

Aus der Landwirtschaftlich-chemischen Bundesanstalt Linz

ROLAND MAYR

IMMISSIONSERHEBUNGEN MIT HILFE LANDWIRTSCHAFTLICHER NUTZPFLANZEN IM STADTGEBIET VON LINZ IM JAHRE 1986

(Mit 12 Tabellen und 9 Abbildungen)

Manuskript eingelangt am 27. April 1987

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Roland MAYR, A-4025 Linz, Wieningerstraße 8
Landwirtschaftlich-chemische Bundesanstalt, Referat für Agrarökologie

A BIOLOGICAL MONITORING SYSTEM IN LINZ 1986

SUMMARY

It is well known that the city of Linz is heavily exposed to industrial immissions. The environmental office of the city tried to evaluate the importance of the air contaminants fluorine, lead, cadmium and mercury by standardized test plants. Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum*, Type "Lema") was used to detect fluorine, while Mangold (*Beta vulgaris*, var. *vulgaris*), Buschbohne (*Phaseolus vulgare*, var. *nanus*) and Perko-PVH (a type of *Raphano brassica*) were used for heavy metals. The test plants were exposed at 13 different locations within the city of Linz for a period of 21 days: Mangold and grass: 6/6/86–17/6/86; Buschbohnen: 7/7/86–7/28/86 and Perko-PVH: 9/11/86–10/2/86.

A comparison of contaminated and uncontaminated areas is possible as a similar monitoring program was put into operation in the rest of Upper Austria simultaneously. Test-plants have demonstrated that the area of the city of Linz is heavily exposed to the toxic elements fluorine, lead, cadmium and mercury. There are marked differences to the rest of the province. The immissions are heaviest in areas bordering on the industrial zone. Fluorine immissions were much higher in autumn than in spring and summer. The investigations have been continued in 1987.

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Fragestellung	122
2. Testmethode und Analysenverfahren	123
2.1. Testmethode	123
2.2. Analysenverfahren	125
3. Praktische Durchführung und Vegetationsverlauf	126
3.1. Auswahl der Standorte	126
3.2. Praktische Durchführung	128
4. Analyseergebnisse und deren Beurteilung	133
4.1. Blei	136
4.2. Cadmium	138
4.3. Quecksilber	139
4.4. Fluor	141
4.5. Gesamtbeurteilung	144
4.6. Zusammenfassung hinsichtlich der Beurteilung der Analyseergebnisse	145
5. Zusammenfassung	146
Literatur	148

1. FRAGESTELLUNG

Die Landeshauptstadt Linz hat sich – speziell im und nach dem 2. Weltkrieg – zu einem industriellen „Ballungsraum“ entwickelt. Die hier während der ersten vierziger Jahre angesiedelte chemische und eisenverarbeitende Großindustrie und deren weiterer Ausbau in der Zeit seit 1945 brachten für die Stadt Linz und ihre Umgebung einen starken wirtschaftlichen Aufschwung und ein Anwachsen der Bevölkerung. Die industriellen und gewerblichen Betriebe, aber auch der Hausbrand und der sehr stark ansteigende Kraftfahrzeugverkehr bewirken, daß die Luft in diesem Raum mit den verschiedensten chemischen Substanzen angereichert wird.

Die Lage der Stadt in einem nur nach Südosten offenen Becken hat aber zur Folge, daß – insbesondere bei bestimmten Witterungsverhältnissen (Windstille, Inversionslagen) – die Atemluft zeitweilig sehr stark mit Schadstoffen (Gase, Stäube) angereichert wird. Es wurde daher seitens des Landes Oberösterreich schon vor Jahren ein Luftmeßsystem eingerichtet, das über die Schadstoffbelastung der Luft an verschiedenen Punkten Auskunft gibt. Darüber hinaus ist das Umweltamt der Stadt Linz sehr stark mit den Fragen der Luftqualität befaßt.

Im Zuge der Feststellung der Schadstoffbelastung der Luft erhebt sich nun die Frage, inwieweit diese Schadstoffe Auswirkungen auf Pflanzen,

insbesondere auf Nutzpflanzen, haben. Dabei geht es weniger darum, ob Pflanzen in ihrem Wachstum beeinträchtigt oder sogar geschädigt werden, sondern um die Frage, ob bestimmte Schadstoffe über die Pflanzen Eingang in die Nahrungskette finden.

Da die „Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftliches Versuchswesen Oberösterreich“ für das Jahr 1986 ein Projekt (kurz: ARGE-Projekt) in Angriff nahm, das mit Hilfe bestimmter Testpflanzen an 30 Stellen in ganz Oberösterreich auf die erwähnte Fragestellung eine Antwort geben sollte, wurde an den Magistrat der Landeshauptstadt Linz der Vorschlag herangetragen, von sich aus im Stadtgebiet mit einer bestimmten Anzahl von Testpunkten ein ähnliches Projekt durchzuführen. Dieser Vorschlag wurde vom Magistrat angenommen, so daß es – die Zustimmung der zuständigen Stellen vorausgesetzt – nunmehr möglich ist, für das ganze Bundesland Daten über die Immissionssituation (an Hand bestimmter Pflanzen und in bestimmten Zeiträumen) zum Vergleich zur Verfügung zu haben.

2. TESTMETHODE UND ANALYSENVERFAHREN

2.1. Testmethode

In der Bundesrepublik Deutschland werden seit längerem Immissionskontrollen anhand von Pflanzen durchgeführt. Zu besonderer Bedeutung ist dabei das Verfahren der „Standardisierten Graskulturen“ nach SCHOLL gelangt. Dieses wird in der BRD zur exakten Erfassung von Fluorimmissionen im Einflußbereich von Industriebetrieben verwendet. Die Grundzüge dieses Verfahrens sind in den Richtlinien des „Verbandes deutscher Ingenieure“ festgelegt (VDI-Richtlinien Nr. 3792, Blatt 1 und 2: „Messen der Immissionswirkdosis von gas- und staubförmigem Fluorid in Pflanzen mit der standardisierten Graskultur“). Dieses Verfahren besteht im wesentlichen darin, daß in einer Höhe von 1,50 m über dem Erdboden (Ausschaltung von Erdstäuben) Gefäße angebracht werden, die die Exposition vorgezogener Graskulturen unabhängig von den örtlich gegebenen Bodenverhältnissen gestatten (siehe beigelegte schematische Skizze – Abb. 1).

Diese Kulturen werden über einen Saugstreifen aus einem Behälter mit Nährlösung versorgt. Saatgut, Anzucht, Kulturerde, Nährlösung und Expositionsdauer sind dabei genormt („standardisiert“).

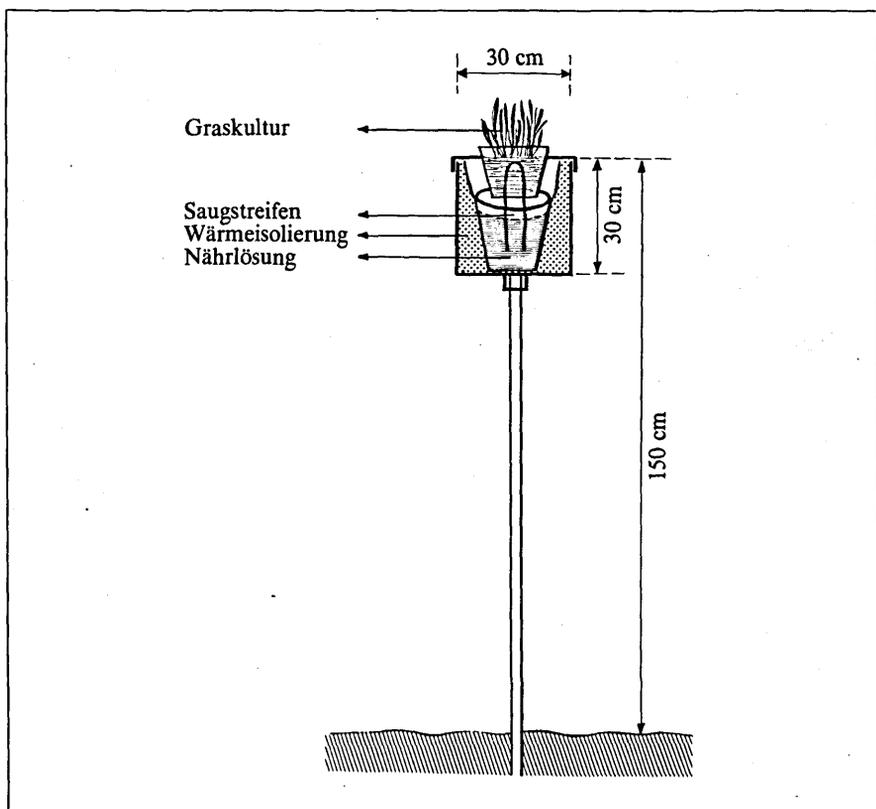


Abb. 1: Schema eines Testgefäßes.

Aufgrund von Erfahrungen in der BRD wurde in Voruntersuchungen an der Landwirtschaftlich-chemischen Bundesanstalt Linz dieses Verfahren in folgenden Punkten abgeändert:

a) Aufbau und System der Testgefäße wurden vereinfacht, wodurch eine wesentliche Verbilligung erreicht werden konnte. Die Vereinfachung in der Konstruktion bedingt zwar das regelmäßige Nachgießen von Nährlösung, was jedoch deswegen keinen Mehraufwand bedeutet, weil die Testpflanzen bei längerer Expositionsdauer auf jeden Fall regelmäßig kontrolliert werden müssen.

b) Weiters wurden zur Messung der Schwermetallimmissionen als zusätzliche Testpflanzen Mangold, Buschbohne und Perko-PVH herangezogen, und zwar: Mangold für den Frühjahrsdurchgang, Buschbohne für den Sommerdurchgang und Perko-PVH für den Herbstdurchgang.

c) Die Expositionsdauer wurde auf 21 Tage ausgedehnt, da in 14 Tagen zu wenig Zuwachs und damit biologische Aktivität der Pflanzen zu erwarten ist. Da die Graskulturen vor der Exposition auf 4 cm Länge zurückgeschnitten werden, ergibt sich sofort danach ein starker Wachstumsschub. Diese Maßnahme ist bei den gewählten Indikatorpflanzen Mangold, Buschbohne und Perko-PVH nicht möglich, weshalb auf eine längere Expositionszeit übergangen wurde. Für die günstige Klimалаge im Raum von Linz hat sich der Expositionszeitraum von 21 Tagen als zweckmäßig erwiesen. Mangold ist wie die Zuckerrübe ein Gänsefußgewächs, dessen Blätter und fleischige Stiele ähnlich wie Spinat verwertet werden. Perko-PVH gehört zur Familie der Kreuzblütler und stellt eine Kreuzung aus Chinakohl und Rübsen dar. Perko-PVH eignet sich wegen der Frostunempfindlichkeit sehr gut als Bioindikatorpflanze für den Herbst.

d) Die in den VDI-Richtlinien angegebene Nährlösung hat sich für Gras nicht bewährt, weshalb – nach entsprechenden Voruntersuchungen – auf eine im Handel befindliche Nährlösung übergangen wurde. Für die Gemüse- bzw. landwirtschaftlichen Nutzpflanzen mußte auf jeden Fall eine andere Nährstofflösung (nämlich eine solche mit engerem N:P:K-Verhältnis) gesucht werden.

2.2. Analysenverfahren

a) Gras

Das geerntete Gras wurde ohne Waschvorgang getrocknet und seine Trockensubstanz bestimmt. Alle angegebenen Fluorwerte sind daher auf die Trockensubstanz bezogen. Auf das Waschen wurde bewußt verzichtet, weil das von den Landwirten geerntete Futter ebenfalls ungewaschen den Tieren verfüttert wird. Ein Waschvorgang würde aber die dem Futter anhaftenden fluorhaltigen Stäube entfernen. Die Analyse ungewaschenen Materials erlaubt außerdem auch einen Rückschluß auf eine allenfalls vorhandene Umweltbelastung durch fluorhaltige Stäube. Da sowohl in den erwähnten Voruntersuchungen unserer Anstalt wie auch im Projekt der „ARGE landwirtschaftliches Versuchswesen Oberösterreich“ das Pflanzenmaterial vor der Analyse nicht gewaschen wurde bzw. wird, wurde auch bei dieser Immissionsuntersuchung im Gebiet der Stadt Linz dieselbe Vorgangsweise gewählt, weil ansonsten die Ergebnisse nicht vergleichbar wären. Das getrocknete und gemahlene Pflanzenmaterial wurde verascht und mit Natronhydroxyd ein Schmelzaufschluß

durchgeführt. Anschließend erfolgte mittels einer fluorsensitiven Elektrode die Messung des Fluors.

b) Mangold, Buschbohne, Perko-PVH (nach Bestimmung der Trockensubstanz):

Blei und Cadmium: Am getrockneten Material wurde ein Naßaufschluß mittels HNO_3 durchgeführt, anschließend erfolgte die Messung am Atomabsorptionsspektralphotometer (Graphitrohr).

Quecksilber: Der Aufschluß erfolgte mittels eines Gemisches aus $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_3/\text{HClO}_4$, die Messung am Atomabsorptionsspektralphotometer erfolgte mittels Kaldampftechnik.

3. PRAKTISCHE DURCHFÜHRUNG UND VEGETATIONSVERLAUF

3.1. Auswahl der Standorte

Anhand des Flächenplanes der Stadt Linz wurde eine Verteilung der

● Standorte 1–13:

- 1) Wirtschaftshof des Stadtgartenamtes am Freinberg; Quartier der Forsythien
- 2) Zoologischer Garten, Windflachweg, Linz-Urfahr; hinter der mittleren neuen Vogelvoliere
- 3) Pöstlingberg, unterhalb (südlich) der Kirche, Garten des Pfarrhofes
- 4) Traummüller Josef, Freistädter Straße 163, Urfahr, westlich des Hausgartens
- 5) Höhere Bundeslehranstalt für landwirtschaftliche Frauenberufe Elmberg, Elmbergweg, Urfahr; neben dem Glashaus des Schulgartens
- 6) Allgemeines Krankenhaus der Stadt Linz, Nähe Bau 18
- 7) Barbara-Friedhof der Stadtpfarre Linz, nordöstlicher Gartenbereich der Friedhofsgärtnerei
- 8) Hummelhofbad, neben Komposthaufen bei der Einfahrt für Wirtschaftsfahrzeuge (westliches Parkende)
- 9) Hausgarten des Landwirtes Starrermayr Ernst, Brunnenfeldstraße 114, im Wasserschutzwald; Hausgarten
- 10) Hausgarten des Franz Seilmayr, Neubauzeile 37a, Linz-Neupeint
- 11) Johann Tesar, Beuttlerweg 55, Ebelsberg, Ecke des Gartens (Rhabarber-Kultur)
- 12) Areal des Landwirtes Binder (Fischerfeldstraße 28) in der Neufelderstraße, Areal der Schottergrube
- 13) Pichlinger See, Ostecke, neben der Straße nach Asten

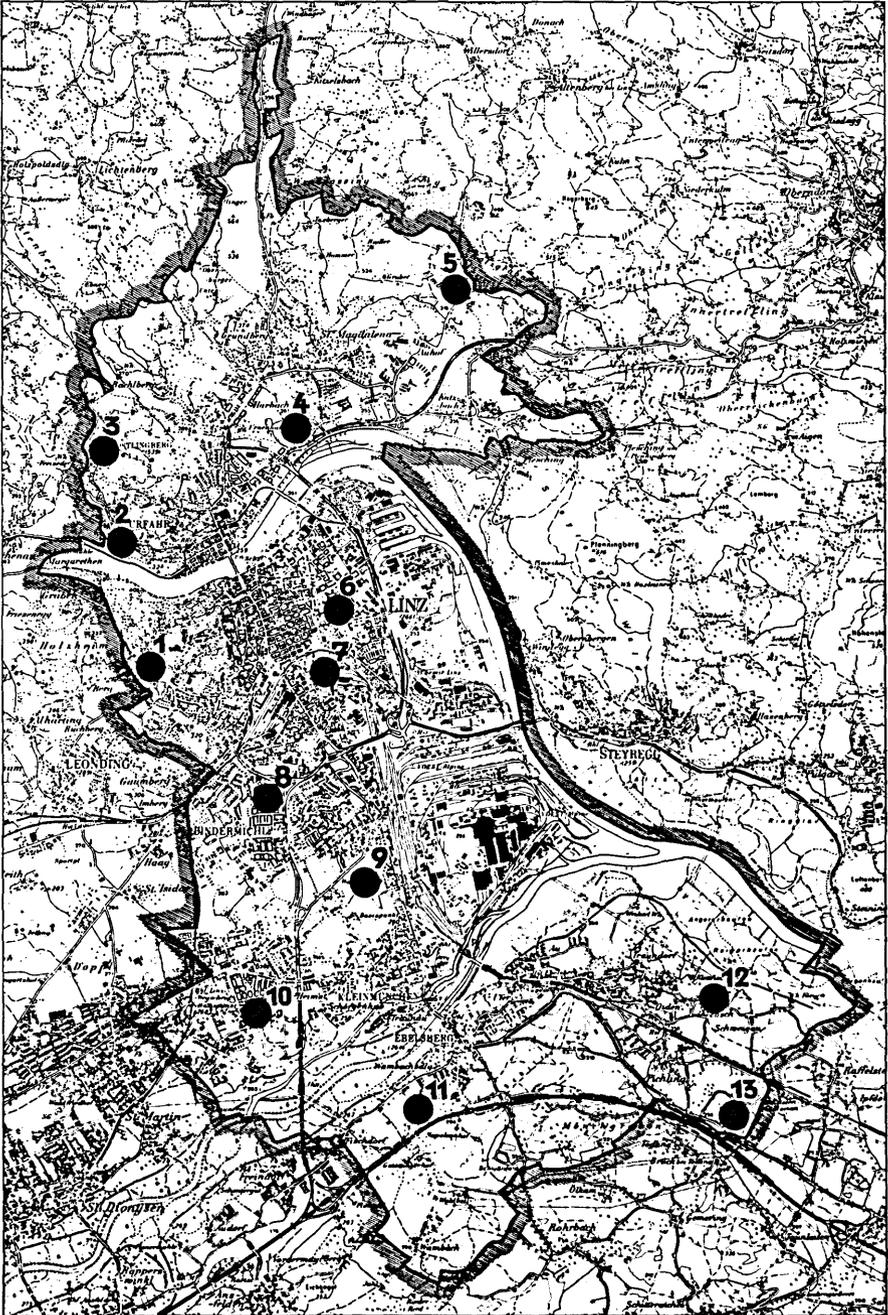


Abb. 2: Standorte der Pflanzentestgefäße im Stadtgebiet von Linz (1986).

Expositionspunkte (Abb. 2) vorgenommen, bei der folgende Gesichtspunkte berücksichtigt wurden:

- a) Vermeidung einer sehr großen Zahl von Testpflanzen und Standorten, um die Kosten möglichst gering zu halten. Diesbezüglich muß jedoch erwähnt werden, daß grundsätzlich von einem Rastermodell auszugehen wäre, wenn mit Hilfe der Bioindikation Ausmaß und Ausbreitung von Luftschadstoffen erhoben werden sollen. Bei einer etwaigen Fortführung dieses Projektes wären solche Überlegungen in eine Entscheidung einzubeziehen.
- b) Zonen, für die eine stärkere und solche, für die eine geringere Belastung mit Luftschadstoffen anzunehmen war.
- c) Vorherrschende Winde.
- d) Die im Rahmen eines Forschungsprojektes unserer Anstalt errichteten Bioindikatorstellen wurden, soweit sie im Linzer Stadtgebiet liegen, in ihrer Lage berücksichtigt, da sie zur selben Zeit mit den gleichen Testpflanzen besetzt wurden. (Es handelt sich bei diesem Forschungsprojekt um die Fortführung der eingangs erwähnten Voruntersuchungen.) Die Ergebnisse dieser Punkte können jedoch derzeit noch nicht in die Beurteilung einbezogen werden, da die Analysen noch nicht durchgeführt sind. Sobald diese Ergebnisse vorliegen, werden, nach Genehmigung durch die zuständige Abteilung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, die Ergebnisse veröffentlicht.

3.2. Praktische Durchführung, besondere Vorkommnisse

Die praktische Durchführung des Projektes bot aufgrund der vorhandenen Erfahrungen keine Probleme. Die Anzucht und Betreuung der Kulturen erfolgte seitens unserer Anstalt. Es zeigte sich allerdings, daß sich allgemein zugängliche Testgefäße nicht bewähren. Sie wurden am Standort Pichling Ost (am östlichen Ende des Pichlinger Sees) mutwillig zerstört, so daß der 2. und 3. Durchgang dort ausgefallen ist. Da sich in diesem Gebiet kein Grundbesitzer befindet, in dessen Bereich die Testgefäße aufgestellt werden könnten, muß auf diesen Standort wahrscheinlich bei etwaiger Fortführung des Projektes verzichtet werden.

Der Vegetationsverlauf war sehr zufriedenstellend. Die warme und trockene Witterung im Sommer und Herbst begünstigte insbesondere die Entwicklung der Buschbohnen. Die Testpflanze Perko-PVH hatte aufgrund der trocken-warmen Herbstwitterung einen sehr hohen Wasserbedarf, was öfteres Nachgießen von Nährlösung nötig machte.



Abb. 3: Mangold und Gras am Standort Nr. 1 – Wirtschaftshof des Stadtgartenamtes am Freinberg.



Abb. 4: Buschbohne und Gras am Standort Nr. 2 – Lehartiergarten Linz, Windflachweg (Linz-Urfahr).



Abb. 5: Mangold und Gras am Standort Nr. 4 – Freistädter Straße 163 (Linz-Urfahr).



Abb. 6: Buschbohne und Gras am Standort Nr. 5 – Höhere Bundeslehranstalt für Landwirtschaftliche Frauenberufe, Elmberg.



Abb. 7: Buschbohne und Gras am Standort Nr. 6 – Allgemeines Krankenhaus der Stadt Linz.



Abb. 8: Buschbohne und Gras am Standort Nr. 9 – Wasserschutzwald.



Abb. 9: Buschbohne und Gras am Standort Nr. 10 – Linz-Neupeint.

Alle Fotos vom Verfasser

Die Exposition der einzelnen Kulturen (siehe Abb. 3–9) erfolgte in folgenden Zeiträumen:

Mangold + Gras: 6. 6. – 27. 6. 1986,
Buschbohne + Gras: 7. 7. – 28. 7. 1986,
Perko-PVH + Gras: 11. 9. – 2. 10. 1986.

4. ANALYSENERGEBNISSE UND DEREN BEURTEILUNG

1. Analysenergebnisse

Diese sind in den Tab. 1 und 2 zusammengefaßt. Alle Angaben beziehen sich auf die Trockensubstanz (mg/kg TS bzw. µg/kg TS).

2. Beurteilung der Ergebnisse

Bei der Beurteilung der Ergebnisse ist grundsätzlich zu berücksichtigen, daß es sich

- a) um die Ergebnisse eines einzigen Jahres handelt und
- b) innerhalb des Vegetationsjahres 1986 nur bestimmte Zeiträume, nämlich die angegebenen Expositionszeiträume, erfaßt sind.

Die Analysenwerte selbst sind nach folgenden Gesichtspunkten beurteilbar:

1. Gegenüberstellung zu Normalgehalten (sofern bekannt) und zu den Ergebnissen des ARGE-Projektes. Dieser Vergleich ist sinnvoll, da beide Projekte bewußt parallel durchgeführt wurden, wobei die um eine Woche längere Expositionsdauer beim ARGE-Projekt zu berücksichtigen ist.
2. Zeitvergleiche (im vorhandenen Fall sind nur Durchgangsvergleiche möglich, da es sich um ein einjähriges Projekt handelt).
3. Standortvergleiche.

Tab. 1: Analysenergebnisse 1986 für Blei, Cadmium und Quecksilber.

Standorte Parameter	Mangold			Buschbohne			Perko-PVH		
	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg	Pb	Cd	Hg
	mg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	mg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS	mg/kg TS	µg/kg TS	µg/kg TS
1. Freinberg	1,02	760	50	0,94	145	21	0,98	376	25
2. Zoo Urfahr	1,03	1270	34	1,44	109	12	1,48	503	27
3. Pöstlingberg	0,74	690	20	1,44	357	16	0,77	622	21
4. Freistädter Straße 163	1,09	940	25	2,04	87	7	2,59	680	25
5. Elmberg	0,60	970	24	1,45	106	14	0,85	512	18
6. AKh	2,37	1020	54	2,80	113	34	3,59	808	19
7. Stadtfriedhof	1,53	1020	38	2,87	191	33	3,29	805	47
8. Hummelhofbad	2,63	850	43	3,12	235	21	2,58	687	31
9. Wasser- schutzwald	1,45	1240	29	2,09	111	15	1,48	717	18
10. Neupeint	1,30	1100	27	1,65	148	7	2,74	1000	17
11. Ebelsberg	1,07	960	27	2,47	321	39	1,48	423	16
12. Pichling West	1,08	1150	34	3,99	315	36	1,12	503	13
13. Pichling Ost	1,19	930	34	—	—	—	—	—	—
n	13	13	13	12	12	12	12	12	12
\bar{x}	1,30	992	33,8	2,19	186	21,3	1,91	636	23,1
Min	0,60	690	20	0,94	87	7	0,77	376	13
Max	2,63	1270	54	3,99	357	39	3,59	1000	47
s	0,58	171	10,2	0,88	96,6	11,5	0,99	182	9,1
s %	44,6	17,2	30,17	44,8	51,9	54,0	51,8	28,7	39,4
$\bar{x} + s$	1,89	1163	44,0	3,07	282,6	32,8	2,90	818	32,2
$\bar{x} - s$	0,73	821	23,6	1,31	89,4	9,8	0,92	454	14,0

Tab. 2: Analysenergebnisse 1986 für Fluor.

Standorte Parameter	Welsches Weidelgras, Sorte „LEMA“		
	1. Durchgang mg F/kg TS	2. Durchgang mg F/kg TS	3. Durchgang mg F/kg TS
1. Freinberg	26	8	33
2. Zoo Urfahr	10	3	11
3. Pöstlingberg	7	4	8
4. Freistädter Straße 163	10	2	26
5. Elmberg	9	2	15
6. AKh	19	8	53
7. Stadtfriedhof	22	12	52
8. Hummelhofbad	13	3	14
9. Wasserschutzwald	5	2	—
10. Neupeint	5	4	15
11. Ebelsberg	5	3	13
12. Pichling West	5	3	17
13. Pichling Ost	5	—	—
n	13	12	11
\bar{x}	10,8	4,5	23,3
Max – Min	5 – 26	2 – 12	8 – 53
s	7,16	3,14	16,0
s %	66,3	69,7	68,6
$\bar{x} + s$	18,0	7,64	39,3
$\bar{x} - s$	3,6	1,36	7,3

Bei Betrachtung der einzelnen untersuchten Elemente ergibt sich folgende Situation:

4.1. Blei

a) Statistische Daten

Tab. 3: Bleigehalt in Mangold, Buschbohne und Perko-PVH.

Parameter	1. Durchgang Mangold	2. Durchgang Buschbohne	3. Durchgang Perko-PVH
n	13	12	12
\bar{x} (mg/kg TS)	1,30	2,19	1,91
ARGE \bar{x} (mg/kg TS)	1,02	0,92	0,77
Min	0,60	0,94	0,77
ARGE Min	0,17	0,54	0,35
Max	2,63	3,99	3,59
ARGE Max	1,83	1,71	1,80
s	0,58	0,88	0,99

b) Beurteilung der Werte im Vergleich zu Normalgehalten und zu den ARGE-Ergebnissen.

Hinsichtlich der Normalgehalte ist zu sagen, daß es nur beschränkt Literaturangaben über Normalgehalte für Blei, Cadmium und Quecksilber gibt. Nach Angaben aus der BRD sind Gehalte bis 3,0 mg/kg TS als normal anzusehen. Nach eigenen Untersuchungen im Rahmen eines laufenden Forschungsprojektes sowie auch aufgrund der Ergebnisse des ARGE-Projektes wird immer deutlicher, daß in Oberösterreich die Normalgehalte (Grundgehalte) an Pb in Pflanzen, die keiner Belastung ausgesetzt sind, unter 1,0 mg/kg TS liegen. Darauf deuten sowohl die Durchschnittswerte wie auch die Minimalwerte hin, die im Rahmen des ARGE-Projektes und im Rahmen anderer Untersuchungen unserer Anstalt erhoben wurden. Demzufolge sind die Durchschnittswerte bei allen drei Testpflanzen des vorstehenden Auftrages als erhöht anzusehen. Deutlich erhöht sind die Maximalwerte, von denen jener der Buschbohnen nun ganz knapp unter 4 mg/kg TS liegt. Aufgrund der

Tatsache, daß das vorliegende Projekt inmitten eines Industrieballungsraumes durchgeführt wurde, sind die gefundenen Werte ohne weiteres verständlich. Der Vergleich mit den Ergebnissen aus dem übrigen Oberösterreich zeigt, daß der Linzer Raum luftmäßig doch deutlich belastet ist.

c) Zeitvergleiche (Durchgangsvergleiche)

Diesbezüglich sind nach einem einzigen Jahr keine Aussagen möglich. Es fallen die höheren Bleiwerte beim 2. und 3. Durchgang auf. Ob hierfür jahreszeitlich bedingte oder pflanzenspezifische Ursachen maßgeblich sind, kann nach einem Jahr nicht beurteilt werden, doch scheint die trockene Witterung darauf Einfluß zu haben.

d) Standortvergleiche

Die Bleigehalte in den verschiedenen Standorten geben einen deutlichen Hinweis auf eine vorhandene bzw. nicht vorhandene Belastung verschiedener Stadtgebiete mit diesem Schwermetall. Die Standorte Allgemeines Krankenhaus, Stadtfriedhof und Hummelhofbad (6, 7, 8) scheinen im Jahr 1986 in den angegebenen Expositionszeiträumen einer stärkeren Bleibelastung ausgesetzt gewesen zu sein als andere Standorte. Stellt man die Durchschnittswerte dieser drei Standorte (Tab. 4) den Durchschnittswerten der übrigen Standorte gegenüber, so ergibt sich folgendes Bild (mg/kg TS):

Tab. 4: Der Bleigehalt im Standortvergleich.

Standort	1. Durchgang Mangold	2. Durchgang Buschbohne	3. Durchgang Perko-PVH
6, 7, 8	2,17	2,93	3,15
übrige	1,05	1,47	1,49

Im Gegensatz zu den Standorten 6 bis 8 zeigen die höher gelegenen Standorte Freinberg (Stadtgartenbetrieb), Zoologischer Garten Urfahr, Pöstlingberg und Elmberg deutlich geringere Bleiwerte. Diese Verteilung der Bleiimmissionen dürfte weitgehend mit dem Kfz-Verkehr im Stadtbereich zusammenhängen.

4.2. Cadmium

a) Statistische Daten

Tab. 5: Cadmiumgehalt in Mangold, Buschbohne und Perko-PVH.

Parameter	1. Durchgang Mangold	2. Durchgang Buschbohne	3. Durchgang Perko-PVH
n	13	12	12
\bar{x} ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)	992	186	636
ARGE \bar{x} ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)	553	112	421
Min	690	87	376
ARGE Min	268	65	235
Max	1270	357	1000
ARGE Max	1100	163	712
s	171	96,6	182

b) Beurteilung der Werte im Vergleich zu Normalgehalten und zu den ARGE-Ergebnissen

Auch für Cadmium gilt, wie bereits bei der Besprechung von Blei erwähnt, daß Normalgehalte aus der Literatur nur beschränkt zur Verfügung stehen.

Nach bisherigen anstaltseigenen Erfahrungen liegen die Grundgehalte in grünen Pflanzen zwischen 60 und 100 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Allerdings scheint es hier starke pflanzenspezifische Unterschiede zu geben. Sowohl im Rahmen der entsprechenden Voruntersuchungen wie auch beim ARGE-Projekt hat sich dieselbe Tendenz gezeigt, wie sie auch bei dem hier zur Diskussion stehenden Projekt sichtbar wird: die drei verwendeten Testpflanzen zeigen die Cadmiumimmission in sehr unterschiedlich hohem Niveau an. Während Mangold und Perko-PVH sehr hohe Cd-Gehalte aufweisen, liegen sie bei Buschbohnen relativ niedrig. Die Cd-Gehalte der Testpflanze Buschbohne entsprechen im übrigen in ihrem Niveau sehr genau jenen Werten, wie sie bei anderen Pflanzen im Zuge von „Feldproben“ in anstaltseigenen Untersuchungen gefunden wurden (Wiesengras, Maisblätter, Grünraps, Zichoriensalat usw.). Offensichtlich handelt es sich bei Mangold und Perko-PVH um Pflanzen, die für die Bioindikation von Cadmium besonders gut geeignet sind. Jedenfalls sind Werte über 1000 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS als außerordentlich hoch einzustufen. Auch bei Cadmium zeigt sich eine deutliche Belastung des Linzer Raumes gegenüber dem übrigen Landesbereich.

c) Zeitvergleiche (Durchgangsvergleiche)

Diese sind aufgrund der im vorhergehenden Punkt angeführten Gegebenheiten nicht möglich.

d) Standortsvergleiche

Es zeigt sich, daß hier sehr viele Standorte zumindest in einem der drei Durchgänge Spitzenwerte bei Cadmium aufweisen. Es scheint für die Verteilung von Cd-hältigen Substanzen typisch zu sein, daß sie über große Entfernungen und auch in größere Höhen verfrachtet werden. Daher erreichen die Cd-Gehalte an fast allen Standorten zumindest in einem Durchgang einen Spitzenwert. Die bereits erwähnten Standorte 6, 7 und 8 weisen jedoch auch bei Cadmium im 1. und 3. Durchgang überdurchschnittliche Werte auf, wie die folgende Aufstellung (Tab. 6) zeigt ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$):

Tab. 6: Cadmiumgehalt im Standortsvergleich.

Standort	1. Durchgang	3. Durchgang
6 bis 8	1116	766
übrige	1001	593

Beim 2. Durchgang ist diese Tendenz nicht sichtbar. Im übrigen wird bezüglich der Standortsverteilung auf die Gesamtbeurteilung verwiesen.

4.3. Quecksilber

a) Statistische Werte

Tab. 7: Quecksilbergehalt in Mangold, Buschbohne und Perko-PVH.

Parameter	1. Durchgang Mangold	2. Durchgang Buschbohne	3. Durchgang Perko-PVH
n	13	12	12
\bar{x} ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$)	33,8	21,3	23,1
ARGE \bar{x} ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$)	27,6	12,5	16,0
Min	20,0	7,0	13,0
ARGE Min	15,0	5,0	10,0
Max	54,0	39,0	47,0
ARGE Max	(88,0) 44,0	23,0	24,0
s	10,2	11,5	9,1

b) Vergleich mit Normalwerten bzw. mit den ARGE-Ergebnissen

Auch bezüglich der Hg-Werte ist das Problem der Normalgehalte (Grundgehalte) gegeben, weil sichere Angaben aus völlig unbelasteten Gebieten nicht zur Verfügung stehen. Einschlägig arbeitende Institute (z. B. Bundesanstalten für Lebensmitteluntersuchung) rechnen damit, daß bis zu einem Gehalt von $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ TS nicht von einer Kontamination gesprochen werden kann. Diese Werte scheinen realistisch zu sein, wenn man die Minimal- und Durchschnittswerte sowohl dieses Projektes wie auch jenes der ARGE in Betracht zieht. (Der Extremwert von $88 \mu\text{g}$ im ARGE-Projekt sollte gesondert betrachtet werden, da hier offenbar spezielle Immissionsverhältnisse vorliegen). Demnach liegen 34 von 37 Analysenwerten mehr oder weniger deutlich über dem angegebenen Normalgehalt von $10 \mu\text{g}/\text{kg}$ TS. Besonders der 1. Durchgang (Mangold) zeigt an, daß zu diesem Zeitpunkt offensichtlich immissionsbedingt eine Kontamination mit Quecksilber vorhanden war. Sofern der Extremwert von $88 \mu\text{g}$ wegen besonderer Umstände aus der Betrachtung ausgeschieden wird, ergibt sich, daß der Linzer Raum gegenüber dem ARGE-Bereich (übriges Oberösterreich) ein deutlich höheres Hg-Niveau in den Bioindikatorpflanzen aufweist, wobei ein relativ einheitlicher Abstand in den Durchschnittsgehalten gegeben ist.

Tab. 8: Quecksilbergehalt in Mangold, Buschbohne und Perko-PVH.

Parameter	1. Durchgang Mangold	2. Durchgang Buschbohne	3. Durchgang Perko-PVH
\bar{x} ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)	33,8	21,3	23,1
ARGE \bar{x} ($\mu\text{g}/\text{kg}$ TS)	27,6	12,5	16,0
Differenz	6,2	8,8	7,1

Die Extremwerte in den einzelnen Durchgängen lassen jedenfalls mit Sicherheit auf eine lokale Hg-Kontamination schließen.

c) Durchgangvergleich

Hier fällt der hohe Gehalt an Hg im 1. Durchgang (Mangold) auf. Auch im ARGE-Projekt zeigte der 1. Durchgang (Mangold) ein wesentlich höheres Niveau als die beiden anderen Durchgänge. Ob die Ursache hierfür pflanzenspezifisch oder witterungsbedingt ist, kann derzeit nicht gesagt werden. Es fällt jedenfalls bei den statistischen Werten die hohe Ausgeglichenheit (die Streuungsmaße bei allen drei Durchgängen sind fast gleich groß) auf. Betrachtet man den Bereich von $\bar{x} \pm s$, so fällt auf,

daß fast alle Einzelwerte in diesem Bereich liegen. Es ist der Schluß zulässig, daß bei allen drei Durchgängen eine gebietsmäßige relativ gleichmäßige Belastung mit Quecksilber vorhanden war, die im 1. Durchschnitt stärker zum Ausdruck kommt als in den beiden übrigen Durchgängen.

d) Standortvergleiche

Auch bei den Quecksilberwerten zeigt sich, daß die Standorte 6, 7 und 8 wesentlich höhere Werte aufweisen als die übrigen Standorte. Eine Gegenüberstellung der Durchschnittswerte aus diesen drei Standorten mit den Durchschnitten aus den übrigen Standorten ergibt im 1. und 3. Durchgang folgendes Bild:

Tab. 9:

Standort	1. Durchgang Mangold	2. Durchgang Buschbohne	3. Durchgang Perko-PVH
6 bis 8	45,0	29,3	32,3
übrige	30,4	18,5	20,0

Auch Quecksilber dürfte ähnlich wie Cadmium in feinsten Teilchen verfrachtet werden, so daß auch in den höher gelegenen Standorten relativ hohe Mengen in den Testpflanzen festzustellen waren.

4.4. Fluor

a) Statistische Daten

Tab. 10: Fluorgehalt in Mangold, Buschbohne und Perko-PVH.

Parameter	1. Durchgang	2. Durchgang	3. Durchgang
n	13	12	11*
\bar{x}	10,8	4,5	23,3
ARGE \bar{x}	4,9	4,6	12,0
Min	5,0	2,0	8,0
ARGE Min	<1,0	1,0	1,0
Max	26,0	12,0	53,0
ARGE Max	23,0	18,0	30,0
s	7,16	3,14	16,0

* Am Standort 9 (Wasserschutzwald) ist der 3. Durchgang bei Gras ausgefallen.

b) Vergleich mit Normalwerten bzw. mit den ARGE-Ergebnissen

Da sich Gräser besonders gut für die Bioindikation von gas- und staubförmigem Fluorid in der Luft eignen und weil die auch in diesem Projekt verwendete Testmethode von der standardisierten Graskultur abgeleitet wurde, wurde die Fluorerhebung in diesem Projekt (wie auch beim ARGE-Projekt) ebenfalls anhand von Gras gemäß den VDI-Richtlinien für die standardisierte Graskultur vorgenommen.

Wie die ARGE-Ergebnisse zeigen, dürften die Normalgehalte an Fluor bei Gräsern, die keinerlei Immission unterliegen, sehr niedrig sein. Dies bestätigt sich auch bei anderen Immissionsuntersuchungen, die seitens unserer Anstalt durchgeführt wurden, und zwar sowohl mittels der standardisierten Graskultur wie auch anhand von „Feldproben“ (landwirtschaftlich genutztes Wiesengras; dieses stellt allerdings ein Gemisch verschiedener Gräser- und Kräuterarten dar). Die Fluorgehalte aus bestimmten Gebieten des Mühlviertels und des Alpengebietes liegen dabei zwischen <1 bis 2 mg/kg TS. Geht man von einer gewissen Grundbelastung aus, so kann man – legt man ein Tabellenwerk aus der BRD („Daten und Dokumente zum Umweltschutz Nr. 11: Spurenelemente mit toxischer Wirkung“, Dokumentationsstelle der Universität Stuttgart-Hohenheim, Juni 1976) zugrunde – ab etwa 8 mg/kg TS von einer Immission sprechen.

Die vorliegende Untersuchung zeigt nun einerseits, daß auch im Linzer Raum sehr niedrige Fluorwerte in Pflanzen möglich sind (Werte von 2 bis 4 mg/kg TS), daß es aber auch starke Fluoremissionen gibt, die sich in den hier aufgezeigten Immissionen manifestieren. Beim Vergleich mit den ARGE-Werten ist zu berücksichtigen, daß die Maximalwerte beim ARGE-Projekt deswegen relativ hoch sind, weil ein Standort im Einzugsbereich eines großen Emittenten liegt. Trotzdem liegt der Maximalwert des vorliegenden Projektes beträchtlich über dem Maximalwert des ARGE-Projektes.

c) Zeitvergleiche (Durchgangvergleiche)

Es zeigt sich, daß der 3. Durchgang (Herbstdurchgang) weitaus höhere Fluorwerte aufweist ($\bar{x} = 23,3$ mg F/kg TS) als die beiden anderen Durchgänge ($\bar{x} = 10,8$ bzw. $4,5$ mg F/kg TS). Dieses Phänomen wurde auch im Zuge einer anderen Fluorimmissionserhebung beobachtet und dürfte mit der Witterung zusammenhängen. Wahrscheinlich ist die

Lufterwärmung im Herbst wesentlich geringer als im Frühjahr und Sommer, so daß aufgrund fehlender Thermik die Luftschadstoffe bzw. die Abgase aus den Kaminen nicht entsprechend hoch aufsteigen und damit weit verfrachtet werden können. Außerdem fehlten im Herbst 1986 Niederschläge, die anhaftende Stäube hätten abwaschen können.

d) Standortvergleiche

Bildet man den Durchschnitt aus den drei Durchgängen für jeden Standort, so ergibt sich folgendes Bild (Tab. 11):

Tab. 11: Die durchschnittliche Fluorbelastung der 13 Untersuchungsstandorte.

Standort	mg F/kg TS
1. Freinberg	22,3
2. Zoo Urfahr	8,0
3. Pöstlingberg	6,3
4. Freistädter Straße 163	12,6
5. Elmberg	8,6
6. AKh	26,6
7. Stadtfriedhof	28,6
8. Hummelhofbad	10,0
9. Wasserschutzwald (n = 2)	3,3
10. Neupeint	8,0
11. Ebelsberg	7,0
12. Pichling West	8,3
13. Pichling Ost (n = 1)	5,0

Diese Aufstellung zeigt, daß die Gebiete des Allgemeinen Krankenhauses, des Stadtfriedhofes und das Gebiet des Standortes Nr. 1 (Wirtschaftshof des Stadtgartenamtes am Abhang des Freinberges) stark mit Fluor belastet waren. Die Belastung der beiden erstgenannten Standorte deckt sich mit den Belastungen bei Blei, Cadmium und Quecksilber. Die Belastung des Standortes am Freinbergabhang mit Fluor deckt sich im übrigen auch mit verschiedenen Ergebnissen aus Nadelanalysen aus dem Kürnbergerwald, die zeigen, daß dieses Waldgebiet stark mit Fluor und Schwefel belastet ist. Bei Ostwind streicht offenbar die mit Fluorsubstanzen beladene Luft von der Großindustrie kommend über das Gebiet Froschberg – Freinbergabhang in Richtung Kürnbergerwald. Die übrigen Standorte weisen Werte auf, die als im Normalbereich liegend bis leicht erhöht anzusehen sind.

4.5. Gesamtbeurteilung

Für die Gesamtbeurteilung der Standorte je für sich bzw. untereinander ist es notwendig, die Analysenwerte in ein Grenzsystm einzuordnen. Diese Grenzen sind einerseits die Normal(Grund-)gehalte der Pflanzen, andererseits ist es der Mittelwert einer Untersuchung. In der Statistik ist die mathematische Größe $\bar{x} \pm s$ (Mittelwert \pm Standardabweichung) von großer Bedeutung, weil in diesem Bereich etwa zwei Drittel aller Werte einer Stichprobe liegen. Für eine Beurteilung der Analysenwerte in bezug auf eine stärkere oder schwächere Belastung der Pflanzen kommt daher – relativ gesehen – jenen Werten, die außerhalb des angegebenen Bereiches liegen, starke Aussagekraft zu (sehr starke oder sehr geringe bzw. keine Belastung). Zur detaillierten Unterscheidung wurde zusätzlich eine Abstufung in den Bereich $\bar{x} \pm 0,5 s$ vorgenommen. Somit können die Analysenwerte folgendermaßen bewertet werden:

1. Bereich um den Mittelwert (\bar{x});
2. $\bar{x} + 0,5 s$ bis $\bar{x} + s$: gegenüber dem Mittelwert deutlich erhöht;
3. größer als $\bar{x} + s$: sehr deutlich erhöht;
4. $\bar{x} - 0,5 s$ bis $\bar{x} - s$: gegenüber dem Mittelwert deutlich niedriger;
5. kleiner als $\bar{x} - s$: sehr deutlich niedriger.

In der unten angeführten Tab. 12 bedeutet daher die Anführung eines untersuchten Elementes, daß es sich am betreffenden Standort und bei der betreffenden Testpflanze (bei Gras: Durchgang) im Bereich von $\bar{x} + 0,5 s$ bis $\bar{x} + s$ befindet. Ist das Element unterstrichen, so befindet es sich im Bereich größer als $\bar{x} + s$:

Tab. 12: Standorte mit überdurchschnittlicher Pb-, Cd- und Hg-Belastung.

Standort	1. Durchgang		2. Durchgang		3. Durchgang	
	Mangold	Gras	Buschbohne	Gras	Perko-PVH	Gras
Freinberg	<u>Hg</u>	<u>F</u>		<u>F</u>		<u>F</u>
Zoo Urfahr	<u>Cd</u>				Hg	
Pöstlingberg			<u>Cd</u>			
AKh	<u>Pb, Hg</u>	<u>F</u>	<u>Pb, Hg</u>	<u>F</u>	<u>Pb, Cd</u>	<u>F</u>
Stadtfriedhof	<u>Pb, Hg</u>	<u>F</u>	<u>Pb, Hg</u>	<u>F</u>	<u>Pb, Cd, Hg</u>	<u>F</u>
Hummelhof	<u>Pb, Hg</u>		<u>Pb, Cd</u>		<u>Pb, Hg</u>	
Wasserschutzwald	<u>Cd</u>					
Neupeint	<u>Cd</u>				<u>Cd</u>	
Ebelsberg			<u>Cd, Hg</u>			
Pichling West	<u>Cd</u>		<u>Pb, Cd, Hg</u>			

Die angeführten Standorte können somit als belastet bis stark belastet angesehen werden. Lediglich der Standort Elmberg weist Werte auf, die – sowohl relativ als auch absolut gesehen – darauf hinweisen, daß hier keine oder nur eine geringe Belastung gegeben ist. Von den zwölf Analysenwerten liegen hier zehn unter dem Durchschnitt, zwei liegen am Mittelwert. Die Normalgehalte werden hinsichtlich Cadmium zwar bei Mangold und Perko-PVH erheblich überschritten, doch gilt hier die Einschränkung, daß diese Pflanzen generell im Niveau höher liegen. Von allen Standorten war hier im Jahre 1986, jedenfalls unter Berücksichtigung aller Parameter, vermutlich die geringste Belastung gegeben, was aufgrund der geografischen Lage verständlich ist.

4.6. Zusammenfassung hinsichtlich der Beurteilung der Analyseergebnisse

- Die im vorstehenden Projekt angewandte Methode der Bioindikation auf der Basis standardisierter Pflanzenkulturen hat im Stadtgebiet von Linz im Jahre 1986 aufschlußreiche Ergebnisse über das unterschiedliche Vorhandensein der Luftschadstoffe Blei, Cadmium, Quecksilber und Fluor an verschiedenen Punkten des Stadtgebietes gebracht.
- Das Gebiet des Allgemeinen Krankenhauses, des Stadtfriedhofes und des Hummelhofwaldes wies von allen Standorten die höchste Belastung auf, und zwar bei allen untersuchten Elementen.
- Die Verteilung der einzelnen Schadstoffe war unterschiedlich: Bleiimmissionen fanden sich eher in der Nähe der Großindustrie und der verkehrsintensiven Zonen. Cadmium fand sich punktuell auch an höher gelegenen Standorten. Quecksilber schien relativ gleichmäßig über das gesamte Stadtgebiet verteilt gewesen zu sein. Fluor dürfte einerseits in Industrienähe immittiert sein, stärkere Immissionen wurden auch in Richtung der vorherrschenden Winde gemessen.
- Es scheint jahreszeitliche Unterschiede in der Deposition der vier untersuchten Elemente zu geben. Die höchsten Bleigehalte wurden im Sommerdurchgang, die höchsten Cadmium- und Quecksilbergehalte im Frühjahrsdurchgang, die höchsten Fluorgehalte im Herbstdurchgang festgestellt.
- Die absoluten Zahlenwerte zeigen, daß verschiedentlich sehr hohe Gehalte an Schadstoffen festgestellt werden konnten: Blei: 3,99

mg/kg TS; Cadmium: 1240 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS; Quecksilber: 54 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TS; Fluor: 53 mg/kg TS.

- Es kann gesagt werden, daß die Feststellung von Immissionen mit Hilfe des durchgeführten Projektes eine brauchbare Ergänzung zu dem bereits vorhandenen Luftmeßsystem darstellt und über mehrere Jahre zur Absicherung der Ergebnisse ausgedehnt werden sollte.
- Im angegebenen Untersuchungszeitraum war an bestimmten Standorten die Luftsituation so, daß die statistischen Minimalwerte mit jenem Bereich identisch waren, der als Normalbereich angesehen werden kann. Das bedeutet, daß an diesen Standorten zu den angegebenen Zeiten keine Immissionen durch die betreffenden Schadstoffe gegeben waren.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Der Großraum von Linz ist bekanntermaßen von einer Vielzahl von Luftschadstoffen betroffen, die in erster Linie von der Industrie und vom Verkehr stammen. Schadstoffmessungen werden seit Jahren seitens der oberösterreichischen Landesregierung auf chemisch-physikalischem Weg mit Hilfe eines Netzes von Luftmeßstationen durchgeführt. In den letzten Jahren wurden jedoch in verschiedenen Ländern Methoden der Bioindikation entwickelt, die einen Hinweis darauf geben, inwieweit Luftschadstoffe sich in Lebewesen manifestieren. Bei Pflanzen als Bioindikatoren heißt dies, ob und wie stark sich Luftschadstoffe auf Pflanzen ablagern (vor allem Stäube) bzw. in sie eindringen (vor allem Gase). Das Umweltamt der Stadt Linz entschloß sich daher, sich an einem Bioindikationsprogramm zu beteiligen, das die „Arbeitsgemeinschaft für landwirtschaftliches Versuchswesen in Oberösterreich“ im Jahre 1986 in Oberösterreich durchführte. Den 30 Teststellen in Oberösterreich (ohne Linz) standen dadurch 13 Teststellen im Stadtgebiet von Linz gegenüber. Bei der Auswahl der Standorte wurden folgende Gesichtspunkte berücksichtigt: Zonen, für die eine starke Belastung und solche, für die eine geringere Belastung anzunehmen war; vorherrschende Winde; Einbeziehung landwirtschaftlich genutzter Flächen.

Das Testverfahren bestand darin, daß in einer Höhe von 1,50 m über dem Erdboden (Ausschaltung von Erdstäuben) Gefäße angebracht

werden, die die Exposition vorgezogener Kulturen unabhängig von den örtlichen Bodenverhältnissen gestatten. Diese Gefäße enthalten einen Behälter mit Nährlösung. In den Deckel der Gefäße wird ein Topf mit einer vorgezogenen Pflanzenkultur eingesetzt. Über einen Saugstreifen, der in den Behälter mit der Nährlösung reicht, erhalten die Pflanzen Nährstoffe und Wasser. Nährlösung und Kultursubstrat sind einheitlich, daher kann man von einer „standardisierten Pflanzenkultur“ sprechen.

Als Testpflanzen wurden verwendet für die Schwermetalle: Mangold für den Frühjahrsdurchgang; Buschbohne, Sorte „Saxa“, für den Sommerdurchgang; Perko-PVH (eine Gründungs- bzw. Futterpflanze für den Herbstanbau, eine *Raphano brassica*-Art) für den Herbstdurchgang. Für den Nachweis von Fluor wurde Welsches Weidelgras, Sorte „Lema“, verwendet. Die Expositionsdauer betrug 21 Tage. Zu folgenden Terminen wurde exponiert: Mangold + Gras: 6. 6. – 27. 6. 1986; Buschbohne + Gras: 7. 7. – 28. 7. 1986 und Perko-PVH + Gras: 11. 9. – 2. 10. 1986. Untersuchungsparameter waren Fluor, Blei, Cadmium und Quecksilber. Für den Nachweis von Fluor wurde die Graskultur gewählt, weil das Verfahren der standardisierten Pflanzenkultur mit Hilfe der Testpflanze Gras zur Ermittlung von Fluorimmissionen entwickelt wurde. Wengleich Fluor auch mit Hilfe der Testpflanzen Mangold und Perko-PVH gut nachweisbar wäre, wurde aus Vergleichsgründen für den Fluornachweis die „standardisierte Graskultur“ verwendet (allerdings mit geringen Abänderungen).

Cadmium, Blei und Quecksilber wurden mittels der übrigen Testpflanzen ermittelt. Die erwähnten drei Schwermetalle könnten auch mittels der Testpflanze Gras untersucht werden, doch lagen bezüglich Mangold, Buschbohne und Perko-PVH bereits aus Voruntersuchungen Erfahrungen vor.

Folgende Ergebnisse können aus den Analysen abgeleitet werden, wobei die Tatsachen zu berücksichtigen sind, daß es sich um die Ergebnisse eines einzigen Jahres handelt und daß die Untersuchung nicht völlig zeitdeckend durchgeführt werden konnte (ARGE: vierwöchige Expositionsdauer; Linz: dreiwöchige Expositionsdauer):

- Der Vergleich mit den 30 Teststellen aus dem übrigen Oberösterreich zeigt, daß der Linzer Raum wesentlich stärker mit F, Pb, Cd und Hg belastet ist. Das Gebiet westlich der Industriezone ist dabei besonders stark beeinflusst.

- Die Testpflanzen Mangold und Perko-PVH scheinen Cd-Immissionen sehr deutlich anzuzeigen, Mangold darüber hinaus auch Quecksilber.
- Der Herbsdurchgang zeigt (so wie auch bei ähnlichen Untersuchungen in anderen Gebieten, z. B. im Bereich des Aluminium-Werkes Ranshofen) wesentlich höhere Gehalte an Fluor als der Frühjahr- und Sommerdurchgang. Dies dürfte auf die geringere Lufterwärmung (dadurch geringere Thermik) bzw. auf geringere Niederschläge (dadurch geringere Abwaschung) zurückzuführen sein.
- Diese Untersuchung ergab – zusammen mit den Ergebnissen des ARGE-Projektes – interessante Hinweise auf die „Normalgehalte“ (Grundgehalte) von grünen Pflanzen bei den vier in Frage stehenden Elementen. Diese dürften bei Fehlen von Immissionen bei Blei unter 1,0 mg/kg TS, bei Cadmium unter 100 µg/kg TS, bei Quecksilber unter 10 µg/kg TS und bei Fluor unter 2,0 mg/kg TS liegen.
- Zu klären wäre die Frage der Herkunft von Cadmium und Quecksilber als Luftschadstoffe. Als Verursacher der Bleiimmissionen dürfte der Kraftfahrzeugverkehr anzusehen sein. Als Verursacher der Fluorimmissionen sind die Sinteranlage der VOEST und der Rohphosphataufschlußanlage der Chemie Linz bekannt. Über die Verursacher der Cadmium- und Quecksilberimmissionen besteht derzeit noch weitgehend Unklarheit.

LITERATUR:

- ANONYM, 1982: Messen der Immissionswirkdosis von gas- und staubförmigem Fluorid mit der standardisierten Graskultur. Richtlinien des „Vereines deutscher Ingenieure“ Nr. 3792, Blatt 1 und 2, Düsseldorf.
- ANONYM, 1976: Daten und Dokumente zum Umweltschutz – Nr. 11: Spurenelemente mit toxischer Wirkung. Dokumentationsstelle der Universität Stuttgart-Hohenheim.
- BRANDT, C. J., 1981: Wirkung von Fluorwasserstoff auf *Lolium multiflorum* (Welsches Weidelgras). Dissertation, Bonn 1979; veröffentlicht als Bericht Nr. 14 der Landesanstalt für Immissionsschutz des Landes Nordrhein-Westfalen in Essen.
- DAMME von E.-J., 1983: Umweltbelastung durch Mineralstoffe – Biologische Effekte. S. 112 ff., Fischer Verlag, Stuttgart.
- GARBER, 1967: Luftverunreinigung und ihre Wirkungen. S. 103 ff., Borntraeger Verlag, Berlin.
- ODZUCK, W., 1982: Umweltbelastung. UTB 1182, Ulmer Verlag.
- SCHUBERT R., 1985: Bioindikation in terrestrischen Ökosystemen. Reihe „Umweltforschung“; VEB Gustav Fischer, Jena.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Naturkundliches Jahrbuch der Stadt Linz \(Linz\)](#)

Jahr/Year: 1985/86

Band/Volume: [31_32](#)

Autor(en)/Author(s): Mayr Roland

Artikel/Article: [Immissionserhebung mit Hilfe landwirtschaftlicher Nutzpflanzen im Stadtgebiet von Linz im Jahre 1986. 121-148](#)