält mehr als 60 Prozent  $\text{CaCO}_3$ ).

$\text{CaO}$ , Calciumoxid (Abb. 12) konnte vornehmlich in Nähe der Chemie Linz AG nachgewiesen werden, ebenso Gips,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  (Abb. 14).

Untersuchungsergebnisse aus der Literatur bezüglich der Wirkung von  $\text{CaCO}_3$  auf tierisches und pflanzliches Gedeihen fallen neutral, manchmal sogar günstig aus.



Auswahl  
mikroskopischer  
Bilder  
des  
Linzner  
Staubes

9		14
10	12	15
11	13	16

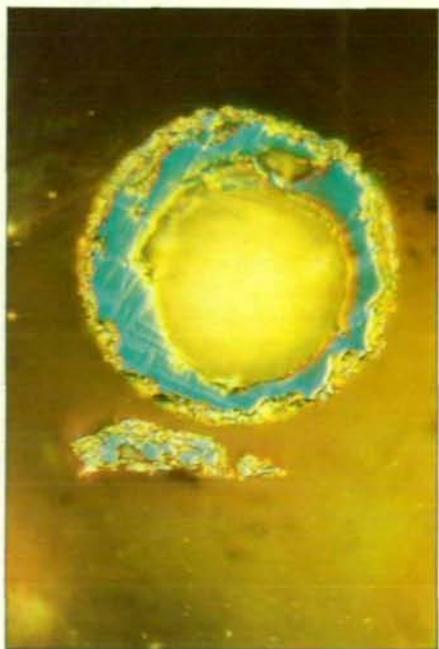
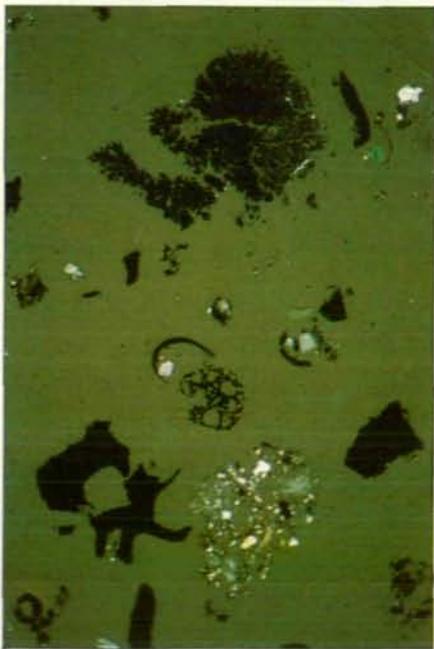
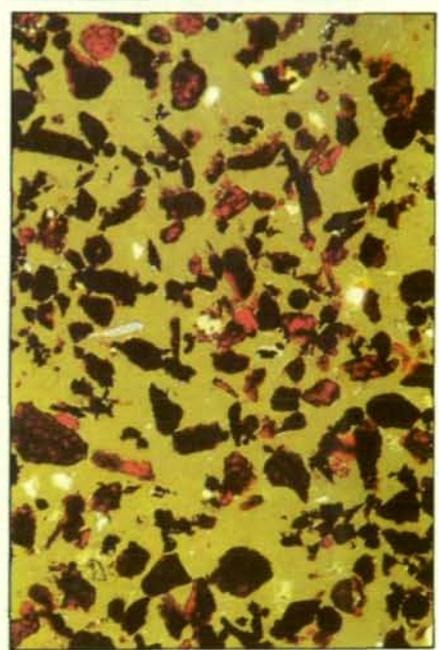
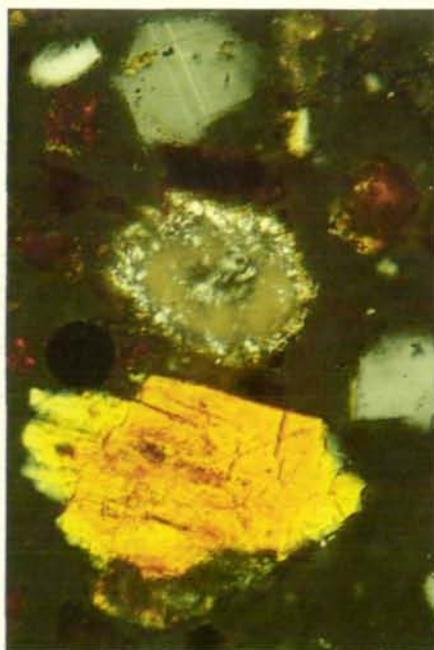
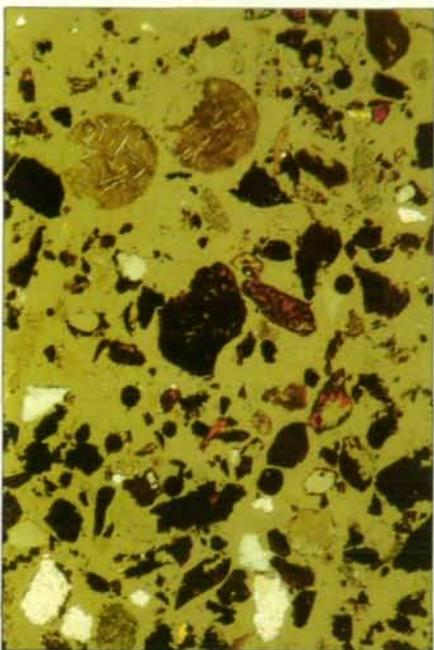
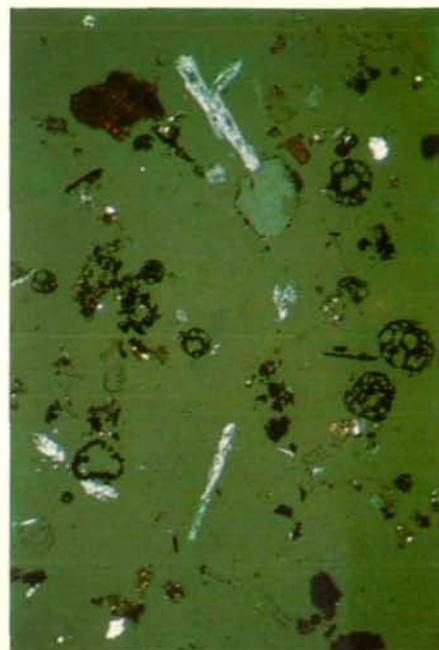


Abb. 9: Staub aus Windegg bei Steyregg – 1978. Teilweise polarisiertes Durchlicht. Mikroskopische Vergrößerung 80fach. Ruß, Koks und Eisenoxide erscheinen schwarz, Gläser dunkelbraun bis klar durchsichtig. Gips, Quarz und Calcit hell.

Abb. 10: Staub vom Bahnhof – 1974. Geglüht bei 600° C. Mikroskopische Vergrößerung 80fach. Teilweise polarisiertes Durchlicht. Magnesit erscheint schwarz, Hämatit rot, weiß bis grau der Calcit und Quarz. Braune Kugeln aus Schlackenglas enthalten Mullitausscheidungen, nadel-förmig.

Abb. 11: Staub vom Kloster Dornbach, Koglerweg – 1973. Gekreuzte Polarisatoren. Mikroskopische Vergrößerung 80fach. Grau erscheint der Quarz, hell und dunkelgestreift (Zwillingslamellen) der Feldspat. In diesem Staub überwiegt der natürliche Anteil (Böden).

Abb. 12: Staub vom Bulgariplatz – 1974. Gekreuzte Polarisatoren. Mikroskopische Vergrößerung 320fach. Orange leuchtet der Pyroxen auf, daneben ein Teilchen (Glas und CaO und Eisenoxide) aus der Sinteranlage.

Abb. 13: Staub von der Wankmüllerhofstraße – 1978. Teilweise polarisiertes Durchlicht. Mikroskopische Vergrößerung 80fach. Schwarz erscheinen Ölruß (rund und hohlraumreich) und traubiger Ruß, Koks und Eisenoxide. Hell leuchten Quarz und Calcit.

Abb. 14: Staub aus der Wankmüllerhofstraße – 1978. Teilweise polarisiertes Durchlicht. Mikroskopische Vergrößerung 80fach. Typischer Ölruß ist rund und hohlraumreich, Quarz ist grau, Gipsnadeln leuchten weiß auf, Gläser sind nur undeutlich zu erkennen.

Abb. 15: Staub aus der Ziegeleistraße – 1974. Dichtefraktion > 4,0! Teilweise polarisiertes Durchlicht. Mikroskopische Vergrößerung 80fach. Hämatit erscheint rot, die anderen Eisenoxide bleiben schwarz. Da die Schwerentrennung unvollständig war, sind auch einige helle Kristalle (Quarz und Calcit) vorhanden.

Abb. 16: Staub aus Steyregg (1974): Anschliff, Auflicht-Interferenzkontrast, Öl-immersion, Mikroskopische Vergrößerung 500fach; Hohlkugel aus Eisenoxiden – hohl erscheint Hämatit, dunkel Magnetit.

### Veränderungen der Staubzusammensetzung im Zeitraum 1973–1978.

Auf der Grundlage des mikroskopischen Vergleiches von Staubproben aus den Jahren 1973/74 mit Stäuben aus dem Jahr 1978 können folgende Aussagen gemacht werden:

- Der Anteil an **Quarz und Calcit** ist deutlich **geringer** geworden; dies ist vor allem auf die Filterung der Abgase der Sinteranlage zurückzuführen.

- Der **typische Ölruß** hat in diesem Zeitraum deutlich zugenommen.

- Die Konzentration an **Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)** hat **zugenommen**, merkbar an dem mikroskopisch häufiger nachweisbaren Umsetzungsprodukt Gips, CaSO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O.

- Auch die **glasigen Komponenten** treten heute **stärker** hervor, was auf den größeren Umfang an Hochtemperaturprozessen der Industrie zurückzuführen ist (Fernheizwerk etc.).

- Selbst im sedimentierten **Staub** erkennbar: **Größere Teilchen** scheinen in ihrer Häufigkeit **abzunehmen**, **feinere Teilchen** scheinen **zuzunehmen** (Filterwirkung)!

Solange die heimische Industrie produziert und Brennstoff für Haushalte und Kraftfahrzeuge zur Verfügung steht, wird sich an der grundlegenden Zusammensetzung der Linzer Flugstäube wenig ändern!

### Forschungsansätze zur Verbesserung der Linzer Umweltsituation

Die Ergebnisse dieser vorliegenden Studie weisen folgende Wege für eine weitere Forschungstätigkeit auf:

- Die **größte Umweltgefahr** geht derzeit vom **SO<sub>2</sub>** (Schwefeldioxid) aus! Dringlichste Aufgabe ist es daher, die **SO<sub>2</sub>-Emissionen** in die Atmosphäre drastisch zu verringern!

Es müßten daher, zusammen mit den Hauptverursachern, Forschungsvorhaben chemisch-technologischer Art zwecks Gewinnung neuer Verfahren zur **SO<sub>2</sub>-Abscheidung** aus Abgasen vorangetrieben werden.

Sollte in Zukunft wieder mehr Kohle (?) Verwendung finden, käme es nur zu einer Verschärfung des **SO<sub>2</sub>-Problems**. Den Forschungen zur Entwicklung besserer Verfahren zur **SO<sub>2</sub>-Abscheidung** wohnt daher ein wichtiger Zukunftsaspekt inne.

Da allerdings immer nur eine Summenwirkung mehrerer Schadstoffe

zu beobachten ist, sollten auch die **Stickoxide** und andere Gase volle Beachtung finden. In der Zwischenzeit sind auch in dieser Richtung bereits entsprechende Schritte gesetzt worden.

- An zweiter Stelle der Umweltgefährlichkeit steht das **Blei**, in der Hauptsache aus Antiklopfmitteln im Autobenzin stammend. In diesem Bereich werden gesetzgeberische Maßnahmen unbedingt und rasch notwendig sein, und wie inzwischen amtlicherseits verlautet, werden diese in absehbarer Zeit auch zum Tragen kommen.

- An dritter Stelle der Umweltgefährlichkeit steht der **Staub** aus industriellen Produktionsprozessen.

Da die Luftverschmutzung der Städte stark wahrgenommen wird, erhöht sich seine subjektive Bedeutung.

Die bedeutendsten Staubquellen im Linzer Raum müßten hinsichtlich ihres Staubes, im Hinblick auf das Verursacherprinzip, zu charakterisieren sein.

Eine intensive Zusammenarbeit zwischen der Kepler Universität und der Industrie im Hinblick auf die Optimierung von Staubabscheidungsverfahren wäre gerade für Linz eine bedeutsame Aufgabe.

Ähnlich bedeutend wie der Industriestaub dürfte auch der Ruß sein. Denn ein Großteil dieses Rußes stammt aus Tausenden privaten Einzelfeuerungen, wodurch wirkungsvolle Maßnahmen nicht so rasch greifen können. Eine Umstellung auf Gasheizung müßte seitens der öffentlichen Hand im verstärkten Umfang gefördert werden.

Dieser Vorstellung wird inzwischen auch durch Förderungsmittel des Landes Oberösterreich und des Magistrates der Stadt Linz (für die Umstellung auf Gasheizungen) entsprechen (Anmerkung der Redaktion).

### Literatur

- BARTON, K., 1973: Schutz gegen atmosphärische Korrosion. Verlag Chemie, Weinheim.
- BERGER, H., 1966: Emissionsbedingte Eisenstäube und ihre Auswirkung auf Wachstum und Ertrag landwirtschaftlicher Kulturen. In: Zeitschrift Luftverunreinigung.
- BRIMBLECOMBE, P. u. SPEDDING, J., 1975: Die katalytische Oxidation von mikromolaren wässrigen Schwefeldioxid-Lösungen. In: Staub-Reinhalung der Luft, 1.

DAUTREBANDE, L., BECKMANN, H., u. W. WALKENHORST, 1961: Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Abscheidung von Staub in den Atemwegen. In: Staub-Reinhaltung der Luft, 21, 3.

EINBRODT, H. J., ROSMANITH, H., DELBECK, G. u. AMORT, H., 1973: Die biologische Wirkung von Zink im Hinblick auf eine Immissionsbegrenzung für den Menschen. In: Staub-Reinhaltung der Luft, 33.

Handbuch der Lebensmittelchemie, Bd. 8, Teil 2: Wasser und Luft. Springer Verlag, Heidelberg, 1969.

Handbuch der Pflanzenkrankheiten, Bd. 1, Teil 4: Die nichtparasitären Krankheiten. Parey Verlag, 1970.

HILL, A. C., 1971: Vegetation, a sink for atmospheric pollutants. In: Journal of Air Pollution Control Ass., 21, 6.

KLOSTERKÖTTER, W., 1970: Zur Problematik der Festlegung von MAK-Werten für Stäube. In: Staub 30, 10.

LOUB, W., 1975: Umweltverschmutzung und Umweltschutz in naturwissenschaftlicher Sicht. F. Deuticke, Wien.

MASEK, V., 1972: Einfluß der Flugstäube von Hüttenunternehmen auf einige biologische Prozesse der Pflanzen. In: Staub-Reinhaltung der Luft, 32, Nr. 3.

SCHÜTTE, K. H., 1965: Biologie der Spurenelemente. BLV, Wien.

BUCHTIP  
UMWELTBELASTUNG

Wilfried H. O. ERNST u. Els N. G. JOOSE - van DAMME, 1983: **Umweltbelastung durch Mineralstoffe: biologische Effekte.**

234 Seiten, 52 Abbildungen, 4 Tafeln, 86 Tabellen, Format 14,5 × 21 cm. Preis: S 288.-; Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

In den letzten 15 Jahren sind den Menschen zunehmend jene Gefahren bewußt geworden, denen Organismen und Ökosysteme durch eine Belastung der Umwelt mit Chemikalien ausgesetzt sind. In die-

sem Buch werden die Auswirkungen jener Umweltbelastung, die den Mineralstoffhaushalt von Organismen und Ökosystemen primär verändern, in physiologische und ökologische Prozesse zurückverfolgt, um die Konsequenzen für das Fortbestehen von Populationen von Pflanzen und Tieren aufzuzeigen. Vor allem die Langzeitwirkung eines belastenden Faktors hat deutliche Konsequenzen für das Populationsniveau und kann zu erheblichen Veränderungen der genetischen Eigenschaften von Organismen führen. Die Aussagen wollen keine pessimistische Grundstimmung zu Fragen der Umweltbelastung erzeugen, sondern mit allem Nachdruck auf die gegenwärtige Situation in einigen Teilen unserer Erde, vor allem in den hochindustrialisierten Staaten, hinweisen. Das Erkennen von Gefahren sollte anregen und verpflichten, sie einzuschränken oder zu bannen. Hierzu ist das Wissen um ursächliche Wirkungszusammenhänge, nicht aber die alleinige Beschreibung von Symptomen notwendig. (Verlags-Info)

PFLANZENGEOGRAPHIE - FLORA OBERÖSTERREICH

ÖKO-L 7/2 (1985): 24 - 27

## Heilpflanzen aus anderer Sicht (7)



Dr. Alfred KUMP  
Ghegastraße 30/14  
A-4020 Linz

### Echter Baldrian (*Valeriana officinalis* L.)

Der Baldrian ist eine ausdauernde, krautige Pflanze, die bis zu 1,60 m hoch wird. Der Blütenstand ist eine Trugdolde mit zwittrigen Blüten, die von Mai bis August blühen. Die Blätter sind gefiedert. Bei der Fruchtreife wird der Kelch zu einem Haarkranz umgestaltet. Der Baldrian ist eine polymorphe Sippe, die bei uns aus drei Arten besteht: *Valeriana officinalis* L., *Valeriana sambucifolia* MIKAN f. und *Valeriana wallrothii* KREYER.

#### Verbreitung

Hinweise aus dem 19. Jh.

SAILER: „Offizineller Baldrian, Großer Baldrian, Augnwurz; an Bachufer, auf nassen Wiesen, an Waldrändern.“ Ein Hinweis auf eine arzneiliche Verwendung fehlt.

DUFTSCHMID: „Gebrauchlicher Baldrian.“ Er unterscheidet auch drei Arten, denen er unterschiedliche Substratansprüche zuschreibt; die Standorte, die bei *V. officinalis* stehen, entsprechen unseren heutigen Vorstellungen: „Auf sumpfigen, moorigen Wiesen, im feuchten Welllande der Auen und sonst an nassen Waldstellen, in Holzschlägen, ohne Unterschied der Gesteinsunterlage, sowohl in ebenen als bergigen und subalpinen

Gegenden des ganzen Gebietes gemein.“ Auch hier fehlt der Hinweis auf eine arzneiliche Verwendung.

#### Heutige Verbreitung (Abb. 2)

Die vorhin genannten Standorte zeigen sich in der Karte deutlich. Zu ergänzen wäre noch, daß der Baldrian gut mit Wasser versorgte Böden mit nicht stark saurer Reaktion bevorzugt.

#### Allgemeine Verbreitung

Die Familie der Baldriangewächse ist mit ungefähr 200 Arten in allen gemäßigten Gebieten der Erde vertreten. Die Gattung *Valeriana* ist mit 15 Arten in Eurasien verbreitet. Man findet sie in Schleswig, im Jura, in



Abb. 1: Echter Baldrian; Straßham bei Linz.

den Südalpen, Montenegro, Transsilvanien, auf der Krim, im Kaukasus, Ural und Südsandinavien.

Der Echte Baldrian ist eine eurasiatische Pflanze, die vom außertropischen Bereich der Nordhalbkugel bis in das nördliche Eurasien zu finden ist.

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [ÖKO.L Zeitschrift für Ökologie, Natur- und Umweltschutz](#)

Jahr/Year: 1985

Band/Volume: [1985\\_2](#)

Autor(en)/Author(s): Gruber Peter

Artikel/Article: [Die chemische und mineralogische Zusammensetzung des Flugstaubes im Linzer Raum 15-24](#)