

DK 614.7 (436.14) : 551.578.11 : 543.42.064 : 351.777  
 DEC D 343

## Untersuchungen zur Geochemie der Verunreinigungen in atmosphärischen Niederschlägen im Stadtgebiet von Wien

Von E. Schroll und H. Krachsberger, Wien

(Probenahme von Gesamtniederschlagsproben; meteorologische Daten der Sammelperiode; Lokalitäten der Probenahme im Raum von Wien; spektrochemisches Analysenverfahren; Analyse von Spurenelementen (Ag, Ba, Co, Cr, F, Ga, Ge, J, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Ti, V, Zn); Korrelationen (K/Na-Diagramm, Pb/J-Diagramm); Klassifikation der geochemischen Komponenten im Gesamtniederschlag; chemische Vollanalyse des Gesamtniederschlags und Mineralinhalt.)

(Sampling of the total precipitation; meteorological data of the period of sampling; localities of sampling in the region of Vienna; method of spectrochemical analysis; analysis of trace elements (Ag, Ba, Co, Cr, F, Ga, Ge, J, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Ti, V, Zn); correlations (K/Na-diagram, Pb/J-diagram); classification of the geochemical components of the total precipitation; chemical analysis and mineral content of the total precipitation.)

(Prélèvement d'échantillons de précipitations totales; données météorologiques de la période de prélèvement; localités de prélèvement des échantillons dans la région viennoise; procédé d'analyse spectrochimique; analyse de traces (Ag, Ba, Co, Cr, F, Ga, Ge, J, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Ti, V, Zn); corrélations (diagramme K/Na, diagramme Pb/J); classification des constituants géochimiques dans la précipitation totale; analyse chimique complète de la précipitation totale et de la teneur en minéraux.)

### Einleitung

Untersuchungen der chemischen Beimengungen in der Luft und in den Niederschlägen sind von Bedeutung für die Agrikulturtechnik, Bautechnik, Medizin und Raumplanung. Der anthropogene Einfluß von Industriezonen und Großsiedlungen auf die natürliche Reinheit der Luft ist dabei von grundlegendem Interesse. Neben der Hydrosphäre, der Bio- und Pedosphäre ist die mengenmäßig sehr kleine Atmosphäre in ihrem geochemischen Haushalt wohl am stärksten von den Auswirkungen der Anthroposphäre betroffen. Solche Luftverunreinigungen treten in Form von Gasen, Flüssigkeiten und Stäuben auf. Ziel der vorliegenden Untersuchungen war es, in erster Linie das geochemische Verhalten von Spurenelementen, wie z. B. B, Ba, Cl, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, J, Mo, Mn, Ni, Pb, Sr, Sn, Ti, V u. a., zu studieren.

Um eine integrierende Information über den gegenwärtigen Stand einiger luftverunreinigender Stoffe in der Atmosphäre einer Großstadt wie Wien zu gewinnen, wurde die gemeinsame Sammlung von Staub und atmosphärischem Niederschlagswasser gewählt. Um einen Vergleich mit den Verhältnissen außerhalb Wiens in einer relativ reinen Umgebung zu erhalten, wurde auch eine Meßstelle im südlichen Wiener Wald herangezogen.

Die vorliegenden Untersuchungen stützen sich zum Teil auf vorhergehende Arbeiten, die gleichfalls das Thema der Luftverschmutzung im Wiener Raum zum Gegenstand gehabt haben, wie z. B. Steinhauser (1960, 1961, 1964, 1967), Baumann-Kadanschedling-Wagner (1966), Schedling (1967), Bangerl-Steinhauser (1959).

### Art der Probenahme

Zum Sammeln der Niederschlagsproben wurde das in den VDI-Richtlinien angeführte Hibernia-Gerät

verwendet, an dem eine geringe Modifizierung vorgenommen worden war. Die nach oben verjüngten Trichter, die das Herauswehen bereits eingefallenen Staubes bei starkem Wind verhindern sollen, wurden beibehalten; ebenso die wirksame Auffangöffnung von etwa 500 cm<sup>2</sup>. Anstelle von Zinkblechtrichtern wurden aber Trichter aus Polyäthylen verwendet — wie schon Löbner (1963) vorgeschlagen hat, da Verfälschungen der Analysenergebnisse durch Korrosionsprodukte aus dem Trichtermaterial selbst vermieden werden sollten. Als Maßnahme gegen Verunreinigungen bei Vogelanflug, wurden die Trichter mit einer Krone aus Kunststoff versehen (Abb. 1).

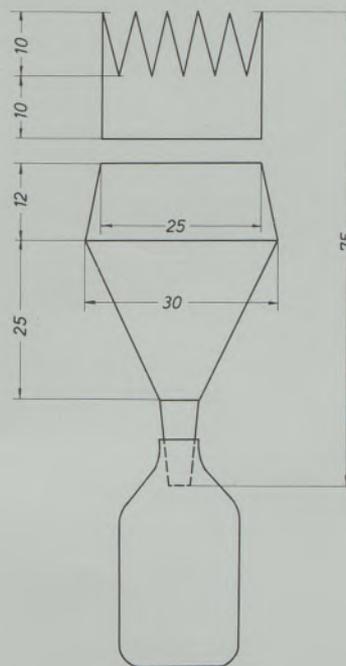


Abb. 1

Muster eines Auffangtrichters (Maße in cm)

Als Sammelbehälter dienten Fünfliterflaschen aus Polyäthylen. Da zur Durchführung vollständiger Analysen größere Mengen Untersuchungsmaterial gebraucht werden, wurden jeweils vier Sammelgeräte in einem kistenartigen Holzgestell, das mit Betongewichten beschwert wurde, zu einer Sammeleinheit zusammengefaßt. Bei der Konstruktion der Sammeleinheiten wurden Metallteile ausgenommen. Zur Befestigung der Gefäße, Trichter und Beschwerungen wurden Nylonschnüre verwendet. Die Sammelgeräte sind in Abb. 2 und 3 in Aktion abgebildet.

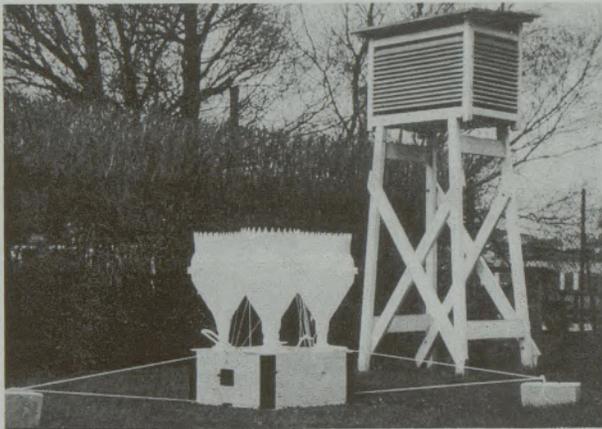


Abb. 2

Sammelbrett mit vier Hibernia-Trichtern auf dem Gelände der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, Wien 22, Kaisermühlen

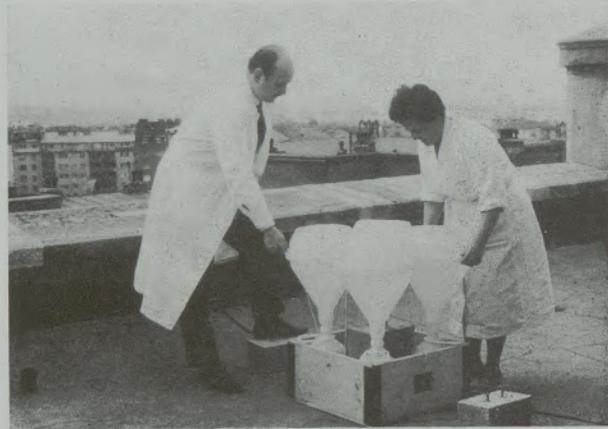


Abb. 3

Sammelgeräte am Dach von Objekt 16 des Arsenal

### Zeit der Probenahme

Die Probeaufsammlungen wurden im Jahre 1965, 1966 und 1967 durchgeführt. Nach Vorstudien wurden die Zeiträume für die Probeaufsammlung auf die Dauer eines Jahres innerhalb der vier Jahreszeiten so verteilt, daß die Hibernia-Geräte einen Monat lang exponiert werden konnten. Zur Gewinnung größerer Probenmengen, die für Vollanalysen des Gesamtabdampfrückstandes notwendig waren, wurde der Aufsammlungszeitraum und die Zahl der Sammeleinheiten verdreifacht.

Tabelle 1

Meteorologische Daten

	Anzahl der Regentage	Gesamtniederschlag mm	Häufigste Windrichtung
November 1965	15	25,4	8 Tage W 4 Tage NW 4 Tage SE
Feber 1966	13	53,7	6 Tage W 5 Tage SE 5 Tage WSW
Mai 1966	8	51,5	9 Tage W 5 Tage SW 4 Tage ESE
September 1966	12	61,4	10 Tage W 5 Tage SSE 5 Tage N
September — November 1967	33	133,0	38 Tage W 16 Tage SSE 9 Tage WNW

**Erste Sammelperiode:**

1. Chemische Analyse der löslichen Anteile und Teilanalyse des unlöslichen Anteiles des Gesamtniederschlages.
2. Spektrographische Spurenanalyse des Abdampfrückstandes des Gesamtniederschlages:  
Vier Aufsammlungen in den Monaten:

- I. November 1965
- II. Feber 1966
- III. Mai 1966
- IV. September 1966

Gesamtvolumen des gesammelten Niederschlages maximal etwa je 10 l.

**Zweite Sammelperiode:**

Chemische Vollanalyse des Gesamtniederschlages (Gesamtabdampfrückstand Staub-Niederschlag) über drei Monate: September, Oktober und November 1967. Gesamtvolumen des gesammelten Niederschlages etwa je 100 l. Die wichtigsten meteorologischen Daten der Aufsammlungsperioden sind in Tabelle 1 mitgeteilt.

**Ort der Probenahme**

Im Stadtgebiet von Wien (mittlere Seehöhe etwa 175 m) wurden fünf Meßstellen eingerichtet (siehe Planskizze Abb. 4).

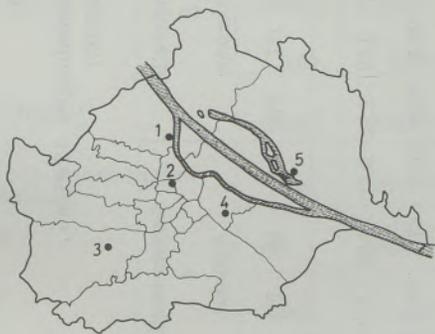


Abb. 4

Stadtplan von Wien mit den fünf Probenahmepunkten

Als Vergleichsmeßpunkt in einem ausgesprochen ländlichen Milieu wurde der Ort Rehgras bei Weißenbach an der Triesting (Seehöhe etwa 350 m) gewählt.

Die fünf Meßstellen des Stadtgebietes waren folgende:

1. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien 19., Hohe Warte 38.  
Locker verbautes Stadtgebiet. Kein Großemittent.  
Aufstellungsort der Probesammelgefäße: Erdboden.
2. Neues Gebäude der Universität Wien, Wien I., Universitätsstraße 7.

Dichtverbautes Stadtgebiet. Emissionsquellen: Hausbrand und Heizungsanlagen einiger in unmittelbarer Nähe liegender größerer öffentlicher Gebäude. Verkehr. Kein Industrieemittent.  
Aufstellungsplatz: Dach.

3. Gartenbauschule Schönbrunn, Wien 13., Grünbergstraße 24.  
Locker verbautes Stadtgebiet mit anschließender großer Grünfläche. In unmittelbarer Nähe kein Großemittent.  
Aufstellungsplatz: Erdboden.

4. Wien-Arsenal, Wien 3., Arsenal Objekt 16.  
Starke Emissionsquellen sind im Nordosten das in der Nähe liegende Fernheizkraftwerk, sowie im Südwesten der Ost- und Südbahnhof. Ferner müssen die im Arsenalgelände befindliche Baufertigteilfabrik als auch der Hausbrand der umliegenden Häuser als zusätzliche Emittenten in Betracht gezogen werden. Die Sammelgeräte wurden am Turm des Objekts 16 aufgestellt.

5. Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung des Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien 22., Kaisermühlen, Dampfschiffhafen.  
Inmitten großer Grünflächen. Als Emittenten kommen einige in der Nähe liegende Industriebetriebe in Betracht.  
Aufstellungsplatz: Erdboden.

6. Rehgras bei Weißenbach a. d. Triesting, NÖ.  
Aufstellungsort inmitten ausgedehnter Wald- und Wiesenflächen in der Nähe eines Mustergrundes in der Umzäunung einer dort vorhandenen meteorologischen Station. In der näheren Umgebung kein nennenswerter Emittent.  
Geologisches Milieu: Kalkalpine Trias und Kreide.

**Untersuchungsverfahren:**

Die chemischen Analysen wurden nach den üblichen Methoden der Naßanalytik durchgeführt. Die Bestimmung der Alkalien erfolgte flammenfotometrisch, die des Jods nach dem katalytischen Cer(IV)-Arsen (III)-Verfahren.

Chlorid und Jodid wurden jeweils in der klaren Lösung bestimmt. Alle anderen Bestimmungen für die beiden Vollanalysen erfolgten nach Aufschluß der eingedampften, trockenen Probe.

Gesamtabdampfrückstand: Nach Einengen am Sandbad und Trocknung im elektrischen Trockenschrank bei  $180 \pm 10^\circ\text{C}$ .

Glühverlust: im elektrischen Muffelofen bei  $650 \pm 50^\circ\text{C}$ .

Jodid: Katalytische Cer(IV)-, Arsen(III)-Methode.  
Chlorid: Maßanalytisch.

Fluorid: Bestimmungsmethode nach VDI 2452.

Aluminium, Eisen, Mangan und Titan: Kolorimetrisch.

Tabelle 2

Analysen periodischer Aufsammlungen 1965/66  
Werte in Prozenten

	Sammelstelle 1 Hohe Warte				Sammelstelle 2 Universität				Sammelstelle 3 Schönbrunn				Sammelstelle 4 Arsenal				Sammelstelle 5 Alte Donau				Sammelstelle 6 Rehgras	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	III	IV
	Gesamtabdampfrückstand g/m <sup>2</sup> (unfiltriert)	4,81	4,87	5,83	6,78	5,92	8,80	5,87	5,88	4,84	4,67	9,50	1,72	6,51	9,96	7,40	4,91	7,36	5,63	4,49	2,65	2,09
Filterrückstand ‰*)	66,5	68,4	85,3	83,3	64,2	66,8	78,3	76,6	72,8	72,1	89,1	50,6	60,9	67,1	80,4	73,0	68,3	77,1	82,3	68,0	74,8	67,9
Glühverlust ‰ (unfiltriert)	43,0	35,9	53,2	25,2	30,5	36,0	41,8	31,2	42,7	36,1	62,2	19,8	33,9	36,9	49,9	16,6	56,8	38,7	60,3	41,6	67,2	48,7
Glührückstand ‰ (unfiltriert)	57,0	64,1	46,8	74,8	69,5	64,0	58,2	68,8	57,3	63,9	37,8	80,2	66,1	63,1	50,1	83,4	43,2	61,3	39,7	58,4	32,8	51,3
Glührückstand ‰ (Filtrat)	33,5	31,6	14,7	16,7	35,8	33,2	21,7	23,4	27,2	27,9	10,9	49,4	39,1	32,9	19,6	27,0	31,7	22,9	17,7	32,0	25,2	32,1
Fe ‰ (Aufschluß unfiltriert)	1,26	1,61	1,01	1,14	2,35	1,97	1,61	2,02	1,6	1,5	0,96	2,22	2,02	2,05	1,47	1,88	0,69	2,04	0,75	1,20	0,64	1,35
Cl ‰ (Filtrat)	2,16	1,98	1,60	1,47	2,03	2,30	2,52	2,81	1,65	1,77	1,19	5,74	2,14	1,72	1,92	2,33	1,59	1,06	1,54	3,72	1,85	2,82
I ppm (Filtrat)	18	111	109	47	36	101	157	25	44	116	124	111	28	313	120	91	15	52	227	n. b.	365	45
Ca, löslich ‰ (Filtrat)	6,96	6,91	3,9	4,02	7,81	7,62	5,96	5,8	5,61	5,86	2,4	10,2	8,86	8,08	4,91	6,8	6,17	5,14	3,64	5,88	4,35	4,62
Ca, HCl (1 : 1)-löslich ‰ (Filterrückstand)	1,06	0,84	1,19	0,73	0,77	1,12	2,26	0,65	0,79	0,74	1,02	2,04	0,91	0,76	2,16	1,38	0,46	0,64	2,63	1,0	2,01	1,86
SO <sub>4</sub> ‰ (Filtrat)	19,12	18,1	8,26	9,33	20,55	19,8	10,62	12,68	14,62	16,7	5,08	26,17	22,58	19,4	9,79	15,83	15,65	13,3	10,5	16,8	11,52	15,32
Na ‰ (Filtrat)	0,62	0,73	0,26	0,31	0,93	0,55	0,33	0,45	1,14	0,87	0,44	1,54	1,04	0,63	0,29	0,78	0,58	0,43	0,51	1,52	0,73	1,28
K ‰ (Filtrat)	1,85	0,26	0,98	0,72	0,86	0,20	0,33	0,58	1,40	0,44	0,20	3,95	1,37	0,18	0,33	0,93	6,63	0,18	1,56	3,2	2,74	3,21

\*) ‰ jeweils auf Gesamtabdampfrückstand bezogen!

**Tabelle 3**  
 Analysen periodischer Aufsammlungen 1965/66  
 Werte in g/m<sup>2</sup>

	Sammelstelle 1 Hohe Warte				Sammelstelle 2 Universität				Sammelstelle 3 Schönbrunn				Sammelstelle 4 Arsenal				Sammelstelle 5 Alte Donau				Sammelstelle 6 Rehgras	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	III	IV
Gesamtabdampfrückstand g/m <sup>2</sup> (unfiltriert)	4,81	4,87	5,83	6,78	5,92	8,80	5,87	5,88	4,84	4,67	9,50	1,72	6,51	9,96	7,40	4,91	7,36	5,63	4,49	2,65	2,09	1,65
Filterrückstand g/m <sup>2</sup>	3,20	3,33	4,97	5,65	3,80	5,87	4,60	4,50	3,53	3,37	8,46	0,87	3,97	6,68	5,95	3,58	5,03	4,34	3,69	1,80	1,56	1,12
Glühverlust g/m <sup>2</sup> (unfiltriert)	2,06	1,76	3,10	1,72	1,80	3,16	2,46	1,84	2,06	1,70	5,91	0,34	2,27	3,67	3,69	0,83	4,18	2,18	2,71	1,10	1,40	0,81
Glührückstand g/m <sup>2</sup> (unfiltriert)	2,75	3,11	2,73	5,06	4,12	5,64	3,41	4,04	2,78	2,97	3,59	1,38	4,24	6,29	3,71	4,08	3,18	3,45	1,78	1,55	0,69	0,84
Glührückstand g/m <sup>2</sup> (Filtrat)	1,61	1,54	0,86	1,13	2,12	2,93	1,27	1,38	1,31	1,30	1,04	0,85	2,54	3,28	1,45	1,33	2,33	1,29	0,80	0,85	0,53	0,53
Fe mg/m <sup>2</sup> (Aufschluß unfiltriert)	61,5	78,4	59,4	78,4	137,8	173,8	95,4	118,7	78,4	70,0	91,2	38,2	131,4	203,5	108,1	93,3	50,9	114,5	33,9	31,8	13,4	23,3
Cl mg/m <sup>2</sup> (Filtrat)	103,9	97,5	93,3	99,6	118,7	201,4	148,4	165,4	80,6	82,7	106,0	99,0	139,9	171,7	142,0	114,5	116,6	61,5	70,0	99,6	38,2	46,6
J mg/m <sup>2</sup> (Filtrat)	0,09	0,54	0,64	0,32	0,21	0,89	0,92	0,15	0,21	0,54	1,18	0,19	0,18	3,12	0,89	0,45	0,11	0,29	1,02	n. b.	0,76	0,07
Ca löslich mg/m <sup>2</sup> (Filtrat)	335,0	337,1	226,8	273,5	462,2	672,0	349,8	341,3	271,4	273,5	226,8	176,0	576,6	805,6	364,6	335,0	453,7	290,4	163,2	156,9	91,2	76,3
Ca HCl (1 : 1)-löslich mg/m <sup>2</sup> (Filterrückstand)	50,9	40,3	70,0	50,9	44,5	97,5	133,6	38,2	38,2	33,9	97,5	36,0	59,4	76,3	161,1	67,8	33,9	36,0	118,7	27,6	42,4	31,8
SO <sub>4</sub> mg/m <sup>2</sup> (Filtrat)	920	890	481	634	1217	1749	623	746	708	782	481	449	1471	1927	725	778	1153	738	471	445	314	254
Na mg/m <sup>2</sup> (Filtrat)	29,7	36,0	14,8	21,2	55,1	48,8	19,1	27,6	55,1	40,3	42,4	27,6	67,8	61,5	21,2	38,2	42,4	23,3	23,3	40,3	14,8	21,2
K mg/m <sup>2</sup> (Filtrat)	89,0	12,7	57,2	48,8	50,9	17,0	19,1	33,9	67,8	21,2	19,1	67,8	89,0	17,0	23,3	46,6	487,6	10,6	70,0	84,8	57,2	53,0
pH (Originalprobe)	5,85	4,95	6,4	5,75	5,65	5,7	6,5	6,0	5,35	5,0	6,4	5,05	5,65	5,95	6,2	5,7	6,15	5,75	6,3	5,45	5,4	5,1

Kieselsäure, Sulfat, Calcium und Magnesium: Gewichtsanalytisch.

Natrium und Kalium: Flammenfotometrisch.

Karbonat: Gravimetrisch nach Austreiben der Kohlensäure mit Salzsäure und Absorption.

Die Spektralanalysen der Abdampfrückstände wurde mit einem 3,4 m Ebert-Gitterspektrographen (Jarrel-Ash) mit einem 15.000 Strich/Zoll-Gitter (Blaze 3000 Å) in der ersten Ordnung bei einer Dispersion 5 Å/mm im Wellenbereich 2400 – 4700 Å unter Verwendung der Kohlenbogenmethode (Anregung im Gleichstromdauerbogen 220 V/12 A mit anodischer Schaltung) analysiert. Die Abdampfrückstände wurden jeweils mit zwei Teilen spektralreinem Kohlenpulver vermischt. Bei der Erstellung der Matrix für die Eichprobenherstellung wurde die chemische Zusammensetzung des Probenmaterials berücksichtigt. Zur quantitativen Auswertung der Spektren stand ein Jarrel-Ash-Mikrophotometer zur Verfügung. Infolge der verringerten Helligkeit im tieferen Ultraviolett konnte As und Be nicht mehr mit ausreichender Empfindlichkeit nachgewiesen werden. Zur Kontrolle wurden Blei und Zink in den beiden Großproben außerdem auch polarographisch bestimmt.

Um etwaige Verunreinigungen aus dem Trichter- oder Flaschenmaterial bei Aufsammeln der Proben ausschließen zu können, wurden Polyäthylenproben nach vorsichtigem Veraschen auf anorganische Verunreinigungen untersucht. Bei einem Glührückstand von 0,09 % und einem Schwermetallanteil unter 0,1 % im Glührückstand selbst dürfte mit dem Herauslösen nennenswerter Mengen aus dem Flaschenmaterial nicht gerechnet werden. Spektralanalytisch wurden nachgewiesen: in Konzentrationen sicher unter 0,1 % B, Pb, Zn, Cr und Sn; Ag wurde überhaupt nicht festgestellt. Von den Schwermetallen liegt nur Kupfer in Gehalten zwischen 0,1 – 1 % vor. Der Absolutgehalt je Element übersteigt in einer einzelnen Flasche auf keinen Fall 100 µg. Die gleichen Polyäthylenflaschen haben sich übrigens auch bei der Analyse von Mineralwasser bewährt.

#### Analysenergebnisse

Die Analysenergebnisse wurden in den vorstehenden Tabellen (Tabelle 2 bis 5) dargestellt.

#### Diskussion der Ergebnisse

##### a) Allgemeine Beobachtungen

Im Aerosol der Stadt- und Industriatmosphäre sind an anorganischen Bestandteilen mehr als 30 Elemente nachgewiesen worden. Zu den häufigsten Elementen gehören: Si, Ca, S, Cl, Al, Mg, Na, J, Fe, P; zu den selteneren: F, Br, J, Ti, V, Cr, Mn, Ni, Co, Mo, Pb, Zn, Ga, Ge, Sn, Ba, Ag (As, Be, Cd, Hg, Sb) u. a. Das Vorkommen relativ hoher Mengen an Blei, Kupfer, Zink und Mangan in Großstadtstaub ist bekannt (World Health Organization 1961/64).

Die Auswertung der Analysen dieser Untersuchungsreihe in Wien zeigt im Vergleich mit bekannten

Tabelle 4

Vollanalysen von Gesamtniederschlagsproben

Gesamtrückstand	Standort: Neues Universitäts- gebäude Wien I.		Standort: Rehgras bei Weißbach, N. Ö.	
	5,03 gr/m <sup>2</sup> /Monat		2,86 gr/m <sup>2</sup> /Monat	
	%	mg/m <sup>2</sup> /M	%	mg/m <sup>2</sup> /M
SiO <sub>2</sub>	26,4	1327,9	9,95	284,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,46	123,7	0,53	15,2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,20	311,9	2,28	65,2
TiO <sub>2</sub>	0,34	17,1	0,07	2,0
MnO	0,02	0,9	0,01	0,27
CaO	11,82	594,5	10,72	306,6
MgO	0,50	25,2	1,94	55,5
Na <sub>2</sub> O	1,27	63,9	2,35	67,2
K <sub>2</sub> O	1,43	71,9	5,90	168,7
SO <sub>3</sub>	15,04	756,5	10,34	295,7
CO <sub>2</sub>	1,0	50,3	3,1	88,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,20	10,1	1,57	44,9
Cl	1,16	58,3	1,55	44,3
F	0,23	11,6	0,23	6,6
J	0,0012	0,06	0,0024	0,06
Pb	0,083	4,2	0,004	0,11
Glühverlust	31,4	1579,4	49,9	1427,1
Summe:	99,55 %	5007,5	100,45 %	2872,8

Daten aus nordamerikanischen oder europäischen Städten, wie Helsinki (1962), ähnliche Ergebnisse.

Nach dem Jahresgang kann man grundsätzlich zwei Gruppen von Probenahmelokalitäten unterscheiden (vergl. Steinhäuser/Chalupa (1966)).

1. Orte mit Maxima in den Gesamtrückständen im Winterhalbjahr („Stadt-Typ“),
2. Orte mit Maxima in den Gesamtrückständen im Sommerhalbjahr („Land-Typ“).

Beim „Landtyp“ wären, abgesehen von Rehgras/Triestingtal, im Stadtgebiet von Wien die Probenahmestellen Hohe Warte und Schönbrunn einzureihen, beim „Stadttyp“ die Beobachtungsstationen im Arsenal, am Universitätsgebäude und in Kaisermühlen an der Alten Donau.

Der „Stadttyp“ tendiert selbstverständlich zu Maximalwerten. An Gesamtrückständen wurde bis zu 10 g/m<sup>2</sup> im Februar 1966 im Arsenal gemessen. Da die Filterrückstände vor allem Ruß und andere Verbrennungsprodukte von Brennstoffen enthalten, so zeigen derartige Proben auch sehr hohe Filterrückstände und Glühverluste der unfiltrierten Gesamtprobe. Die Glührückstände erreichen mit rund 3,3 g/m<sup>2</sup> Höchstwert. Die Gehalte an Eisen sind mit 2 % zunehmend hoch. Im Arsenal wurde als Maximalwert 203,5 mg/m<sup>2</sup> Fe festgestellt.

Tabelle 5  
Spurengehalte in Abdampfrückständen in ppm (g/t)

Element	Sammelstelle 1 Hohe Warte				Sammelstelle 2 Universität				Sammelstelle 3 Schönbrunn				Sammelstelle 4 Arsenal				Sammelstelle 5 Alte Donau				Sammelstelle 6 Rehgras	
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	III	IV
Ag	1,5	1,6	4,2	3,4	5,1	6,4	6,8	5,0	19	1,6	1,6	0,4	5,6	4,9	18	7,2	9,2	7,2	1,2	1,0	0,5	0,3
B	36	44	82	90	50	70	82	85	38	23	68	26	92	56	21	92	180	42	63	16	70	27
Ba	54	145	150	180	155	115	1480	1000	780	130	105	28	1050	90	98	640	230	66	120	78	125	66
Co	< 3	10,5	5,8	5,4	8	11	10	6,8	5,4	7,8	6	3	12	10	10,5	8,4	5	5	< 3	< 3	< 3	< 3
Cr	4	21	42	36	46	37	70	34	34	29	19	45	42	36	5	37	32	14	29	10	22	6
Cu	6	55	50	48	115	220	110	58	50	50	24	65	105	115	650	68	20	38	16	24	32	6
Ga	2,6	4,6	6,4	8,4	4,8	6,7	11,5	4,9	5,2	4,2	4,3	1	7,6	7,2	8,5	7,2	3	4,6	3,5	2,6	3,9	1
Ge	1	5	2	4	3	4	3	3	5	4	2	< 1	5	7	4	3	2	2	1	2	1	< 1
Mn	90	290	460	540	390	550	440	330	330	240	290	70	580	660	35	430	72	530	82	70	100	52
Mo	< 1	3	2	2	2	3	2	3	?	4	< 1	< 1	3	5	5	3	5	2	2	3	4	< 1
Ni	11,5	88	42	33	60	122	53	56	52	57	23	56	64	73	240	52	27	38	20	33	39	16
Pb	27	260	200	140	130	190	185	280	160	230	70	780	460	330	520	190	145	360	100	68	110	49
Sn	6,7	15,5	13	17	22	19,5	30	17	65	27	12	6	34	24	29	20	20	48	4,6	5,6	6,2	1,9
Sr	9	29	76	92	102	70	500	42	58	30	49	8,5	95	107	9	88	300	37	64	18	40	10
Ti	220	2100	800	820	1900	1500	3000	850	1200	2800	2500	560	2100	2300	75	1200	990	1600	2500	400	750	550
V	16	50	30	43	78	110	68	47	36	52	16	17	70	66	14	38	30	22	30	9	27	16
Zn	740	3400	2150	1750	1700	2600	3000	3200	1800	2250	2400	1150	3200	2000	5000	2100	380	2000	1600	3000	600	320

In allen Proben wurde bis zu folgenden Konzentrationen nicht nachgewiesen:

- As < 300 ppm
- Be < 30 ppm
- Bi < 3 ppm
- Sb < 30 ppm
- Tl < 3 ppm

Tabelle 6

Vergleich mit mittleren Gehalten in Landpflanzen und Böden (nach B o w e n (1966)) und in magmatischen Gesteinen (nach T a y l o r (1964))

Elemente	Landpflanzen (Trocken- substanz)	Böden	Rehgras (Mittelwert)	50 % Landpflanzen + 50 % Boden (A)	Anreiche- rungskoeff- fizient Rehgras/A	Magmatische Gesteine*) (B)	Maximale Konzent- ration Wien	Wien, maximaler Anreicherungskoeffizient	
								gegenüber A	gegenüber B
Ag	0,06	0,1	0,4**)	0,08	5	0,06	18	22,5	30
B	50	10	32	30	1	12	92	3	7,5
Ba	14	500(361)***)	86	257	0,3	483	1.480	5,8	3,1
Ca	18.000	13.700	60.000	16.000	3,7	32.900	n. b.	—	—
Cl	2.200	100	23.400	1.150		153	37.700	38	246
Co	0,5	8 (15)	4	4,3	0,9	17	12	3	0,7
Cr	0,23	100 (58)	14	50	0,3	69	70	1,4	1
Cu	14	20 (46)	19	17	1,1	40	650	38	16
Fe	140	38.000	10.000	19.000	0,5	34.900	23.500	1,2	0,7
Ga	0,06	30	2	15	0,3	16	11,5	0,8	0,6
Ge	< 0,X(?)	1	< 1	< 1	~ 1	1,5	7	< 7	4,7
J	0,4	5	45**)	2,7	17	0,5	313	116	627
K	14.000	14.000	29.150	14.000	2,1	25.000	66.300	4,8	2,6
Mg	3.200	5.200	4.300	4.200	1	16.700	n. b.	—	—
Mn	630	850 (999)	76	740	0,1	777	660	0,9	0,9
Mo	0,9	2	≤ 2	1,5	~ 1	1,7	5	3,3	3
Na	1.200	6.300	10.000	3.750	2,7	21.600	18.400	4,1	0,7
Ni	3	40 (41)	25	22,5	1,1	50	240	10	4,8
Pb	2,7	10 (16)	45**)	6	7,5	15	850	142	57
S	3.400	700	44.500	2.050	22	263	76.500	37	291
Sn	< 0,3	10	4	5	0,8	2,3	65	13	28
Sr	26	300 (172)	25	163	0,15	345	500	3	1,5
Ti	1	5.000 (7300)	650	2.500	0,26	4.400	3.000	1,1	0,7
V	1,6	100 (125)	11	51	0,2	97	110	2	1,1
Zn	100	50	460	75	6	60	5.000	66	84

\*) Umgerechnet auf Granit: Basalt = 2 : 1    \*\*) Ohne Maximalwert    n. b. = nicht bestimmt

\*\*\*) In Klammern Durchschnittsgehalte einiger österreichischer Bodentypen (19 Proben) nach A. R. Assareh (unveröffentlicht)

Der Niederschlag erreicht bei der Universität mit  $201,4 \text{ mg/m}^2$  Chlorid und im Arsenal mit  $1927 \text{ mg/m}^2$  Sulfat den maximalen Wert. Jedoch sind mit hohen Sulfatgehalten keine sauren pH-Werte verbunden, da in solchen Proben auch das Calcium durch Höchstwerte vertreten ist.

Bei den Alkalimetallen dominiert im Winterhalbjahr das Natrium ( $\text{Na} > \text{K}$ ). Die Elemente Ge, Mo, Ni und V erreichen maximale Werte nur im Winterhalbjahr. Zu allen Jahreszeiten sind die Konzentrationen an Ag, B, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, J, Mn, Mo, Ni, Pb, Sn, Sr, V und Zn beim „Stadttyp“ meist um das Eineinhalb- bis Dreifache gegenüber den beiden Sammelstellen in den Grünlandzonen des westlichen Stadtgebietes erhöht. In Einzelfällen stößt man auch bei manchen Schwermetallen, wie Ag, Cu, Mo, Ni, Sn oder Zn auf erratisch hohe Werte. Ohne weitere Beobachtungsreihen kann im Einzelfall keine einwandfreie Erklärung abgegeben werden. Für eine statistische Auswertung ist, um den Zufall auszuschalten, das Datenmaterial sicherlich noch zu klein. Durch die Art der Versuchsdurchführung ist eine experimentelle Kontamination aber unwahrscheinlich.

Die zwei Proben der Beobachtungsstation von Rehgras fern der Großstadt lassen erkennen, daß die Größenordnung der Luftverschmutzung im Stadtgebiet selbst im „Landtyp“ noch den Faktor 2 – 3 und im „Stadttyp“ sogar 3 – 5 oder mehr erreichen. Dies stimmt mit der allgemeinen Erfahrung insofern überein, als der Verschmutzungsgrad der Meeresluft mit 1 angesetzt bei der Landluft 10, der Kleinstadtluft mit 35 und der Großstadtatmosphäre mit 150 (im Maximum sogar X000) angegeben wird.

Der „Landtyp“ ist durch allgemein hohe Kaliumgehalte in den Vegetationsmonaten gekennzeichnet ( $\text{K} > \text{Na}$ ). Wahrscheinlich spielt auch das Verbrennen von Unkraut und Holz mit eine Rolle. In Rehgras tritt der Einfluß des Kalium besonders hervor.

An binäre Korrelationsdiagrammen kann man ablesen, daß manche Elemente nicht an den Ort, sondern vielmehr an die Zeit der Aufsammlung gebunden sind.

Am besten zeigt dies das K/Na-Diagramm (Abb. 5). Im Wintermonat Februar wird der Natrium- und Kaliumhaushalt des Gesamtniederschlages von der atmosphärischen Komponente allein bestimmt. Das K/Na-Verhältnis stimmt denn auch mit Werten für Wien überein, die Steinhauser (1964) gegeben hat.

Im letzten Sommermonat September wird das K/Na-Verhältnis eher von Mineralstäuben regiert. Das K/Na-Verhältnis ist dann, wie die Abbildung zeigt, mit dem der Tongesteine vergleichbar. In Herbst- und Frühjahrsmonaten sind die größten Streuungen zu beobachten, wobei offenbar mehr die biogene Komponente zur Geltung kommt.

Auch aus dem Pb/I-Diagramm (Abb. 6) ist ein jahreszeitlicher Einfluß ersichtlich. Für das Wintermonat erhält man wieder das kleinste Streufeld.

Beim Ca/Sr-Verhältnis käme die Zeitabhängigkeit weniger zum Ausdruck, da die Strontiumverteilung

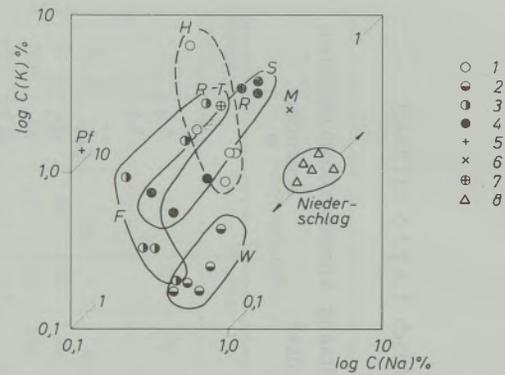


Abb. 5

## Korrelationsdiagramm Na/K

- 1 Gesamtniederschlag Herbstmonat 1966
- 2 Gesamtniederschlag Wintermonat 1967
- 3 Gesamtniederschlag Frühjahrsmonat 1967
- 4 Gesamtniederschlag Sommermonat 1967
- 5 Durchschnittsgehalt im Trockenrückstand von Pflanzen nach Bowen (1966)
- 6 Durchschnittsgehalt in magmatischen Gesteinen nach Turekian-Wedepohl (1961)
- 7 Durchschnittsgehalt der Tongesteine nach Turekian-Wedepohl (1961)
- 8 Niederschläge nach Steinhauser (1964)

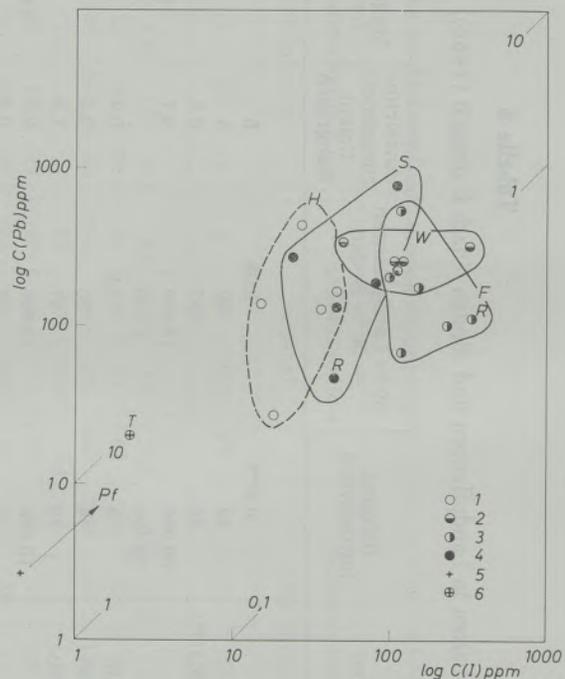


Abb. 6

## Korrelationsdiagramm Pb/I

- 1 Gesamtniederschlag Herbstmonat 1966
- 2 Gesamtniederschlag Wintermonat 1967
- 3 Gesamtniederschlag Frühjahrsmonat 1967
- 4 Gesamtniederschlag Sommermonat 1967
- 5 Durchschnittsgehalt im Trockenrückstand von Pflanzen nach Bowen (1966)
- 6 Durchschnittsgehalt in magmatischen Gesteinen nach Turekian-Wedepohl (1961)

in Mineralkomponenten, wie Calcit, Gips, Plagioklas und Aragonit sehr variant sein kann. Im allgemeinen nimmt Strontium mit fallenden Calciumgehalten ab.

Tabelle 7

Komponenten der Stoffzusammensetzung der Gesamtniederschläge

Atmosphärische Grundkomponente	Na, Cl, S, J, (Br)
Mineralische Grundkomponente	Si, Al, Fe, Ca, Mg, K, Na, Ti; Mn, V, Cr, B, Ni, Co, Cu, Ge, Ga, Sn, Mo etc.
Biogene Zusatzkomponente	
a) Rezente Organismen (meist pflanzl. Substanz)	K, Mg, Ca, Zn, (P)
b) Pflanzenasche	dtto
c) Flugasche und Unverbranntes von fossilen Brennstoffen	S, V, Ni, Ge, Ga, Mo, B, J, (As)
Technogene Zusatzkomponenten	
a) Verbrennungsprodukte von Treibstoffen	Pb, (Br)
b) Abrieb von Bauwerken	Si, Ca,
c) Korrosionsprodukte	Fe, Pb, Zn, Cu, Sn, Ag,
d) Industriestäube etc.	Fe, Mn, ...

Das kleinste Streufeld läge wieder im Wintermonat vor.

b) Geochemische Komponenten des Gesamtniederschlags

Das Spektrum der Elementverteilung in den Gesamtniederschlägen verlangt eine Zuordnung zu jenen geochemischen Komponenten, die die Luftverunreinigungen bestimmen. Es sind dies:

1. die atmosphärische Grundkomponente
2. die mineralische Grundkomponente
3. biogene Zusatzkomponenten
4. technogene Zusatzkomponenten.

Ein Vergleich der erhaltenen Werte mit den durchschnittlichen Konzentrationen in Landpflanzen, Böden und magmatischen Gesteinen läßt eine in Tab. 7 gegebene Zuordnung deutlich werden. Auf die atmosphärische Komponente ist offensichtlich die Hauptmenge an Na, Cl, S und J zurückzuführen. Ihre Gehalte sind in und außerhalb der Stadtatmosphäre stark überhöht. Bei der Bestimmung der mineralischen Komponente muß man in Rechnung stellen, daß das geochemische Milieu in der Stadt Wien und in der kalkalpinen Umgebung von Rehgras unterschiedlich ist. In Wien wird man sich eher den Durchschnittswerten der sauren Erdkruste nähern. Granit, Kalksteine, Ziegel- und Verputzmaterial stellen neben einem geologischen Milieu von Tonen und Mergeln des Jungtertiärs sowie daraus resultierenden Böden das lokale Grundmaterial der Staubeentwicklung dar. Die Umgebung von Rehgras ist vorwiegend aus Carbonatgesteinen und den daraus resultierenden Böden aufgebaut. Elemente, die dieser Gruppe angehören, zeigen im allgemeinen keinen Anreicherungskoeffizienten, der Eins wesentlich überschreitet. Die niedrigen Gehalte in Rehgras an Ba, Sr, Ga und Ti sind auf das Carbonatgesteinsmilieu zurückzuführen. Die bio-

gene Zusatzkomponente ist schwieriger festzulegen. Zieht man die durchschnittliche Zusammensetzung der Trockensubstanz von Landpflanzen zum Vergleich heran, so dürften in Rehgras als dominierende pflanzliche Stoffkomponenten die Elemente K und Zn, wie an Hand der Vollanalysen gezeigt wird, zum Teil auch Mg und Ca biogener Herkunft sein. Man wird auch den Insektenanflug nicht ganz vernachlässigen dürfen.

In den Wintermonaten, vor allem bei Schneebedeckung, ist die atmosphärische Grundkomponente mit der durch Heizstoffe bestimmten Zusatzkomponente gekennzeichnet. Der erhöhte Schwefeloxidgehalt der Luft spiegelt sich in den Sulfatwerten wider. Aus den Spurengehalten der Luftverunreinigungen kann man auf das Vorwiegen von Brennstoffarten, Kohle oder Heizöl, rückschließen.

In den anderen drei Jahresabschnitten fällt die biogene Zusatzkomponente mehr oder weniger stark ins Gewicht. Die mineralische Grundkomponente hängt vor allem von meteorologischen Einflüssen ab. Das Maximum fällt in den Monat September, d. h. noch in den Sommerabschnitt. In Wien wird die Staubkomponente vor allem durch SO-Winde, durch Inversionen und windstille Perioden gefördert. NW-Winde, die frei von Niederschlag und Inversionen sind, bringen wenig Mineralstaub (Steinhausner/Chalupa (1966)).

Die Durchsicht der Gesamttrückstände aus dem Stadtgebiet von Wien beweist, daß die Anthroposphäre viele Luftverunreinigungen bestimmt. Die erhöhten Werte von V, Ni, Ge, Mo oder J in den Wintermonaten demonstrieren den Anstieg des Grundpegels durch Verbrennung fossiler Brennstoffe, wie Kohlen und Heizöle. Sehr stark macht sich das Blei aus den Treibstoffen der Automobile bemerkbar. Allerdings muß in Betracht gezogen werden, daß auch über

Brennstoffe, Farbstoffe, etc. etwas Blei in die Atmosphäre gelangt. Technologischer Herkunft sind wohl Korrosionsprodukte von Materialien wie Messing, Bronze, Zinkblech, Mineralfarbstoffen und dergleichen. Hohe Gehalte an Cu, Zn, Ba, Sn u. a. sind so erklärbar. Auch der Abrieb von Fahrzeugen (Pneus, Bremsen, Laufrädern etc.) dürfte ins Gewicht fallen. Bei manchen Elementen ist die vorgefundene Konzentration nicht so unmittelbar verständlich, wie etwa beim Ag (vergleiche auch Tabelle 7).

Die halbquantitative Analyse eines Staubes aus dem zentralen Stadtgebiet ergibt jedoch ebenfalls, daß manche Elemente in ungewöhnlichen Gehalten vorliegen.

Die Asche eines Staubfilters, dessen Belag vom Institut für medizinische Chemie der Universität Wien aus in Wien 9., Währingerstraße 13 aufgesammelt und dankenswerterweise von Univ.-Prof. Dr. S c h e d l i n g zur Verfügung gestellt worden war, zeigt in einer orientierenden spektrochemischen Untersuchung halbquantitativ etwa folgende Spurenzusammensetzung:

Über 1 %	: Al, Ca, Fe, K, Si.
0,1 – 1 %	: Ba, Cr, Cu, Mg, Ni, P, Ti, Zn.
0,03 – 0,01 %	: B, Co, Mn, Pb.
0,01 – 0,03 %	: Ag, As, Sb, V.
unter 0,01 %	: Ge, Sn, Sr.

Die im wesentlichen aus Ruß bestehende Probe zeigt außergewöhnlich hohe Werte an Ag, Ba, B, Co, Cr, Ge, Ga, Ni, Pb, Sb, Sn, V und Zn und Cu, etwa in einer Verteilung, wie sie die Analysen der Gesamtniederschlagsproben im Stadtgebiet von Wien ergeben haben.

c) Zur mineralischen Zusammensetzung des Feststoffanteiles der Gesamtniederschläge

Als Vorstudie wurde im Jahre 1965 Gesamttrückstände röntgendiffraktometrisch untersucht, die im März/April während eines Zeitraumes von sechs Wochen in den fünf Stationen des Wiener Stadtgebietes aufgesammelt worden waren. Es konnten folgende Mineralphasen festgestellt werden:

In allen fünf Proben: Quarz, Calcit,  
Häufiger: Halit (NaCl), Sylvit (KCl),  
Plagioklas, Gips,

Weniger häufig: Dolomit, Hämatit ( $\alpha$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ),  
Nicht eindeutig identifiziert: Muskovit, Kaolinit.

Nach S u e ß (1865) besteht der mineralische Staub von Wien vorwiegend aus Glimmerblättchen, die aus der Verwitterung des Wiener Sandsteines stammen sollen, sowie aus Quarz, der als Abnutzungsstoff des Straßenpflasters aufgefaßt worden ist.

Der Versuch, aus den Analytendaten der Tabelle 4 eine Berechnung der Mineralzusammensetzung durchzuführen, wäre nur in der an organogenem Material armen Probe (Nr. 2) mehr oder weniger möglich. Selbstverständlich könnte mangels fehlender Anhaltspunkte nur eine fiktive Berechnung vorgenommen werden.

### Nachwort

Für die finanzielle Bereitstellung von Mitteln zur Durchführung dieser Arbeit danken wir dem Österreichischen Forschungsrat, für eine weitere Förderung im Rahmen der Eigenforschungsarbeiten der BVFA-Arsenal dem Bundesministerium für Bauten und Technik.

Für die Erlaubnis zur Aufstellung der Probensammelgefäße richtet sich unser Dank an Herrn Univ.-Prof. Dr. S t e i n h a u s e r (Zentralanstalt für Geodynamik und Meteorologie, Hohe Warte), Herrn Univ.-Prof. Dr. L i p o l t (Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung, Kaisermühlen), den Bundesgebäudeverwaltungen I und II Wien, sowie der Direktion der Gartenbauschule Schönbrunn.

Herrn Univ.-Prof. Dr. S c h e d l i n g (Wien) sei für die Überlassung einer Staubprobe herzlichst gedankt.

Bei den ersten Vorversuchen hat Herr Dr. S c h i f f n e r (Wien) mitgewirkt, wofür ihm gleichfalls gedankt sei. Die spektralanalytischen Arbeiten wurden dankenswerter Weise von Frau Dr. J a n d a und Herrn D o l e z e l, die röntgendiffraktometrischen Untersuchungen von Frau Dr. S t e p a n ausgeführt. Bei den übrigen Arbeiten half Herr K o z u h - S c h n e e b e r g e r (alle Grundlageninstitut der BVFA-Arsenal).

### Zusammenfassung

Während der Periode eines Jahres sind viermal über ein Monat lang an fünf Stellen innerhalb des Stadtgebietes von Wien Gesamtniederschlagsproben aufgesammelt worden. Zum Vergleich wurden Proben aus dem kalkalpinen Bereich am Südrand des Wiener Waldes herangezogen.

Die Rückstände der Gesamtniederschläge wurden vor allem auf spektrochemischem Wege auf Spurenelemente, wie Ag, As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, Mo, Mn, Ni, Pb, Sr, Sn, Ti, V und Zn untersucht. Ferner

wurden auf chemischem Wege die charakteristischen Hauptbestandteile sowie der Jodgehalt ermittelt.

Die qualitative Zusammensetzung des Abdampfrückstandes wurde röntgendiffraktometrisch auf Mineralphasen untersucht sowie chemische Vollanalysen am Material von zwei charakteristischen Probenahmestellen vorgenommen.

Nach der zeitlichen Varianz des Chemismus wird ein „Landtyp“ und „Stadttyp“ unterschieden. Gegen-

über der Beobachtungsstation im Wiener Wald erreicht der Grad der Luftverschmutzung, gemessen am Gesamtniederschlag im Stadtgebiet von Wien beim „Landtyp“ den Faktor Zwei bis Drei und beim aus-

gesprochenen „Stadttyp“ sogar Drei bis Fünf und auch mehr.

Der Chemismus der Luftverschmutzung wird nach ihren geochemischen Komponenten aufgegliedert.

### Summary

Samples of the total precipitation were collected at five points in the region of Vienna four times during a period of a year. The samples were compared with samples of a sixth point located in the South of the Vienna Forest. The residuals of the precipitation were analyzed spectrochemically for trace elements (Ag, As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, Mo, Mn, Ni, Pb, Sr, Sn, Ti, V and Zn). The major elements and iodine were determined by wet chemical analysis. The phase-compositions of the solide residues were investigated qualitatively by X-ray diffraction

method. Chemical analyses of two samples from characteristic sampling points were made. Concerning the temporary variance of the chemism a "country type" and a "city type" were differentiated. In comparison to the observation station at the Vienna Forest the degree of air pollution reaches a factor of two or three for the "country type" and a factor of three up to five or more for the "city type". The chemism of the air pollution is discussed in relation to its geochemical components.

### Résumé

Au cours d'une période d'un an, on a recueilli quatre fois par mois, en cinq points de la zone urbaine viennoise, des échantillons de précipitation totale. A titre comparatif, on a étudié des échantillons provenant de la région des Alpes calcaires sur la lisière sud de la forêt viennoise.

Les résidus des précipitations totales ont été analysés principalement par des méthodes spectrochimiques, afin de déterminer les traces d'éléments tels que Ag, As, B, Ba, Co, Cr, Cu, Ga, Ge, Mo, Mn, Ni, Pb, Sr, Sn, Ti, V et Zn. On a ensuite dosé par une méthode chimique les principaux constituants caractéristiques ainsi que la teneur en iode.

La composition qualitative du résidu de vaporisation été a étudiée par diffractométrie X pour déter-

miner les phases minérales et une analyse chimique complète du matériau de deux points caractéristiques a été effectuée.

Selon les variations des phénomènes chimiques, on distingue "un type campagnard" et "un type urbain". Par rapport aux résultats de la station d'observations installée dans la forêt viennoise, le degré de pollution atmosphérique mesuré d'après la précipitation totale dans la zone urbaine viennoise, atteint, dans le cas du "type campagnard" un facteur de deux à trois et, dans le cas du "type urbain" bien caractérisé, même de trois à cinq et plus.

Le processus chimique de la pollution atmosphérique a été décomposé en constituants géochimiques.

### Literaturverzeichnis

1. Bangerl, A. u. F. Steinhauser, Die Verteilung des  $\text{SO}_2$ -Gehaltes der Luft im Stadtgebiet von Wien. *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie* 10 (1959), S. 132 — 153.
2. Baumann, R., E. Kadan, J. A. Schedling u. G. Wagner, Über einige Messungen der Konzentration fester und gasförmiger Luftverunreinigungen im Raum von Wien, *Radex-Rundschau* 1966, S. 240 — 257.
3. Bowen, H. J. M., Trace Elements in Biochemistry, Academic Press, London-New York 1966.
4. Löbner, A., Vergleichende Staubbiederschlagsmessungen mit verschiedenen Auffanggeräten, *Staub* 23 (1963), S. 371 — 373.
5. Noro, L. u. A. Laamanen, Über den Charakter und die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverunreinigungen von Helsinki, *Staub* 22 (1962), S. 191 — 192.
6. Schedling, J. A. u. R. Baumann, Über das Auftreten von Extremwerten der Staubkonzentration in der Großstadtluft in Abhängigkeit von Niederschlag, Wind und Inversionslage, *Wiener klinische Wochenschrift* 79 (1967), S. 498 — 500.
7. Steinhauser, F., Ergebnisse von Messungen des  $\text{CO}_2$ -Gehaltes der Luft in Österreich, *Wetter und Leben* 12 (1960), S. 263 — 269.
8. Steinhauser, F., Über den Gehalt an chemischen Beimengungen von Luft und Niederschlägen, *Időjárás* 6 (1964), S. 348 — 363.
9. Steinhauser, F. u. K. Chalupa, Ergebnisse von Messungen der Staubablagerungen in Österreich, *Wetter und Leben* 18 (1966), S. 177 — 185.
10. Steinhauser, F., Über Änderungen der  $\text{SO}_2$ -Ablagerungen aus der Luft in Wien von 1958 — 1966, *Wetter und Leben* 19 (1967), S. 47 — 56.
11. Sueß, E., Über den Staub Wiens und den sogenannten Wiener Sandstein. *Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse* 4 (1865), S. 271 — 280.
12. Taylor, S. R., Abundance of Chemical Elements in the Continental Crust: A New Table, *Geochim. Cosmochim. Acta* 28 (1964), S. 1273 — 1285.
13. Turekian, K. K. a. K. H. Wedepohl, Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Bull. Geol. Soc. Am.* 72 (1961), S. 175.
14. World Health Organization, Die Verunreinigung der Luft, Verlag-Chemie GmbH, Weinheim/Bergstraße 1964.