©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Ber. Bayer. Bot. Ges.	44	211—220	März 1973

Bleigehalt von Blattspreiten (Acer platanoides L.) als Indikator für die verkehrsabhängige Bleibelastung im Stadtgebiet von München

Von R. Hampp, München

Zusammenfassung

1) Es wurden Blattproben von *Acer platanoides* L. aus dem in drei Bereiche a) Innenstadt, b) bis mittlerer Ring und c) bis Stadtgrenze eingeteilten Stadtgebiet von München gesammelt und auf ihren Bleigehalt untersucht.

2) Zwischen der Verkehrsbelastung (Fahrzeuge pro Zeiteinheit, Durchschnittsgeschwindigkeit) und dem Bleigehalt der Blattspreiten ist eine deutliche Relation feststellbar; dabei tritt eine Abnahme der Bleibelastung vom Zentrum in Richtung Außenzone auf.

3) Die für den Raum München geltenden Vorzugswindrichtungen W bis SW üben einen Einfluß auf die räumliche Verteilung des als Aerosol gebundenen Bleis aus: In östlich liegenden Stadtteilen gesammelte Proben weisen einen im Durchschnitt um 5 % höheren Bleianteil als vergleichbare Proben westlicher Standorte auf.

4) Der Bleigehalt zeigt eine deutliche Abnahme mit dem Abstand zur Kontaminationsquelle: Bereits im Abstand von 10—20 m von einer stark frequentierten Straße sind nur noch etwa 50 % des Bleipegels am Straßenrand meßbar.

5) Der Bleigehalt ist umgekehrt proportional zum durchlüftbaren Raum.

6) Ein Vergleich von an Straßen und unmittelbar daran anschließenden Parkanlagen gesammelten Proben zeigt für letztere vor allem in hochbelasteten Stadtbereichen einen bis zu 80 % geringeren Bleianteil.

7) Hecken und dichte Baumbepflanzung üben einen abschirmenden Einfluß aus; zwischen straßenzu- und abgewandter Seite konnte ein Unterschied von rund 67 % nachgewiesen werden.

8) Eine mögliche Entgiftungswirkung durch Ablagerung von Blei in Blättern kann nur von temporärer Bedeutung sein, da durch Laubfall eine zusätzliche Anreicherung von Blei im Boden stattfindet.

Die Ergebnisse werden im Hinblick auf mögliche Konsequenzen für die Anlage von Fußgängerbereichen diskutiert.

Einleitung

Durch zahlreiche Untersuchungen wird der schädliche Einfluß des aus Autoabgasen stammenden Bleis auf Pflanzen und Tiere bestätigt. Rein quantitative, auf den Bleigehalt bezogene Messungen wurden bereits in größerer Zahl an stark frequentierten Verkehrswegen wie Autobahnen (u. a. CANNON und BOWLES, 1962; HEILENZ, 1970) und Einflugschneisen von Flughäfen (SCHERF, 1971) durchgeführt. In der vorliegenden Arbeit soll indirekt über die Bestimmung des Bleigehalts im Laub von Straßenbäumen in dichtbesiedeltem Gebiet (Stadtgebiet von München) ein Eindruck von der Intensität der aus Autoabgasen stammenden Bleibelastung gegeben werden.

Hierfür wurden gegen Ende der Vegetationsperiode 1971 (Ende September/Anfang Oktober) Blattproben aus dem gesamten Stadtgebiet gesammelt; diese wurden so gewählt, daß bei einer flächenmäßigen Einteilung des Münchner Stadtareals in drei Zonen: a) In-

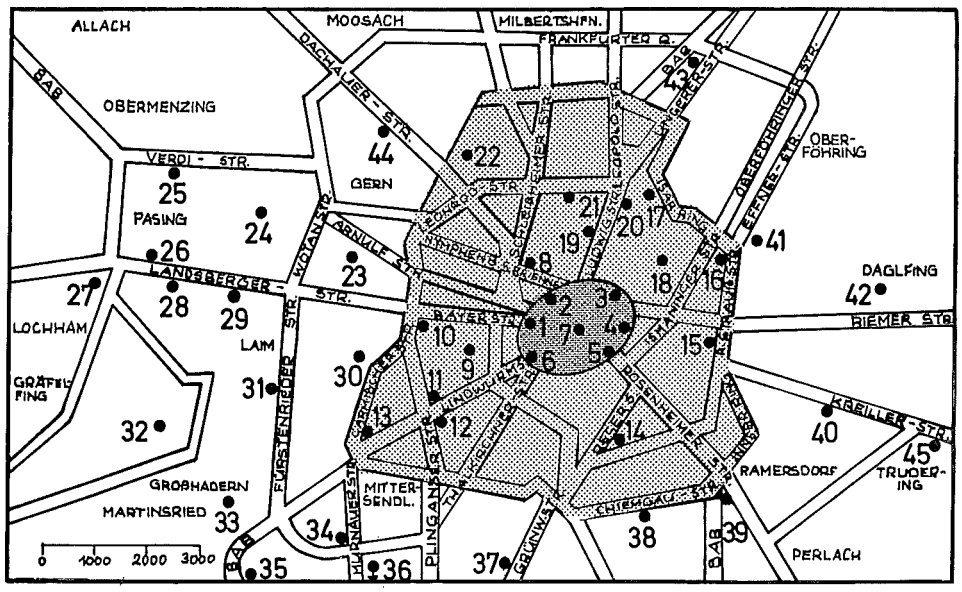
©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

nenstadt, b) bis mittlerer Ring, c) bis Stadtgrenze, jeweils Blattmaterial sowohl aus Parkanlagen als auch aus diesen unmittelbar benachbarten Straßen in vergleichbarem Verhältnis genommen wurde. Um eine Relation zur jeweiligen Verkehrsdichte geben zu können, wurden neueste Verkehrszählungsdaten des Referats für Stadtforschung und Stadtentwicklung der Stadt München herangezogen. Zur Berücksichtigung der Windverhältnisse dienten auf langjährigen Beobachtungen beruhende Unterlagen des Deutschen Wetterdienstes, Wetteramt München.

Material und Methoden

Um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten, wurden Blattspreiten nur einer Baumart untersucht, die zudem eine recht gleichmäßige und breite Verteilung über das gesamte Stadtgebiet aufweisen sollte. Als geeignet hierfür erwies sich *Acer platanoides* L.. Es wurden jeweils größere Blattmengen gesammelt, um den statistischen Fehler möglichst klein zu halten. Bestimmt wurde nur der nicht abwaschbare Anteil des Gesamtbleigehaltes. Die Messungen wurden auf colorimetrischem Wege (Dithizon-Methode nach KERIN, 1968) und mit Hilfe eines Atomabsorptions-Spektrophotometers (Unicam SP 90 A, Philips) durchgeführt (vgl. FLETCHER, 1971). Die nach beiden Methoden erhaltenen Werte in ppm (parts per million) entsprachen sich weitgehend.

Abb. 1



Messpunkte im Stadtbereich: Veg. Periode 1971

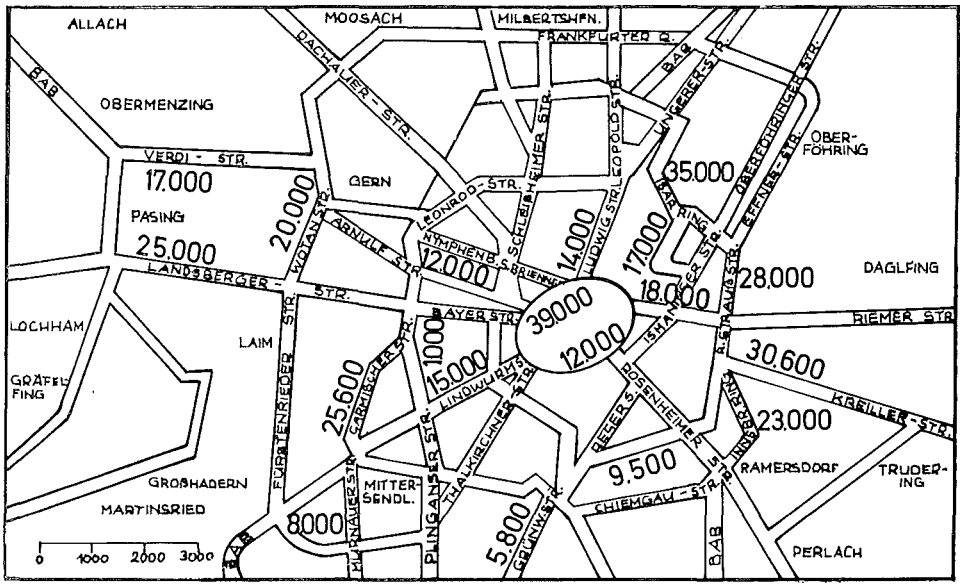
Mittelwert: 58,0 µg Pb/g

Mittelwert: 33,2 µg Pb/g

Mittelwert: 21,1 µg Pb/g

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Abb. 2



Verkehrs-Querschnittzählungen 1969–1971

12.000 = PKW-Einheiten/Werktag

Ergebnisse

Tabelle 1 soll zusammen mit den Abbildungen 1 und 2 einen Überblick über die Bleiverteilung im Münchner Stadtgebiet geben. Dabei zeigt ein Vergleich der Verkehrszählungsergebnisse mit den gefundenen Bleiwerten eine ziemlich deutliche Übereinstimmung. Je größer das jeweils untersuchte Areal flächenmäßig wird (von der Innenstadt in Richtung Stadtgrenze), desto größer wird auch die von den Fahrzeugen erreichte Durchschnittsgeschwindigkeit, was sich in einer Senkung des Benzinverbrauchs und damit des Bleiausstoßes auswirkt (Tab. 2). In Tab. 3 wird eine kurze Übersicht über Zahl und Verhältnis der Meßpunkte zueinander (Straße/Parkanlagen) gegeben, bezogen auf die willkürlich vorgenommene Einteilung in drei Zonen. Ein Vergleich der Durchschnittswerte für den Bleigehalt (ppm) zeigt eine deutliche Abnahme vom Zentrum zur Außenzone.

Im folgenden sollen nun die Meßergebnisse nach verschiedenen Gesichtspunkten ausgewertet werden.

Faktoren, die die Verteilung des als Aerosol vorliegenden Bleis beeinflussen

1) Einfluß von Windrichtung und Windgeschwindigkeit.

Aus Bestimmungen der Bleiverteilung beiderseis stark befahrener Straßen (vgl. SUCHODOLLER, 1967; PAGE et al., 1971) ist bekannt, daß eine deutliche Verschiebung des Bleigehaltes in Windrichtung auftreten kann. Um im Münchener Stadtgebiet einen eventuell vorhandenen derartigen Einfluß nachweisen zu können, wurden die aus langjährigen Messungen des Deutschen Wetterdienstes, Wetteramt München, ermittelten Werte für die

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Tab. 1. Meßpunkte im Stadtgebiet von München. Die jeweilige Nummer entspricht der in der Karte angegebenen.

Meßpunkt	Nr.	Blei (µg/g Tr. gew.)	Bereich
Stachus	1	90,4	
Lenbachpl.	2	92,2	
Hofgarten	3	17,9	
Maxmonument	4	113,0	Innenstadt
Isartorplatz	5	38,9	
Sendlingertorpl.	6	41,9	
Viktualienmarkt	7	11,8	
Arcisstraße	8	102,5	
Theresienwiese	9	25,9	
Landsb./Trappentreustr.	10	32,2	
Lindwurm-/Stielerstr.	11	36,9	
Lindwurm-/Plinganserstr.	12	30,3	
Kiesselbachpl.	13	37,4	
Ostfriedhof	14	29,4	
Innsbrucker Ring (Leuchtenbergunterf.)	15	40,1	bis mittl.
Denningerstr.	16	31,0	Ring
Engl. Garten Kleinhesseloher See	17	18,5	
Chin. Turm	18	9,7	
Siegestor	19	22,3	
Wedekindpl./Siegestor	20	23,3	
Parzivalpl.	21	38,8	
Oberwiesenfeld (Motorradrennbahn)	22	19,8	
Hirschgarten	23	14,6	
Nymphenburg	24	10,1	
Meyerbeerstr.	25	81,8	
Pasing/Marienpl.	26	92,4	
Pasing/Stadtpark	27	6,9	
Westbad	28	14,1	
Willibaldpl.	29	38,8	
Westend (Land in Sonne)	30	8,7	
Kleinhadern (Senftenauerstr.)	31	11,1	
Waldhüter-/Gräfelfinger Str.	32	10,5	
Lorettopl.	33	7,0	
Ratzingerpl.	34	13,5	mittl. Ring
Neurieder Str.	35	13,9	bis Stadtgr.
Schmorellpl.	36	7,3	
Tirolerpl.	37	13,0	
Friedhof Perlacher Forst	38	12,9	
Ramersdorf	39	36,9	
Heiligenblut Str.	40	19,3	
Cosima-/Klingsorstr.	41	14,2	
Daglfing	42	6,6	
Ungererstr. (Neuchinger/Garchinger Str.)	43	12,5	
Hanauerstr.	44	26,6	
Feldberg/Wasserburger Str.	45	11,4	

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Tab. 2. Bleiausstoß in Relation zu Gesamtfahrleistung und Durchschnittsgeschwindigkeit. (nach WIRTH, 1971)

Bereich	Innenstadt	b. mittl. Ring	b. Stadtgrenze
Straßenlänge (km)	31,075	375,575	1511,3
Gesamtfahrleistung/ Werktag (km)	430,800	$4{,}8 \cdot 10^6$	$7{,}5 \cdot 10^6$
Durchschnittsgeschwindigk. (km/h)	15	25	36
Benzinverbrauch/km in l	0,21	0,1625	0,1255
Gesamtverbrauch/ Werktag (l)	90500	775000	938000
Gesamtausstoß an Blei/Werktag (t)*)	0,0398	0,341	0,413
Blei/km (kg)	1,28	0,908	0,237

*) zugrunde gelegt wurde ein Bleigehalt von 0,44 g/l Benzin

Tab. 3. Bleigehalt und Verhältnis der Meßpunkte (Straßen/Parkanlagen).

Bereich	Innenstadt	b. mittl. Ring	b. Stadtgrenze
Zahl der Meßpunkte	7	15	23
Verhältnis Straßen : Parkanlagen	5 : 2	11 : 4	16 : 7
Durchschn. Bleigehalt (µg/g Tr.-gewicht)	58	33,2	21,1

Tab. 4. Windrichtungen und -geschwindigkeiten (Sommerhalbjahr).

Himmelsrichtung	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Windrichtung (Häufigkeit ‰)	53	93	108	71	91	182	193	107
Windgeschwindigkeit (m/s)	2,1	2,4	2,3	1,7	1,7	2,7	3,8	3,1

Monate Mai bis Oktober ausgewertet. Aus Tab. 4 ist für diesen Zeitraum ein Vorherrschen der Richtungen W bis SW bei eindeutig höheren Windgeschwindigkeiten ersichtlich. Die gefundenen Bleiwerte wurden nun auf eine senkrecht zur Hauptwindrichtung durch das Stadtzentrum gelegte Gerade bezogen. Eine Vergleichbarkeit der Meßpunkte beiderseits dieser Geraden ist durch Auswahl von je 16, sich in ihrer Bleibelastung entsprechender Verkehrslagen gewährleistet. Wie aus Tab. 5 hervorgeht, tritt bei Berechnung der Durchschnittswerte für beide Gebiete in Windrichtung ein um etwa 5 % höherer Bleigehalt auf, was neben der direkten Belastung durch angrenzende Verkehrswege den Einfluß einer Pollution über größere Bereiche andeutet.

2) Änderung des Bleigehaltes mit dem Abstand zur Kontaminationsquelle.

Um eine Aussage über die Änderung der Bleikonzentration mit dem Abstand zum Ver-

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Tab. 5. Bleiverteilung in Abhängigkeit zur vorherrschenden Windrichtung.

Meßpunkte West

Nr.	9	11	12	13	23	24	25	26	27
Blei (µg/g)	25,9	36,9	30,3	37,4	14,6	10,1	81,8	92,4	6,9
Nr.	28	29	30	31	32	33	44		
Blei (µg/g)	14,1	38,8	8,75	11,1	10,5	7,0	26,6		

Summe: 453,15 (µg/g)

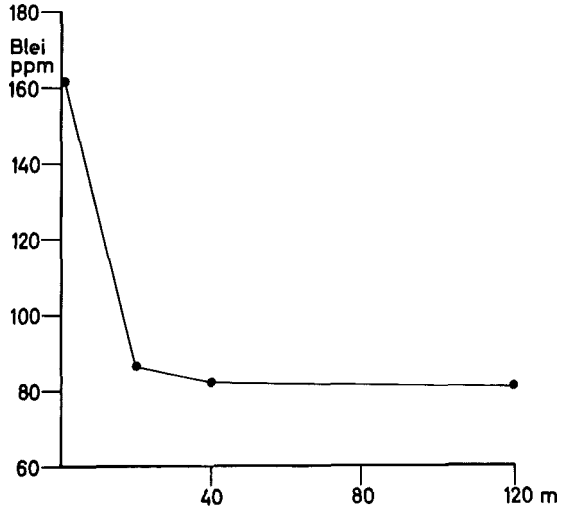
Meßpunkte Ost

Nr.	3	4	5	11	14	15	16	17	18
Blei (µg/g)	17,9	11,3	38,9	36,9	29,4	40,1	31,0	18,5	9,7
Nr.	19	20	29	38	40	42	45		
Blei (µg/g)	22,3	23,3	38,8	12,9	19,3	14,2	11,4		

Summe: 477,6 (µg/g)

kehrsweg auch in dichtbesiedeltem Gebiet machen zu können, wurden Proben an einer Ausfallstraße gesammelt. Dazu eignete sich die Verdistraße im Nordwesten Münchens, die einen Zubringer zur Autobahn München—Stuttgart darstellt und vor allem zu Hauptverkehrszeiten fast stehenden Verkehr aufweist. Um eine Änderung im Bleigehalt von Blattproben mit dem Abstand zu dieser Straße feststellen zu können, wurden zusätzlich Proben an der weniger stark befahrenen und rechtwinklig dazu verlaufenden Meyerbeerstraße genommen. Aus Abb. 3 ist eine verhältnismäßig starke Abnahme des Bleigehalts ersichtlich, der schon nach wenigen Metern auf den nur halb so hohen Bleipegel der Meyerbeerstraße absinkt.

3) Bleibelastung und Fahrbahnbreite



Zu Abb. 3: Abnahme des Bleigehalts mit dem Abstand zum Verkehrsweg. Bleigehalt in µg/g Trockengewicht (ppm).

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Tab. 6. Bleibelastung und Fahrbahnbreite.

Beidseitig begrenzte Fahrbahnbreite (m)	Meßpunkt Nr.	abendl. Spitzenbelast. aus Querschnittszählungen 69—71 (Pkw-E)	Bleigeh. (µg/g Tr.-gew.)	Mittel (µg/g)
6—15	4	1700	113,0	102,6
	8	1600	102,5	
	26	2050	92,4	
15—30	1	2700	90,4	88,1
	2	2700	92,2	
	25	1600	81,1	
über 30	10	2200	32,2	36,6
	13	2400	37,4	
	15	2800	40,1	

Bei Auswertung der Ergebnisse nach dem zur Durchlüftung zur Verfügung stehenden Raum wurden nach Möglichkeit Straßen mit etwa gleichen Verkehrszählungsdaten verwendet. An Kreuzungen wurden die Mittelwerte der sich kreuzenden Fahrbahnen addiert. Die Fahrbahnbreiten sind grob geschätzt. Auch hier ist, wie Tab. 6 zeigt, eine wesentlich geringere Bleibelastung mit zunehmender Größe des durchlüftbaren Raums feststellbar.

4) Bleigehalt in innerstädtischen Parkanlagen

Der innerhalb von Parkanlagen und in nicht unmittelbar Abgasen ausgesetzten Arealen nachgewiesene Bleianteil der Blattspreiten dürfte auf Pollution aus angrenzenden Straßenbereichen zurückzuführen sein. Vergleicht man die in einzelnen Zonen gefundenen Mittelwerte aus Straßen und Parkanlagen, so zeigt sich vor allem in hochbelasteten Bereichen eine deutlich geringere Bleikontamination in letzteren (Tab. 7). Die Unterschiede betragen zwischen 60 und 80 %, wobei eine Zunahme der Differenz mit der Höhe der Bleibelastung im angrenzenden Straßenabschnitt auffällig ist.

5) Einfluß von Hecken und dichter Baumbepflanzung

Im Bereich der Innenstadt wurden an einer stark frequentierten Straße (Arcisstraße na-

Tab. 7. Bleigehalt in Proben aus städt. Parkanlagen.

Bereich	Innenstadt		b. mittl. Ring			b. Stadtgrenze				
Meßpunkt (Nr.)	3	7	17	18	22	23	24	27	30	33
Blei (µg/g Tr.-gew.)	17,9	11,8	18,5	9,72	19,8	14,6	10,1	6,9	8,75	7,0
Mittelwert Parkanlagen	14,85*)		16,0			9,5				
Mittelwert Straßen	75,3		37,5			24,3				
%-Anteil d. Parkanlagen	19,7		42,7			39,1				

*) stark umbaute Anlagen

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

he Königsplatz) Blattproben sowohl von der straßenzugewandten als auch von der parkseitigen Belaubung eines Ahornbaumes genommen. Zwischen den einzelnen Laubbäumen stehen hier verhältnismäßig dicht Büsche. Bleibestimmungen ergaben für die Straßenseite 102,5 µg Blei/g Trockengewicht gegenüber nur 33 µg/g für die Parkseite, was einem um mehr als 2/3 geringeren Bleianteil entspricht.

Welche Rolle fällt den Laubbäumen auf dem Gebiet der Dekontamination zu?

Für die untersuchten Ahornblattspreiten konnte eine durchschnittliche einseitige Oberfläche von 210 cm^2 bezogen auf 1 g Trockengewicht ermittelt werden. Bezogen auf eine durchschnittliche Oberfläche von 4,8 ha/ha Laubwald (siehe ASSMANN, 1961) erhält man als Gesamttrockengewicht der Blätter in 1 ha Ahornbestand rund 2,28 t. Dieser Wert stimmt ungefähr mit den aus Tab. 8 errechneten Durchschnittswerten für Laubwälder überein. Legt man einen Bleigehalt von 165 µg/g Tr.-gew. zugrunde, bei dem schon — sehr wahrscheinlich auf Bleieinflüsse zurückführbare — Anzeichen von Chlorose feststellbar waren, so beträgt das Aufnahmevermögen während einer Vegetationsperiode $2{,}28 \cdot 10^6 \cdot 165 = 3{,}762 \cdot 10^8$ (µg) oder 376,2 g Blei. Dieser Wert ist auf 1 ha Laubwald bezogen. Bei einer Stammzahl von 960/ha (Durchschnittsalter 60 Jahre) träfen in diesem Fall 392 mg nicht abwaschbares Blei auf die Belaubung eines Baumes pro Vegetationsperiode. Um die etwa 0,7 t Blei, die in München pro Werktag aus Autoabgasen anfallen (WIRTH, 1971), in Bäumen (Laub) zu deponieren, wären in einer Veg.-periode von 180 Tagen (= 126 t Blei) allein $312 \cdot 10^6$ Bäume nötig.

Sehr wahrscheinlich liegt die mögliche Aufnahmekapazität höher, was aus Bleigehaltsmessungen an gegenüber Schwermetallen relativ empfindlicheren Nadelhölzern hervorgeht (SCHERF, 1971). Die Entgiftungswirkung ist dabei aber nur von temporärer Bedeutung, da sich Blei durch Laubfall wieder im Boden anreichert und somit über die Wurzeln verstärkt aufgenommen wird.

Tab. 8. Durchschnittliche einseitige Blattoberfläche verschiedener Laubbäume (siehe ASSMANN, 1961)

Baumart	Alter (Jahre)	Trockengewicht (t)	Oberfläche (ha)
Esche	15	2,5	4,5
Eiche	40	1,7	3,1
Buche	117	2,6	5,6
Buche	98	2,8	6,1
Mittel	67,5	2,4	4,8

Folgerungen

Durch die vorliegende Untersuchung läßt sich auch im Bereich dicht besiedelten Gebietes eine deutlich verkehrsabhängige Bleianreicherung durch Kraftfahrzeugabgase nachweisen. Wie aus den einzelnen Punkten hervorgeht, wird nur ein geringer Anteil des in der Luft feinverteilten Bleis über größere Distanzen verbreitet, während die Höchstkonzentrationen im direkten Bereich der Emission zu beobachten sind. Möglichkeiten, vor allem Fußgänger vor einer unmittelbaren Kontamination über die Atemwege zu schützen, bestehen daher zum einen im Abstand vom Verkehrsweg, wobei schon wenige Meter eine deutliche Senkung des Bleispiegels zur Folge haben (siehe Pkt 2), zum anderen in einer Abschirmung der Gehwege durch Bepflanzung. Hier ist vor allem die Dichte der Bepflanzung ausschlaggebend (Pkt 4, 5). Ebenfalls günstig auf die Höhe des Bleianteils wirken sich großzügig angelegte und damit gut durchlüftete Verkehrswege aus (Pkt 3).

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

Eine über eine reine Abschirmung hinausgehende Wirkung von Laubbäumen und Pflanzen allgemein, wie etwa die Entgiftung durch Ablagerung von Blei in den einzelnen Pflanzenorganen ist relativ unbedeutend, da außerdem durch den jährlichen Laubfall so gespeichertes Blei wieder in den Boden gelangt und sich dort anreichern kann.

Mein herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. H. ZIEGLER für die Ermöglichung der Arbeit und Anregungen. Herrn GOTTSCHAL danke ich für die Überlassung von statistischem Zahlenmaterial, der Deutschen Forschungsgemeinschaft für finanzielle Unterstützung.

Literatur

ASSMANN, E. (1961): Waldertragskunde. BLV Verlagsgesellschaft München-Bonn-Wien. — CANNON, H. L.; BOWLES, J. M. (1962): Contamination of vegetation by tetraethyl lead. Science **137**, 765—766. — FLECHTER, K. (1971): Direkt determination of lead in plant materials by atomic absorption spectrophotometry. J. Sci. Food Agric. **22**, 260—261. — HEILENZ, S. (1970): Untersuchungen über den Bleigehalt von Pflanzen an verkehrsreichen Standorten. Landwirtschaftl. Forsch. **25**, Sonderh. 1, 73—78. — KERIN, Ž. (1968): Bestimmung von Mikromengen Blei in pflanzlichem Material. Mikrochim. Acta (Wien), **5**, 927—933. — PAGE, A. L.; GANJE, T. J.; JOSHI, M. S. (1971): Lead quantities in plants, soil, and air near some major highways in southern California. Hilgardia **41**, 1—31. — SCHERF, H. (1970): Fichtenvergiftung durch Flugzeugabgase. Naturw. Rdsch. **9**, 397, (siehe auch: Rohmeder, E.; Weber, E., Forstwiss. Centralbl. **89**, 335 [1970]). — SUCHODOLLER-GOREN, A. (1967): Untersuchungen über den Bleigehalt von Pflanzen in der Nähe von Straßen und über die Aufnahme von Translokation von Blei durch Pflanzen. Ber. d. Schweiz. Bot. Ges., **77**, 266—309. — WIRTH, W. (1971): Untersuchung über das Ausmaß der gegenwärtigen und künftigen Belastung der Umwelt in München. Referat f. Stadtforsch. u. Stadtentwickl.

©Bayerische Botanische Gesellschaft; download unter www.bbgev.de;www.biologiezentrum.at

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft zur Erforschung der Flora

Jahr/Year: 1973

Band/Volume: 44

Autor(en)/Author(s): Hampp R.

Artikel/Article: Bleigehalt von Blattspreiten (Acer platanoides L.) als Indikator für die verkehrsabhängige Bleibelastung im Stadtgebiet von München 211-220