

Der jetzige Bleigehalt der Vegetation in der Nähe schweizerischer Autostraßen

Th. Keller

Artikel eingegangen am 16. Februar 1970

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die Verunreinigung der Vegetation durch die feinerstäubten Bleiverbindungen der Auspuffgase von Benzinmotoren. Die wichtigsten Faktoren, welche den Bleigehalt der Vegetation beeinflussen, werden diskutiert, nämlich

Verkehrsfrequenz, Nadelalter und Jahreszeit, Oberflächenbeschaffenheit der pflanzlichen Organe sowie Horizontal- und Vertikaldistanz von der Straße.

Der Bleigehalt des Bodens dagegen spielt kaum eine Rolle, da nur ein Bruchteil der Bleiverbindungen im Boden von den Wurzeln aufgenommen werden kann. Überdies ist Blei innerhalb der Pflanze nur schwer beweglich.

Der größte Teil der gefundenen Bleimengen hatten äußerlich, ist jedoch nur teilweise abwaschbar.

Da die Bleikonzentration ungewaschener Agrarprodukte aus der Umgebung stark frequentierter Autostraßen nur selten unter 1 ppm sank, wird gefolgert, daß die Bleialkyle durch ungefährlichere Additive ersetzt werden sollten.

1. Einleitung

Im Frühjahr 1966 traten an Koniferen in der Ostschweiz chlorotische Nadelverfärbungen auf, welche sich längs der Straßen zu häufen schienen. Als die forstliche Versuchsanstalt beauftragt wurde, zu untersuchen, ob es sich bei diesen Erscheinungen um Auswirkungen von Motorfahrzeugabgasen handle, stellte sich uns daher die Frage, wie eine derartige verkehrsbedingte Luftverunreinigung überhaupt zu erfassen sei. Die Auspuffgase setzen sich ja aus zahlreichen, zum Teil unschädlichen Komponenten zusammen. Angesichts der überwiegenden Dominanz der Benzinmotoren im Verkehr wurde beschlossen, den Bleigehalt der Vegetation als Indikator der verkehrsbedingten Luftverunreinigung heranzuziehen. Blei ist normalerweise in den Pflanzen nur in geringen Spuren enthalten, da es für die Pflanzen kein lebensnotwendiges Nährelement darstellt.

Die dem Benzin als Klopfbremsen zugefügten Bleialkyle führen dazu, daß die Auspuffgase der Benzinmotoren bis zu 60 mg/m^3

mehr oder weniger fein verstäubter Bleiverbindungen enthalten (Brunner, 1966). Menge und Partikelgröße hängen jedoch stark von der Fahrweise ab. Durchschnittlich ein Viertel des Bleis wird in Motor, Auspuffsystem und Öl abgelagert. Die übrigen 75 % werden fortlaufend ausgepufft, wobei bei konstanter Fahrgeschwindigkeit etwa 75 % eine Korngröße unter 5μ besitzen, daher verwirbelt und gasähnlich in der Atmosphäre verteilt werden, während der Rest zufolge seiner Korngröße sedimentiert (Brunner, 1966).

Als Untersuchungsobjekt wurden Fichtennadeln ausgewählt, weil nur geringe Bleimengen erwartet wurden und da vermutet wurde, die relativ große spezifische Oberfläche der mehrere Jahre ausdauernden Nadeln würde zu gut meßbaren Konzentrationen führen. Die Bleigehaltsbestimmungen wurden von der EMPA (Dr. H. Preis) durchgeführt (für methodische Einzelheiten vgl. Keller und Preis, 1967).

Auf Grund der unerwartet hohen gefundenen Bleigehalte beauftragte die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene die Landwirtschaftliche Forschungsanstalt Lausanne und die Agrikulturchemische Forschungsanstalt Liebefeld, 1967 und 1968 die Untersuchungen auf landwirtschaftliche Produkte auszudehnen. Herrn Direktor Dr. Bovay danke ich herzlich für die Überlassung des im Druck stehenden Manuskriptes mit den Analysenresultaten (Quinche, Zuber und Bovay, 1969).

2. Die Entwicklung der Bleisituation

Bekanntlich wurde 1947 der Zusatz von Bleitetraäthyl zum Autobenzin in der Schweiz bewilligt und gleichzeitig eine Kommission beauftragt, die Auswirkungen der Benzinverbleiung zu verfolgen. Die Resultate der Untersuchungen des Bleigehaltes in verschiedenen Stäuben in Zürich sind im Bericht dieser Bleibenzin-Kommission (1961)

und im zweiten Bericht der Lufthygiene-Kommission (Högger, 1968) enthalten. Es zeigte sich, daß im Straßenstaub der Bleigehalt sehr rasch von 0,5‰ auf 2‰ anstieg und dann auf diesem Niveau blieb, während der Gesimsestaub in derselben Zeit von 0,3‰ auf 1,8‰ anstieg, wobei erwartet wird, daß er bei etwa 2‰ ein Gleichgewicht erreichen wird.

Koproporphyrin-Untersuchungen im Urin verschiedener Bevölkerungsgruppen blieben negativ, und der Bleigehalt im Blut blieb bei etwa 0,25 ppm für Büroangestellte und etwa 0,35 ppm für Garagenarbeiter (Högger, 1968). Vergleichsweise sei erwähnt, daß Patterson (1965) auf Grund geochemischer Untersuchungen und Überlegungen zum Schluß kam, die Einwohner der USA seien von einer chronischen Bleivergiftung bedroht. Die Bleikonzentration im Blut (im Mittel 0,25 ppm; Spanne 0,05–0,4 ppm) sei bedrohlich nahe an den Grenzwert einer Bleivergiftung (0,5–0,8 ppm) herangerückt. Er forderte daher die Beseitigung der wichtigsten Quellen der Umweltsverbleiung, unter anderem auch der Benzolverbleiung.

Aber auch in pflanzlichen Geweben nahm der Bleigehalt im Laufe der Zeit zu. Obwohl Blei in der Pflanze schwer beweglich ist (Leh, 1966; Suchodoller, 1967) fanden Schroeder und Balassa (1961) im Stammholz einer amerikanischen Alleoulme in den Jahrringen zunehmende Bleigehalte. Eine ähnliche Bleigehaltszunahme entdeckte Meier (1966) in den Jahrringen zürcherischer Fichten, welche 1954 aus einer verkehrsfernen Baumschule an eine Durchgangsstraße versetzt worden waren:

| | | | |
|-----------------|---------|--------|-------------------|
| Jahre 1948–1951 | 0,3–0,4 | ppm Pb | |
| 1951–1954 | 0,4 | ppm Pb | |
| 1954–1957 | 0,9 | ppm Pb | |
| 1957–1960 | 1,2 | ppm Pb | |
| 1960–1962 | 2,4 | ppm Pb | (inklusive Rinde) |

Bleizunahmen in der Vegetation Südschwedens wiesen neustens auch Rühling und Tyler (1968) nach. Sie analysierten herbarisierte und frische Moose verkehrsferner Standorte und stellten fest, daß deren Bleigehalte von etwa 20 ppm (um 1860) vor allem nach 1950 mit der starken Zunahme des Motorverkehrs bis 1968 auf 80–90 ppm angestiegen waren.

Dieselben Autoren berechneten auch, daß in einem 50 m breiten Streifen seitlich einer Straße in Boden und Vegetation eine geringere Bleimenge gespeichert sei, als auf Grund des Verkehrs zu erwarten wäre. Sie schlossen daraus, daß der Wind einen Teil des Bleis weitertransportiere. Sie stellten einen regionalen Bleigradienten in SW-NE-Richtung von Süd- bis Mittelschweden fest. Das deutliche Bleigefälle von SW nach NE läßt auf eine Zuwehung von Blei aus Deutschland und Dänemark schließen. Schon früher hatten Tatsumoto und Patterson (1963) großräumige Bleiverfrachtungen nachgewiesen, da sie in den abgelegenen Bergen Kaliforniens 1,6 µg Blei/kg Schnee fanden.

Aber nicht nur die erwähnte schwedische Arbeit untersuchte den Bleigehalt der Vegetation in Straßennähe. Bereits 1962 hatten Cannon und Bowles in den USA hohe Bleikonzentrationen in Gras und Gemüse entdeckt, und auch die Untersuchungen von Kloke und Riebartsch (1964), Leh (1966) sowie Suchodoller (1967) ergaben abnormal hohe Bleigehalte straßennaher Vegetation. Wohl die alarmierenden Analysenergebnisse aus Deutschland führten dazu, daß die Futtermittel-Kommission der EWG als duldbare Blei-Höchstmenge in der Trockensubstanz von Viehfutter 10 ppm vorschlug (Leh, 1966). Bezüglich menschlicher Nahrungsmittel sei erwähnt, daß die Mediziner Schroeder und Balassa (1961) Analysen kanadischer und englischer Pflanzen aus der Nähe von Autostraßen zitieren (Warren und Delavault), welche bei Gerste 1–6 ppm und bei Kohl

1–3 ppm Blei ergaben, Werte, die sie als oberhalb der Sicherheitsgrenze für Lebensmittel liegend erachteten. Die Eidgenössische Lebensmittelverordnung nennt keine Bleigehaltsgrenze für Nahrungsmittel, so daß offenbar höchstens Spuren dieses Metalls in Lebensmitteln enthalten sein dürfen! Für Schönungs-, Konservierungsmittel und dergleichen, welche nur in kleinen Mengen den Lebensmitteln beigegeben werden, nennt diese Verordnung in der Regel 10 ppm Blei als obere Grenze, so daß sie zu höchstens

einem Bruchteil eines ppm Blei im behandelten Nahrungsmittel führen.

3. Faktoren, welche den Bleigehalt beeinflussen

3.1 Verkehrsfrequenz

Schon den wenigen Analysendaten von *Kloke* und *Riebartsch* (1964) ist ein Einfluß der Verkehrsdichte auf den Bleigehalt der Vegetation zu entnehmen. Da unsere Untersuchung Fichten an Straßen verschiedenster Ver-

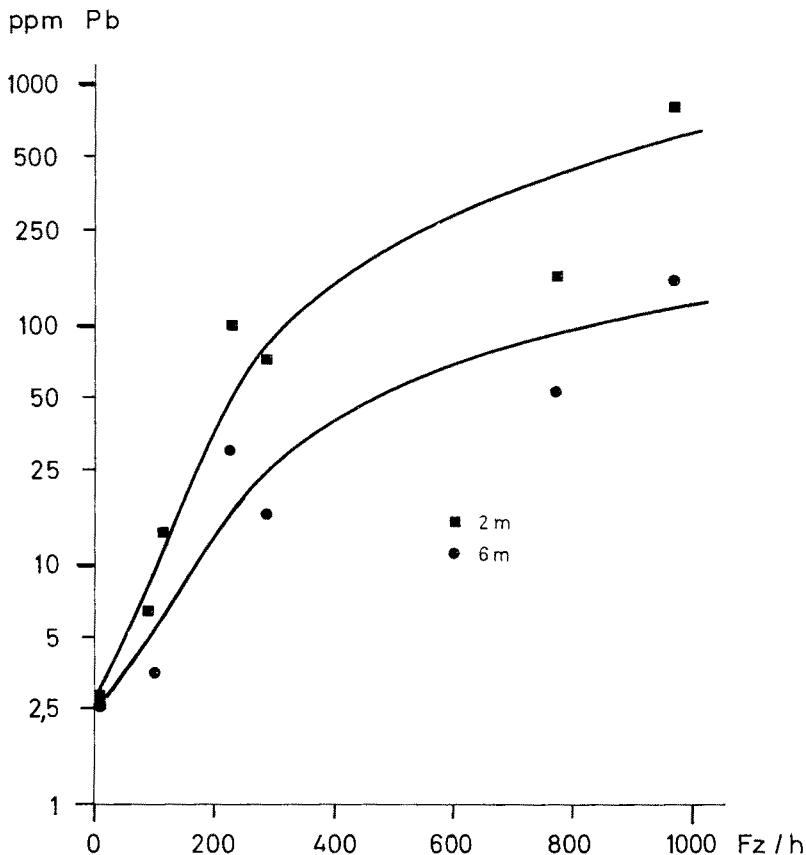


Abb. 1 Der Einfluß der Verkehrsdichte (Fahrzeuge/h) auf den Bleigehalt in der Trockensubstanz ungewaschener, ein- und zweijähriger Fichtennadeln in 2 m und 6 m Höhe über Boden (aus *Keller* und *Preis*, 1967).

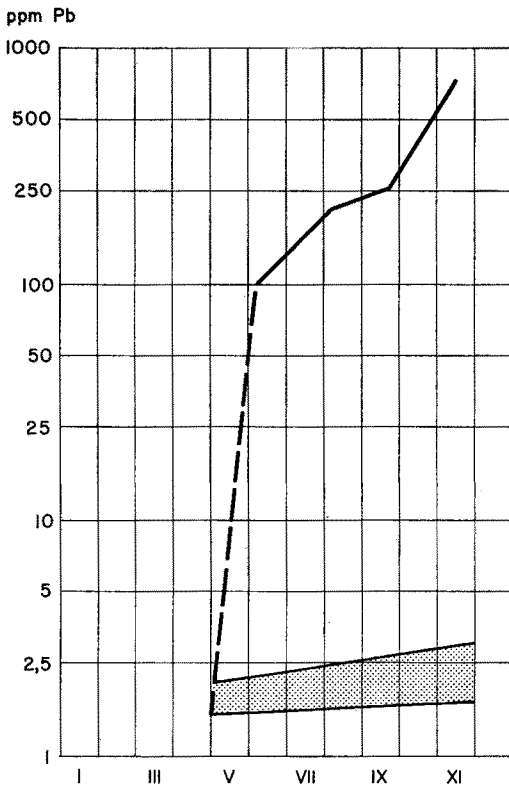


Abb. 2 Der Einfluß der Jahreszeit (Expositionszeit) auf die Bleikonzentration sich entwickelnder Fichtennadeln am Rand einer stark befahrenen Autostraße (rund 770 Fahrzeuge/h; 1 m Höhe über Boden). Das gestrichelte Band gibt den «natürlichen» Bleigehalt von Fichtennadeln aus dem Waldesinnern wieder.

kehrsfrequenz umfaßte, wurde dieser Einfluß überprüft, wobei sich die Resultate von Abb. 1 ergaben (Keller und Preis, 1967). Der sehr starke Anstieg des Bleigehaltes mit der Zunahme des Verkehrs kommt dabei sehr eindrücklich zur Geltung, besonders wenn man den logarithmischen Maßstab der Ordinate berücksichtigt. Die starke Streuung ist auf verschiedene Variablen zurückzuführen, wie zum Beispiel Steigung der Straße, Straßenbreite, seitlicher Abstand vom Straßenrand, Bewindung usw.

3.2 Nadelalter (Expositionsdauer) und Jahreszeit

An jungen Fichtennadeln ließ sich von Mai bis November sehr schön ein kontinuierliches Ansteigen des Bleigehaltes verfolgen (Abb. 2), während sich an alten Nadeln keine ausgeprägten Unterschiede mehr zeigten.

3.3 Oberflächenbeschaffenheit der Pflanzen

Je nach der Beschaffenheit der Blattoberfläche wird mehr oder weniger Blei angelagert. So zeigten die Untersuchungen von Rühling und Tyler (1968), daß Moose besonders viel Blei enthalten. Quinche et al. (1969) betonten, daß vor allem bei breitblättrigen Gemüsearten wie Salat, Spinat usw. sowie bei Arten mit gefiederten oder geschlitzten Blättern (Petersilie, Fenchel usw.) hohe Bleigehalte gefunden werden. Auch die Behaarung spielt eine große Rolle. So fand sich an behaarten Haselnußblättern dreimal mehr Blei als an unbehaarten Hagebuchenblättern, die unmittelbar daneben wuchsen (Keller und Preis, 1967). Auch flaumhätige Früchte enthielten mehr Blei als glatthätige Früchte (vgl. Tab. 1).

| Entfernung von der Straße m | Aprikosen | | Birnen | |
|-----------------------------|-----------|---------------|--------|---------------|
| | Haut | Fruchtfleisch | Schale | Fruchtfleisch |
| 5 | 7,5 | 1,1 | 3,9 | 0,7 |
| 15 | 6,9 | 1,1 | 2,0 | 0,6 |
| 50 | 5,8 | 1,1 | 1,1 | 0,4 |

Tab. 1 Bleigehalt von Früchten, ppm in Trockensubstanz (aus Quinche et al., 1969).

3.4 Horizontaldistanz von der Straße

Da der Wald schon lange für seine luftreinigende Filterwirkung bekannt ist, stellte sich die Frage, wie weit die Abgase nachweisbar seitlich in den Wald eindringen. Cannon und

Bowles (1962) hatten in offenem Land eine etwa 50 m breite Randzone nachgewiesen. Unsere Untersuchungen in einem stufig geschlossenen Nadelwald zwischen Bremgarten und Wohlten AG ergaben, daß im Wald der Bleigehalt mit zunehmender Distanz viel stärker abfällt als im Freiland (vgl. Abb. 3). Im Wald ist eine konstante Tendenz der Bleiabnahme mit zunehmender Distanz festzustellen (Abb. 3, Fichte), während dies für das Freiland nicht unbedingt gilt. *Quinche* et al. (1969) machten nämlich die überraschende Feststellung, daß im Hochsommer (Abb. 3, Emd) in der Umgebung stark befahrener Autostraßen außer am Straßenrand ein zweites Bleigehaltsmaximum in 30–100 m (je

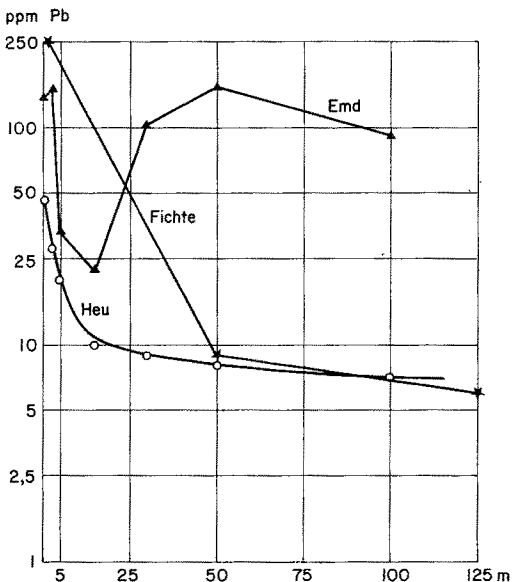


Abb. 3 Bleigehalte von Gras und Fichtennadeln in verschiedener Entfernung von der Straße.

«Fichte»: ein- und zweijährige, ungewaschene Fichtennadeln, 1 m über Boden, im Wohlener Wald. Straße Zürich–Bern, rund 770 Fahrzeuge/h.

«Heu»: Gras des 1. Schnittes (10.6.1968) bei Nyon. Autobahn Genf–Lausanne, rund 17 000 Fahrzeuge/Tag.
«Emd»: Gras des 2. Schnittes (27.8.1968) am selben Ort. (Aus *Quinche* et al., 1969.)

nach Verhältnissen) auftreten kann, vermutlich wegen veränderter Turbulenzverhältnisse (zufolge hoher Fahrgeschwindigkeit und erhöhter Temperaturen). Diese Erscheinung dürfte wesentlich zu der von *Keller* und *Preis* (1967) vermuteten und von *Rühling* und *Tyler* (1968) nachgewiesenen, großräumigen Vegetationsverbleiung beitragen.

3.5 Vertikaldistanz vom Boden

Da die Auspuffgase meist nur wenige Dezimeter über Boden ausgestoßen werden, stellte sich die Frage, ob die Luft auch in der Kronenhöhe mittelalter und alter Bäume trotz Verwirbelung und Verdünnung noch erheblich verschmutzt sei. Im Wald ist ja selbst bei geschlossenen Bestandesrändern eine seitliche Ausbreitung der Gase möglich, im Gegensatz zu den Verhältnissen in den Städten mit geschlossenen Häuserfluchten, wo sich oft Bewohner der dritten und vierten Stockwerke noch über Abgasgestank beklagen. Die Frage hat auch eine gewisse Aktualität wegen des allfälligen Bleigehaltes von Früchten hochstämmiger Apfel- und Birnbäume in Straßennähe.

In Abb. 4 ist die Abnahme des Bleigehaltes von Fichtennadeln mit der Kronenhöhe aufgezeichnet. Sie zeigt, daß der Bleigehalt vor allem in den untersten 12 m mit zunehmender Höhe sehr stark abfällt, und die Verhältnisse erinnern stark an die seitliche Bleiabnahme im Freiland (Abb. 3, Heu). Demgegenüber fehlt eine derartige Abnahme des Bleigehaltes in der Vertikalen bei Bäumen, welche in sauberer Luft gewachsen sind (Gmünden).

3.6 Bleigehalt des Bodens

Der Nachweis hoher Bleigehalte in der Vegetation warf natürlich sofort die Frage auf, ob das Blei wirklich aus der Luft stamme und nicht von den Wurzeln aus dem Boden aufgenommen worden sei. Blei als Schwermetall ist jedoch in der Pflanze nur schwer beweg-

m Asthöhe ab Boden

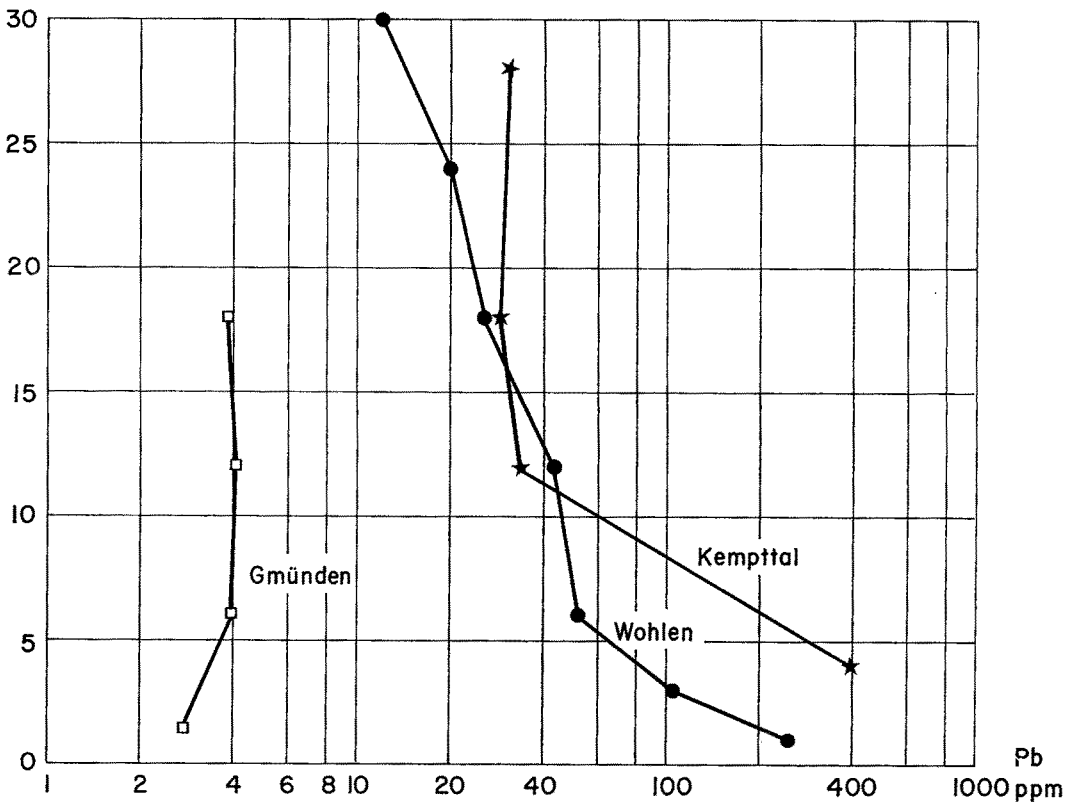


Abb. 4 Der Einfluß der Asthöhe (m über Boden) auf den Bleigehalt ungewaschener, ein- und zweijähriger Fichtennadeln.

«Kemptthal»: Straße Zürich–Winterthur, rund 965 Fahrzeuge/h.

«Wohlen»: Straße Zürich–Bern, rund 770 Fahrzeuge/h.

«Gmünden»: 400 m von autofahrbarer Straße entfernt, wenig Verkehr (AR).

lich, wie in neuerer Zeit namentlich *Leh* (1966) und *Suchodoller* (1967) mit radioaktiven Bleiverbindungen gezeigt haben.

Die mit den Auspuffgasen ausgestoßenen Bleiverbindungen besitzen nur eine geringe Löslichkeit und werden von Pflanzenwurzeln nur schwer aufgenommen. *Rühling* und *Tyler* (1968) fügten in Topfversuchen dem Boden künstlich Bleioxid zu, bis dessen Blei-

konzentration 2000 ppm betrug. Dadurch stieg der Bleigehalt von Schwingelgras (*Festuca ovina*) nur von 5 auf 19,5 ppm. Dieselben Autoren fanden am Rande einer stark befahrenen Straße (18 500 Fahrzeuge/Tag) einen totalen Bleigehalt von 300 ppm; davon waren glücklicherweise nur etwa 25 ppm essigsäurelösliches (also etwa von Pflanzen aufnehmbares) Blei.

4. Die Abwaschbarkeit des Bleis

Vom physiologischen Standpunkt aus stellt sich natürlich auch die Frage, ob das Blei nur oberflächlich angelagert wird oder ob namhafte Bleimengen in das Innere der Gewebe aufgenommen werden und dort toxisch wirken. *Kloke und Riebartsch (1964)* fanden, daß sich 5–30% des Bleis vom Gras abwaschen ließen, wobei mit zunehmender Entfernung von der Emissionsquelle der Pro-

zentsatz des abwaschbaren Bleis abnahm. Auch nach *Leh (1966)* soll es sich vor allem um eine Oberflächenkontamination handeln. *Suchodoller (1967)* vermochte durch eine 6stündige Waschung etwa die Hälfte des Bleis zu entfernen.

Die von uns untersuchten Fichtennadeln waren bis zu zwei Jahre den Abgasen ausgesetzt, so daß sich am Straßenrand ein krustiger Belag bildete, der auch durch eine inten-

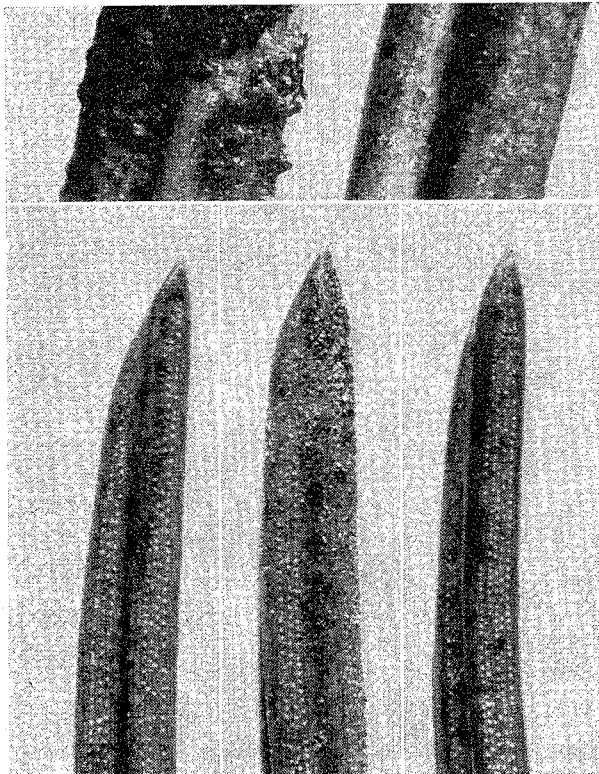


Abb. 5 Abwaschbarkeit der oberflächlich angelagerten bleihaltigen Verunreinigungen.

Oben links: Nadelabschnitt mit Schmutzkruste (Nadel vom Straßenrand).

Oben rechts: schwach verschmutzter Nadelabschnitt (Nadel vom Waldesinnern).

Unten: Drei Nadeln aus einer Probe vom Straßenrand. Die mittlere Nadel wurde nicht gereinigt, die linke Nadel wurde 5 Minuten in einer einprozentigen Detergenzienlösung gewaschen; die rechte Nadel wurde je 5 Minuten in verdünnter Salpetersäure und Detergenzienlösung gewaschen. (Aus *Keller und Preis, 1967.*)

sive Waschung mit Detergenzien nur zu 65 bis 85 % entfernt werden konnte (vgl. Abb. 5, aus Keller und Preis, 1967). Erst eine Waschung mit verdünnter Salpetersäure und Detergenzien vermochte über 90 % des Bleis zu entfernen. Bei geringen Bleigehalten (das heißt bei Proben aus größerer Entfernung von der Straße) sank der Prozentsatz entsprechend. Wenn im folgenden Kapitel einige Angaben über Bleigehalte schweizerischer Agrarprodukte von verkehrsintensiven Standorten folgen, so muß daran erinnert werden, daß es sich um ungewaschene Proben handelte. Es kann angenommen werden, daß beim kochfertigen Gemüse die Gehalte um etwa einen Drittel niedriger zu veranschlagen sind.

5. Der Bleigehalt schweizerischer straßen- nah gewachsener Agrarprodukte

Aus dem reichen Analysenmaterial von *Quinche* et al. (1969) soll hier nur die Bleigehaltsspanne einiger Kategorien von Produkten in verschiedener Entfernung stark befahrener Straßen wiedergegeben werden (Tab. 2). In Übereinstimmung mit bereits Gesagtem zeigen sich die höchsten Gehalte bei Blattgewächsen, wogegen Wurzelgemüse niedrige Gehalte aufweisen. Interessanterweise fand man bei den Früchten noch niedrigere Gehalte als beim Wurzelgemüse. Erwartungsgemäß besaßen die durch die Spelzen geschützten Getreidekörner im allgemeinen sehr niedrige Bleikonzentrationen. Auch wenn man berücksichtigt, daß es sich um ungewaschene Proben aus besonders exponierten Lagen handelt, müssen diese Resultate doch nachdenklich stimmen (vgl. Kapitel 2).

6. Schlußfolgerungen

1. In der Nähe stark befahrener Autostraßen wird ein breiter Vegetationsstreifen mit Blei

| Produkte | Distanz von der Straße | | | Bemerkungen |
|------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------------|
| | 0-9 m | 10-49 m | 50-100 m | |
| Heu | 6 - 90 | 5 - 19 | 2 - 8 | |
| Emd | 9 -250 | 7 -188 | 6 -198 | |
| Blatt- gemüse | 11 - 44 | - | 5,6 3 - 7 | Salat, Spinat |
| Wurzeln | 2 - 6 | 2 - 3 | 2 - 3 | Karotten, Sellerie |
| Früchte, ungeschält | 1,5- 2,7 | 1 - 2,7 | 0,7- 2,7 | Äpfel, Birnen |
| Getreide, Körner | 1,7- 2 | 2 | 1,6- 2 | Tomaten |
| | 0,6- 1,5 (8) | 0,3- 0,6 (6) | 0,3- 0,5 (1-4) | () Werte von Autobahn |
| Spelzen | 1,4- 20 (-9700) | 0,4- 4,2 (19-89) | 0,6- 2,4 (14-28) | Zürich-Bern |

Tab. 2 Bleigehalte ungewaschener Agrarprodukte (ppm in Trockensubstanz) aus der Umgebung stark frequentierter Verkehrsadern (aus *Quinche* et al., 1969).

erheblich verunreinigt. Da Waldvegetation sich als ausgezeichneter Luftfilter erwiesen hat, sollten die Ränder dieser Straßen möglichst mit immergrünen Bäumen und Sträuchern bepflanzt werden, um die dahinter wachsenden Agrarprodukte vor einer starken Verbleiung zu schützen.

2. Die Grenzwerte der in Lebens- und Futtermitteln zulässigen Bleigehalte scheinen noch wenig erforscht, jedenfalls umstritten zu sein. Aus diesem Grunde sollte die gegenwärtige Situation weder aufgebauscht noch bagatellisiert werden. Es muß aber festgehalten werden, daß in der Vegetation in der Nähe stark frequentierte Straßen ein bedeutender Bleigehalt vorgefunden wurde. Auch wenn bisher in der Schweiz noch keine schädlichen Folgen an Pflanzen, Tieren oder gar Menschen nachgewiesen werden konnten, so entbindet dies nicht von der Pflicht, auf einen Ersatz der bleihaltigen Benzinadditive zu drängen, um angesichts des ständig wachsenden Verkehrs der Gefahr eines Bleiskandals (analog dem DDT-Käseskandal) vorzubeugen.

3. Es ist um so mehr auf einen Ersatz des Bleis zu drängen, als es nach den Ausführungen von *Brunner* (1969) durchaus möglich sein soll, ohne nennenswerte Mehrkosten auf das Blei zu verzichten. (Nach tschechischen Informationen soll in russischen Großstädten nur bleifreies Benzin verkauft werden.) *Brunner* geht allerdings nicht auf die Frage ein, ob der Bleiersatz nicht andere schädliche Nebenfolgen verursacht. Es ist aber auch darauf hinzuweisen, daß die Regierungen eine Mitschuld an der gegenwärtigen Bleisituation tragen, da sie durch die Autobesteuerungsformel die Konstrukteure dazu veranlaßten, zu immer höheren Kompressionen Zuflucht zu nehmen, denen das normale Benzin nicht mehr gewachsen ist. Eine Änderung der Besteuerungsformel würde daher auf weite Sicht möglicherweise dazu beitragen, die Bleisituation wieder zu bessern.

4. Der Benzinverbleiung ist auch deswegen ein Ende zu setzen, weil sie einerseits nach *Brunner* (1969) eine irreversible Verschleuderung eines relativ seltenen Metalls darstellt, andererseits zu einer Verschmutzung unserer Umwelt führt, die als grobfahrlässig zu bezeichnen ist, wenn *Brunners* Behauptung richtig ist, daß die Bleialkyle leicht zu ersetzen sind.

5. Noch ist unbekannt, wohin das Blei gelangt, das die Kühe mit dem Futter aufnehmen. Leider stehen die Resultate eines 1968 in Bern durchgeführten Fütterungsversuches noch aus. Weitere Untersuchungen in dieser Richtung sowie über den Bleigehalt der Vegetation längs schwächer befahrener Straßen sind jedoch nötig, um die gegenwärtige Situation noch besser zu erfassen.

Literatur

- Bericht der Eidg. Bleibenzin-Kommission an den Bundesrat über ihre Tätigkeit im Zeitraum 1947–1960. Mitteilungen a. d. Gebiete d. Lebensmitteluntersuchung und Hygiene (Bern), Heft 3 (1961).
- Brunner M.*: Die Zusammensetzung der Auspuffgase bei Benzinmotoren. Z. Präventivmedizin 11, 77–103 (1966); Über Probleme des Bleis und Kohlenoxyds im Auspuffgas. Touring 25, 4 (19.6.1969).
- Cannon H. L. and Bowles J. M.*: Contamination of vegetation by tetraethyl lead. Science 137, 765–766 (1962).
- Högger D.*: Zweiter Bericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene. Bull. d. Eidg. Gesundheitsamtes (Bern), Beilage B, Nr. 3 (1968), 71 S.
- Keller Th. und Preis H.*: Der Bleigehalt von Fichtennadeln als Indikator einer verkehrsbedingten Luftverunreinigung. Schweiz. Z. Forstwes. 118, 143–162 (1967).
- Kloke A. und Riebartsch K.*: Verunreinigung von Kulturpflanzen mit Blei aus Kraftfahrzeugabgasen. Naturwiss. 51, 367–368 (1964).
- Leh H. O.*: Verunreinigungen von Kulturpflanzen mit Blei aus Kraftfahrzeugabgasen. Gesunde Pflanzen 18, Heft 2 (1966).
- Meier J.*: Briefliche Mitteilung (1966).
- Patterson C. C.*: Contaminated and natural lead environments of man. Arch. Environmental Health 11, 344–360 (1965).
- Quinche J. P., Zuber R. et Bovay E.*: Les dépôts de plomb provenant des gaz d'échappement des véhicules automobiles le long des routes à forte densité de circulation. Phytopathol. Z. 66 (3), 259–274 (1969).
- Rühling A. and Tyler G.*: An ecological approach to the lead problem. Bot. Notiser 121, 321–342 (1968).
- Schroeder H. A. and Balassa J. J.*: Abnormal trace elements in man: lead. J. chronic diseases 14, 408–425 (1961).
- Suchodoller A.*: Untersuchungen über den Bleigehalt von Pflanzen in der Nähe von Straßen und über die Aufnahme und Translokation von Blei durch Pflanzen. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 77, 266–308 (1967).
- Tatsumoto M. and Patterson C. C.*: Concentration of common lead in some Atlantic and Mediterranean waters and in snow. Nature 199, 350–352 (1963).

Adresse des Autors:

Dr. Th. Keller, Eidg. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, 8903 Birmensdorf.