

<b>Zeitschrift:</b>	Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene = Travaux de chimie alimentaire et d'hygiène
<b>Herausgeber:</b>	Bundesamt für Gesundheit
<b>Band:</b>	52 (1961)
<b>Heft:</b>	3
<b>Rubrik:</b>	Bericht der Eidg. Bleibenzin-Kommission an den Bundesrat über ihre Tätigkeit im Zeitraum 1947-1960

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 27.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

MITTEILUNGEN  
AUS DEM GEBIETE DER  
LEBENSMITTELUNTERSUCHUNG UND HYGIENE

VERÖFFENTLICHT VOM EIDG. GESUNDHEITSAMT IN BERN

Offizielles Organ der Schweizerischen Gesellschaft für analytische und angewandte Chemie

TRAVAUX DE CHIMIE ALIMENTAIRE  
ET D'HYGIÈNE

PUBLIÉS PAR LE SERVICE FÉDÉRAL DE L'HYGIÈNE PUBLIQUE À BERNE

Organe officiel de la Société suisse de chimie analytique et appliquée

ABONNEMENT:

Schweiz Fr. 17.— per Jahrgang (Ausland Fr. 22.—)	Preis einzelner Hefte Fr. 3.— (Ausland Fr. 4.—)
Suisse fr. 17.— par année (étranger fr. 22.—)	Prix des fascicules fr. 3.— (étranger fr. 4.—)

BAND – VOL. 52

1961

HEFT – FASC. 3

Bericht  
der Eidg. Bleibenzin-Kommission an den Bundesrat  
über ihre Tätigkeit  
im Zeitraum 1947—1960

Auftrag

**Am 11. April 1947 wurde durch Revision von Artikel 486 der eidg. Lebensmittelverordnung der Zusatz von Bleitetraäthyl zu Automobilbenzin zu gelassen. Gleichzeitig beauftragte der Bundesrat das Eidg. Departement des Innern, eine Kommission von Fachleuten einzusetzen,**

**«welche die Auswirkungen der Aethylierung des Benzins auf die Gesundheit der mit dem Benzin beschäftigten Personen und auf die Volksgesundheit allgemein vom medizinisch-chemischen Standpunkt zu verfolgen und die in Art. 486 Abs. 2 vorgesehenen Sicherheitsvorschriften zu bearbeiten» hätte.**

# I. Allgemeines und Vorgeschichte

## 1.

Verbleites Benzin fand erstmalig im Jahre 1923 im Staate Ohio, bald nachher auch in New Jersey (USA) in größerem Ausmaß Verwendung. Der Zusatz von Bleitetraäthyl (Btä) in einer Menge von etwa 1/2 Vol.-% zu Automobilbenzin erhöht sehr fühlbar dessen Klopffestigkeit, womit eine sehr wesentliche Verbesserung des Wirkungsgrades ermöglicht wird.

In reiner Form ist Btä eine ölige, farblose, wasserunlösliche, relativ schwere Flüssigkeit mit eigenartigem, süßlichem Geruch. Sie ist gut löslich in den meisten organischen Lösungsmitteln sowie auch in Oelen und Lipoiden. Dem reinen Bleitetraäthyl kommt die Formel  $Pb(C_2H_5)_4$  zu. Einige Kennzahlen desselben sind:

*Tabelle 1*

Molekulargewicht	323,4
Dichte/20° C	1,65
Erstarrungspunkt	— 156° C
Siedepunkt	~ 200° C unter Zersetzung
Gehalt an Blei	64,07 Gew.-%

Bei Raumtemperatur weist es bereits einen merklichen Dampfdruck auf, so dass 1 Liter Luft bei Dampfsättigung etwa 5 mg Blei enthält. Btä ist immerhin schwerer flüchtig als die leicht siedenden Anteile des Benzins und reichert sich bei dessen teilweiser Verdampfung deshalb im Rückstand an.

Der Zusatz zu Benzin erfolgt nicht in der Form des reinen Btä, sondern als sog. «Ethylfluid». Dieses letztere enthält neben Btä noch Halogenverbindungen wie Aethylendibromid und Aethylendichlorid, die bewirken, dass sich im Verbrennungsraum des Motors aus dem Btä überwiegend Bleihalogenide bilden, welche bei den daselbst vorherrschenden Temperaturen dampfförmig aus dem Zylinder ausgestossen werden. Ohne den Halogenidzusatz würde hauptsächlich Bleioxyd und – infolge des Schwefelgehaltes des Benzins – daneben Bleisulfat entstehen – Verbindungen, die sich in Form fester Beläge an den Wänden des Verbrennungsraumes und der Ventile niederschlagen und das Funktionieren des Motors bald beeinträchtigen würden. Demgegenüber schlagen sich die Bleihalogenide entweder erst im kühleren Auspuffsystem nieder, oder aber sie entweichen als feinster Staub in die Luft.

Zusammensetzung und Eigenschaften von Ethylfluid sind etwa folgende:

*Tabelle 2*  
*«Octel anti-knock compound»*  
 der Assoc. Ethyl Comp. Ltd.

	«Aviation Compound» (Mischung für Flugbenzine)	«Motor Compound» (Mischung für Autobenzine)
<i>Zusammensetzung Gew. %</i>		
Reines Btä	61,41	61,48
Aethylendibromid	35,68	17,86
Aethylendichlorid	keines	18,81
Farbstoff	0,03	0,06
Petrol und Verunreinigungen	2,88	1,79
	100,00	100,00
<i>Eigenschaften</i>		
Dichte der Compounds/20° C	1,744	1,590
Erstarrungspunkt °C	— 9	— 33
Btä-Gehalt der Mischung ml/kg	372,20	372,60
Volumenverhältnis Compound : Btä in der Mischung	1,5405 : 1	1,6879 : 1
Dichte des reinen Btä's/20° C		1,650

2.

Ethylfluid und noch mehr die Reinsubstanz Btä sind als hochtoxische Substanzen zu betrachten. Bald nach Aufnahme der Fabrikation (1923) ereigneten sich in den Staaten Ohio und New Jersey bei der großtechnischen Herstellung und beim Umgang mit unverdünntem Btä oder Ethylfluid 149 zum Teil sehr schwere Vergiftungsfälle, von denen 11 tödlich endigten. Es ist daher nicht verwunderlich, daß sich zunächst große Bedenken gegen die Verwendung verbleiten Benzins erhoben. 1925 wurde unter dem Präsidium von H. S. Cumming, Surgeon General of the Public Health Service, Washington D.C., ein Komitee von Fachleuten gebildet, welches den Auftrag erhielt, allenfalls auftretende Gefahren der Benzinverbleitung festzustellen und hierüber Bericht zu erstatten. Am 5. Mai 1925 wurde der Verkauf von Bleibenzin in den USA in freiwilliger Uebereinkunft von den Herstellern bis zur endgültigen Abklärung der aufgeworfenen Fragen wieder eingestellt. Bald nachher erfolgten in einzelnen europäischen Staaten Verbote der Benzinverbleitung, so auch in der Schweiz im Jahre 1926 (Art. 362 der eidg. Lebensmittelverordnung vom 23. Februar 1926). Vor allem war es Prof. Zanger in Zürich, welcher hier die Initiative ergriff. Seine Stellungnahme und die Vorsorge des Eidg. Gesundheitsamtes war in jenem Zeitpunkt als durchaus berechtigt zu betrachten, da es damals noch nicht möglich war, die Gefahren richtig einzuschätzen. Damit wurden aber auch die Voraussetzungen geschaffen, gege-

benenfalls bei einer Aufhebung des Verbotes die notwendigen Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

Der Bericht des Cumming-Komitees wurde am 17. Januar 1926 erstattet. Da sich die erwähnten Unfälle gemäß Bericht des Komitees ausschließlich mit der Reinsubstanz Btä bzw. bei der Manipulation mit reinem Ethylfluid ereignet hatten, so daß die Toxizität der genannten Stoffe außer Frage stand, galt es vor allem, die Frage abzuklären,

*ob auch das verbleite Benzin, trotz Verdünnung des Btä von mindestens 1:1300 entsprechend maximal 0,8 ml Btä/Liter, wie dies damals in den USA zulässig war \*), noch gewisse Gefahrenmomente bot.*

Das Komitee kam zum Schluß, daß bei den Automobilfahrern und -benützern keine Erhöhung der Bleiaufnahme feststellbar war. Bei Garagearbeitern war dies in geringem Maße der Fall, doch blieb die Bleiaufnahme weit unter der Toxizitätsgrenze. Selbstverständlich ergaben sich beträchtliche Gefahren bei der Manipulation reinen Bleitetraäthyls und von Ethylfluid, so daß empfohlen wurde, eingehende und verbindliche Vorschriften über den Umgang mit diesen Substanzen zu erlassen.

Solche wurden von der Herstellerin des Ethylfluids, der Ethyl Corporation of New Jersey, herausgegeben und der Bezug von Ethylfluid an die Bedingung der Einhaltung dieser Vorschriften geknüpft.

Gestützt auf den genannten Bericht konnte das Bleibenzin im Jahre 1928 im Staate New York und schließlich in allen übrigen Staaten der USA wieder zugelassen werden.

Am 2. April 1928 wurde in England durch das Ministry of Health<sup>1)</sup> ein departementales Komitee mit einer ähnlichen Zielsetzung wie dasjenige in den USA ernannt. Im Schlußbericht kommt dieses Komitee zu ähnlichen Folgerungen wie das amerikanische. Hervorzuheben ist hier vielleicht, daß selbst die Gefahr bei Kontakt von Bleibenzin mit der Haut, in Anbetracht der sehr starken Verdünnung und unter normalen Verhältnissen, als unbedeutend angesehen wird. Daß in anderen Fällen, speziell bei der Reinigung der Motoren usw., Vorsichtsmaßregeln zu beobachten sind, wird als selbstverständlich betrachtet.

Dank den vorgenommenen Fabrikationsverbesserungen und strengen ärztlichen Kontrollmaßnahmen sind in den Vereinigten Staaten seither keine schweren Vergiftungsfälle mehr beobachtet worden. In den dreißiger Jahren wurden von den auf Blei spezialisierten Forschern des Kettering-Institutes in Cincinnati (Robert A. Kehoe, Frederick Thamann, Jacob Cholak, W. F. Machle u.a.) zahlreiche weitere, zum Teil sehr umfangreiche wissenschaftliche, in amerikanischen

---

\*) Heute maximal 4 ml pro US-Gallon = 1,05 ml pro Liter.

<sup>1)</sup> Ministry of Health, London, England. Final Report of the Departmental Committee on Ethyl Petrol, publ. by H. M. Stationery Office 1930.

Fachzeitschriften publizierte Arbeiten ausgeführt. Zusammenfassend hat *Kehoe* dem amerikanischen Gesundheitsamt 1936 wie folgt berichtet:

«Durch zehn Jahre lange Erfahrung und kritische Untersuchung ist das Vorhandensein einer Gefahr, die sich für gewerbliche Tätigkeit oder für das Publikum allgemein aus der Gegenwart von kleinen Mengen Aethylbenzin in Autotreibstoffen ergeben könnte, nicht festgestellt worden.»

Auch in England blieben während vieler Jahre Vergiftungen durch Btä völlig unbekannt, bis dann 1944 in einer während des Krieges neu erstellten Fabrik wiederum eine Reihe von Vergiftungsfällen vorkam (keine mehr seit 1945). Ver einzelte weitere Fälle ereigneten sich in verschiedenen Ländern, gewöhnlich infolge grober Unvorsichtigkeit (Betreten von Lagertanks ohne den vorgeschriebenen Schutz, Verwendung von Btä als Wanzenvertilgungsmittel, Tragen von mit Btä durchnäßten Kleidern, Schuttaufräumungsarbeiten in einem Gelände, in dem sich Btä aus Lagerfässern in die Erde ergossen hatte).

### 3.

In der Schweiz hatte, wohl als dem einzigen Land mit starker Motorisierung, bis zum Jahre 1947 ein Verbot der Benützung von Btä für den Automobilverkehr Geltung; Art. 486 der eidg. Lebensmittelverordnung lautete in der Fassung vom 26. Mai 1936:

«<sup>1</sup> Ausschließlich für Flugzeuge und Motorboote und unter Einhaltung der von den kantonalen Sanitätsbehörden zu treffenden besonderen Sicherungsmaßnahmen ist die Verwendung von sogenanntem äthylisiertem (Bleitetraäethyl enthaltendem) Benzin gestattet. Solches Benzin muß aber ausdrücklich als „äthylisiert“ oder „äthyliert“ bezeichnet und bläulich gefärbt sein.

<sup>2</sup> Benzin, das für einen andern als den in Abs. 1 hievor genannten Zweck bestimmt ist, darf Blei-, Selen- oder Tellurverbindungen nicht enthalten.»

Für Flugbenzin ist die Zugabe von Btä unerlässlich. Bei Kriegsausbruch, im Jahre 1939, sah sich die schweizerische Armeeleitung vor die Notwendigkeit gestellt, das für den militärischen Flugbetrieb benötigte Benzin selbst mit dem aus dem Ausland bezogenen Ethylfluid zu mischen, während in Friedenszeiten das fertig gemischte Bleibenzin, mit einer Warnfarbe versehen, sowohl für die Armee als auch für den zivilen Luftverkehr und den Betrieb von Motorbooten aus dem Ausland bezogen worden war.

Die hohe Giftigkeit des reinen Bleitetraäthyls zwingt, wie schon erwähnt, bei der Herstellung und Mischung zur Beobachtung außerordentlicher Schutzmaßnahmen bei der Arbeiterschaft. Diese Schutzmaßnahmen (besondere geschlossene Mischanlagen, Arbeit unter vollständigem Gummischutz und Gasmaske) wurden von den Amerikanern in vorbildlicher Weise ausgebaut. Als die Armee daran ging, die Zumischung auch in der Schweiz vorzunehmen, sah sich das Oberkriegskommissariat (OKK) veranlaßt, eine in modernster Art eingerichtete Anlage zu errichten. Herr Prof. Dettling (Bern) wurde beauftragt, die Mischequipe der

Armee zu instruieren und sie dauernd gesundheitlich zu überwachen. Bei dieser Equipe wurde nie eine Vergiftung beobachtet. In bezug auf die Anwendung von solchen Schutzmaßnahmen lagen also bereits positive Erfahrungen in der Schweiz vor.

Als nach Abschluß des Zweiten Weltkrieges der Automobilverkehr wieder einen gewaltigen Aufschwung nahm, wurde die Frage der Beschaffung von genügenden Mengen eines technisch befriedigenden Treibstoffes sehr dringlich. Schon in den dreißiger Jahren war die Tendenz zur Erhöhung des Verdichtungsgrades bei Benzinmotoren im Sinne einer Erhöhung der Motorenleistung und damit einer Verminderung des Treibstoffverbrauches deutlich geworden. Gleichzeitig mußte aber die Qualität der Treibstoffe selber, vor allem deren Klopffestigkeit, verbessert werden.

Die Klopffestigkeit eines Treibstoffes wird durch den Vergleich mit Bezugs-treibstoffgemischen, sei es solchen von Isooctan mit Normalheptan oder von verschiedenen hoch aufgebleitem Isooctan charakterisiert. Als Oktanzahl (OZ) wird das Verhältnis von Isooctan zu Normalheptan im Gemisch des Vergleichs-treibstoffes, ausgedrückt in Vol.-%, bezeichnet.

Das Resultat dieser Bestimmung ist aber auch noch von den Prüfbedingungen abhängig. Für Autobenzine ist vor allem die sog. *Research OZ (ROZ)*, manchmal zusätzlich noch die *Motor OZ (MOZ)* maßgebend. Man kann sie aber auch im Automobil selbst, auf der Straße (sog. Straßen-OZ) bestimmen.

Während in den Jahren 1930 bis 1935 weitaus die meisten Motoren in der Schweiz mit Benzin von 60 bis 65 MOZ auskamen, verlangten die 1946/47 importierten amerikanischen Automotoren bereits eine MOZ von 72 bis 74. Dementsprechend stieg die ROZ handelsüblicher (beihaltiger) Benzine bis zum Jahre 1956 auf 82 bis 85 (Superbenzine ROZ 92 bis 93). Heute (1960) beträgt die ROZ von Normalbenzin mindestens 90, jene von Superbenzin meist 98 bis 100. Es war schon im Jahre 1946 kaum mehr möglich, bleifreies Benzin in genügender Menge und befriedigender Qualität zu beschaffen. Vom Sommer 1944 bis Dezember 1945 betrug die MOZ der in der Schweiz verwandten Treibstoffgemische 76 bis 80 (z.B. Benzingemisch Z). Diese hohe Klopffestigkeit war nur erreichbar dank den zur Streckung des Benzins beigemischten sauerstoffhaltigen Ersatz-treibstoffkomponenten, die beim Benzingemisch «Z» 45 Vol.-% erreichten.

Mit dem Uebergang zum Friedensbetrieb und der Aufhebung der Treibstoffrationierung stieg der Benzinverbrauch sehr rasch an, während die Produktion an Ersatztreibstoffkomponenten kaum wirtschaftlich gestaltet werden konnte. Der Beimischungsgrad fiel daher bereits im Sommer 1946 auf 10 Vol.-%. Obwohl nun wieder bessere Basibenzine zur Verfügung standen, gelang es nicht, die MOZ auf mehr als 70 bis 73 zu bringen, was für die Nachkriegsautomobilmodelle keinesfalls mehr genügte. Es ist auch bekannt, dass die Ersatztreibstoffgemische verschiedene andere Mängel aufwiesen. Die damals noch bestehende Sektion für Kraft und Wärme des Kriegs-, Industrie- und Arbeitsamtes (KIAA) sah sich daher veranlaßt, am 23. März 1946 Sachverständige zu einer Besprechung einzuziehen.

laden, um diesen Schwierigkeiten zu steuern und die Frage einer Zulassung von verbleitem Benzin zu prüfen.

An der Besprechung kamen verschiedene Beschlüsse zustande, wobei unter anderem die Durchführung größerer Versuche ins Auge gefaßt wurde. Zur Vorbereitung und Organisation derselben wurde eine Kommission, bestehend aus den Herren:

Dr. E. Imfeld, Präsident, «Petrola», Zürich, im Jahre 1947 durch die «Carbura», Zürich, abgelöst,

Prof. Dr. P. Schläpfer, Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt (EMPA), Zürich,  
Prof. Dr. med. J. Dettling, Gerichtlich-medizinisches Institut, Bern,

Oberst R. Ackermann, Abt. Heeresmotorisierung, Bern,

Oberstbrigadier G. Rutishauser, OKK, Bern,

ernannt. Ein Vertreter des Eidg. Gesundheitsamtes (Abt. Lebensmittelkontrolle) nahm jeweils an den Beratungen teil.

Diese Kommission versuchte anhand der vorhandenen Literatur und unter Fühlungnahme mit ausländischen Persönlichkeiten und Stellen, sich einerseits Rechenschaft über die gesundheitlichen Gefahren zu geben, die sich bei allgemeiner Zulassung der Benzinverbleiung ergeben würden, und anderseits die technisch-volkswirtschaftlichen Auswirkungen zu prüfen, die bei weiterem Verbot des Bleibenzins eintreten müßten.

Prof. Dettling wies darauf hin, daß zwar eine 20jährige Erfahrung aus angelsächsischen Ländern vorliege, gemäß welcher die Benzinverbleiung für den Automobilbenutzer und den Straßenpassanten keine bemerkbare gesundheitliche Gefahr mit sich bringe, daß aber die chronische Auswirkung einer solchen Maßnahme noch nicht als endgültig geklärt gelten könne.

Um möglichst rasch zu einer gewissen Abklärung zu gelangen, wurde zunächst in der Armee versuchsweise Bleibenzin eingesetzt. An einer Versuchsstrecke für Militärfahrzeuge wurden durch das Gerichtlich-medizinische Institut in Bern Erdproben neben der Piste, Staub und Schlammablagerungen in Einstellhallen,

*Tabelle 3 \**  
*Im Mittel: mg Blei/kg Trockensubstanz*

	12. 7. 46	21./22. 11. 46	Erhöhung	in %
Erde, je 4 Proben	66	210	+ 144	218
Hallen, Staub und Schlamm, je 5 Proben	990	1320	+ 330	33
Werkstätten und Büros, je 4 Proben	1280	1390	+ 110	8,5

\*) EMPA-Bericht an Herrn Prof. Dettling vom 6. August 1948.

Staubproben in Werkstätten und Büros und einige weitere Proben kurz vor Beginn der Verbleiung (12.7.46) und 4½ Monate nach derselben (21./22.11.46) erhoben.

Die Werte waren stark schwankend. Ein deutlicher Anstieg im Bleigehalt zeigte sich besonders bei den Erdproben, während im Staub der Einstellhallen, Werkstätten und Büros schon vor Einsatz des Bleibenzins die Bleimengen relativ hoch waren und darum die Erhöhung absolut etwa gleich, relativ jedoch viel weniger in Erscheinung trat. Wenn auch die Bleizunahme, absolut genommen, gering war, wurde eine Weiterführung der Untersuchungen von der Kommission als dringend notwendig betrachtet. Zu Beunruhigung gaben jedoch die gefundenen Werte keinen Anlass.

Am 28. Februar des Jahres 1947 gelangte das Eidg. Volkswirtschaftsdepartement mit dem Ersuchen an das Eidg. Département des Innern, es sollte die Verbleiung des Automobilbenzins auf den Sommer 1947 hin gestattet werden. Das Volkswirtschaftsdepartement stützte sich dabei auf die Anträge der oben erwähnten Kommission und führte folgendes aus:

«Außer dem Hauptantrag, es sei den Importeuren von Benzin für motorische Zwecke zu gestatten, vom 1. Mai 1947 an für eine Versuchszeit von zwei Jahren Aethylbenzin nach den Vorschriften der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt einzuführen und den ganzen Schweizermarkt damit zu beliefern, hat die Kommission noch folgende Anträge gestellt, denen wir unsererseits beipflichten:

Es seien die Herren Prof. Dr. J. Dettling vom Gerichtlich-medizinischen Institut der Universität Bern und Prof. Dr. P. Schläpfer von der Eidg. Materialprüfungsanstalt Zürich zu beauftragen, gemeinsam unter Zuzug geeigneter Leute der Wissenschaft und der Medizin aus dem In- und Ausland während den zwei Jahren Versuchszeit die notwendigen medizinisch-chemischen Untersuchungen über die Auswirkung des Bleibenzins auf die Gesundheit der mit dem Umtrieb von Aethylbenzin beschäftigten Personen, der Automobilisten und des weiteren Publikums überhaupt durchzuführen und über ihre Erfahrungen 6 Monate vor Ablauf der Versuchsdauer Bericht zu erstatten.

Es seien die Herren Professoren Dr. J. Dettling und Dr. P. Schläpfer zu beauftragen, für die Verwendung und über die Handhabung von Aethylbenzin für alle Personen, die damit in Berührung kommen, die notwendigen Vorschriften vorzubereiten, um Unfälle oder andere vermeidbare Nachteile auszuschalten.

Die bisherige Kommission für das Studium der Frage des Aethylbenzins soll ihre Funktionen weiterhin beibehalten, um in enger Fühlungnahme mit der Carbura als Zentralstelle für die Einfuhr flüssiger Kraft- und Brennstoffe, neben der Fédération Routière Suisse (nachstehend FRS genannt), neben den rein medizinisch-chemischen Auswirkungen auch alle übrigen technischen und wirtschaftlichen, versorgungsmäßigen und finanziellen Probleme, die sich während der Versuchszeit ergeben, abzuklären und hierüber Bericht zu erstatten. Durch dieses Vorgehen soll vor allem die enge Zusammenarbeit zwischen der Wissenschaft, der Armee und der Wirtschaft in der Bearbeitung des ganzen Problems erhalten bleiben.»

Das Eidg. Departement des Innern gab diesem Antrag Folge und unterbreitete dem Bundesrat am 2. April 1947 einen entsprechenden Antrag zur Genehmigung. Unter anderem wurde ausgeführt:

«Für eine Versuchsdauer von zwei Jahren soll Aethylbenzin allgemein Verwendung finden dürfen. In der gleichen Zeit muß aber eine eingehende medizinisch-toxikologische Untersuchung abklären, ob auch in unseren etwas andersgearteten Verhältnissen keine Gefährdung der Volksgesundheit entsteht. Zu diesem Zwecke wird in Art. 2 eine Kommission vorgesehen, die sich mit der Bearbeitung der oben genannten Frage zu befassen und vor Ablauf der Versuchszeit Bericht zu erstatten hat.»

#### 4.

Am 11. April 1947 beschloß der Bundesrat, Art. 486 der Verordnung über den Verkehr mit Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen wie folgt abzuändern:

##### *Art. 1*

Art. 486 der eidg. Lebensmittelverordnung vom 26. Mai 1936 über den Verkehr mit Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen wird aufgehoben und durch folgende Bestimmung ersetzt:

##### *Art. 486*

<sup>1</sup> Die Verwendung von Bleitetraäthyl enthaltendem Benzin (Aethylbenzin) ist für motorische Zwecke jeder Art gestattet. Solches Benzin muß ausdrücklich als «Aethyl-Benzin» bezeichnet sein. Flugbenzine von der Oktanzahl 100 und mehr müssen deutlich grünlich, von der Oktanzahl unter 100 deutlich bläulich, Autobenzine deutlich rötlich gefärbt sein.

<sup>2</sup> Der Erlaß besonderer Vorschriften bei der Herstellung und dem Vertrieb solchen Benzins sowie die Rückkehr zum gänzlichen Verbot bei Feststellung gesundheitlicher Schäden bleiben vorbehalten.

<sup>3</sup> Benzin, das für einen andern als den in Abs. 1 hiervor genannten Zweck bestimmt ist, darf Blei-, Selen- oder Tellurverbindungen nicht enthalten.

##### *Art. 2*

Das Departement des Innern wird beauftragt, eine Kommission zu ernennen, welche die Auswirkung der Aethylierung des Benzins auf die Gesundheit der mit dem Benzin beschäftigten Personen und auf die Volksgesundheit allgemein vom medizinisch-chemischen Standpunkt zu verfolgen und die in Art. 486 Abs. 2 vorgesehenen Sicherheitsvorschriften zu bearbeiten hat.

##### *Art. 3*

Dieser Beschuß tritt am 1. Mai 1947, vorläufig für 2 Jahre, d.h. bis 30. April 1949, in Kraft. Die in Artikel 2 erwähnte Kommission hat auf 31. Oktober 1948 Bericht über die Ergebnisse ihrer Untersuchungen zuhanden des Bundesrates zu erstatten.

## II. Toxikologie des Bleibenzins

Die Automobil- und Flugbenzine sind Gemische von Kohlenwasserstoffen, denen zur Erhöhung der Klopffestigkeit kleine Mengen Ethylfluid zugesetzt werden (Autobenzin 0,5 bis 0,8 cm<sup>3</sup> pro Liter, Flugbenzin 1,2 bis 1,8 cm<sup>3</sup> pro Liter). Es entspricht dies einem Gehalt an Bleitetraäthyl von 0,3 bis 0,6 Vol.-% beim Autobenzin, bzw. 0,8 bis 1,2 Vol.-% beim Flugbenzin. Daneben werden je nach Marke noch verschiedene andere Zusätze beigegeben, wie Trikresylphosphat, Monomethylanilin und dergleichen. Die toxischen Eigenschaften dieser Benzine sind eine Kombinationswirkung verschiedener Komponenten.

### 1. Die Eigenschaften der unverbleiten Benzine

Autobenzin besteht heute nur noch zu einem kleinen Teil aus sog. Straightrun-Benzin, wie es durch eine einfache fraktionierte Destillation aus den Rohölen hergestellt wird. Meist lassen sich nur die leichtsiedenden Anteile des Rohöls direkt verwenden, während die höher siedenden chemisch umgewandelt, reformt werden müssen. Bei diesem katalytischen Verfahren treten Isomerisierungs- und Dehydrierungsreaktionen (der 6-Ring-Naphthene zu Aromaten) auf, die ein sehr klopffestes, stark aromatisches Reformat liefern. Ferner werden durch Krackverfahren aus höher siedenden Erdölfaktionen klopffeste Benzinkomponenten hergestellt, die einen hohen Gehalt an ungesättigten Kohlenwasserstoffen aufweisen. Mit Hilfe von Polymerisationsverfahren werden die niedrigen Olefine des Krackgases in klopffeste, ebenfalls ungestättigte Polymerisate des Benzinsiedebereiches verwandelt. Handelsbenzine sind dementsprechend Gemische, deren Zusammensetzung je nach dem in der Raffinerie verwendeten Aufarbeitungsverfahren erheblich wechselt. Die Art des Rohöls spielt heute für die Zusammensetzung nur noch eine untergeordnete Rolle. Für die handelsüblichen Autobenzine des Schweizer Marktes lässt sich zur Zeit etwa folgende Zusammensetzung angeben:

*Tabelle 4*

	Bleibenzin	
	Normal	Super
Gehalt an Olefinen, Vol.-%	2 — 40	2 — 40
Gehalt an Aromaten, Vol.-%	10 — 35	20 — 50
Gehalt an gesättigten Kohlenwasserstoffen (Paraffinen und Naphthenen), Vol.-% (Rest)	45 — 70	35 — 55

Toxikologisch von besonderem Interesse ist der Benzolgehalt. Er beträgt bei den hier in Frage stehenden Qualitäten gewöhnlich einige Prozent. Manchmal wird zur Erhöhung der Klopffestigkeit aber auch noch zusätzlich (Kokerei- oder Gaswerks-) Benzol zugemischt.

Im Gegensatz zu den Autobenzinen weisen die noch klopfesteren Hochleistungs-Flugbenzine einen besonders hohen Gehalt an verzweigten Isoparaffinen und nur einen geringen Olefingehalt auf. Sie bestehen nämlich bis zu  $\frac{2}{3}$  aus so genannten gemischten Isooctanen, wie sie durch Alkylierung von Isobutan mit Butylenen des Krackgases erhalten werden.

Toxikologisch betrachtet gehören alle diese Stoffe zur Gruppe der organischen Lösungsmittel. Diese wirken vor allem auf die Haut und auf das Nervensystem. Bei längerem Kontakt kommt es zu einer Entfettung und Reizung der Haut. Es entstehen diffuse Entzündungen, teils lokale Eiterungen (Benzinfurunkulose), gelegentlich auch Ekzeme. Werden Lösungsmitteldämpfe in höheren Konzentrationen eingeatmet, so führt dies vorerst zu einem rauschartigen Zustand, dann zu Benommenheit und unter Umständen zu völliger Bewußtlosigkeit. Kleine Konzentrationen werden dagegen in vielen Fällen während längerer Zeit, auch bei wiederholter Exposition, beschwerdefrei ertragen. In andern Fällen zeigen sich allerdings schon bei verhältnismäßig geringer Konzentration nach einiger Zeit Symptome von Seiten des Nervensystems, wie Müdigkeit, Kopfweh, gesteigerte nervöse Erregbarkeit, abnormes Schwitzen, Schlafstörungen, Appetitlosigkeit, Abnahme der Konzentrationsfähigkeit, Vergeßlichkeit usw. Die Giftigkeit der einzelnen Komponenten des Benzins ist sehr verschieden. Einzelne Anteile sind harmlos und werden im Orient sogar als Medikamente zur Abtreibung von Würmern verwendet. Andere sind von mäßiger Giftigkeit. Das Benzol dagegen kann zusätzlich zu den beschriebenen Wirkungen selbst in kleinsten Mengen bei länger dauernder Exposition schwere Störungen des Knochenmarks verursachen. Es kann zu Blutarmut kommen, die in einzelnen Fällen zum Tode führt.

## 2. Das Ethylfluid

Die Zusammensetzung des Ethylfluids ist auf Seite 137 angegeben worden. Toxikologisch von Bedeutung ist vor allem das darin enthaltene Bleitetraäthyl (Btä). Obwohl weder das Ethylfluid noch das reine Bleitetraäthyl dem Publikum zugänglich sind, muß kurz auf die pharmakologischen Eigenschaften der verschiedenen Ethylfluidkomponenten eingegangen werden.

### a) Bleitetraäthyl

Reines Btä ist eine ölige Flüssigkeit, die schon bei Zimmertemperatur ziemlich rasch verdunstet. In der Luft über dem Flüssigkeitsspiegel können bei  $25^{\circ}\text{C}$  bis zu 5 mg Blei pro Liter Luft enthalten sein. Btä dringt leicht durch Rohrabdichtungen, Ventile und auch Gummi, so daß die Gefahr des Auslaufens und Verdunstens beträchtlich ist. Während der Lagerung zersetzt es sich langsam (rascher

unter Lichteinfluß). Es bilden sich gegebenenfalls zusammen mit den Bestandteilen des Ethylfluids und des Benzins Tri- und Dialkylbleihydroxyd, Karbonate, Chloride, Bromide, Sulfate usw., die zum Teil in Lösung bleiben, zum Teil sich aber auf den Wandungen des Behälters niederschlagen.

Die Aufnahme des Bleitetraäthyls in den Körper kann durch die Haut, auch wenn sie unverletzt ist, und als Dampf durch die Atemwege erfolgen. Kurz dauernder Kontakt mit der Haut bleibt symptomlos. Bei länger dauernder Berührung (mehr als  $1/2$  Stunde) kommt es zu Gewebezerstörung. Hingegen treten keine Ekzeme auf. Die Zersetzungprodukte durchdringen die Haut kaum. Sie können jedoch, insbesondere auf feuchter Haut, zu Prickeln und Brennen und später allenfalls zu einer Rötung führen. Das Einatmen von Btä-Dampf ruft keine Reizerscheinungen in den Atemwegen hervor. Die Zersetzungprodukte, deren Geruch als muffig, knoblauchartig beschrieben wird, führen dagegen zu einer starken Reizung mit Niesen und Tränenfluß.

Das Btä wird im Körper rasch zu Triäthylblei abgebaut, das in seinen toxischen Eigenschaften nicht so sehr dem Blei als vielmehr den Alkalyzinnverbindungen gleicht. Hauptangriffspunkt ist das Gehirn. Nach einigen Tagen wird jedoch auch dieser Stoff abgebaut, und es entstehen anorganische Bleiverbindungen mit typischer Bleiwirkung. Schließlich wird das Blei im Urin und im Kot ausgeschieden, zum Teil auch in Form schwer löslicher Verbindungen im Knochen deponiert. Das klinische Bild nach Aufnahme größerer Mengen von Btä ist gekennzeichnet durch hartnäckige Schlaflosigkeit, körperliche Ruhelosigkeit, Ubelkeit, Appetitlosigkeit, morgendliches Erbrechen, im späteren Stadium Aufregungszustände, auch Schwindel, Kopfschmerz und Muskelschwäche. Objektiv finden sich Herabsetzung des systolischen Blutdrucks bis auf 80 mm Hg, Abnahme der Pulsfrequenz, Blässe, Erniedrigung der Körpertemperatur bis auf  $36,1^{\circ}$  C, Steigerung der Atemfrequenz und Gewichtsabnahme. Auffallend ist ferner das grobschlägige Zittern der Extremitäten, das sich auf bloße Geräusche hin und beim Versuch, es zu beherrschen, verstärkt, sowie die gesteigerten Reflexe. In schweren Fällen bieten die Kranken ein gewissen Schizophrenieformen ähnliches, mit motorischer Unruhe, Delirien und Halluzinationen einhergehendes Bild. Der Tod erfolgt gewöhnlich unter völliger Erschöpfung.

Die Prognose hängt weitgehend von der Menge des aufgenommenen Btä ab. Leichte Fälle klingen schon nach wenigen Tagen ab; einzig die Blutdruckverminderung kann 1 bis 3 Wochen bestehen bleiben. Schwerere Fälle dauern 6 bis 10 Wochen. Sofern die Vergiftung nicht tödlich endigt, kann innert 10 Wochen mit völliger Wiederherstellung des Patienten gerechnet werden.

Die Autopsie ergibt keine spezifischen Befunde. Man findet in vielen Organen, vor allem aber in Gehirn und Lunge, eine schwere Blutanschoppung mit kleinsten Blutaustreten und Oedem.

Die Diagnose stützt sich neben den genannten Symptomen auf den Nachweis erhöhter Bleimengen im Blut und im Urin. Dagegen fehlen gewöhnlich die typischen Zeichen der chronischen Bleivergiftung, wie Verdauungsstörungen,

Anämie, basophile Tüpfelung der roten Blutkörperchen, Ausscheidung von Koproporphyrin, Bleisaum am Zahnfleisch und Lähmungen. Für die Diagnose ist ferner die Kenntnis der Exposition wichtig.

*b) Aethylendibromid und Aethylendichlorid*

Ethylfluid enthielt früher 25,75 % Aethylendibromid und 8,72 % Aethylendichlorid. Heute beträgt der Gehalt des Ethylfluids für Autobenzin (Motor Compound) 17,9 % Aethylendibromid und 18,8 % Aethylendichlorid, derjenige des Ethylfluids für Flugbenzin (Aviation Compound) 35,7 % Aethylendibromid (kein Aethylendichlorid).

Inhalation von Aethylendibromid kann zu hartnäckigem Erbrechen und Diarrhoe führen. Ueberdies kommt es zu Reizerscheinungen an den Augenbindehäuten, in den Luftwegen und auf der Haut. Aethylendichlorid wirkt ähnlich. Beide Stoffe wirken narkotisch und schädigen bei wiederholter Einatmung Leber und Nieren.

*c) Farbstoffe und Petrol*

Es handelt sich um praktisch harmlose Benzinanteile.

*d) Bleitetramethyl*

In neuester Zeit wird von einzelnen Firmen dem Benzin neben Bleitetraäethyl auch *Bleitetramethyl* beigefügt. Dieser Stoff ist stärker flüchtig als Btä. Es wird angegeben, daß die Giftigkeit ungefähr derjenigen von Btä entspreche. Ausgedehntere Erfahrungen fehlen bisher. In der Schweiz kann dieser Zusatz nur nach Revision von Art. 486 der Lebensmittelverordnung bewilligt werden. Vor seiner Zulassung sind die Erfahrungen, die in den Ursprungsländern damit gemacht werden, sorgfältig zu verfolgen.

### 3. Das Bleibenzin

Nachdem so die toxischen Eigenschaften der einzelnen Komponenten betrachtet worden sind, sei nun das Bleibenzin selber, unter Berücksichtigung der sehr verschiedenen Mengenanteile der Bestandteile, als Ganzes betrachtet.

Der bei weitem giftigste Bestandteil des Bleibenzins, das Bleitetraäethyl, macht im Autobenzin 0,3 bis 0,6 Vol.-%, im Flugbenzin 0,8 bis 1,2 Vol.-% aus. Das Bild der vorstehend beschriebenen akuten Vergiftung durch Btä konnte bis jetzt nur dann beobachtet werden, wenn ein Mensch in ganz besonderer Weise gegenüber *reinem Btä* oder *Ethylfluid* exponiert gewesen war und innerhalb kurzer Zeit verhältnismäßig große Mengen von Btä oder seinen Zersetzungprodukten in sich aufgenommen hatte.

Im schweizerischen Autobenzin liegt das Btä in einer derart großen Verdünnung vor, – 1 : 1666 bis 1 : 3000, durchschnittlich etwa 1 : 2000 –, daß bei den Hantierungen, die mit seiner Verwendung als Motorentreibstoff zusammen-

hängen, bis jetzt noch nie das Auftreten der auf Seite 145 und 146 beschriebenen akuten Vergiftungsscheinungen beobachtet werden konnte. Schon bei tausendfacher Verdünnung konnte, wie die Tierversuche der Amerikaner gezeigt haben, selbst bei wochenlang fortgesetztem intensivem Kontakt mit der Haut keine Bleiaufnahme festgestellt werden. Auch das Einatmen des in geringer Menge aus dem Autobenzin abdunstenden Btä vermochte bislang noch nie das Bild der Btä-Vergiftung hervorzurufen. Es ist zwar bekannt, daß der Garagearbeiter im Verhältnis zu andern Bevölkerungsgruppen einer leicht vermehrten Bleiaufnahme ausgesetzt ist, wofür allerdings nicht nur das Einatmen von Btä-Dampf, sondern ebenso sehr auch die Inhalation von anorganischen Bleistauben aus Auspuffsystemen usw. verantwortlich sein dürfte. Diese Bleiaufnahme führte jedoch bis jetzt bei den in Amerika zum Teil während Jahren kontrollierten Arbeitern noch nie zum Auftreten von Vergiftungssymptomen, was sich praktisch mit unseren eigenen, in der Schweiz gemachten Beobachtungen deckt.

Anlässlich der Einführung des Bleibenzins in den USA und in Großbritannien in den zwanziger Jahren äußerte Professor *Zanger* auf Grund theoretischer Erwägungen schwere Bedenken hinsichtlich der künftigen Auswirkungen dieser Maßnahme. Er wies auf die hohe Giftigkeit des reinen Btä, aber auch auf die großen, mit den Auspuffgasen ausgestoßenen Bleimengen hin und äußerte die Befürchtung, es werde zu weitverbreiteten, wenn auch vielleicht schwer feststellbaren Schädigungen der Volksgesundheit kommen. Die Erfahrungen der vergangenen Jahrzehnte haben ihm nicht recht gegeben. Die befürchteten Schäden sind trotz stark gestiegenem Bleibenzinverbrauch nicht eingetreten. Da und dort haben jedoch Autoren, indem sie den seinerzeit geäußerten Gedankengängen von *Zanger* folgten, auch in neuerer Zeit ihre Befürchtungen zum Ausdruck gebracht. Dr. med. dent. *R. Fatzer*, Zahnarzt in Wädenswil, hat in einer Reihe von Publikationen Krankheitsfälle namhaft gemacht, von denen er vermutet, sie seien durch Bleibenzin bzw. seine Verbrennungsprodukte hervorgerufen worden. Die Fälle entsprechen indessen weder dem Bild der Blei- noch der Bleitetraäthylvergiftung. Die angeführten Symptome sind uncharakteristisch und treten bei verschiedenen Krankheiten häufig auf. Eine sorgfältige Differentialdiagnose ist in keinem Fall erfolgt, und die Begründung, weshalb die Erscheinungen in den beschriebenen Fällen durch das Bleibenzin verursacht worden seien, ist völlig unzureichend. Die Aerzte der Bleibenzin-Kommission (Prof. *Högger*, Prof. *Moeschlin*, Dr. *Stöckly*) sind auf Grund ihrer Erfahrungen einhellig der Meinung, daß ein solcher Zusammenhang in keinem Fall anzunehmen sei. Der Hinweis auf die großen Bleimengen, die von den Motorfahrzeugen ausgestoßen werden, genügt nicht als Beweis, solange nicht dargetan wird, daß dieses Blei auch in den Organismus der Patienten gelangt. Die Untersuchungen der Kommission, über die unten noch berichtet wird, haben gezeigt, daß eine ins Gewicht fallende Bleiaufnahme nicht erfolgt.

Etwas anders liegen die Verhältnisse beim Flugbenzin mit seinem wesentlich höhern Gehalt an Btä. Auch hier sind zwar unter üblichen Arbeitsbedingungen keine Btä-Vergiftungen aufgetreten. Hingegen kamen während des zweiten Weltkrieges bei mißbräuchlicher Anwendung und unter ganz abnormalen Verhältnissen tatsächlich mehrere Vergiftungen vor. So wuschen drei bei einer

Fliegerstaffel diensttuende Helferinnen in einem kleinen Raum Fliegeruniformen in Flugbenzin und bügelten sie anschließend. Bei allen dreien kam es zu einer charakteristischen Btä-Vergiftung, von der sie sich allerdings wieder erholten. In Italien ereigneten sich während des Krieges unter analogen Umständen zwei Todesfälle. Diese Beobachtungen zeigen, daß verbleites Benzin nur als Motortreibstoff, keinesfalls aber für andere Zwecke Verwendung finden darf.

#### 4. Die Verbrennungsprodukte des Rein- und des Bleibenzins

Die Zahl der Personen, die mit unverbranntem Bleibenzin direkt in Berührung kommt, ist verhältnismäßig gering. Hingegen ist ein großer Teil der Bevölkerung täglich in den Straßen den Auspuffgasen der mit Bleibenzin betriebenen Motorfahrzeuge ausgesetzt. Diese Auspuffgase enthalten verschiedene schädliche Bestandteile, wie Kohlenoxyd, Stickoxyde, unverbrannte und halb verbrannte Kohlenwasserstoffe, zudem Spuren von krebserzeugenden Stoffen wie 3,4-Benzypren, ferner verschiedene Bleisalze, vor allem Bleibromid und Spuren von flüchtigen organischen Bleiverbindungen. Mit Ausnahme des bleihaltigen Anteils und der Halogenverbindungen finden sich alle diese Stoffe auch in den Auspuffgasen von Motoren, die mit bleifreiem Benzin betrieben werden.

##### a) Kohlenoxyd

Von den genannten Stoffen führt das Kohlenoxyd, welches bei Verbrennung jeden Benzins entstehen kann, bei weitem am häufigsten zu schweren Vergiftungen, da es vielfach in Mengen vorkommt, die die Toxizitätsgrenzen erreichen oder überschreiten. Das eingeatmete Gas bindet sich an das Hämoglobin des Blutes und blockiert damit den Sauerstofftransport im Blut. Die Vergiftung äußerst sich vorerst in Abgeschlagenheit, Müdigkeit, Kopfschmerz, Schwindel, Erbrechen und Benommenheit; in späteren Stadien kommt es zu Bewußtlosigkeit, und schließlich kann der Tod infolge Atemlähmung eintreten. Da sich das Kohlenoxyd im Blut anreichert, kann auch die Einatmung sehr niedriger Konzentrationen, wenn sie längere Zeit dauert, zu schweren Vergiftungen führen. In geschlossenen Räumen (Garagen, Reparaturwerkstätten usw.) kann die Konzentration so hoch ansteigen, daß es relativ häufig zu schweren Kohlenoxydvergiftungen kommt, die durch die Auspuffgase der Benzinmotoren bedingt sind.

##### b) Stickoxyde

Die Stickoxyde rufen eine starke Reizung der Atemwege und später ein Lungenödem hervor. Im Freien werden kaum jemals Konzentrationen erreicht, die deutliche Schädigungen zur Folge haben. In geschlossenen Räumen wird das Vergiftungsbild durch die Symptome der gleichzeitig auftretenden Kohlenoxydvergiftung gewöhnlich überdeckt. Immerhin ist dieser Frage in Anbetracht der hohen Giftigkeit der Stickoxyde Beachtung zu schenken.

### c) Krebserzeugende (carcinogene) Stoffe

In den letzten Jahren ist eine sehr erhebliche Vermehrung der Erkrankungen an Lungenkrebs zu verzeichnen. Inwieweit dabei der Gehalt der Auspuffgase an carcinogenen Stoffen eine Rolle spielt, ist nicht genügend geklärt. Vermutlich sind dabei aber andere Faktoren, wie Rauchgewohnheiten, Substanzen im Rauch von Kohle- und Oelfeuerungen usw., von größerer Bedeutung. Die Wirkung dieser Stoffe ist auch bei sehr starker Verdünnung immer noch zu fürchten, da die Einzelwirkungen kleinster Dosen sich im Laufe der Jahre summieren können.

### d) Akrolein

Dieser Stoff hat ähnlich wie die Stickoxyde eine schleimhautreizende Wirkung.

### e) Anorganische Bleiverbindungen

Es handelt sich vor allem um Bleihalogenide, -oxyhalogenide und Bleisulfat. Diese Salze rufen, gleichgültig ob sie in Form allerfeinster Partikel eingeatmet oder ob sie verschluckt werden, das klassische Bild der Bleivergiftung hervor. Es wird angenommen, daß die Inhalation von mehr als 0,15 mg Blei pro Tag, bzw. die Resorption im Magendarmkanal von mehr als 1 mg Blei pro Tag auf die Dauer zu Vergiftungen führen könne. Es kommt vorerst zu Appetitverlust, Abmagerung, Müdigkeit und nervöser Gereiztheit, später zu chronischer Verstopfung. Im Blut treten frühzeitig basophil punktierte rote Blutkörperchen auf, und im Urin wird Koprotoporphyrin III ausgeschieden. Mit der Zeit kommt es zu Blutarmut. Der Zahnfleischrand ist häufig durch dunkle Bleieinlagerungen verfärbt. In schweren Fällen stellt sich eine Lähmung bestimmter Muskelgruppen ein. Der Bleigehalt des Blutes ist erhöht, und im Urin und Kot wird vermehrt Blei ausgeschieden. (Da auch die Nahrung Bleispuren enthält, ist immer etwas Blei in den Körperflüssigkeiten nachweisbar.) Bei länger dauernder Bleiaufnahme wird ein merklicher Teil des Bleis in Form unlöslicher Salze in den Knochen abgelagert. Diese Depots sind an sich unschädlich. Werden sie jedoch aus irgendeinem Grunde in größerem Umfang mobilisiert, so kann es ohne weitere Bleiaufnahme zu einem erneuten Anstieg des Bleispiegels im Blut und zu Vergiftungssymptomen kommen. Diese Depots bedeuten deshalb immer eine gewisse Gefahr.

Werden innerhalb kurzer Zeit größere Mengen von Blei aufgenommen, so treten hartnäckige, sehr schmerzhafte Bauchkrämpfe auf. Die Blutveränderungen zeigen sich in diesen Fällen oft erst einige Zeit später, was die Diagnose erschwert.

Die Prognose der Vergiftungen mit anorganischen Bleiverbindungen ist bei rechtzeitiger Feststellung und Eliminierung der Ursache im allgemeinen günstig, obwohl die Heilung oft längere Zeit in Anspruch nimmt. Tödlicher Ausgang ist sehr selten; er ist meist begleitet von den Zeichen einer schweren Hirnschädigung (Bleiencephalose).

## Zusammenfassung

Die sich aus der Kenntnis der Toxikologie des Bleibenzins ergebenden hygienischen Gesichtspunkte lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. *Bleitetraäthyl* ist in konzentrierter Form ein hochgefährlicher Stoff, der sowohl durch die Haut als auch durch Einatmung in den Körper gelangen kann und schon in geringer Menge schwerste Vergiftungen hervorruft. Die Gefahr besteht sowohl bei der Herstellung als auch beim Transport, beim Mischungsvorgang mit Benzin, bei der Reinigung von Tanks, die Btä oder Bleibenzin enthalten haben.
2. Im *Bleibenzin* liegt das Btä aber in einer derart starken Verdünnung vor, daß bei vorschriftsgemäßer Verwendung als Motorentreibstoff Vergiftungen nicht erwartet werden können und erfahrungsgemäß auch nicht eintreten. Die Verwendung für andere als motorische Zwecke ist aber gefährlich. Namenslich zu warnen ist vor seinem Gebrauch als Reinigungsmittel oder Wärmequelle für Kochzwecke, weil bei der Erhitzung größere Mengen von Btä in die Raumluft gelangen und eingeatmet werden oder bleihaltige Niederschläge an Brennern und Pfannenböden in die Speisen gelangen können.
3. Der Garagearbeiter unterliegt im Vergleich zur Durchschnittsbevölkerung einer erhöhten Bleiexposition. Angesichts der nur sehr geringen Mengen an Btä-Dampf ist zwar eine akute Vergiftung nicht zu befürchten. Ebenso scheint die Menge der bei der Arbeit aufgenommenen Btä-Dämpfe und anorganischen Bleistaube zu gering, um eine chronische Bleivergiftung hervorrufen zu können. Bei Mißachtung der erforderlichen Vorsichtsmaßnahmen können sich gewisse Gefahren ergeben. Wie sich angesichts des zunehmenden Motorfahrzeugverkehrs die Verhältnisse in Zukunft entwickeln werden, kann heute nicht mit Bestimmtheit vorausgesehen werden. Die Situation wird periodisch zu überprüfen sein.
4. In bezug auf die mit den Auspuffgasen ins Freie ausgestoßenen anorganischen Bleisalze stellte sich die Frage, ob sie sich mit der Zeit im Staub anreichern, die Atmosphäre verseuchen oder beim Eindringen ins Grundwasser die Reinheit des Trinkwassers gefährden könnten.

Aus solchen Ueberlegungen heraus legte die Kommission das Hauptgewicht ihrer Untersuchungen auf die Beobachtung der Anreicherung von Blei in der Straßenluft, im Straßenstaub und, als Folge davon, im Blut verschieden exponierter Personengruppen, worüber in Teil IV Rechenschaft abgelegt wird (siehe auch «Zielsetzung und Organisation der Arbeit», Teil III).

### III. Zielsetzung und Organisation der Arbeit

Am 2. Juni 1947 ernannte der Vorsteher des Eidg. Departementes des Innern die neue, etwas erweiterte Kommission zum Studium der Verbleiung des Benzins («Bleibenzin-Kommission») in folgender Zusammensetzung:

Präsident: Dr. *E. Imfeld*, Direktor der «Petrola» und Präsident der «Carbura», Schweiz. Zentralstelle für die Einfuhr flüssiger Kraft- und Brennstoffe, Zürich

Mitglieder: *R. Ackermann*, Oberstbrig. i.Gst., Chef der Abt. für Heeresmotorisierung  
*W. Bolliger*, Chef der Gruppe flüssige Brennstoffe des Kriegs-, Industrie- und Arbeitsamtes, Bern  
Prof. Dr. *J. Dettling*, Gerichtlich-medizinisches Institut der Universität Bern  
Prof. Dr. *D. Högger*, Arbeitsarzt des Bundesamtes für Industrie, Gewerbe und Arbeit, Zürich  
Prof. Dr. *O. Högl*, Chef der Lebensmittelkontrolle am Eidg. Gesundheitsamt, Bern  
Dr. iur. *A. Raaflaub*, Generalsekretär des Schweiz. Straßenverkehrsverbandes, Bern  
*G. Rutishauser*, Oberstbrigadier, Oberkriegskommissär, Bern  
Prof. Dr. *P. Schläpfer*, Eidg. Materialprüfungsanstalt, Zürich  
Dr. med. *A. Stöckly*, Gewerbeärztlicher Dienst SUVA, Luzern

Sekretariat: *W. Friedli*, «Carbura», Zürich

Die Arbeiten wurden sofort intensiv aufgenommen und bis zum Jahre 1957 fortgeführt.

In dieser verhältnismäßig langen Zeitspanne traten in der Zusammensetzung der Kommission verschiedene Änderungen ein. Auf Ende Dezember 1948 trat Herr Dr. Imfeld, Zürich, als Präsident der Kommission zurück. An seiner Stelle übernahm im April 1949 Herr Prof. Högl, Chef der Lebensmittelkontrolle am Eidg. Gesundheitsamt in Bern, das Präsidium. Die Verbindung mit der «Carbura» übernahm nach Ausscheiden von Herrn Dr. Imfeld Herr Minister H. Flückiger, Biel. Nach dessen Tode im Jahre 1960 wurden diese Pflichten durch Herrn a. Regierungsrat W. F. Siegenthaler, Bern, übernommen. – Durch weitere Ersatzwahlen wurden zu Mitgliedern der «Bleibenzin-Kommission» ernannt:

Herr Oberstbrig. *M. Juillard*, Bern (1956)  
Herr Prof. Dr. *E. Brandenberger*, Zürich (1960)  
Herr Prof. Dr. *S. Moeschlin*, Solothurn (1960)

Außer einer Reihe von Kommissionsmitgliedern wirkten an den Untersuchungsarbeiten mit:

Herr Dr. *Preis*, EMPA, Zürich  
Herr Dr. *Rosenmund*, Med.-chemisches Institut des Kantonsspitals, Zürich  
Herr Dr. *Sulser*, Eidg. Gesundheitsamt, Bern  
Frl. Dr. *Tardent*, Eidg. Gesundheitsamt, Bern

An den Sitzungen nahmen ferner mehrfach teil:

Herr Dr. *Ruf*, EMPA, Zürich  
Herr Prof. Dr. *Brunner*, EMPA, Zürich  
Herr Dr. *Lauber*, EGA, Bern  
Herr Oberst *Perret*, Bern  
Herr Major *Rudolf*, Bern

Vor Fertigstellung dieses Berichtes verstarb Herr Prof. Dr. J. Dettling (am 1. September 1959).

Die Finanzierung wurde zunächst durch einen Fonds von Fr. 30 000.–, der bei Anlaß der Liquidation der «Petrola», schweiz. Genossenschaft für die Versorgung mit flüssigen Kraft- und Brennstoffen, einer kriegswirtschaftlichen Organisation, ausgeschieden worden war, sichergestellt. Am 13. April 1949 stellte die Bleibenzin-Kommission einen Antrag an die Liquidatoren um Bewilligung einer weiteren Summe in gleicher Höhe, welchem Ansuchen in verdankenswerter Weise neuerdings entsprochen wurde. Am 18. 12. 1951 und am 1. 3. 1956 hat die «Carbura», Schweiz. Zentralstelle für die Einfuhr flüssiger Treib- und Brennstoffe, Zürich, weiteren Beiträgen an die Eidg. Bleibenzin-Kommission im Ausmaß von Fr. 6000.– und Fr. 2000.– zugestimmt. Zusätzlich hat die «Carbura» zu ihren eigenen Lasten die laufende Kontrolle und die Untersuchungen des Benzins gemäß Abschnitt IV/B finanziert. Diese Kosten belaufen sich seit 1953 auf rund Fr. 3500.– pro Jahr.

Die Rechnungsführung der Kommission wurde durch das OKK, 3. Sektion (Magazinwesen, Tankanlagen und Betriebsstoffe), besorgt.

Entsprechend dem vom Bundesrat durch seinen Beschuß vom 11. 4. 47 betr. die vorübergehende Abänderung der Verordnung über den Verkehr mit Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen in Art. 2 erhaltenen Auftrag hatte sich die Kommission mit der Aufstellung von Sicherheitsvorschriften und dem Studium der möglichen Auswirkungen der Verbleiung des Benzins auf die Gesundheit sowohl der mit Bleibenzin hantierenden Personen als auch der ganzen Bevölkerung zu befassen.

## 1. Sicherheitsvorschriften

Wie in den vorhergehenden Kapiteln dargelegt, unterliegt es keinem Zweifel, daß der Umgang mit unverdünntem Ethylfluid nur dann ohne Schädigung der Gesundheit möglich ist, wenn entsprechende weitgehende Sicherungsmaßnahmen beobachtet werden. Da aber weder Btä noch das dieses in hochkonzentrierter Form enthaltende Ethylfluid in der Schweiz hergestellt wurden, bedeutete es eine genügende Sicherung, wenn die Herstellung, Einfuhr und Verwendung von Btä von einer Bewilligung der Bleibenzin-Kommission abhängig gemacht wurden. Der Transport von Ethylfluid oder dessen Zumischung zum Benzin erheischt damals ebenfalls keine besonderen Maßnahmen, weil die Verordnung des Bundesrates in erster Linie nur die Einfuhr von verbleiten, gebrauchsfertigen, d.h.

verdünnten Treibstoffgemischen, nicht aber der hochkonzentrierten bleihaltigen Zusätze vorsah. Erst zu einem späteren Zeitpunkt, als in Rotkreuz eine Erdölraffinerie (IPSA) errichtet wurde und die dort hergestellten Automobiltreibstoffe ebenfalls mit einem Bleizusatz zu versehen waren, handelte es sich erstmals darum, Ethylfluid auch für zivile Bedürfnisse in die Schweiz einzuführen. Hier konnte die Bleibenzin-Kommission nach einer Prüfung der Fabrikationsanlagen die von der englischen Lieferfirma ausgearbeiteten und in jahrelanger Erfahrung erprobten, sehr strengen Sicherheitsmaßnahmen sowohl für den Transport des Ethylfluids als auch seine Zumischung zum Benzin und dessen weitere Handhabung im Betrieb, die Methoden der Tankreinigung, den Umfang und die Art der ärztlichen vorbeugenden Untersuchungen usw. in vollem Umfange übernehmen, d.h. für die Firma IPSA S.A. verbindlich erklären.

Unter diesen Umständen konzentrierte sich die Aufgabe der Bleibenzin-Kommission in erster Linie auf das vom Ausland in gebrauchsfertigem Zustand eingeführte Bleibenzin.

Schon am 1. Juli 1947 konnte das Eidg. Departement des Innern auf Vorschlag der Kommission die

«Allgemeinen Vorschriften»

über den Umgang mit Aethylbenzin (Bleibenzin) erlassen (Anhang 1). Diese Vorschriften wurden in gedruckter Form an alle direkten Bezüger von Autobenzin (Garagisten, Tankstellenhalter usw.) und durch diese an sämtliche Autofahrer unentgeltlich verteilt.

Es folgte die Ausgabe

«Besonderer Vorschriften»

über den Umgang mit Bleibenzin

- Form. A für Garagisten, Tankstellenhalter, deren Arbeiter und Angestellte (Anhang 2a und 2b)
- Form. B für Konsumenten mit eigenen Tankanlagen und Vertriebsstellen, deren Arbeiter und Angestellte (Anhang 3)
- Form. C für Import- und Großhandel (Anhang 4).

Zu allen diesen Texten wurden gekürzte *Merkblätter* herausgegeben, deren Anschlag in Garagen, an Tankstellen usw. zu erfolgen hatte.

Diesen Vorschriften gemäß ist das bleihaltige Benzin sowohl an den Transport- und Lagerbehältern als auch an Tanksäulen usw. stets als «Bleibenzin» deutlich zu bezeichnen (Anhang 5). Es muß deutlich gefärbt sein und darf nicht mehr als  $0,6 \text{ cm}^3$  Btä im Liter enthalten. Die Verwendung von Bleibenzin als Lösungs- und Verdünnungsmittel oder zu Reinigungs-, Heiz-, Koch- und Beleuchtungszwecken blieb verboten. Bleibenzin darf dementsprechend nur an den Treibstoffhandel bzw. an die Verbraucher abgegeben werden; ein Verkauf an andere Handelsgeschäfte, wie Apotheken, Drogerien usw., ist nicht zulässig.

## 2. Kontrolle des Bleigehaltes und der Färbung von Importbenzin

Auf Veranlassung der EMPA verpflichtete sich die «Carbura» stichprobenweise Erhebungen von Importbenzin vorzunehmen und auf den Bleigehalt und die Farbe durch die EMPA untersuchen zu lassen. Die Erhebung führte je nach importierter Tonnage bis zu 235 Proben pro Jahr. Die Ergebnisse wurden laufend dem Eidg. Gesundheitsamt gemeldet. Dieser Meldedienst wird auch heute fortgeführt und gibt bei Feststellung von Uebertretungen Anlaß zur Intervention der Aufsichtsbehörden.

## 3. Studium der möglichen Auswirkungen der Verbleiung

Diese Aufgabe zerfiel von Anfang an in einen medizinischen und in einen chemisch-technischen Teil.

Dem Mediziner stellten sich dabei zwei Aufgaben.

a) Einerseits handelte es sich darum, allfällige im Zusammenhang mit dem Gebrauch von Bleibenzin vorkommende *Erkrankungen* zu erfassen und auf ihre Ursache hin zu überprüfen. Zu diesem Zwecke enthielten die an die Verbraucher gerichteten Vorschriften die Aufforderung, jede Erkrankung infolge Einwirkung von Bleibenzin unter Angabe des behandelnden Arztes unverzüglich an das Sekretariat der Kommission in Zürich zu melden. Dieses leitete die Meldungen an die zuständigen Hygieniker weiter, welche die nähere Abklärung veranlaßten und schließlich zur Frage der Kausalität Stellung nahmen. Praktisch handelte es sich sozusagen ausschließlich um Anzeigen, die von Aerzten und Betrieben zugleich auch an die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (SUVA) erfolgt waren, wo sie in üblicher Weise vom gewerbeärztlichen Dienst (in diesem Falle Herrn Dr. med. A. Stöckly, Gewerbeärzt und zugleich Mitglied der Kommission) bearbeitet, nach den üblichen Gesichtspunkten beurteilt und schließlich auch den weitern ärztlichen Mitgliedern der Kommission, den Herren Prof. Dr. J. Dettling und Prof. Dr. D. Högger zur Kenntnis gebracht wurden. In gemeinsamen Konferenzen erfolgte daraufhin die endgültige Stellungnahme zur Krankheitsursache.

b) Bei der zweiten Aufgabe handelte es sich für den Hygieniker darum, sich über den *Einfluß des Bleibenzins auf bestimmte Menschengruppen*, die zum Teil in einem besonders engen (Garagearbeiter), zum Teil aber auch nur in mittelbarem (Studenten, Arbeiter außerhalb des Auto- oder Transportgewerbes usw.) Kontakt mit Bleibenzin standen, Rechenschaft zu geben. Im Hinblick auf die Feststellungen amerikanischer Forscher, die bei vergleichenden Untersuchungen zwischen den Angehörigen in der Wildnis lebender Indianerstämme und den Arbeitern stärker industrialisierter Bezirke bei den letztern einen deutlich höhern Blutbleispiegel festgestellt hatten, hielt man es auch bei uns für wahrscheinlich, daß infolge des beruflich bedingten Umganges mit Bleibenzin oder wegen der Zunahme bleihaltiger Abgase und Staube in der menschlichen Aufenthaltssphäre

es mit der Zeit zu einer erhöhten Bleiaufnahme in den Organismus und später vielleicht auch zu sichtbaren Auswirkungen im Sinne der in Kapitel II beschriebenen Frühzeichen kommen könnte. Da ein Großteil dieser Veränderungen lange vor dem Eintritt eigentlicher Vergiftungssymptome sichtbar wird, erschienen solche Untersuchungen, die zweckmäßigerweise an größeren Personengruppen durchzuführen und in größeren Abständen zu wiederholen waren, durchaus geeignet, die Gefahr einer drohenden Vergiftung für den einzelnen oder die Allgemeinheit beizutragen zu erkennen zu lassen. Diese zum Studium der Spätwirkungen der Benzinverbleitung durchgeföhrten Untersuchungen erfolgten durch Herrn Prof. Dr. D. Högger, Chef des Eidg. arbeitsärztlichen Dienstes. Die Kommission, die dem Bundesrat am 31. Oktober 1948 einen ersten und am 31. Oktober 1950 einen zweiten Zwischenbericht erstattet hatte, wurde im Hinblick auf die dauernd negativen Resultate mehrfach dazu bewogen, die Beobachtungszeit weiter auszudehnen, wodurch die endgültige Berichterstattung bis heute hinausgeschoben wurde. Dies erlaubte es, die Resultate von einer zweiten Serie von Untersuchungen (1955, 1956 und 1957) den Ergebnissen der früher (1947/48) durchgeföhrten Kontrollen gegenüberzustellen.

Die Verfolgung der Auswirkungen der Einföhrung des Bleibenzins bedingte auch die *Vornahme einer Reihe chemisch-technischer Untersuchungen*, für welche die Herren Prof. Dr. P. Schläpfer und Dr. H. Preis von der Eidg. Materialprüfungsanstalt in Zürich verantwortlich waren. Von Herrn Prof. Geßner wurden zusätzlich Spezialuntersuchungen durchgeföhr. Vor allem handelte es sich darum, den Bleigehalt des Straßenstaubes und der Straßenluft für eine gewisse Zeit zu verfolgen, um zeitig genug die sich aus einer allfälligen bedrohlichen Zunahme ergebende Gefährdung für die Allgemeinheit erkennen zu können. Die hier durchgeföhrten Untersuchungen betrafen:

- a) Bestimmung von Größe und Zusammensetzung der in den Auspuffgasen der Motoren vorkommenden bleihaltigen Substanzen;
- b) analytische Feststellung des Bleigehaltes der Luft und der Staube in Garagen, Werkstätten, Straßen usw.;
- c) vergleichende Luft- und Staubanalysen zwischen Orten verschieden hoher oder fehlender Gefährdung durch Blei.
- d) In einer Arbeit der EMPA wurde die Größe der Retention von Bleistaub aus Autoabgasen in der Lunge an einigen Versuchspersonen bestimmt.

Um sich Rechenschaft über die *gesamte Zufuhr von Blei* zum menschlichen Organismus zu geben, wurden umfangreiche Untersuchungen über den Bleigehalt von Lebensmitteln und von Wasser am Eidg. Gesundheitsamt unter der Leitung von Prof. Dr. O. Högl von Herrn Dr. H. Sulser, Fräulein Dr. J. Tardent und Dr. E. Lauber durchgeföhr. Man beabsichtigte, in dieser Weise das Verhältnis der Bleizufuhr durch die Nahrung zu derjenigen durch die von Motorabgasen verunreinigte Luft zu bestimmen.

## IV. Ergebnisse der Erhebungen und Untersuchungen

### *A. Meldungen über Erkrankungen, bei denen Verdacht auf Schädigung durch Bleibenzin geäußert wurde*

Erhebungen und Untersuchungen an der SUVA (Dr. Stöckly)

Wie bereits erwähnt, wurde die Bevölkerung, insbesondere aber die Angehörigen des Automobilgewerbes aufgefordert, Krankheitsfälle, von denen vermutet wurde, sie würden auf die Wirkung des verbleiten Benzins zurückgehen, der Kommission anzuzeigen. In der Periode von 1947 bis 1954 gingen bei der Schweiz. Unfallversicherungsanstalt 65 derartige Krankmeldungen ein, die zuhanden der Kommission abgeklärt wurden (Dr. Stöckly). Zu Vergleichszwecken wurden ferner 35 Fälle, die mit Flugbenzin in Zusammenhang standen, eingehend untersucht, sowie 7 Fälle, die als Reinbenzinschäden gemeldet worden waren.

Die Meldungen verteilen sich auf die verschiedenen Jahre wie folgt:

*Tabelle 5*

Jahr	Autobenzin	Flugbenzin	Reinbenzin *)	Total
1947	18	4	2	24
1948	8	13	2	23
1949	13	4	1	18
1950	5	2	1	8
1951	10	10	—	20
1952	1	—	—	1
1953	2	2	—	4
1954	8	—	1	9
Total	65	35	7	107

\*) Diese Kolonne enthält nicht alle der SUVA gemeldeten Fälle, sondern nur typische Beispiele von Reinbenzinvergiftung.

Die bei der Einführung des Bleibenzins da und dort in der Presse geäußerten Befürchtungen, vor allem aber die in den Sicherheitsvorschriften enthaltene Auflorderung, verdächtige Erkrankungen, auch wenn sie leichter Natur waren, anzuzeigen, veranlaßten in den ersten Jahren eine größere Anzahl von Meldungen.

Es wurde dabei auch eine Reihe von Fällen angezeigt, in denen der Kontakt sehr gering war (Spritzer usw.). Gleichwohl wurde jedesmal eine genaue Untersuchung vorgenommen und nötigenfalls Experten beigezogen, da es der Kom-

mission darum ging, auch leichte Fälle genau zu erfassen. In den späteren Jahren erfolgte dann eine Beruhigung, und die Anzeigen gingen stark zurück. Heute gehören sie zu den Seltenheiten. Naturgemäß wurde auch eine Reihe von Erkrankungen gemeldet, bei denen die spätere Abklärung ergab, daß kein Zusammenhang mit dem Bleibenzin bestand. Es handelte sich um Krankheitszustände anderer Art, die bei Garagearbeitern, Flugzeugmechanikern usw. auftraten und die vom Patienten irrtümlich dem Bleibenzin zugeschrieben wurden.

In bezug auf das klinische Bild ergab die Abklärung der Fälle folgendes:

### *1. Haut*

Der Verdacht auf eine Hautschädigung wurde in 32 Fällen geäußert (Autobenzin 25, Flugbenzin 7) (Ekzeme und Dermatiden).

Die Abklärung ergab, daß in 7 Fällen das Bleibenzin keine oder höchstens eine ganz untergeordnete Rolle gespielt hat und daß die Erkrankung anderen Ursachen zuzuschreiben war. In den übrigen Fällen ließ der Vergleich mit den häufig zu beobachtenden Hautentzündungen infolge Kontakt mit bleifreiem Benzin darauf schließen, daß nicht das Bleitetraäthyl, sondern die andern Bestandteile des Treibstoffs als Ursache der Erkrankung anzusehen seien. In einem Fall von Ekzem dürften, wie sich aus Hautproben ergab, die halogenierten Kohlenwasserstoffe des Ethylfluids eine maßgebende Rolle gespielt haben.

### *2. Augenbindehäute*

Gemeldet wurden 5 Fälle, bei denen das Benzin mit Gewalt gegen die Augen gespritzt wurde (Autobenzin 4, Flugbenzin 1). In einem Fall kam es anschließend zu einer Infektion und in der Folge zu schweren infektiös bedingten Hornhautschäden. In zwei Fällen mit leichter Bindegautreizung kam es sekundär zu neurotischen Reaktionen, die jedoch nicht auf einer toxischen Organschädigung beruhten. Ein weiterer Fall machte der Interpretation insofern gewisse Schwierigkeiten, als das Bleibenzin mit 4 Teilen Mineralöl gemischt war. Diese Beimischung dürfte beim Verlauf eine gewisse Rolle gespielt haben. Der fünfte Fall verlief ohne Besonderheiten (leichte, rasch abklingende Bindegautreizung). Bindegautschädigungen, wie sie beobachtet wurden, werden in gleicher Weise auch durch bleifreies Benzin hervorgerufen. Es muß angenommen werden, daß der Verlauf der beobachteten Fälle, abgesehen von der Gewalteinwirkung, durch den Benzinanteil und nicht durch das Btä bestimmt worden ist. Es bestehen in keinem Fall Anhaltspunkte dafür, daß letzteres den Krankheitsverlauf ungünstig beeinflußt hätte. Es ist dies verständlich, denn die zur Wirkung kommenden Mengen waren in allen Fällen außerordentlich klein.

### *3. Einmalige Inhalation von Bleibenzin*

Gesundheitsschäden wurden sechzehnmal gemeldet (Autobenzin 8, Flugbenzin 8). In einem Fall wurde in einem engen Raum irrtümlich statt Rohöl Autobenzin vernebelt. Beim betroffenen Arbeiter trat ein prä-narkotischer Zustand

mit Schwindel, Schweißausbruch und Ohrenläuten, aber ohne Bewußtseinsverlust auf, der als Wirkung des Benzinanteils aufzufassen war. Rasche Erholung, Nachkrankheiten traten nicht auf. Keine Erhöhung des Bleispiegels im Blut. In fünf weiteren Fällen, in denen es sich ebenfalls um Autobenzin handelte, ergab die nähere Abklärung andere Ursachen für die Erkrankung. Zweimal handelte es sich um Rückfälle bereits früher bestehender Magengeschwüre, zweimal mußte eine leichte Kohlenoxydvergiftung vermutet werden, einmal war der Kontakt mit Bleibenzin zu geringfügig, um als Krankheitsursache in Frage zu kommen. Zwei verspätet eingegangene Meldungen konnten leider nicht mehr geklärt werden.

Eine Frau, die Bleibenzin zum Waschen von Kleidern benutzt hatte, erkrankte mit uncharakteristischen Erscheinungen. Der erst am dritten Tag zugezogene Arzt konnte keine objektiven Symptome mehr feststellen. Die angegebenen Störungen standen wohl nicht mit dem Bleibenzin in Zusammenhang. Analog verhielt es sich mit dem Fall eines Chauffeurs, der einen Guß Bleibenzin über Rücken und Gesicht erhielt. Er meldete sich erst 4 Wochen nach dem Ereignis beim Arzt und machte vorher auch der Betriebsleitung keine Mitteilung. Da die Beschwerden in keiner Weise für eine Btä-Vergiftung typisch waren, kann ein Zusammenhang nicht angenommen werden.

Aehnliche Zwischenfälle mit Flugbenzin wurden achtmal gemeldet. In zwei Fällen entwickelten sich im Anschluß an die Benzininhalaion narkotische Zustände leichter Art. Die eine Person erholte sich bis zum folgenden Tag vollständig, während bei der andern kurze Zeit später eine Meningo-Encephalitis auftrat. Als Folge einer Btä-Vergiftung ist diese Krankheit sonst nie beobachtet worden. Sie tritt jedoch als Folge von Infektionen hin und wieder auf. Es ist sehr fraglich, ob sie in diesem Fall auf das Bleibenzin zurückgeführt werden darf. Wahrscheinlich ist, daß es sich um ein zufälliges Zusammentreffen eines Infektes mit einer Benzinnarkose handelte. Die Frage, ob die Benzinvergiftung bei der Auslösung der Infektion eine Rolle gespielt hat, läßt sich nicht mit Sicherheit beantworten.

In sechs weiteren Fällen handelte es sich um Arbeiter, die während mehrerer Tage in engen Flugzeugtanks Reparaturarbeiten, zum Teil mit der Schweißflamme, durchzuführen hatten. Letzteres spricht gegen das Vorhandensein von wesentlichen Mengen von Benzindampf. Die Symptome waren uncharakteristisch (Kopfweh, Müdigkeit usw.). Alle Fälle verliefen leicht. Keine Zeichen einer akuten Btä-Vergiftung.

In der gleichen Zeit wurden von der Kommission sechs Vergiftungen infolge Einatmens von Reinbenzin überprüft. In einem Fall handelte es sich um die Inhalation von Dämpfen von Reinbenzin und Toluol. Zweimal ereigneten sich leichte Vergiftungen in der Putzgrube einer Garage, wo die Dämpfe des zur Reinigung verwendeten Benzins zu wenig rasch ins Freie entweichen konnten, einmal wurden Transformatoren mit rasch verdunstendem Leichtbenzin geputzt. Eine weitere Vergiftung erfolgte, als ein Arbeiter zur Reinigung des eigenen Körpers Reinbenzin in einen Kessel mit

warmem Wasser einfüllte und im engen Duschenraum die sich entwickelnden Benzindämpfe einatmete. Schließlich wurde noch eine akute Vergiftung beim Umfüllen von Reinbenzin beobachtet. Das Krankheitsbild war in allen diesen Fällen gleichartig. Niedrige Benzinkonzentrationen verursachten lediglich leichtere Katersymptome. Bei höheren Konzentrationen trat stundenlange Bewußtlosigkeit auf. Diese Zustände unterschieden sich nicht von jenen, die man beim Einatmen entsprechender Mengen bleihaltigen Benzin gelegentlich beobachten kann.

#### *4. Folgen des Verschluckens von Bleibenzin*

Es wurden 5 Fälle gemeldet, wo infolge Unvorsichtigkeit oder infolge eines Unfalles geringe Mengen von Bleibenzin verschluckt wurden. In einem weiteren Fall wurde Reinbenzin verschluckt, wobei gleichzeitig auch etwas Benzin in die Luftröhre geriet, was vor allem eine Bronchialentzündung zur Folge hatte. Das Verschlucken von Bleibenzin war in einem Falle von Unwohlsein, Frösteln, kurzdauernder Bewußtlosigkeit und späteren Kopfschmerzen und Schwindelzuständen gefolgt. Im zweiten Fall trat eine kurzdauernde Verdauungsstörung mit Herzklopfen in Erscheinung. Ein weiterer Patient verspürte ähnliche Symptome, arbeitete aber vorerst 17 Tage weiter, ohne sich zu melden, so daß bei der darauffolgenden ärztlichen Untersuchung kein Befund mehr erhoben werden konnte, der auf Bleibenzin hätte zurückgeführt werden können. Der vierte Patient, der im Abstand von 10 Tagen zweimal etwas Bleibenzin verschluckt hatte, ohne im Augenblick allerdings wesentliche Beschwerden zu verspüren, geriet 10 Tage später infolge eines Zeitungsartikels über die Gefährlichkeit des Bleibenzins in einen akuten Angstzustand, der ihn zum Hausarzt führte. Er wurde in eine Klinik eingewiesen, wo indessen die anfänglich vermutete Nervenentzündung (Polyneuritis) nicht bestätigt werden konnte. Für eine Vergiftung durch Blei fanden sich keine charakteristischen Symptome. Immerhin blieb ein etwas erhöhter Bleigehalt von Blut und Stuhl vorerst ungeklärt. Später erwies es sich, daß der Patient wiederholt Motorenzyylinder vorschriftswidrig trocken gereinigt hatte, wobei sich erfahrungsgemäß etwas Bleistaub entwickeln kann. Eine zeitweise Erhöhung der Bleiaufnahme auf diesem Wege ist denkbar, wenn gleich auch sie den Zustand des Kranken nicht zu erklären vermag. Das psychische Verhalten des Kranken konnte einwandfrei auf eine Angstneurose zurückgeführt werden. Der fünfte Fall betraf eine unspezifische Entzündung der Rachen- und Mundschleimhäute, die vom Patienten erst längere Zeit später auf einen zufällig in den Mund geratenen Benzinspritzen bezogen wurde, was jedoch als unwahrscheinlich betrachtet werden muß.

#### *5. Ueber längere Zeit fortgesetzte, wiederholte Einatmung kleinster Mengen von Autobenzin*

Von besonderer Wichtigkeit waren 23 Meldungen, bei denen sich die Frage stellte, ob der Schaden auf eine wiederholte, über längere Zeit fortgesetzte Einatmung von Autobenzinen zurückzuführen sei. Auf Grund der Untersuchung mußte diese Frage in 19 Fällen verneint werden, während in vier Fällen mög-

licherweise ein Zusammenhang bestanden hat. Insbesondere erschien es in einzelnen Fällen möglich, daß die Benzinkomponente an gewissen Störungen beteiligt sein könnte. Einmal handelte es sich um eine allerdings erst 10 Tage später in Erscheinung getretene Magen-Darmstörung nach Durchführung von Spritzlackierarbeiten, wo neben andern Verdünnersubstanzen auch Bleibenzin verwendet worden war. Ein anderes Mal brachte ein Matrose eines Rheinkahnes eine rasch vorübergehende Verdauungsstörung, die nur eine einzige ärztliche Konsultation benötigte, mit der Einwirkung von Bleibenzindämpfen in Zusammenhang. Einmal wurde eine Mischung von Bleibenzin mit anderen organischen Lösungsmitteln während einer Woche zu Putzzwecken verwendet, wobei der am Putztrog tätige Arbeiter schließlich katerartige Symptome und leichte Verdauungsstörungen aufwies. Schließlich führte ein Mechanikerlehrling in der Werkstatt die üblichen Putzarbeiten mit Reinbenzin aus, während er gelegentlich den Platz vor der Garage mit Bleibenzin aufwusch. Man fand bei ihm eine geringgradige Störung im vegetativen Nervensystem, die sich bald wieder zurückbildete, jedoch nach einigen Monaten später wieder erschien, ohne daß eine neue Berührung mit irgendwelchen Benzinen stattgefunden hätte, so daß hier in erster Linie auf das Bestehen einer anlagemäßigen Ueberempfindlichkeit geschlossen werden muß. Auf einen Fall, in dem auf Grund sorgfältiger Abklärung ein Zusammenhang zwischen Erkrankung und Bleibenzinkontakt schließlich verneint werden mußte, sei hier noch besonders hingewiesen. Er hat etwas von sich reden gemacht, weil er seinerzeit vom begutachtenden Arzt als Beispiel einer Bleitetraäthylvergiftung publiziert wurde. Es handelt sich jedoch nach übereinstimmender Ansicht der Aerzte der Kommission um eine Fehldiagnose. Der Patient hatte keinen nennenswerten Kontakt mit Bleibenzin (lediglich wiederholte, geringfügige Beschmutzung der Hände mit Bleibenzin ohne Hauterscheinungen). Er litt an einer schweren eitrigen Entzündung des Zahnfleisches und der Mundschleimhäute, wie er sie bereits einige Jahre früher schon einmal durchgemacht hatte. Dieses Symptom ist bei Btä- oder Bleivergiftung bisher nie beobachtet worden. Charakteristische Symptome einer Benzin-, einer Blei- oder einer Btä-Vergiftung lagen dagegen nicht vor. Die Krankheit kann deshalb nicht auf den Kontakt mit Bleibenzin zurückgeführt werden. Auf einen zweiten, irrtümlich als Bleibenzinvergiftung veröffentlichten Krankheitsfall wird unten noch näher eingegangen werden (S. 162).

#### *6. Wiederholte Einatmung kleinster Mengen von Flugbenzin, allenfalls anorganischem Bleistaub aus Flugmotoren*

Es wurden 19 derartige Fälle gemeldet; bei sieben wurde ein Zusammenhang mit der Einwirkung des Bleibenzins oder seiner Verbrennungsprodukte angenommen. Es ist zu beachten, daß das Flugbenzin wesentlich mehr Blei enthält als das Autobenzin. Die Flugzeugmechaniker kommen überdies beim Reinigen der Motoren und der Flugzeuggrümpfe mit anorganischen Bleiverbindungen, die von der Verbrennung des Btä herrühren, in Berührung. Tatsächlich konnte bei

fünf der sieben anerkannten Fälle ein deutlich über die Norm erhöhter Bleispiegel im Blut festgestellt werden. Klinisch verliefen die Erkrankungen allerdings nicht typisch und keineswegs einheitlich. Wir finden einen Fall von vegetativer Dystonie, eine fieberhafte Magendarmschleimhautentzündung nach einer Ferienwoche, vegetative Störungen (wahrscheinlich Benzinvergiftung) bei gleichzeitig bestehendem eosinophilem Lungeninfiltrat, polyneuritische Erscheinungen bei Fokalinfektion sowie ein Menière'sches Syndrom. Die typischen Symptome der Blei- oder der Btä-Vergiftung fehlten in allen Fällen.

Eine Uebersicht über die gemeldeten Erkrankungen ergibt folgendes:

*Tabelle 6*

<i>Autobenzin</i>		
Zahl der Meldungen		65
Durch Autobenzin verursachte Erkrankungen		35
Andere Erkrankungen		30
<i>Flugbenzin</i>		
Zahl der Meldungen		35
Durch Flugbenzin verursachte Erkrankungen		14
Erkrankungen anderer Art		21

Bei den offensichtlich durch das Bleibenzin verursachten Erkrankungen konnten in keinem Fall die typischen Zeichen der Btä- oder der Bleivergiftung, wie sie im vorhergehenden Kapitel beschrieben worden sind, nachgewiesen werden. Vielmehr handelte es sich durchwegs um Symptome, wie sie auch bei Einwirkung entsprechender Mengen von Reinbenzin auftreten. Auffallend ist immerhin, daß bei 5 Angehörigen des Autogewerbes und bei 5 Flugplatzangestellten, die sich krank meldeten, erhöhte Bleiwerte im Blut gefunden wurden. Wo dieses Blei herrührt, konnte nicht mit Sicherheit abgeklärt werden. Es ist, wie bereits erwähnt, möglich, daß bei Revisionsarbeiten an Motoren, insbesondere beim trockenen Abbürsten von Bestandteilen, Bleistaub in die Luft gerät und eingeatmet wird. Auch eine während Wochen andauernde tägliche Inhalation von Bleibenzin in erheblichen Mengen könnte eine Rolle spielen. Unter normalen Arbeitsbedingungen tätige Garagearbeiter weisen allerdings keine abnorm erhöhten Bleiwerte im Blut auf (siehe S. 185 und 186).

Bei diesen Beobachtungen kann es sich aber auch um Befunde handeln, die mit der beruflichen Arbeit keinen Zusammenhang haben. Ein derartiger Fall konnte erst kürzlich geklärt werden. Ein Jeepfahrer, der nur geringfügig mit Bleibenzin in Berührung kam, erkrankte 1954 an einer schweren Bleivergiftung. Da trotz eifrigem Nachforschens keine Ursache für die erhebliche Bleiaufnahme gefunden werden konnte, schrieb der Gutachter die Erkrankung dem Umgang

mit Bleibenzin zu. Erst nach Jahren konnte festgestellt werden, daß der Erkrankte im betreffenden Zeitpunkt eine Operation durchgemacht hatte, bei der ein stark bleihaltiges Prothesenmaterial implantiert worden war. Aus diesem war anschließend im Laufe vieler Monate das Blei resorbiert worden und hatte zu schweren Vergiftungserscheinungen geführt. Der Fall ist als Beispiel einer Bleibenzinvergiftung wiederholt in der Literatur beschrieben worden. Es steht aber heute fest, daß es sich um eine Bleivergiftung anderer Genese handelte.

Angesichts der großen Zahl von Personen, die mit Bleibenzin in Berührung kommen, muß die Zahl der Schadensmeldungen als sehr klein bezeichnet werden. Schwere Fälle sind nicht beobachtet worden, obwohl vereinzelt äußerst unvorsichtig mit dem Autobenzin umgegangen worden ist (Verwendung als Waschmittel, Vernebelung, als Reinigungsmittel usw.). Die Kohlenwasserstoffschädigungen stehen in allen Fällen völlig im Vordergrund.

## *B. Ergebnisse der Untersuchungen technischer Art*

Untersuchungen der Eidg. Materialprüfungsanstalt Zürich  
(Prof. Schläpfer, Prof. Geßner, Dr. Preis)

EMPA-Untersuchungsberichte Nr. 18885, 18885/1, 18885/2 vom 15.3.1950,  
26.9.51 und 31.10.51, Nachtrag vom 19.7.55

### 1. Vorbereitende Arbeiten

Bei den folgenden Untersuchungen handelte es sich größtenteils darum, sehr geringe Bleimengen als Dampf oder Flugstaub in großen Quantitäten anderer Stoffe (Luft, Straßenstaub usw.) quantitativ zu bestimmen. Es mußten daher Anreicherungs- und Trennungsmethoden gefunden und dem speziellen Zwecke angepaßt und die damit gewonnenen Resultate auf Richtigkeit überprüft werden. Die angewandte analytische Bestimmungsmethode (Dithizon-Kolorimetrie) gestattete es, Bleimengen in der Größenordnung bis zu 0,1 γ hinunter noch mit genügender Genauigkeit zu erfassen und zu bestimmen. Bezüglich Details sei auf den Anhang 6 verwiesen.

Da für zahlreiche Untersuchungen die Trennung von Blei als Tetraäthyl in Dampfform und in Form feinsten Flugstaubes notwendig war, erschien die Kenntnis von Gestalt und Größe der Bleiverbindungen in der Luft wichtig. Hierüber wurden eingehende Untersuchungen angestellt, worüber zunächst berichtet werden soll.

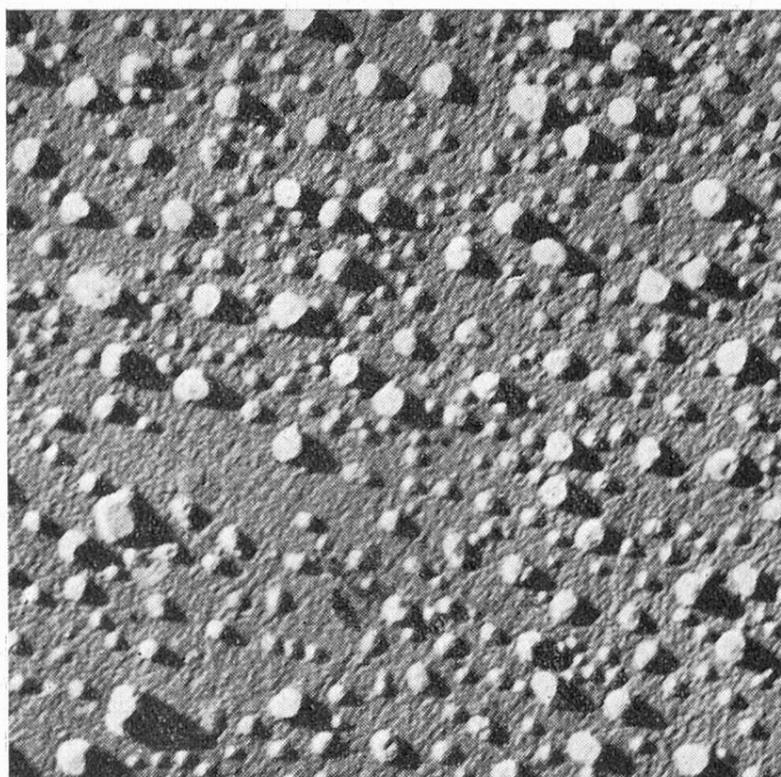
#### *a) Gestalt und Größe der aus Bleiverbindungen bestehenden Staubteilchen der Motorabgase*

(Arbeiten der Abt. «Industriestaube und Abgase» der EMPA, Prof. Dr. H. Geßner)

Beim Verdampfen von Bleibenzin verflüchtigt sich auch das Btä. Hierbei gelangt es in molekularer Verteilung in die Luft. Es ist in diesem Zustande nicht lange existenzfähig, da es insbesondere unter Lichteinwirkung leicht oxy-

dativ abgebaut wird. Dementsprechend dürften die Btä-Teilchen in der Luft, speziell unter dem Einfluß von Tageslicht, über verschiedene Zwischenstufen rasch in Bleioxyd umgewandelt werden, wobei letzteres einen ähnlich hohen Dispersionsgrad aufweisen muß wie die primär vorhandenen Btä-Teilchen. Wie bereits in Teil I erwähnt, wird dem Treibstoff Btä stets zusammen mit Alkylhalogeniden beigemischt, womit das sonst im Verbrennungsraum zur Abscheidung neigende Bleioxyd in leichter flüchtige Verbindungen verwandelt und damit aus dem Zylinder ausgestoßen wird.

Zur Bestimmung von Gestalt und Größe der Teilchen aus Bleiverbindungen in den Auspuffgasen wurden die auf geeigneten Objektträgern aufgefangenen Partikel von mit gebleitem und ungebleitem Benzin betriebenen Automotoren vergleichend elektronenmikroskopisch untersucht. Die in den vom Bleibenzin herrührenden Auspuffschwaden vorhandenen, in den bleifreien Abgasen nicht auftretenden Partikel (Abb. 1) lagen vorwiegend als Einzelteilchen und nur selten als Agglomerate vor.



1  $\mu$   
Abbildung 1

Ihre Abmessungen bewegten sich zwischen etwa 100  $\text{m}\mu$  und der bei etwa 2  $\text{m}\mu$  befindlichen «Sichtbarkeitsgrenze» des Elektronenmikroskopes. Die größeren Teilchen waren deutlich polyedrisch, die kleineren scheinbar kugelig, was

aber bei der mit abnehmender Teilchengröße bei etwa  $5 \text{ m}\mu$  erreichten Grenze des Auflösungsvermögens des Elektronenmikroskopes nicht mehr sicher erkannt werden konnte. Wahrscheinlich ist, daß auch die kleineren Partikeln von ähnlich polyedrischer Gestalt waren wie die größeren. Auf jeden Fall zeichneten sich alle als Bleiverbindungen anzusprechenden Teilchen durch ähnliche Abmessungen in allen drei Raumkoordinaten aus und unterschieden sich damit deutlich von Rußpartikeln, die in Form meist sehr viel größerer Fragmente scheibchenförmiger, sechseckiger Plättchen gelegentlich im Elektronenmikroskop erschienen.

Daß die elektronenmikroskopisch beobachteten Teilchen wirklich Bleiverbindungen waren, folgte nicht nur aus ihrer Gegenwart im Auspuffschwaden des Bleibenzins, bzw. ihrem Fehlen im bleifreien Auspuffgas, sondern direkt auch aus den an ihnen erhaltenen Elektronenbeugungsdiagrammen. Die letzteren zeigten die Interferenzlinien der Bleihalogenide und des Bleisulfates.

Besonders bedeutsam erscheint die Teilchengröße der Bleiverbindungen. Statistische Auszählungen der Elektronenmikroskopobjekte unter Auftragen der Größenklassen der Teilchen gegen ihre Zahl ergaben Glockenkurven mit flachem Abfall gegen große Teilchenabmessungen und steilem Abfall gegen kleine Dimensionen hin, wobei die Teilchenzahlen sich erst mit Teilchengrößen im Gebiet abnehmender Leistungsfähigkeit des Elektronenmikroskopes wieder verringerten. Aus dieser Kurvenform folgt mit großer Wahrscheinlichkeit, daß die häufigsten Korngrößen der Bleistaubpartikel tatsächlich im elektronenoptisch nicht mehr erfaßten Bereich und damit in der Größenordnung von  $1 \text{ m}\mu$  lagen. Vergegenwärtigt man sich, daß die Gitterkonstanten der in Frage kommenden festen Bleiverbindungen zwischen etwa  $0,45$  und  $0,95 \text{ m}\mu$  betragen, so läßt sich schließen, daß die Hauptmengen dieser Verbindungen aus Teilchen bestehen, welche nur aus wenigen Elementarzellen aufgebaut sein können. Dieses Ergebnis ist nicht überraschend, da ja die betreffenden Partikel im Verbrennungsraum des Motors in homogener Gasreaktion aus molekular dispergierten Bleiverbindungen entstanden waren und beim Auspuffen außerordentlich rasch aus der Gasphase unter die Erstarrungstemperaturen abgeschreckt wurden, ihnen daher nur sehr beschränkte Zeiten zu ungestörtem Kristallwachstum verblieben.

Nimmt man die mittlere Dichte der betreffenden Bleiverbindungen zu  $6 \text{ g pro cm}^3$  an, so errechnen sich die zum Durchfallen einer Strecke von  $1 \text{ cm}$  in vollkommen ruhiger Luft benötigten Zeiten für Teilchen mit  $100 \text{ m}\mu$  Korndurchmesser zu etwa 80 Minuten, für Teilchen mit  $5 \text{ m}\mu$  auf rund 10 Tage. Diese Sedimentationsneigung verschwindet praktisch vollkommen im Vergleich zu den um viele Größenordnungen höheren Luftgeschwindigkeiten, verursacht durch Fahrzeuge, Wind und Thermik. Die Bleiverbindungen der im Auspuffgas beobachteten Teilchengrößen sind demnach zur Bildung außerordentlich feinteiliger Aerosole befähigt. Ihr überwiegender Anteil wird sich nach dem Ausstoßen in die Luft praktisch wie ein Gas verhalten.

b) *Chemische Zusammensetzung des Flugstaubes  
und der Ablagerungen im Innern des Motors*

Zur Gewinnung größerer Flugstaubmengen wurden gemessene Volumina von Motorabgasen direkt aus dem Auspuff durch lösliche Filter gesaugt. Nach Auflösen der Filter in einem organischen Lösungsmittel wurden die Filterrückstände in der Zentrifuge abgeschieden. Sie wurden chemisch, röntgenographisch und spektralanalytisch untersucht. Gleichzeitig wurden auch Flugstaubproben auf Elektronenmikroskop-Objektträgern aufgefangen und davon die mittlere Teilchengröße und die Zusammensetzung auf Grund der Elektronenbeugung bestimmt. Folgendes sind die Ergebnisse:

*Tabelle 7*

	Versuch Nr. 1	Versuch Nr. 2	Versuch Nr. 3
Flugstaubmenge pro m <sup>3</sup>	1,25 mg	1,36 mg	1,46 mg
Bleimenge pro m <sup>3</sup>	0,29 mg	0,29 mg	0,31 mg
Chemische Analyse des Flugstaubes:			
Blei	23,2 %	21,3 %	21,2 %
Halogen als Br	9,3 %	3,4 %	4,5 %
Sulfat	nicht best.	9,8 %	7,8 %
Orientierende Spektralanalyse des Flugstaubes: große Mengen		Ca, Pb, Cu, Zn, Mg, Fe	Pb, Ca, Mg, Cu, Fe, Si, Al
Röntgeninterferenzen	PbSO <sub>4</sub>	PbSO <sub>4</sub>	
Elektronenbeugung	PbSO <sub>4</sub> PbBr <sub>2</sub>		
Teilchengröße röntgenographisch ermittelt	10—100 m $\mu$	10—100 m $\mu$	um 100 m $\mu$
Mittlere Teilchengröße, elektronenmikroskopisch ermittelt	35	35	

Ergänzungsweise wurden Ablagerungen aus dem Innern von mit Bleibenzin betriebenen Motoren untersucht. Sie wiesen Bleigehalte zwischen 40 und 70 % auf. Eine typische Zusammensetzung ist die folgende vom Belag auf den Kolben und im Zylinderkopf eines Studebaker-Motors nach 28 000 km Fahrt mit Bleibenzin:

*Tabelle 8*

Bleisulfat	PbSO <sub>4</sub>	29,6 %
Bleichlorid	PbCl <sub>2</sub>	24,9 %
Bleibromid	PbBr <sub>2</sub>	14,2 %
Bleioxyd	PbO	3,5 %
Ruß, Oelkoks usw. (Rest zu 100 %)		27,8 %

Prinzipiell erscheinen die bleihaltigen Flugstäube nicht wesentlich anders zusammengesetzt als die Ablagerungen im Motor.

Vergleichsweise ergaben die Versuche der Tabelle 7 etwa 20mal geringere Bleimengen pro m<sup>3</sup> Motorabgas als die in der Tabelle 9 aufgeführten. Fraglos röhrt dies davon her, daß durch die löslichen Filter mit verhältnismäßig grober Textur die Bleistäube nur unvollkommen zurückgehalten wurden, während durch Einsaugen der Abgase in einen geschlossenen Behälter und Sedimentation des Flugstaubes zusammen mit dem sich kondensierenden Wasserdampf praktisch alles Blei erfaßt werden dürfte. Die auf den löslichen Filtern zurückgehaltenen Stäube stimmen ihrer Korngröße nach im wesentlichen überein mit den elektronenoptisch «sichtbaren» Anteilen des Flugstaubes, wie sich aus dem Vergleich mit der röntgenographisch bestimmten Teilchengröße ergibt.

### c) Der Bleigehalt in den Motorabgasen

Über dieses Thema wurden von den Research Laboratories der Ethyl Corporation, Detroit, USA, breit angelegte Versuche mit Fahrzeugen verschiedener Bauart und Fahrstrecken bis gegen 50 000 km durchgeführt<sup>1)</sup>. Da aus diesen Arbeiten alle wünschenswerten Ergebnisse zu entnehmen waren, konnten die betreffenden Versuche der EMPA auf eine knappe Orientierung beschränkt bleiben. Die Schlüsse aus den amerikanischen Arbeiten sind folgende:

Der momentane Bleiausstoß aus dem Auspuff als Anteil der gleichzeitig im Benzin zugeführten Bleimenge war stark abhängig von der Fahrweise und unterlag bedeutenden Schwankungen, wie dies die Tabelle 9 zeigt.

*Tabelle 9  
Augestraßenes Blei in % zu zugeführtem Blei*

	Wagen A	Wagen B
Stadtfahren nach längerem Fahren außerhalb Stadtfahren	20 — 24 50 — 60	20 — 25 30 — 40
Vollgasbeschleunigung auf 100 km	1233 — 873	1990
Dauergeschwindigkeit 100 km	464 — 109	249 — 67

Bei Fahrgeschwindigkeiten bis etwa 70 km/h (Stadtverkehr, häufiges Anhalten, ohne Vollgasbeschleunigung) blieb ein verhältnismäßig hoher Anteil der Bleiverbindungen im Motor und Auspuffsystem. Bei Vollgasbeschleunigung und hohen Dauergeschwindigkeiten wurde das Auspuffsystem durch den starken Gasstrom weitgehend ausgespült, wobei vermutlich auch die Fahrerschüttungen mitwirkten. Im Anschluß daran wiesen Motor und Auspuffsystem wieder ein erhöhtes Aufnahmevermögen für Bleiverbindungen bei ruhigerer Fahrt auf. Bei Dauerbetrieb (3000 bis 50 000 km) ergab sich im Mittel ein Rückbehalt von 20

<sup>1)</sup> D. A. Hirschler und Mitarbeiter, Industr. Eng. Chem. 49, 1131 (1957).

bis 30 % im Wagen, während 70 bis 80 % durch den Auspuff ausgestoßen wurden. Zwischen den in der Tabelle angeführten beiden Testwagen zeigten sich beträchtliche Unterschiede. Eine weitere Arbeit neueren Datums zu diesem Thema stammt von *L. Jecklin*<sup>1)</sup>. Die Messungen am fahrenden Auto bei unterschiedlicher Fahrweise ergaben danach mittlere Ausstoßraten von 52 bis 70 % des zugeführten Bleis. Unter Berücksichtigung der Fahrweise lassen sich diese Zahlen ebenfalls gut in die Ergebnisse der amerikanischen Untersuchung eingliedern.

Die orientierenden Versuche der EMPA wurden an einem stationären, hinsichtlich Drehzahl, Last, Benzin- und Luftverbrauch mit bekannten Bedingungen sowie mit Treibstoff bekannten Btä-Gehaltes betriebenen Motor durchgeführt. Hierbei entsprach die Betriebsweise etwa derjenigen des Stadtfahrens, und Motor und Auspuffsystem wiesen im Innern verhältnismäßig wenig vorgängig deponierte bleihaltige Ablagerungen auf. Die bei diesen Versuchen im Auspuffgas bestimmten Bleimengen lagen zwischen 10 und 24 % der mit dem Benzin zugeführten Beträge, im Mittel bei 17 %. Die Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der amerikanischen Arbeit erscheint hinlänglich gut.

Der genannten amerikanischen Publikation ist ferner zu entnehmen, daß bei hoher Geschwindigkeit nicht nur feine Teilchen, sondern auch grobe Stücke der Bleiverbindungen, bis zu 5 mm Durchmesser, ausgestoßen werden. Damit kann folgender Schluß gezogen werden:

Im Stadtverkehr werden 20 bis maximal 60 % der Bleiverbindungen ausgestoßen. Dies geschieht wohl großenteils in Partikelgrößen von weniger als 125 m $\mu$  Durchmesser, wie dies von der EMPA beobachtet wurde. Die Sedimentationsgeschwindigkeiten liegen in diesem Falle unter  $5 \cdot 10^{-4}$  cm · sec $^{-1}$ , d. h. praktisch sedimentieren die einmal in die Atmosphäre gelangten Flugstäube dieser Art in normal bewegter Luft überhaupt nicht. Die Hauptmenge des Bleistaubes wird daher im *Stadtverkehr* vom Orte des Ausstoßes weggetragen und wie ein Gas in der Atmosphäre verteilt.

Bei Ueberlandfahrt mit großer Geschwindigkeit werden demgegenüber größere Mengen größerer Partikeln ausgestoßen, die je nach Größe rasch oder langsamer sedimentieren. Im Stadtverkehr dürfte dies ein verhältnismäßig geringer Anteil sein, der jedoch genügt, um den Straßenstaub an Blei anzureichern, wie dies weiter gezeigt werden soll (S. 174).

#### *d) Verhalten der Bleiverbindungen im Freien (Verwitterung, Löslichkeit)*

Es erschien von Interesse zu wissen, auf welche Art der Bleigehalt in bleihaltigem Staub durch Verwitterung beeinflußt würde. Diese Einflüsse mußten für eine allfällige Anreicherung bzw. für die Beseitigung der Bleiverbindungen von Autostraßen entscheidend sein.

<sup>2)</sup> «Untersuchungen über den Bleigehalt der Auspuffgäse beim Benzinmotor», Arch. Gewerbepath. Gewerbehyg. **14** (1956) S. 626/630 und Schweiz. med. Wschr. **85** (1955) S. 685/686.

### i. Löslichkeit von Blei aus bleihaltigem Staub

Sedimentierter Straßenstaub mit 1,18 % Bleigehalt wurde in der hundertfachen Menge bleifreien Wassers von ca. 20° C aufgeschlämmt und durch intensives Rühren ständig in Bewegung gehalten. Nach bestimmten Zeitabständen wurden die Bleigehalte in der überstehenden Lösung bestimmt.

Folgendes sind die Ergebnisse:

*Tabelle 10*

Aufschlämmdauer	Bleikonzentration in der Lösung
1 Tag	140 γ/l
2 Tage	100 γ/l
3 Tage	20 γ/l
8 Tage	10 γ/l

Zunächst erscheint die Abnahme der gelösten Bleimenge mit steigender Aufschlämmdauer überraschend. Mindestens teilweise findet sich die Erklärung hierfür darin, daß bei den Versuchen nach einem und zwei Tagen Aufschlämmdauer die überstehende Lösung kolloidale Anteile enthielt, während in den restlichen Versuchen dies praktisch nicht mehr der Fall war. Es ist anzunehmen, daß die kolloiden Schwebestoffe Blei in relativ fester Bindung enthielten und es bei ihrer mit der Zeit erfolgenden Koagulation mit in den Bodenkörper nahmen. Vergegenwärtigt man sich ferner die Löslichkeitsgrenzen der in Frage kommenden Bleiverbindungen, die in der Gegend von 10 bis 100 mg/l liegen, so fällt auf, daß trotz zur Erreichung dieser Grenze genügend großer Bleimengen die im System nach achttägigem Eluieren effektiv gelöste Bleimenge 1000mal hinter der Löslichkeitsgrenze zurückbleibt. Dies kann nur so gedeutet werden, daß die Bleiverbindungen auf den Trägerstoffen des Staubes in außerordentlich fester Bindung haften. Bestätigt wurde dieser Befund durch Extraktion einer Staubprobe mit bleifreiem Wasser im Soxlethapparat, wo nach 48stündiger Einwirkung des Wassers bei an sich genügend großer vorgelegter Bleimenge ebenfalls nur knapp  $1/1000$  der Löslichkeitsgrenze im Extrakt erreicht wurde (23 γ/l).

### ii. Natürliche Verwitterung von bleihaltigem Staub

Sedimentierter Straßenstaub wurde in einer flachen Glasschale drei Monate lang der Witterung ausgesetzt. Die Schale trug einen heberartigen Ablauf, so daß sie sich bei Regen von Zeit zu Zeit selbsttätig entleerte, ohne indessen den am Boden befindlichen Staub merklich mitzuführen. Die in dieser Zeit durch das Probegefäß geflossene Regenmenge übertraf die zur Auflösung des gesamten vorhandenen Bleis erforderliche Wassermenge um ein Vielfaches. Trotzdem war nach 3 Monaten der Bleigehalt der Probe nur von 0,95 % auf 0,86 % gesunken.

Als Ursache für diese auffallende Löslichkeitsverminderung der aus den Auspuffgasen stammenden Bleiverbindungen im sedimentierten Straßenstaub erscheint einerseits ihre feste Bindung an die Trägerpartikeln des Staubes verantwortlich. Anderseits zeigt sich darin vielleicht auch der Einfluß einer Benetzung mit Oel. Auf jeden Fall entzieht sich das anorganisch gebundene Blei des Bodenstaubes weitgehend einer Verwitterung in dem Sinne, daß es sich im Regen und Schwemmwasser in molekulardisperser Form auflösen würde. Sein Wegtransport in dem Ausmaß, wie er aus den im nächsten Abschnitt dargestellten Versuchen hervorgeht, scheint zur Hauptsache eine mechanische Entfernung zu sein. Da hierbei der Bodenstaub letztendlich in die Gewässer gelangt, ist die abnorme Schwerlöslichkeit der Bleiverbindungen, wie sie aus den vorstehend geschilderten Versuchen folgt, von großer Bedeutung. Das Blei setzt sich praktisch quantitativ zusammen mit den übrigen Staubanteilen ab und geht in relativ kurzer Zeit in den Grundschlamm über, wo die Möglichkeit eines nachträglichen Herauslösens und damit eine Verschmutzung der Gewässer weiterhin vermindert erscheint.

## 2. Der Bleigehalt in Luft und im Sedimentstaub

### a) Bleigehalte der Luft

Die zur Bestimmung ihrer Bleigehalte entnommenen Luftproben wurden jeweils in Kopfhöhe über dem Fußboden angesogen. Auf Straßen und Plätzen geschah dies an den Orten des Fußgängerverkehrs (Trottoirs, Traminseln) in ein- bis mehrstündiger Dauer. Teilweise umfaßten die Probenahmen den Zeit-

*Tabelle 11*  
*Bleigehalte von Zürcher Straßenluft*

Ort der Probenahme	Anzahl Motorfahrzeuge pro Stunde	Blei als Flugstaub γ pro m <sup>3</sup> Luft
Paradeplatz Kiosk	240	1,3
Paradeplatz Kiosk	350	0,8
Bellevue «Sternen»	650	0,9
Bellevue «Sternen»	800	1,7
Bellevue «Sternen»	460	0,7
Zürichbergstraße, Steigung	40	1,8
Zürichbergstraße, Steigung	30	4,9
Ulmbergtunnel	620	3,5
Ulmbergtunnel	290	4,3
Ulmbergtunnel, Mitte	700	18,8
Rämistrasse, Stützmauer	480	0,6
Rämistrasse, Stützmauer	810	0,8
Bernerstraße Schlieren	350	0,05

abschnitt der mittäglichen Verkehrsspitzen. Die während der Probenahme an der Entnahmestelle vorbeifahrenden Motorfahrzeuge wurden gezählt. (Heute liegen die entsprechenden Verkehrsfrequenzen bedeutend höher als 1949 und 1950, in welchen Jahren die betreffenden Arbeiten durchgeführt wurden.) Zumeist wurden die Probenahmen an ein und derselben Stelle wiederholt, um aus der Wiederholung ein Bild der durch Zufälligkeiten der äußeren Bedingungen (Luftbewegung, Wetter usw.) verursachten Streuung zu erhalten. Die Tabelle 11 enthält Resultate der Untersuchung von Zürcher Straßenluft in den Jahren 1949 bis 1950.

Von Interesse mag ein Vergleich der Zahlen vorstehender Tabelle 11 mit neueren Bestimmungen der Bleigehalte in der Straßenluft von Los Angeles sein (Tab. 12), einer Stadt, die wegen ihres dichten «smog» berücksichtigt ist<sup>1)</sup>.

*Tabelle 12*  
*Bleigehalte in der Straßenluft von Los Angeles*

Monat	Zentrum	Vorstädte	Zentrum	Vorstädte
	Mittelwerte $\gamma/m^3$		Bereich $\gamma/m^3$	
August	4,1	2,2	1,7 — 7,6	1,1 — 4,1
September	6,2	4,4	1,4 — 14,7	0,8 — 12,8
Oktober	7,5	5,0	3,1 — 13,8	1,9 — 10,4
November	8,3	4,65	3,2 — 16,4	1,2 — 11,4

Vergleichsweise mögen die Werte der Bleigehalte in der Luft von Flugzeughallen und -werkstätten (Tab. 13) interessieren. Im Gegensatz zum Automobilbenzin, dessen Verbleiung in der Schweiz erst seit 1947 zugelassen wurde, wies das Flugbenzin schon zwei Jahrzehnte länger Btä-Zusätze auf, wobei seine Gehalte mit etwa 1 ml Btä pro Liter Benzin und mehr von Anfang an beträchtlich höher lagen als der im Mittel etwa bei 0,4 ml pro Liter liegende Btä-Gehalt schweizerischer Autobenzine (behördlich zugelassener Maximalgehalt: 0,6 ml Btä pro Liter). Dementsprechend erschien a priori die Gefährdung durch Flugbenzin gegenüber demjenigen Personal, das sich mit der Flugzeugbereitstellung und kleineren Revisionen am Motor zu befassen hatte, erhöht im Vergleich zu Garagearbeitern. Auch bot sich die Möglichkeit, diesen Gefährdungsgrad auf Grund vieljähriger Erfahrung abzuschätzen und in Relation zu den vorgefundenen Bleigehalten der Luft zu setzen.

<sup>1)</sup> Cholak und Mitarbeiter, «Nature of suspended matter, an aerometric survey of the Los Angeles basin, Aug.-Nov. 1954», Air Pollution Foundation Report 9, 1955.

*Tabelle 13*  
*Bleigehalte in der Luft von Flugzeughallen und -werkstätten*

Ort der Probenahme	Arbeit, Dauer der Probenahme	Blei als Btä γ pro m <sup>3</sup> Luft
Hangar, Platz des Tankwartes	Tanken, 5—10 Minuten	111
do.	do.	165
do.	do.	300
do.	do.	123
do.	do.	170
do.	Tanken beendet, 10 Min.	30
Hangar, Raummitte	Mittelwert über 1 Stunde	14
Instrumentenprüfraum vom Motorenprüfstand	1 Stunde	5,5
	1 Stunde	8
Vergaserprüfraum A schlecht belüftet	1 Stunde	229
	1 Stunde	238
Vergaserprüfraum B gut belüftet	1 Stunde	42
	1 Stunde	25

Die Zahlen der Tabelle zeigen, wie sich insbesondere beim Tanken örtlich hohe Spitzenwerte der Bleigehalte in der Luft einstellen können, wie diese Spitzen aber nur kurze Zeit andauern und rasch auf Werte abgebaut werden, die im Mittel vergleichbar sind mit denjenigen von Garageluft. Ursache hiefür ist die Großräumigkeit und die gute Lufterneuerung in den Hangars. Da wo schlechte Belüftung herrscht, können sich aber enorm hohe Dauerkonzentrationen an Blei in der Luft einstellen (z.B. Vergaserprüfraum A).

#### *b) Bleigehalte im Sedimentstaub von Straßen*

Die Bestimmung der Bleigehalte im sedimentierten Bodenstaub von Feldstraßen, welche unberührt vom Motorfahrzeugverkehr geblieben waren, ergab die Werte, wie sie in Tabelle 14 zu finden sind.

Vergleichsweise sei erwähnt, daß *Kehoe* und Mitarbeiter<sup>1)</sup> in ländlichen, nicht industrialisierten Gebieten Mexikos Bleigehalte in Sedimentstäuben von 0,0006 bis 0,006 ‰ gefunden haben.

Gegenüber dem niedrigen Bleigehalt im Staub motorfahrzeugfreier Straßen fanden sich im Sedimentstaub städtischer Straßen im Juli 1948, 14 Monate nach der Zulassung gebleiten Autobenzins, bis zu 100fach höhere Bleigehalte vor. Zweifellos ließen sich die letzteren nicht allein dem Bleibenzin zur Last legen. Vielmehr mußten schon vor der Einführung des Bleibenzins im Bodenstaub der Stadt gewisse, gegenüber den Werten vom offenen Land deutlich erhöhte Bleigehalte vorgelegen haben, primär herrührend von einer durch Gewerbe und

<sup>1)</sup> Ind. Hyg. Toxicol. 15, 257 (1933).

*Tabelle 14*  
*Sedimentstaub von motorfahrzeugfreien Straßen*

Nr.	Ort der Probenahme	Bleigehalt in Promille	Bemerkungen
1	Ebmatingen, östlich Süßplatz, frisch angelegte Feldstraße ohne Belag	0,006	
2	Ebmatingen, nord-östlich Süßplatz, do.	0,016	
3	Binz, östlich Oetlisberg, Feldstraße, nur landwirtschaftlicher Verkehr, ohne Belag	0,002	
4	Binz, do.	0,000	
5	Pfaffhausen, do.	0,018	
6	Pfaffhausen, do.	0,006	
7	Pfaffhausen, Waldstraße, ohne Belag	0,120	in der Nähe einer Abfallgrube
Mittelwert ohne Nr. 7		0,008	

Industrie verursachten Verunreinigung der Stadtluft mit Blei. Anders ließe es sich sonst nicht deuten, daß im Sedimentstaub mancher verkehrsarmer Straßen, an denen aber bleiverarbeitende handwerkliche Betriebe lagen (z.B. Oberdorfstraße, s. Nr. 3 und 4 in Tab. 15), schon 1948 und später wiederholt mehrfach höhere Bleigehalte gefunden wurden wie im Staub maximal frequentierter Straßen. Da die betreffenden Untersuchungen erst etwa ein Jahr nach der Zulassung von Bleibenzin begonnen wurden, ließ sich die vom Autotreibstoff unbeeinflußte Höhe des Bleigehaltes im Sedimentstaub der Stadtstraßen leider nicht mehr ermitteln.

Bei der sehr feinen Dispersion der bleihaltigen Schwebestoffe im Auspuffgas erscheint es zunächst überraschend, daß doch ein merklicher Anteil derselben im sedimentierten Bodenstaub anzutreffen ist. Wie unter 1c erwähnt, werden aus dem Auspuff jedoch neben feinsten Teilchen auch wesentlich gröbere ausgestoßen, die sich dann im Straßenstaub ansammeln. Zudem können auch die feineren Teilchen, sofern sie direkt gegen den Boden geschleudert werden und mit dem daselbst immer vorhandenen Sedimentstaub in Kontakt kommen, an diesen adsorbiert und so festgehalten werden.

Die Tatsache, daß der Sedimentstaub vom Fahrwind und der natürlichen Luftbewegung immer wieder aufgewirbelt wird und damit auch Blei in die Atemluft gelangt, führt deshalb zu folgender Fragestellung:

Tritt nicht im Straßenstaub und damit in der Atemluft der Straßen mit der Zeit eine immer höhere Anreicherung an Bleiverbindungen ein? Zur Abklärung dieser Frage wurden an 19 Orten Zürichs auf Straßen und Plätzen in verschiedenen Zeitabständen von 1948 bis 1955 jeweils immer möglichst an den gleichen Stellen Sedimentstaubproben gesammelt und deren Bleigehalte bestimmt (siehe Tab. 15 und 16).

*Tabelle 15*  
*Sedimentstaub vom Belag zürcherischer Stadtstraßen*

Nr.	Ort der Probenahme	Bleigehalte in Promille										Bemerkungen
		Juli 1948	Sept. 1948	März 1949	Juni 1949	Aug. 1949	Aug. 1950	März 1951	Juni 1951	Juni 1955		
1	Straßen geringer bis mittlerer Verkehrsichte	St.Leonhardstraße 35	0,21	0,33	0,52	0,44	0,77	0,56	0,50	0,69	1,88	in der Nähe von Spengler- und Installateurwerksätten
2		Künstlergasse/Schienhutgasse	0,29	0,25	0,42	0,50	0,30	0,27	0,52	0,58	1,75	
3		Oberdorfstraße/Scheitergasse	2,49	2,46	1,49	1,45	3,85	1,36	1,03	1,12	2,28	
4		Oberdorfstraße/Kirchgasse	1,10	1,24	0,89	1,96	0,59	1,49	1,17	0,86	2,35	
5		Ueberlandstraße 131	0,10	0,06	0,43	0,29	0,40	0,48	0,65	0,41	2,20	
6		Ueberlandstraße/Saatlenstraße	0,10	0,20	0,22	0,23	0,37	0,44	0,48	0,50	1,15	
7		Winterthurerstr./Hirschwiesenstr.	0,11	0,11	0,18	0,46	0,24	0,75	0,44	0,60	1,76	
8	Straßen und Plätze mit hoher Verkehrsichte	Rämistrasse/Stützmauerseite	0,59	1,11	1,05	0,88	0,88	1,09	0,84	0,98	1,84	Grabarbeiten
9		Rämistrasse/Jungfrauenbrunnen	0,76	1,63	1,50	1,42	1,48	1,50	1,58	2,07	—	
10		Bellevue vis-à-vis Sternen	0,30	0,55	0,68	1,05	0,64	1,33	1,06	1,10	1,71	
11		Bellevue vis-à-vis Forster	0,10	0,49	0,71	1,16	1,50	0,50	0,57	0,56	1,36	
12		Bellevue Kioskinsel-Spitze	0,23	0,91	0,63	1,07	1,00	—	—	—	2,84	
13		Bellevue Kinoeingang	0,21	0,77	1,48	1,57	0,68	1,18	0,63	1,14	2,63	
14		Paradeplatz Kreditanstalt	0,23	1,48	1,91	1,70	1,06	1,32	0,79	0,81	2,26	
15		Paradeplatz Wiskemann	0,58	0,60	1,19	0,89	1,24	2,04	0,75	0,82	0,68	
16		Paradeplatz Tagblatt-Filiale	0,64	1,72	0,57	1,05	0,83	1,28	1,00	0,81	2,16	
17		Paradeplatz Bankvereinportal	0,35	0,31	0,40	0,81	1,49	1,02	1,24	1,64	3,23	
18		Tunnelstr., 40 m vom Südeingang	0,61	1,14	0,82	1,33	0,98	1,95	0,94	1,04	1,72	
19		Tunnelstraße Tunnelmitte	0,82	0,79	0,80	1,38	1,34	1,84	1,30	1,07	3,22	
	Mittelwert 1—19	0,52	0,85	0,84	1,03	1,03	1,13	0,88	0,94	2,06		

*Tabelle 16*  
*Motorfahrzeugbestand, Bleigehalt im Benzin und Bleigehalt im Straßenstaub*

Datum	Bestand an Automobilen	Bestand an Motorrädern	Btä-Gehalt im Benzin: ml/L 2-Monatsdurchschnitt	Produkt aus Motorfahrzeugbestand und Btä-Gehalt im Benzin: ml/Btä (Anzahl Auto + $\frac{1}{6}$ Anzahl Motorräder)	Bleigehalt im Straßenstaub in Promille Mittelwerte aus Tabelle
31. 7. 48	27 776	7 559	0,30	8 700	0,52
30. 9. 48	28 581	7 465	0,39	11 630	0,85
31. 3. 49	28 651	5 776	0,34	10 050	0,84
30. 6. 49	31 609	8 637	0,38	12 560	1,03
31. 8. 49	32 781	9 272	0,39	13 380	1,03
31. 8. 50	39 229	13 049	0,41	16 970	1,13
31. 3. 51	39 429	11 733	0,22	9 650	0,88
30. 6. 51	43 423	17 952	0,33	15 300	0,94
15. 6. 55	53 688	26 512	0,43	24 990	2,06

Der tiefste hierbei beobachtete Einzelwert lag bei 0,10 ‰, der höchste bei 7,0 ‰ im Staub. Der zeitliche Gang der Mittelwerte der Bleigehalte im Bodenstaub ist in der Abbildung 2 graphisch wiedergegeben. Die Darstellung enthält einen zweiten Linienzug als angenähertes Maß für den momentanen Bleiausstoß im Zeitpunkt der Probenahme, errechnet als Produkt aus dem jeweiligen Motorfahrzeugbestand im Kanton Zürich und dem mittleren Bleigehalt im Autobenzin, letzterer den laufenden Kontrollen der EMPA entnommen. Beide Linienzüge zeigen einen deutlichen Gleichlauf: in der ersten Zeit steilen, später merklich verflachten Anstieg und jahreszeitlich abhängige Schwankungen. Die letzteren lassen sich aus dem verminderten Fahrzeugbetrieb der Wintermonate, teils auch aus dem geringeren Bleigehalt der (seinerzeit alkoholhaltigen) Winterbenzine erklären. Die allgemein steigende Tendenz der Kurve spiegelt die Zunahme des Benzinverbrauchs und damit des Bleiausstoßes wider. Aus dem Gleichlauf der beiden Linienzüge ergibt sich die folgende Feststellung:

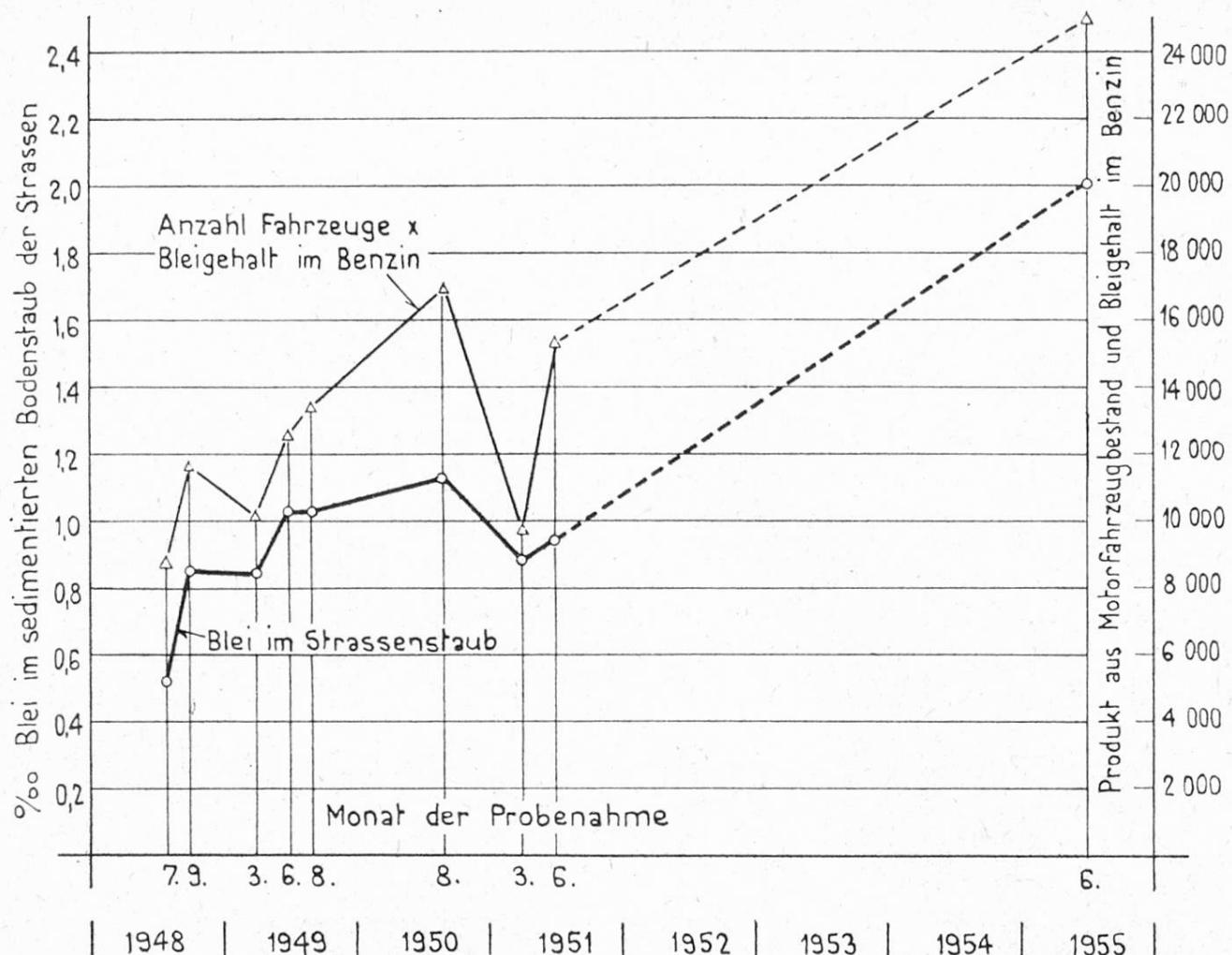


Abbildung 2

Eine Akkumulierung des Bleis in den Bodenstäuben findet nicht statt. Wäre dies der Fall, so müßte der Linienzug der Bleigehalte in steilem Anstieg von der Kurve des momentanen Bleiausstoßes weglauen. Regen, Wind und Straßenreinigung sorgen offenbar dafür, daß sich eine Art Gleichgewicht zwischen der ausgepufften und der im Bodenstaub befindlichen Bleimenge ausbildet.

### c) Bleigehalt von Sedimentstaub auf Simsen

Der Sedimentstaub auf Simsen und höher als der Fußboden liegenden Ablagerungsstellen an Stadtstraßen entspricht in seiner Zusammensetzung am ehesten dem eingearmeten Flugstaub der Straßen. Im Gegensatz zum Bodenstaub der Straßen ist der Sedimentstaub auf Simsen und anderen etwa kopfhohen Ablagerungsstellen an den Verkehrswegen gar nicht oder nur in geringem Maße der Erneuerung durch Reinigung und Wettereinflüsse ausgesetzt. Die Mittelwerte der Bleigehalte zeigen hier eine beharrliche Tendenz zum Anstieg (Tabelle 17), die jedoch merkwürdigerweise nicht linear oder beschleunigt, sondern deutlich verlangsamt, einem Endwert zustrebend, asymptotisch, erfolgt (Kurve

*Tabelle 17*  
*Sedimentstaub auf Ablagerungsstellen (Simsen) an Straßen der Stadt Zürich*

Nr.	Ort der Probenahme	Zeit der Probenahme									Bemerkungen Art der Unterlage
		Juli 1948	Sept. 1948	März 1949	Juni 1949	Aug. 1949	Aug. 1950	März 1951	Juni 1951	Juni 1955	
		Bleigehalte in Promille									
1	Eidg. Techn. Hochschule Terrasse	—	0,19	0,82	0,49	0,41	0,49	0,31	0,71	0,76	Simse 1,0-1,8 m über Boden      Kunststein
2	Eidg. Techn. Hochschule Stützmauer	—	0,31	0,42	0,05	0,41	0,19	0,24	0,34	1,13	do.      Muschelkalk
3	Kunsthaus Gitterfenster beim Portal	0,19	0,17	0,56	0,60	0,88	0,84	0,83	0,93	0,48	do.      Granit
4	Bellevueplatz Sims bei Sauter	0,40	0,56	0,72	0,95	0,92	1,81	2,42	2,23	3,23	do.      Sandstein
5	Bellevueplatz Kino, Limmatseite	1,98	0,39	0,53	0,90	0,39	1,29	1,19	1,18	1,33	do.      Sandstein
6	Tunnelstraße Plattenbelag der Tunnelwand	—	—	0,82	0,86	0,47	1,65	1,55	1,38	2,91	Der Belag wird periodisch abgewaschen
	Mittelwert ohne Nr. 6	—	0,32	0,61	0,60	0,60	0,92	1,00	1,08	1,39	

Abb. 3). Es muß sich also doch zwischen Zufuhr und Abgang in irgend welcher Weise ein Gleichgewichtszustand einstellen (Zürich 1955: 1,4 %). Interessant ist der Vergleich mit analogen Zahlenwerten aus dem Stadtgebiet von London (s. Final Report of the Departmental Committee on Ethyl Petrol), wo sich offenbar ein ähnlicher Wert nach mehrjährigem Bleibenzinverbrauch eingestellt hatte (London 1930: 1,8 %).

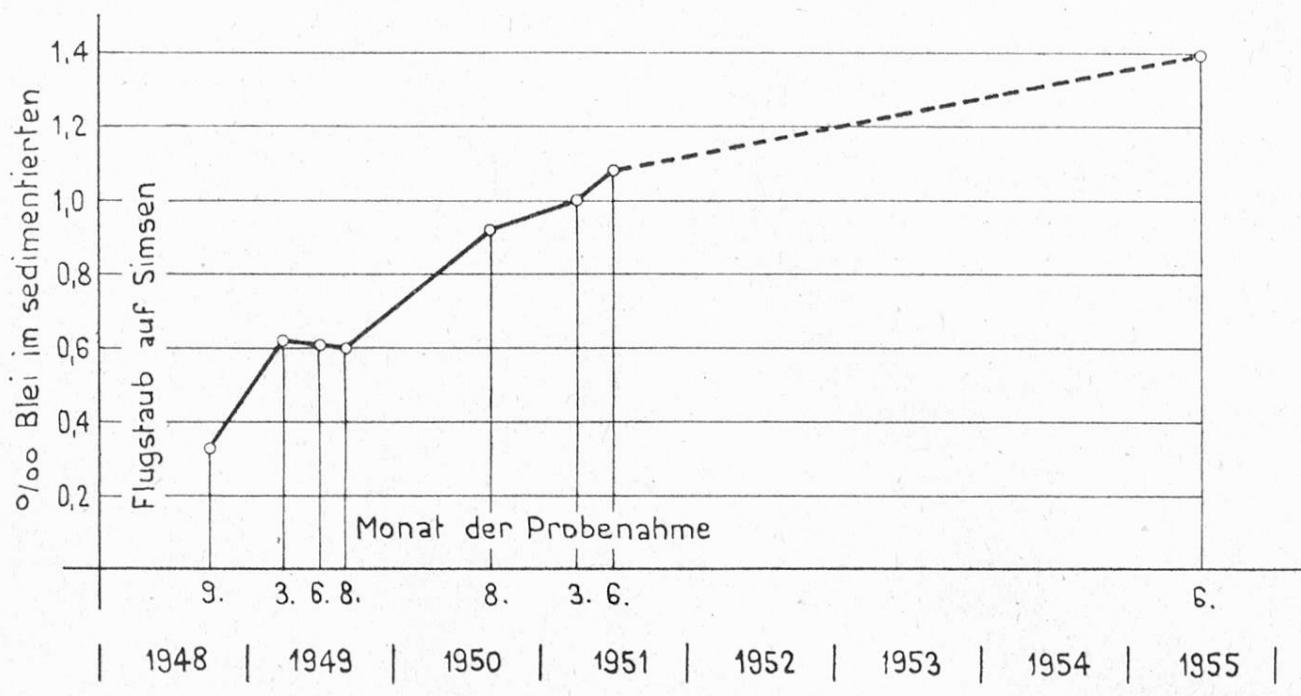


Abbildung 3

#### *d) Sedimentstaub in Garagen und Werkstätten*

Für geschlossene Räume darf in erster Näherung wohl angenommen werden, daß die Bleigehalte des darin befindlichen Sedimentstaubes Proportionalwerte der mittleren Bleigehalte in der betreffenden Raumluft sind. Anders wie der Bodenstaub der Straßen unterliegt der Sedimentstaub geschlossener Räume nicht notwendigerweise einer ständigen Erneuerung, so daß sich in ihm gewissermaßen ein Integralwert der zeitlich schwankenden Bleigehalte in der Luft der betreffenden Räume widerspiegelt. Es lag daher nahe, die Bleigehalte von Sedimentstaub aus Garagen und Autoreparaturwerkstätten zu vergleichen mit den Bleianteilen des Staubes aus Handwerker- und Gewerbebetrieben, in welchen sich, herrührend aus dem Umgang mit Blei und seinen Verbindungen, jedoch ohne Dazutun von Bleibenzin, auf dem Wege über die Raumluft Blei niedergeschlagen hatte. In Werkstätten wurde hierbei besonders darauf geachtet, daß der Staub keinen Kehricht von Werkbänken und Böden enthalten konnte. Die Tabelle 18 enthält eine summarische Zusammenfassung der Resultate solcher Sedimentstaubuntersuchungen.

*Tabelle 18*  
*Vergleich von Bleigehalten im Sedimentstaub auf Simsen*

Ort der Probenahme	‰ Blei im Staub			
	Anzahl Proben	höchster Einzelwert	niedrigster Einzelwert	Mittelwert
Straßen Zürichs (Simse)	6	3,2	0,5	1,4
11 Garagen	22	73	1,2	16,1
7 Werkstätten	15	120	4,0	18,9
3 Bleischmelzräume	6	390	195	303

Zusammenfassend zeigt der Zahlenvergleich der Tabelle 18, daß der Bleigehalt im Straßenstaub recht weit unter den Beträgen liegt, die sich im Staub von Spenglereien und Installateurwerkstätten ohne Dazutun von Bleibenzin finden. In den genannten Werkstätten wird wohl zeitweilig mit Blei umgegangen, ohne daß jedoch besondere Bleiexposition vorliegt. Der Sedimentstaub in erfahrungsgemäß bleigefährdeten Betrieben überschreitet denjenigen auf Straßensimsen um das Hundertfache und ist auch gegenüber Garagen und Werkstätten mehr als eine Zehnerpotenz höher. Damit ergeben sich folgende Schlüsse:

Hinsichtlich ihrer Bleigehalte wäre Garageluft vergleichbar mit derjenigen von Spenglern- und Installationswerkstätten, einer Luft, die generationenlang anstandslos vertragen wurde und wohl als ungefährlich angesehen werden kann. Deutlich niedriger noch sind die Bleigehalte der Straßenluft.

### 3. Bleigehalt und Farbe verschiedener Benzinsorten des Handels

In dem Erlaß des Eidg. Departementes des Innern vom 2. Juli 1947 «Allgemeine Vorschriften über den Umgang mit Aethylbenzin (Bleibenzin)» wurde der Gehalt dieses letzteren an Btä auf maximal  $0,6 \text{ cm}^3/\text{l}$  fixiert und gleichzeitig eine deutliche Färbung vorgeschrieben. Dieser Erlaß stützte sich auf Art. 486 der eidg. Lebensmittelverordnung, so daß die Kontrolle der genannten Vorschriften in die Kompetenz der zuständigen Kantons- bzw. Stadtchemiker fiel. Bei der Revision von Art. 486 (vom 22. April 1955) wurde die genannte Grenze direkt in diesen Artikel aufgenommen. Da die serienmäßige Bestimmung des Bleitetraäthylgehaltes in Autobenzin ohne spezielle Einrichtungen zeitraubend ist und die amtlichen Chemiker üblicherweise solche Untersuchungen nur stichprobenweise oder bei Vorliegen von Verdachtsmomenten ausführen, erschien eine Intensivierung dieser Kontrolle auf anderem Wege angezeigt, nachdem sich die Verwendung gebleiter Automobiltreibstoffe in der Schweiz eingespielt hatte und die importierten Mengen dauernd anstiegen.

Aus den Feststellungen der Eidg. Materialprüfungs- und Versuchsanstalt im Rahmen ihrer laufenden Qualitätskontrollen an Treibstoffen aller Art ergab sich, daß einzelne der in den Handel gebrachten Benzine bezüglich Bleigehalt und Farbe nicht den behördlichen Vorschriften entsprachen. Es erwies sich deshalb als ratsam, von dieser Seite eine regelmäßige Kontrolle der Importe durchzuführen. Dabei konnte jedoch nicht auf die im Zuge der normalen Tätigkeit der EMPA durchgeführten Analysen gegriffen werden, weil dies die Geheimhaltepflicht dieser Anstalt verletzt hätte. Es gelang erfreulicherweise, mit der «Carbura» auf freiwilliger Basis ein Abkommen zu treffen, wonach diese an der Grenze regelmäßig Kontrollproben ziehen und in ihrem Auftrage durch die EMPA untersuchen ließ. Als Bemusterungshäufigkeit wurde zur Regel je eine Probe auf ca. 2000 t Import vereinbart. Die «Carbura» übernahm weiterhin die Verpflichtung, fehlbare Importeure bei leichten Abweichungen zu verwarnen, bei ernsteren Verstößen dagegen dazu anzuhalten, die betreffende Ware vor dem Verbrauch in Ordnung zu bringen. Durch Meldung an den Präsidenten der Eidg. Bleibenzin-Kommission, welcher, als Chef der Lebensmittelkontrolle, die Anzeige in gravierenden Fällen an die zuständige kantonale Behörde zur Anwendung von Sanktionen weiterleiten konnte, war auch den gesetzlichen Anforderungen Genüge geleistet.

Das Resultat dieser seit 1953 eingeführten «offiziellen» «Carbura»-Kontrolle ist in Tabelle 19 zusammengestellt. Daraus geht hervor, daß von 1177 untersuchten Proben im Laufe der letzten 7 Jahre 23 die vorgeschriebene Bleilimite

*Tabelle 19*  
*Blei- und Farbkontrolle der «Carbura»*

Bleikontrolle ab Juli 1953

Farbkontrolle ab Juni 1955

Untersuchte Proben			Zahlenwert des gefundenen, beanstandeten Bleigehaltes	
Jahr	total	davon nicht in Ordnung bezügl. Blei- gehalt	Autobenzine	
			(zulässiger Btä-Gehalt max. 0,60 ml/l)	Flugbenzine (max. 1,21 ml/l)
1953	50	4	0,63 0,65	1,23 1,24
1954	158	1	0,61	
1955	186	2	0,63 0,61	
1956	173	1	0,66	
1957	180	2	0,62 0,62	
1958	195	6	0,63 0,62 0,62 0,61 0,62 0,63	
1959	235	7	0,62 0,62 0,62 0,62 0,80 0,61 0,61	
Total	1177	23	0,61 — 0,80	1,23 — 1,24

überschritten, davon aber nur 3 Proben in erheblichem Ausmaß, während die Ueberschreitungen bei den übrigen im Rahmen von maximal 0,03 ml/Liter blieben. Außer dem Bleigehalt wurde auch die vorgeschriebene Färbung der Auto- und Flugbenzine, welche eine Verwechslung mit bleifreier Ware oder den gebliebenen Sorten untereinander verhindern soll, laufend kontrolliert. Abweichungen von der Norm und unrichtige Färbungen kamen in der Tat öfters vor. Auch in diesen Fällen wurden die betreffenden Firmen durch die «Carbura» benachrichtigt und zu den entsprechenden Maßnahmen angehalten.

*Tabelle 20*  
*Bleigehalt von Autobenzinen in verschiedenen europäischen Ländern*

Land	Max. Btä-Gehalt cm <sup>3</sup> /USG	Max. Btä-Gehalt cm <sup>3</sup> /l
Oesterreich	2,27	0,60
Finnland	3,25	0,858
Frankreich	2,3	0,607
West-Deutschland	2,2	0,581
Italien	2,27	0,60
Norwegen	2,90	0,766
Schweden	3,03	0,80
Schweiz	2,27	0,60

In Belgien, Dänemark, Holland und Großbritannien bestehen keine Vorschriften, die den maximalen Btä-Gehalt fixieren. Der für Deutschland angegebene Wert ist eine DIN-Norm und keine gesetzliche Vorschrift. In Dänemark besteht ein Gentlemen's Agreement zwischen den Gesundheitsbehörden und den Benzinvertriebsgesellschaften, welches einen maximalen Btä-Gehalt von 3 cm<sup>3</sup>/USG festgelegt hat.

### *C. Physiologische Untersuchungen*

#### *Versuche über die Retention von Bleiverbindungen in Atemwegen und Lunge*

Dr. Preis, EMPA, Zürich

Verschiedentlich hatte sich der Bleibenzin-Kommission die Frage gestellt, in welchem Ausmaß die eingeatmeten Bleiverbindungen im menschlichen Körper zurückgehalten würden. Herr Dr. Preis wurde beauftragt, entsprechende Untersuchungen durchzuführen. Zu diesem Zwecke wurde eine Apparatur aufgebaut, die jeweils in 2 Strängen nebeneinander Luft aus einem mit Bleiverbindungen gleichmäßig beschickten Raum einerseits direkt, anderseits nach Durchgang durch die Atmungsorgane einer Versuchsperson ansog und das Blei in einem gemessenen Luftvolumen zu bestimmen gestattete.

Mit *Bleitetraäthyldampf* wurden in dieser Weise drei Versuchsserien mit insgesamt 6 Versuchspersonen (total 16 Versuche) durchgeführt. Hierbei wurden die Bleikonzentrationen in der Luft und die Atemtiefen der Personen variiert. Zu letzterem Zweck wurde ein Teil der Versuche ausgeführt, während die Versuchspersonen im sitzenden, möglichst entspannten Zustande verblieben. Bei dem andern Teil hatten die Versuchspersonen auf einem «Ergometer» (stationäres Velo mit gebremster Tretvorrichtung und meßbarer Tretleistung) körperliche Arbeit zu leisten.

Aenderungen in der Bleikonzentration in der Luft zwischen 100 und 300  $\gamma$  pro  $m^3$  hatten auf den Retentionsgrad praktisch keinen Einfluß. Dagegen bewirkte gesteigerte Atemtiefe einen merklichen Anstieg des Retentionsgrades.

*Tabelle 21*  
*Retentionsgrad von Btä in Atemwegen und Lunge*

Versuchs-person	Körper-liche Leistung Watt	Atem-geschwin-digkeit $m^3/Std.$	Blei als Btä in der ein-geatmeten Luft $\gamma/m^3$	Zurückgehaltene Menge Blei in % der eingetauschten Menge
K	0		ca. 200 — 300	Mittelwert 58,0 %
S	0		ca. 200 — 300	
P	0		ca. 200 — 300	
P	0		ca. 200 — 300	
E	0		ca. 200 — 300	
E	0		ca. 200 — 300	
D	0		ca. 200 — 300	
S	0	0,83	ca. 100	54,1
P	0	1,33	ca. 100	60,7
K	0	1,36	ca. 100	60,0
K	0	1,09	ca. 100	62,5
D	0		ca. 100	57,1
P	100	1,79	ca. 100	70,6
K	100	1,50	ca. 100	71,5
E	100	1,80	ca. 100	68,3
A	100	1,60	ca. 100	67,6

Die Bestimmung des Retentionsgrades von bleihaltigem Staub gestaltete sich etwas schwieriger, weil wegen des hohen Atemwiderstandes nicht mit Filtergeräten gearbeitet werden konnte, sondern elektrostatische Staubabscheider verwendet werden mußten. Letztere konnten infolge der feuchten Ausatmungsluft nicht auf volle Spannung gebracht werden. Die Einzelwerte in Parallelbestimmungen wiesen dadurch Streuungen um  $\pm 20\%$  auf. Es waren daher nur 7 Einzelversuche mit 3 verschiedenen Personen richtig verwertbar. Die Versuchspersonen verblieben hierbei sitzend, ohne körperliche Arbeit, Atemvolumina 0,9

bis  $1,1 \text{ m}^3$  pro Stunde, Bleigehalt in Form von anorganischem Flugstaub  $100 \gamma \text{ Pb}$  pro  $\text{m}^3$  Luft. Aus den oben angeführten Gründen wird hier nur der mittlere Retentionsgrad angegeben.

Mittlerer Retentionsgrad von bleihaltigem Staub:

55 %

Vergleichsweise zeigt es sich also, daß Bleistaub bei Ruhe praktisch gleich absorbiert wird wie Bleitetraäthyldampf: 55 % gegen 58,0 und 58,4 %.

Es ist dies weiter nicht verwunderlich, sind doch die bleihaltigen Staubteilchen, gemäß Ausführungen in Teil IV/B, sehr hochdispers, so daß auch das Verhalten in der Lunge gleich sein kann. Die Retention ist jedenfalls wesentlich höher, als sie im «Final Report of the Departmental Committee on Ethyl Petrol» des Ministry of Health in England 1930 angegeben wird (nur 16 %).

Vergleicht man untereinander die in den meisten Ländern als zulässig erachteten Werte für Bleistaub und Btä-Dampf in Arbeitsräumen, die bei  $150$  bzw.  $100 \gamma/\text{m}^3$  (MAK-Werte) liegen sollen, so ergibt sich auch hieraus in Uebereinstimmung mit den gefundenen Ergebnissen, daß der Retentionsgrad bei diesen verschiedenen Bleiverbindungen nicht weit auseinanderliegen kann.

Damit darf wohl der Schluß gezogen werden, daß die Absorption der Bleiverbindungen in Lunge und Atemwegen sich in allen Fällen zwischen 50 und 70 % bewegt, also ziemlich groß ist.

## *D. Ergebnisse von Reihenuntersuchungen*

### *1. Aerztliche Untersuchungen von Personengruppen mit verschiedener Bleiexposition*

Prof. Högger, Arbeitsärztlicher Dienst des BIGA, Zürich

Um festzustellen, wie sich eine allfällige Bleiexposition im Automobilgewerbe nach Einführung des Bleibenzins auswirke, wurde eine größere Anzahl von Personen aus folgenden Berufsgruppen in den Jahren 1947 bis 1950 ärztlich untersucht (1. Untersuchungsreihe):

83 Arbeiter aus Garagen

20 Metallarbeiter ohne spezielle Bleiexposition

14 Medizinstudenten (geringe Bleiexposition)

In den Jahren 1951 bis 1954 wurden

59 Bleiarbeiter in anderem Zusammenhang untersucht, die sozusagen als positive Kontrolle dienen können. Der Test bestand in einer allgemeinen körperlichen Untersuchung und einer Anzahl von Spezialuntersuchungen mit dem Zweck, eine beginnende Bleivergiftung aufzudecken (s. Anhang 7). Da das Btä im Körper rasch abgebaut wird, gibt es keine typische chronische Vergiftung mit diesem Stoff. Länger dauernde Aufnahme kleinster Mengen führt vielmehr zu

einem Bild, das demjenigen der Vergiftung mit anorganischen Bleiverbindungen entspricht, unter Umständen mit leichten Modifikationen. Es ist zu beachten, daß in den Rückständen von den Motoren und im Auspuffhebel, wie in Teil IV/B schon dargelegt, nicht Btä, sondern hauptsächlich anorganische Bleiverbindungen vorliegen. Diesen ist die Bevölkerung vor allem ausgesetzt.

Die Symptome der Bleivergiftung sind in Reihenuntersuchungen verhältnismäßig leicht festzustellen. Es sei auf folgende Befunde hingewiesen: Unter 83 Garagearbeitern wurden 3 Fälle (= 3,6 %) mit Anämie (unter 80 % Hb) gefunden, während Egli seinerzeit bei 94 Arbeitern aus Bleibetrieben 37 Fälle (= 39 %) von Anämie gefunden hat. Ein wichtiges Symptom der beginnenden Bleischädigung ist das Auftreten von basophil punktierten Erythrozyten im Blut. Beim normalen sind nicht mehr als 400 basophil punktierte pro Million roter Blutkörperchen vorhanden. Unter 40 Arbeitern einer Akkumulatorenfabrik fanden sich 14 Mann, die Werte von rund 600 bis 7000 basophil punktierter Erythrozyten pro Million roter Blutkörperchen aufwiesen. Demgegenüber fand sich bei 79 Arbeitern aus Garagen in keinem Fall eine Vermehrung derselben.

Bei 59 Bleiarbeitern aus Akkumulatoren- und Bleifarbenfabriken wurde in 45 Fällen eine Porphyrinurie festgestellt, während die Untersuchung von 60 Garagearbeitern in keinem Falle ein positives Resultat ergab.

Bei den Garagearbeitern konnten damit, unter Benützung der genannten Untersuchungsverfahren bis zum Jahre 1950, d.h. bis zu 3 Jahren nach Einführung des Bleibenzins, keine Symptome einer chronischen Bleivergiftung festgestellt werden. Eine spätere Untersuchung fand nicht mehr statt.

## 2. Bleibestimmung im Blut verschieden exponierter Personengruppen

Prof. Högger, Arbeitsärztlicher Dienst des BIGA, Zürich

Dr. Rosenmund, Medizinisch-chemisches Institut des Kantonsspitals, Zürich

Neben der unter 1. beschriebenen ärztlichen Untersuchung erfolgte, wo immer möglich, eine Blutentnahme zur Bestimmung des Bleigehaltes bei denselben Personen. Man wollte damit die Möglichkeit erhalten, den Befund der medizinischen Untersuchung mit der klinisch-chemischen Bleibestimmung in Beziehung zu bringen. Die Bleibestimmungen im Blut wurden in den Jahren 1955/56, d.h. rund 8 Jahre nach Beginn der Verwendung von Bleibenzin im Automobilgewerbe, nochmals und bei ähnlichen Personengruppen wiederholt. Anwendung fand bei der Bleibestimmung im Blut die elektrochemische Methode nach Offermann und Rosenmund (Anhang 8).

Hierbei wird das Blei aus der mineralisierten Blutlösung elektrolytisch in zwei Stufen abgeschieden, zunächst kathodisch, wobei das Blei neben Kupfer und einigen weiteren Metallen zur Abscheidung gelangt. Hierauf erfolgt unter Beigabe von Perchlorsäure anodische Elektrolyse, unter Trennung des Bleis von den andern Metallen und Abscheidung als PbO<sub>2</sub>. Schließlich wird das PbO<sub>2</sub> coulometrisch bestimmt.

Bei der Ausarbeitung der Methode wurde ganz besonders darauf geachtet, daß keine Verluste an Blei eintraten. Man nahm damit in der ersten Serie der Bestimmungen (1947–1950) eher etwas zu hohe Werte (infolge Mitbestimmung von Spuren anderer Metalle) in Kauf. Bei der zweiten Serie (1955/56) war die Methodik weiter vervollkommenet, so daß im Durchschnitt etwas niedrigere Werte erhalten wurden. Bei der Besprechung der Resultate wird diesem Umstande Rechnung getragen.

*Erste Untersuchungsreihe (1948–1950)*

*Tabelle 22*

Zahl der Versuchs- personen	Beruf	1948 — 1950		
		Mittel	$\gamma\%$	Grenzen
19	Medizinstudenten	24,7		17 — 35
20	Metallarbeiter ohne spezielle Bleiexposition	25,5		17 — 42
15	Garage I	33,6		23 — 47
7	Garage II, unterirdisch	37,0		26 — 47
9	Garage III, oberirdisch	28,4		18 — 41
8	Garage IV, unterirdisch	32,8		23 — 56
40	Garagepersonal insgesamt	33,3		18 — 56
94	Bleiarbeiter (1956), Bleiexposition stark (nach <i>Egli</i> und Mitarb.) <sup>1)</sup>	61		5 — 155

<sup>1)</sup> *R. Egli, E. Grandjean, J. Marmet und H. Kapp*, Schweiz. Med. Wochenschr. 87, 1171 (1957).

Der Vergleich der verschiedenen Gruppen ist sehr aufschlußreich: der Blutbleispiegel darf wohl bei den Medizinstudenten (24,7  $\gamma\%$ ) am ehesten als dem Mittel bei wenig exponierten Personen entsprechend betrachtet werden. Die Werte sind, wie oben ausgeführt, verglichen mit anderen in der Literatur gegebenen, relativ hoch. Wird die zweite Serie von Untersuchungen an Medizinstudenten (1955/56) (Tab. 23) zum Vergleich herangezogen, so zeigt es sich, daß dort der Bleigehalt im Mittel nur 13,5  $\gamma\%$  beträgt, daß er also nahezu 10  $\gamma\%$  niedriger liegt. Die in Tabelle 24 gegebenen Zahlen für Blutbleigehalte bei wenig exponierten Personen (Eidg. Gesundheitsamt, 1957) wurden nach einer von den oben erwähnten vollkommen verschiedenen Methode (kolorimetrisch mit Dithizon) bestimmt. Hier ist der Mittelwert sogar nur 11,3  $\gamma\%$ . Er liegt sehr nahe an demjenigen der zweiten Serie von Medizinstudenten. Es muß damit wohl angenommen werden, daß die Werte der ersten Serie um etwa 10  $\gamma\%$  zu hoch liegen.

Werden jedoch die Werte der ersten Serie bei den verschiedenen Personengruppen unter sich verglichen, ergeben sich doch sehr deutliche und mit den übrigen Beobachtungen in Einklang stehende Unterschiede: so zeigen sich bei den 20 Metallarbeitern ohne spezielle Bleiexposition im Mittel kaum höhere Bleiwerte als bei den Studenten.

Demgegenüber ist der Blutbleiwert beim Garagepersonal deutlich, wenn auch nicht alarmierend, erhöht. Bei einzelnen Arbeitern aus unterirdischen Garagen (in denen auch der Bleigehalt der Luft erhöht war) erscheint ein eindeutig erhöhter Blutbleigehalt (Garage IV, ein Mann mit 56 γ% im Blut, mehrmalige Bestimmung).

Ein ganz anderes Bild ergibt sich bei Bleiarbeitern, wo eine offensichtlich starke Bleiexposition herrscht und Bleivergiftungen von Zeit zu Zeit vorkommen. Hier zeigt auch das *äußerlich gesunde* Personal einen sehr deutlich erhöhten Bleigehalt im Blut.

Die *zweite Serie von Untersuchungen* (1955/56) umfaßte nur Medizinstudenten und Garagearbeiter (Tab. 23).

*Tabelle 23*  
*Bleigehalt im Blut (Methode Rosenmund)*

Zahl der Versuchs- personen	Beruf	1955/56		
		Mittel	γ%	Grenzen
27	Medizinstudenten	13,5		10 — 20
6	Garage I, unterirdisch Verhältnisse ungünstig	30,2		21 — 40
12	Garage II, unterirdisch gut belüftet	23,5		10 — 35
13	Garage III, gut belüftet	16,6		10 — 32
Mittel 31	Garagisten	22		10 — 40

Eine *dritte Serie von Untersuchungen* \*) wurde 1957 an Chemikern und Büropersonal des Eidg. Gesundheitsamtes ausgeführt (Anhang 9). In allen Fällen handelte es sich um wenig bleiexponierte Personen (Tab. 24).

Der Vergleich der Blutbleiwerte dieser zweiten und dritten Serie ist für sich ebenfalls sehr aufschlußreich und steht mit den anderen Beobachtungen durchaus im Einklang:

Wenig bleiexponierte Personen zeigen Blutbleiwerte zwischen 6 und 20 γ%, was mit den Angaben in der Literatur übereinstimmt. Bei Garagearbeitern sind

\*) Dr. Franz, Gerichtsmed. Institut, Bern, Prof. Högl und Dr. Lauber, Eidg. Gesundheitsamt, Bern.

*Tabelle 24*  
*Bestimmungen am Eidg. Gesundheitsamt*  
(Bleigehalt im Blut in  $\gamma\%$ , Dithizon-Methode)

Zahl der Versuchs personen	Beruf	Mittel	Grenzen
7	Chemiker und Büropersonal	11,3	6 — 19

sowohl der Mittelwert ( $22\gamma\%$ ) als auch die Einzelwerte (10–40  $\gamma\%$ ) deutlich erhöht. Immerhin hat diese Erhöhung nach einer Dauer der Bleibenzinverwendung von fast 10 Jahren noch in keinem der 31 Fälle die als zulässig betrachteten Grenzen überschritten. Wichtig ist anderseits die Feststellung, daß unter ungünstigen Verhältnissen (unterirdische, zu stark belegte Garage I) die Blutbleiwerte deutlich ansteigen. Die Bestimmung des Bleis im Blut kann, unter Berücksichtigung der vorliegenden Ergebnisse, als eine recht sichere Grundlage zur Beurteilung einer größeren oder geringeren Bleixeposition betrachtet werden.

Leider ist der Vergleich der ersten und zweiten Serie durch die systematische Abweichung der Werte erschwert.

Da aber vor Einführung des Bleibenzins die Bleiwerte bei wenig exponierten Personen sicher nicht höher waren als heute, kann daraus gefolgert werden, daß diejenigen der ersten Serie, wie bereits erwähnt, um etwa  $10\gamma\%$  zu hoch sind. Werden unter dieser Voraussetzung alle Werte zusammenfassend betrachtet, so ergibt sich folgende Uebersicht:

*Tabelle 25*

Blei im Blut in $\gamma\%$	(Mittelwerte)	
	1948 — 1950	1955/56
Wenig exponierte Personen (Medizinstudenten)	24,7 — 10 = 14,7	13,5
Metallarbeiter ohne spezielle Exposition	25,5 — 10 = 15,5	
Chemiker, Büropersonal (1957)		11,3
Garagepersonal	33,3 — 10 = 23,3	22
Bleiarbeiter (1956)		61

Sei der Vergleich unter dieser Voraussetzung, sei er mit den unveränderten Werten angestellt – in beiden Fällen zeigt sich jedenfalls eindeutig, daß weder bei den wenig exponierten Personen noch beim Garagepersonal im Laufe der 9 Jahre umfassenden Untersuchungszeit ein Anstieg der Bleiwerte eingetreten ist. Dennoch zeigt das Garagepersonal, welches sowohl dem Btä-Dampf als auch

dem Bleistaub von Auspuffgasen und von der Reinigung der Motoren her stärker ausgesetzt ist, einen deutlich höheren, wenn auch noch unter der maximal zulässigen Grenze liegenden Blutbleispiegel.

Erwartungsgemäß haben die stark bleiexponierten Arbeiter in bleiverarbeitenden Betrieben selbst im Mittelwert sehr viel höhere, schon über der Gefahrengrenze (60 γ<sup>0/0</sup>) liegende Bleiwerte im Blut.

### *E. Bleigehalt in Lebensmitteln und Wasser*

Prof. Högl, Frl. Dr. Tardent, Dr. Sulser, Eidg. Gesundheitsamt, Bern

Bei eingehender Untersuchung zeigen alle Lebensmittel, inkl. Trinkwasser, einen geringen Gehalt an Bleiverbindungen. Dieser steht normalerweise in keinerlei Zusammenhang mit der Verbleiung des Benzins, sondern ergibt sich als Folge des geringen, aber doch stets vorhandenen Bleigehaltes des Erdbodens (im Mittel 2,5 mg/kg, Keaton 1937)<sup>1)</sup>, aus welchem das Blei von den Pflanzen aufgenommen und an Tiere und den Menschen weitergegeben wird. Untersuchungen in gänzlich von moderner Kultur unberührten Gegenden (Mexiko, Kehoe 1933)<sup>2)</sup> ergaben einen etwas geringeren Bleigehalt in der Nahrung, als dies in zivilisierten Ländern der Fall ist. Durch die verschiedenen lebensmittelhygienischen Vorschriften, wie die Festlegung des maximalen Bleigehaltes in Geschirrglasuren, Ausschaltung von Blei in Verzinnungen und Wasserleitungen, Gefäßen und Geräten aller Art, wird der Bleigehalt der Nahrung in zivilisierten Ländern jedoch unter Umständen auch geringer sein als in sog. «unterentwickelten» Gebieten. Ueber die im Laboratorium des Eidg. Gesundheitsamtes von Tardent und Högl 1948 bis 1953 durchgeföhrten Untersuchungen wird in der Folge referiert<sup>3)</sup>. Zunächst erfolgte eine eingehende Sichtung der Literatur, wobei sich zeigte, daß manche Werte infolge unzuverlässiger Methodik als unrichtig betrachtet werden mußten. Dies war einer der Gründe, der den Anlaß zu eigenen Untersuchungen gab. Außerdem war auch festzustellen, ob in der Schweiz nicht in irgendeiner Richtung günstigere oder weniger günstige Verhältnisse als anderswo herrschten. Schweizerische Vergleichswerte waren nur sehr spärlich vorhanden. Tabelle 26 gibt einen Vergleich der im Eidg. Gesundheitsamt gefundenen Werte mit denjenigen der Literatur.

Abgesehen von einzelnen sehr hohen Werten in der Literatur, stimmen die schweizerischen Werte mit denjenigen aus anderen Ländern in der Größenordnung überein.

<sup>1)</sup> C. M. Keaton, Soil Science 43, 401 (1937).

<sup>2)</sup> R. A. Kehoe, J. of Ind. Hygiene 15, 266 (1933).

<sup>3)</sup> A. Tardent, O. Högl, Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene, im Druck 1961.

Tabelle 27 gibt die Bleimengen wieder, welche als approximative Mittelwerte auf Grund der Literaturangaben und der eigenen Bestimmungen der Berechnung der Bleiaufnahme durch die Nahrung zugrundegelegt wurden.

*Tabelle 26*  
*Vergleich der im Eidg. Gesundheitsamt bestimmten Bleimengen in Lebensmitteln mit den in der Literatur gefundenen Werten*

Art des Lebensmittels	Werte EGA in mg/kg	Literaturwerte in mg/kg
Speisefett	0,1	0 — 1,25
Mehl	0,05 — 0,15	0 — 5 (Mittelwert 0,7)
Backpulver	1,0	1
Trockenhefe	1,2; 1,4	2 — 5
Teigwaren	0,6	0 — 0,21
Apfelkompott (Konserven)	0,15	0,06; 0,5
Weintrauben, frische	0,1 — 0,2	0,6
Gemüse, grüne	0,3	0,008 — 0,6
Traubenmost	0,05 — 0,25	0,04 — 3,2
Wein	0,05 — 0,5	0,05 — 1,16
Obstwein	0,05 — 0,1	0,1 — 1,6
Bier	0,2	0,01 — 0,09
Essig	0,05 — 0,15	0,18 — 1,8
Tee	2,1	0,02 — 43,2
Schokolade	0,4; 0,6	1 — 2

*Tabelle 27*  
*Wahrscheinliche mittlere Bleigehalte einiger Lebensmittel  
in mg/kg oder mg/l frischer Substanz*

Milch	0,05	Kartoffeln	0,03
Käse	1,00	Kaffee	0,40
Butter und andere Speisefette	0,10	Tee	5,00
Fleisch	0,10	Schokolade	0,50
Brot	0,20	Konditoreiwaren	0,30
Cerealien und Leguminosen	0,40	Zucker	0,50
Gerste, Mais	0,10	Salz	1,00
Teigwaren	0,40	Trinkwasser	0,025
Eier	2,00	Alkoholische Getränke (Bier, Wein usw.)	0,20
Früchte und Gemüse	0,30		

Trinkwasser, welches direkt oder als Zugabe zu Lebensmitteln quantitativ den größten Teil unserer Nahrungsaufnahme ausmacht (ca. 2 Liter/Tag) wurde von Högl und Sulser (1951)<sup>1)</sup> noch speziell untersucht (Tab. 28). Hygienisch

<sup>1)</sup> O. Högl und H. Sulser, Mitteilung aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene 42, 286 (1951).

einwandfreies Quell- oder Grundwasser weist beim Austritt aus dem Boden in unserem Lande einen sehr geringen Bleigehalt auf (weniger als 1 γ/l). Obwohl glücklicherweise in der Schweiz keine Bleileitungen für Trinkwasser mehr existieren, steigt der Gehalt dennoch im Leitungssystem deutlich an. Die höchsten Werte wurden in Wasser gefunden, welches längere Zeit in Hausleitungen stagniert.

*Tabelle 28*  
*Bleigehalte des Wassers in γ/l und mg/l*  
*(Mittelwerte aus verschiedenen Gemeinden)*

	Proben	Pb γ/l	in mg/l
1. Ungefaßte Quellen	6	1	0,001
2. Gefaßte Quellen, Pumpstationen	3	3	0,003
3. Aus Leitungen dauernd oder längere Zeit fließend	9	11	0,011
4. In Leitungen stagnierend	5	92	0,092

Der Gehalt des Trinkwassers an Blei erweist sich damit unter unseren Verhältnissen als sehr gering.

Um sich Rechenschaft über die mit der festen Nahrung und dem Wasser aufgenommene Menge Blei zu geben, wurden 8 verschiedene Kostformen anhand der oben angegebenen Mittelwerte auf mg Blei umgerechnet. Es ergab sich ein Mittelwert für die tägliche Bleiaufnahme von 0,34 mg. Dieser Wert stimmt mit der Schätzung von *Monnier-Williams* (1949) von 0,32 mg täglicher Bleiaufnahme in England recht gut überein. Dieser Autor nimmt dabei jedoch eine Bleizufuhr durch Wasser von 0,10 mg an, was für schweizerische Verhältnisse sicher zu hoch ist (gemäß Tabelle 28 für fließendes Leitungswasser nur 0,02 mg in 2 Litern).

Eine direkte Bestimmung in Militärkost (Herbstmanöver 1950) ergab tatsächlich auch nur 0,15 mg. Der errechnete Mittelwert dürfte durch zwei extrem hohe Werte (Militärration 1940 und 1942) mit 0,54 und 0,42 mg übermäßig erhöht sein, so daß für die Gesamtbevölkerung ein Wert von 0,20 mg/Tag/Kopf richtiger erscheint. Diese Menge wird von *Kehoe* (1933) auch für die USA angenommen.

Wie groß ist nun vergleichsweise die Bleimenge, die in Schweizer Stadstraßen dem Körper bei der Einatmung zugeführt wird?

Der Bleigehalt im Straßenstaub ist von 1949/50 bis 1955 von rund 1 % auf 2 % angestiegen. Auf Simsen war die Zunahme etwas weniger stark (von 0,9 % 1950 auf 1,4 % 1955). Bis heute (1960) dürfte sich die Menge gegenüber 1949/50 verdreifacht haben.

Der Bleigehalt der Zürcher Straßenluft betrug im Jahre 1949/50 im Mittel  $1,4 \gamma/m^3$  (s. Tab. 11, Werte für Ulmbergtunnel weggelassen). Nehmen wir auch hier den dreifachen Wert an ( $4,2 \gamma/m^3$ ) oder, um sicher nicht zu niedrig zu schätzen:  $5,0 \gamma/m^3$ , so ergibt sich, bei Annahme der Einatmung von  $1 m^3$  Luft pro Stunde und 8stündigem Aufenthalt in solcher Luft (was sicher reichlich ist) eine Menge von  $40 \gamma$  Blei, die in die Lunge gelangen. Wird für die übrige Zeit zusätzlich eine gewisse Bleizufuhr angenommen, so kann mit  $50 \gamma$  in 24 Stunden gerechnet werden. Die Retention beträgt (gemäß Abschnitt C hiervor) 55 bis 60 %, was einer Aufnahme von  $30 \gamma$  durch die Lunge entsprechen würde.

Einer Aufnahme von 0,20 bis 0,30 mg Blei mit der festen und flüssigen Nahrung steht demnach eine zusätzliche Menge infolge Einatmung bleihaltiger Luft von  $0,03 mg$ , d.h. von höchstens einem Zehntel gegenüber.

Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß bei der Zufuhr mit der Nahrung ein beträchtlicher Anteil mit den Fäces ausgeschieden wird und nur eine geringere Menge zur Resorption gelangt. Das durch die Lunge aufgenommene Blei ist daher physiologisch als stärker wirksam zu betrachten. Doch selbst unter dieser Voraussetzung bleibt die Menge bis heute sehr gering, was mit den festgestellten Testwerten des Bleispiegels im Blut im Einklang steht.

## V. Praktische Maßnahmen und Folgerungen auf Grund der Ergebnisse der Kommissionsarbeiten

Der vorstehende Bericht könnte den Eindruck erwecken, daß von den Mitgliedern der Bleibenzin-Kommission zwar beträchtliches Material in Reihenuntersuchungen und in Laboratorien gesammelt wurde, daß jedoch die praktischen Maßnahmen zum Schutze der Volksgesundheit nur wenig in Erscheinung getreten seien. Das trifft indessen keineswegs zu.

1. Wie schon in Teil III erwähnt, trat die Kommission sofort nach ihrer Ernennung (am 2. Juni 1947) an die Ausarbeitung von Sicherheitsvorschriften («Allgemeine Vorschriften über den Umgang mit Aethylbenzin [Bleibenzin]») und dazugehörige «Besondere Vorschriften» heran. Diese Vorschriften konnten bereits am 1. Juli 1947 in Kraft gesetzt und an alle Beteiligten verteilt werden. Sie sind bis heute gültig geblieben. In den «Vorschriften für den Motorwagendienst» der Armee (MWD/58) und im «Kommissariatsdienst IV, Techn. Reglement für Betriebsstoffe» wurden die Bestimmungen ebenfalls aufgenommen, und deren Bekanntgabe erfolgt in jedem Ausbildungskurs. Der oben erwähnte Erlass des Eidg. Departementes des Innern hat es erlaubt, jeden Verkehr mit Ethylfluid oder reinem Bleitetraäthyl zu erfassen. Die einzige Anlage ziviler Art in der Schweiz, in welcher einige Jahre lang Mischung von Ethylfluid mit Reinbenzin erfolgte – die IPSA in Rothkreuz – wurde einer genauen Kontrolle in bezug auf die Einrichtungen und den Schutz des Personals durch die Kommission unterstellt. Die Mischequipen der Armee standen unter der ärztlichen Aufsicht von Herrn Prof. Dettling, Bern, eines Mitgliedes der Kommission. Nach dessen Tode wurde diese Aufsicht Herrn Dr. Franz vom Gerichtsmedizinischen Institut der Universität Bern durch die Kommission übertragen.

Die Importe von Btä und Anträge auf dessen Fabrikation wurden der Kommission zur Kenntnis gebracht und konnten unter Beachtung der notwendigen Vorsichtsmaßregeln behandelt und erledigt werden. Zurzeit wird kein Bleitetraäthyl in der Schweiz hergestellt.

Auf Grund des gleichen Erlasses wurden alle Tanksäulen, an welchen Bleibenzin im Ausschank stand, mit der Angabe «Dieses Benzin enthält Blei (Tetraäthyl) und ist nur für motorische Zwecke zu verwenden» versehen, um jedermann richtig zu orientieren.

2. In Erfüllung des durch den Bundesrat erhaltenen Auftrages, die Auswirkungen der Verbleiung des Benzins zu verfolgen und bei einer allfälligen Feststellung gesundheitlicher Schäden eine Rückkehr zum gänzlichen Verbot zu beantragen, erstattete die Kommission auf den festgelegten Termin (31. Oktober 1948) einen *ersten Zwischenbericht* an den Bundesrat. Da keine alarmierenden Feststellungen in den damals abgelaufenen 1½ Jahren gemacht

worden waren, wurden die Arbeiten fortgesetzt. Ein *zweiter Zwischenbericht* über die nun abgeschlossene erste Serie der Untersuchungen (bis 31. Oktober 1950) wurde dem Bundesrat am 5. März 1951 vorgelegt. Die Kommission konnte dabei den wichtigen Schluß ziehen, daß «keine gesundheitlich ins Gewicht fallende Erhöhung der Bleigefährdung des Schweizervolkes» bis zu jenem Zeitpunkt, d.h. nach  $3\frac{1}{2}$  Jahren, infolge der Verbleiung des Benzins eingetreten war. Ein neuerliches Verbot der Benzinverbleiung, welches wirtschaftlich und verkehrstechnisch von sehr schwerwiegenden Folgen gewesen wäre, mußte daher nicht beantragt werden. Praktisch hatte dies zur Folge, daß der Bundesrat *keine Änderung des betreffenden Artikels (486) der eidgenössischen Lebensmittelverordnung* vornahm.

3. Im Jahre 1953 wurde eine laufende Kontrolle des Bleigehaltes von Importbenzin eingeführt, die sich heute auch auf das an Tanksäulen ausgeschenkte Benzin erstreckt.
4. Im Laufe der Jahre hatte sich die Kommission mit Anträgen auf Einführung andersartiger Klopfbremsen, wie etwa von Benzol, Dimethylanilin und in letzter Zeit mit Bleitetramethyl zu befassen. Bisher wurde keiner dieser Zusätze als weniger schädlich im Vergleich mit Btä eingeschätzt.
5. Zur Orientierung der Oeffentlichkeit wurden mit Einwilligung des Vorstehers des Eidg. Departementes des Innern auf Antrag der Kommission ab 1955 die damals feststehenden Ergebnisse publiziert. Solche Publikationen erfolgten in Fachzeitschriften durch:

Prof. Dettling, «Zur hygienisch-toxikologischen Bedeutung von Bleistaub aus dem Auspuff von mit Btä-haltigem Benzin betriebenen Motoren»  
(Archiv für Gewerbeopathologie und Gewerbehygiene, **13**, 624 [1955])

Dr. Preis, «Untersuchungen über die Bleigehalte der Luft, verursacht durch bleihaltiges Autobenzin»  
EMPA Zürich (Zeitschrift für Präventivmedizin **2**, 397 [1957])

Prof. Högger, «Die Tätigkeit der Eidg. Bleibenzin-Kommission von 1947 bis 1957»  
BIGA Zürich (Zeitschrift für Unfallmedizin und Berufskrankheiten **150** [1958])

In der Tagespresse (Neue Zürcher Zeitung) erschien in der Beilage «Das Automobil» am Dienstag, den 18. Dezember 1958, ein Artikel, betitelt: «Die Vergiftungsgefahr durch Blei aus dem Autobenzin», verfaßt von den Herren Dr. Preis, Zürich, und Prof. Högger, Zürich.

6. Auf Grund der gesammelten Erfahrungen wurde eine Revision von Art. 486 der Verordnung über den Verkehr mit Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen beantragt. Sie erhielt die Genehmigung des Bundesrates und trat am 22. April 1955 in Kraft.

Der revidierte Art. 486 hat folgenden Wortlaut:

<sup>1</sup> Benzin für nichtmotorische Zwecke muß folgenden Anforderungen genügen:

- a) Benzin für kosmetische und ähnliche Zwecke muß wasserhell, gänzlich farblos und bleifrei sein und den Anforderungen der schweizerischen Pharmakopöe entsprechen. Es ist als «Medizinalbenzin» oder «Reinstbenzin» zu bezeichnen.
- b) Benzin für Reinigungs-, Koch-, Beleuchtungs- und andere technische Zwecke («Technisches Reinbenzin») muß wasserhell und gänzlich farblos sein. Es darf höchstens Spuren (maximal 0,015 cm<sup>3</sup> pro Liter) Bleitetraäthyl enthalten und muß mit einer der oben angegebenen Bezeichnungen versehen werden. Die Farblosigkeit und Klarheit soll auch bei längerer Lagerung erhalten bleiben.

<sup>2</sup> Flugbenzin darf höchstens 1,5 cm<sup>3</sup> Bleitetraäthyl pro Liter enthalten.

<sup>3</sup> Benzin für andere motorische Zwecke darf höchstens 0,6 cm<sup>3</sup> Bleitetraäthyl pro Liter enthalten. Ueber allfällige Ausnahmen entscheidet das Eidgenössische Departement des Innern. Behälter, Transportmittel, Ausgabevorrichtungen usw. für bleihaltiges Benzin sind mit folgender Aufschrift zu versehen: «Dieses Benzin enthält Blei (Tetraäthyl) und ist nur für motorische Zwecke zu verwenden.»

<sup>4</sup> Die obgenannten Benzinarten dürfen keinerlei Zusätze enthalten, die bei sachgemäßer Verwendung gesundheitsschädigend wirken können. Die in den Absätzen 2 und 3 genannten Benzine müssen deutlich gefärbt sein.

<sup>5</sup> Das Eidgenössische Departement des Innern ist ermächtigt, Vorschriften zu erlassen, die bei der Herstellung, dem Vertrieb und der Verwendung bleihaltigen Benzins zum Schutze der Gesundheit einzuhalten sind.

In einer Verfügung Nr. 1 des Eidg. Departements des Innern (vom 23. April 1955) wurden einige Präzisierungen in bezug auf Färbung der Benzine des Handels gegeben.

Der neue Artikel 486 spricht sich, wie ersichtlich, nicht nur über Automobilbenzin aus, sondern auch über die Anforderungen an Benzin für kosmetische und ähnliche Zwecke, sowie an solches für Reinigungs-, Koch-, Beleuchtungs- und andere technische Zwecke («Technisches Reinbenzin»). Damit wurden auch für die Kontrolle dieser Reinst- und Reinbenzine die Grundlagen geschaffen.

## VI. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen \*)

Am 11. April 1947 hat der Bundesrat beschlossen, das bis dahin verbotene verbleite Benzin als Automobiltreibstoff zuzulassen. Gleichzeitig beauftragte er das Eidg. Departement des Innern, eine Kommission von Fachleuten einzusetzen, welche die Auswirkungen dieser Maßnahme auf die Gesundheit der mit dem Benzin beschäftigten Personen und auf die Volksgesundheit im allgemeinen vom medizinisch-chemischen Standpunkt verfolgen und die erforderlichen Sicherheitsvorschriften ausarbeiten sollte.

### Toxikologie von Bleitetraäthyl (Btä) und Bleibenzin

Das reine Btä ist anerkanntermaßen eine hochtoxische Substanz. Beim Umgang mit derselben, wie z.B. bei der Herstellung, dem Transport und der Mischung mit Reinbenzin, müssen daher strenge Vorschriften in bezug auf den Schutz der Arbeiter innegehalten werden.

Das als Automobiltreibstoff in den Verkehr gelangende Bleibenzin stellt eine im Mittel etwa 1 : 2000 verdünnte Lösung von Btä in Benzin dar. Sie ist bei sinngemäßer Verwendung als praktisch ungiftig zu betrachten, doch sind auch hier von Personen, die in intensiven Kontakt damit und insbesondere mit den Rückständen des Bleibenzins bei der Reinigung der Motoren, der Tankanlagen usw. gelangen, bestimmte Vorsichtsmaßregeln zu beobachten.

### Ausarbeitung von Vorschriften

Die dringlichste Aufgabe war daher für die Bleibenzin-Kommission die Ausarbeitung von Sicherheitsvorschriften, um Gesundheitsschäden bei solchen Arbeiten zu verhüten.

Am 1. Juli 1947 erließ das Eidg. Departement des Innern auf Vorschlag der Kommission «Allgemeine» und «Besondere» Vorschriften über den Umgang mit Aethylbenzin (Bleibenzin). Die Vorschriften wurden an alle direkten Bezüger von Autobenzin (Garagen, Tankstellenhalter usw.) und durch diese an sämtliche Autofahrer unentgeltlich verteilt.

Zu allen Texten wurden gekürzte Merkblätter herausgegeben, deren Anschlag in Garagen, an Tankstellen usw. zu erfolgen hatte.

### Untersuchungen und Erhebungen der Kommission

Hauptziel der Kommission war, gemäß Auftrag des Bundesrates, die Abklärung der Frage einer allfälligen Gesundheitsschädlichkeit des Bleibenzins bei langdauerndem Gebrauch. Der Nachweis einer solchen chronischen Toxizität ist

\*) Résumé et Conclusion en français v. p. 234. Englischer Text (Summary) s. S. 243.

schwierig zu führen. Es galt zudem bei den Arbeiten der Kommission, verschiedene Vorfragen zu klären, um auf Grund der Hauptuntersuchung richtige Schlüsse ziehen zu können. Folgende Untersuchungen wurden in diesem Sinne durchgeführt:

#### *Anteil des aus dem Motor ausgestoßenen Bleis*

Am fahrenden Automobil ist der Anteil des ausgestoßenen Bleies recht verschieden. Er beläuft sich im Stadtverkehr auf 20 bis 50 %. Bei hoher Fahrgeschwindigkeit kann er sich auf mehrere hundert Prozent belaufen, da Blei, das vorerst im Motor und in den Auspuffkanälen abgelagert wurde, nachträglich ausgeblasen wird. Das ausgestoßene Blei liegt in Form von anorganischen Salzen vor; daneben finden sich auch Spuren von flüchtigen organischen Bleiverbindungen.

#### *Größe der Teilchen und Verhalten der Bleiverbindungen bei Verwitterung*

Die ausgestoßenen Partikeln haben größtenteils einen Durchmesser von weniger als 125  $\mu$ . Ein derart feiner Flugstaub verhält sich praktisch wie ein Gas. Eine ins Gewicht fallende Sedimentation tritt nicht ein. Die Partikeln werden vielmehr durch die Luftströmungen überallhin verteilt, bis sie schließlich vom Regen ausgewaschen werden. Daneben entstehen allerdings auch größere bleihaltige Körner, die aus dem Auspuff ausgestoßen werden und rasch zu Boden fallen. Versuche ergaben ferner, daß das Blei im Straßenstaub durch Wasser kaum herausgelöst wird. Es haftet vielmehr fest an den unlöslichen Staubpartikeln. Die Gefahr der Kontaminierung des Grundwassers ist entsprechend gering. Das Blei bleibt im Grundschlamm zurück.

#### *Die Retention der Bleiteilchen in den Luftwegen*

In diesem Zusammenhang stellt sich auch die Frage, wieviel von dem in der Luft enthaltenen Blei in den Luftwegen retiniert wird. Die Untersuchungen ergaben, daß die Werte um 60 % herum liegen und daß mit steigendem Atemvolumen die Retention zunimmt. Auf Grund dieser Feststellungen kann angenommen werden, daß die tägliche Bleiaufnahme mit der Atemluft bei Stadtbewohnern, die dem Bleibenzin beruflich nicht besonders ausgesetzt sind, heute 20 bis 30  $\gamma$  beträgt.

#### *Art der Untersuchungen und deren Ergebnisse*

In Kenntnis dieser Tatsachen konnte an die Auswertung der Ergebnisse der Hauptuntersuchungen herangetreten werden. Da, wie oben erwähnt, eine Feststellung chronisch-toxischer Effekte schwierig ist, wurden vier Untersuchungsverfahren gewählt, die von grundsätzlich möglichst voneinander abweichenden Gesichtspunkten ausgingen, um schließlich das Ergebnis des einen mit denjenigen der andern vergleichen und auf Uebereinstimmung der Resultate prüfen zu können. In dieser Art schien eine zuverlässige Kontrolle möglich.

Die vier genannten Verfahren waren folgende:

- a) Auswertung von Meldungen über Erkrankungen, bei denen Verdacht auf Schädigung durch Bleibenzin geäußert wurde;
- b) Reihenuntersuchungen an Personen mit verschiedener Bleiexposition:
  - i. ärztliche Untersuchungen
  - ii. Bleibestimmungen im Blut;
- c) Untersuchungen technischer Art über den Bleigehalt der Luft und des Straßenstaubes;
- d) Bestimmung der Bleiaufnahme durch feste und flüssige Nahrung und Vergleich mit der Zufuhr durch die Atemluft.

Die Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt und kommentiert werden:

#### *Meldungen über Erkrankungen*

Gleich nach Aufnahme ihrer Tätigkeit richtete die Bleibenzin-Kommission einen Aufruf an alle am Automobilverkehr Beteiligten, sämtliche Schäden, die mit der Verbleiung des Benzins im Zusammenhang stehen könnten, der Kommission zu melden.

Im Laufe der fast 8jährigen Beobachtungszeit nahm die Zahl der Meldungen durchschnittlich von Jahr zu Jahr ab. Von den 65 dem Automobilbenzin zur Last gelegten Erkrankungen konnten 35 tatsächlich diesem Benzin zugeschrieben werden. Davon betrafen 16 die Haut (Ekzeme) und 4 die Augen (Bindehautentzündungen). Bei 6 Fällen handelte es sich um narkotische Störungen infolge kurzzeitigen Einatmens höherer Benzinkonzentrationen, und 4 Erkrankungen betrafen Menschen, die Bleibenzin verschluckt hatten. *Bei allen diesen Fällen spielte der Bleitetraäthylgehalt des Benzins sicher keine Rolle, sie alle waren durch das Benzin selbst und nicht durch das Blei bedingt.* Schließlich blieben noch 5 Fälle übrig, bei denen eine Schädigung infolge länger dauernder Einwirkung relativ geringer Bleibenzinkonzentrationen bzw. von Bleistaub nicht ausgeschlossen werden konnte und welche deshalb von der Versicherung übernommen worden waren. Eine kritische Analyse dieser meist unbedeutenden Erkrankungen kam aber auch hier zum Schluß, daß es sich höchstwahrscheinlich nicht um Bleibenzinvergiftungen gehandelt hat.

Eine einzige wirklich schwere Bleivergiftung konnte noch kurz vor Abfassung dieses Berichtes in ihrer wirklichen Ursache erkannt und mit einer völlig berufsfremden Einwirkung in Zusammenhang gebracht werden.

Beim Flugbenzin verblieben nach Wegfall der durch andere Ursachen oder das Benzin allein bedingten Schäden noch 7 Fälle, bei denen die Möglichkeit einer Mitwirkung der Bleikomponente nicht ausgeschlossen werden konnte und in welchen im Hinblick auf eine gewisse Erhöhung des Blutbleispiegels von der Versicherung Leistungen ausgerichtet worden waren. Doch ergaben sich auch hier bei einer eingehenderen Analyse des Krankheitsgeschehens Zweifel, ob es sich wirklich in allen Fällen um Bleivergiftungen handelte, ganz abgesehen davon, daß auch hier keine ernsteren Schäden entstanden waren.

## Bleigehalt von Straßenstaub und -luft

Der Bleigehalt im Staub in der nächsten Umgebung stark befahrener Autostraßen nahm nach der Verbleiung des Automobilbenzins deutlich zu.

	Vor der Verbleiung	4½ Monate nach der Verbleiung
<i>Erde direkt neben Autostraße</i>	0,06 %	0,21 %
<i>Straßenstaub von motorfahrzeugfreien Straßen auf dem Lande (ohne Belag)</i>	0,008 %	
<i>Straßenstaub vom Belag von 19 Stadtstraßen in Zürich, Mittelwert</i>		1948 0,52 %

Die Erhöhung des Bleigehaltes hat im Verlauf der folgenden Jahre angehalten und dürfte heute (1960/61) etwa den dreifachen Wert von 1948/49 erreicht haben.

## Zürcher Straßenstaub, Mittelwerte in %

1948	1955	1960
Juli	Sept.	Juni
0,52	0,85	2,06

Schätzung (2,5)

Die Zunahme erfolgt in guter Annäherung proportional dem zunehmenden Verkehr.

Eine Kumulation, die einen stärkeren Anstieg bedingen müßte, wurde nicht beobachtet. Je nach Jahreszeit und steigendem und fallendem Bestand an im Verkehr befindlichen Wagen stieg und fiel auch der Bleigehalt des Straßenstaubes, d.h. er folgte relativ rasch der ausgestoßenen Menge.

Der Bleigehalt des *Flugstaubes* auf Sims in Kopfhöhe an Stadtstraßen mit starkem Autoverkehr erreichte 1960 (s. Abb. 3, S. 178) etwa 1,6 %. Auf Sims in Werkstätten mit Metallverarbeitung ohne spezielle Bleiexposition, in welchen nie eine Bleigefährdung der Arbeiter festgestellt wurde, beträgt der Bleigehalt des ebenfalls sehr feinkörnigen sedimentierenden Flugstaubes im Mittel 19 %. Die Werte liegen also in solchen Räumen gut zehnmal höher als in Stadtstraßen 1960.

Auf Sims in Garagen wird, bei gleichartiger Untersuchung, ein Wert ähnlich demjenigen in nicht bleigefährdeten Werkstätten erreicht (Mittelwert 16,1 %), d.h. auch hier ist durch Einatmen des Staubes keine Bleigefährdung anzunehmen. Der gegenüber dem Straßenstaub zehnmal höhere Wert ergibt immerhin eine größere Bleiexposition für die in Garagen arbeitenden Personen. Bei den Bleibestimmungen im Blut von Garagisten war der Wert tatsächlich im Mittel leicht erhöht (s. S. 200).

Viel höher ist der Bleigehalt des Flugstaubes von Sims in bleigefährdeten Betrieben. So fand man in Bleischmelzräumen im Mittel 300 %.

In der *Luft* verkehrsreicher Straßen kann sich neben dem Blei-Flugstaub (verschiedene Staubteilchen mit adsorbierten Bleiverbindungen) in geringer Menge Bleitetraäthyldampf vorfinden. Ferner ist zu beachten, daß die Teilchengröße der aus dem Auspuff ausgestoßenen Bleiverbindungen zum Teil so gering ist, daß sich diese Partikeln nahezu wie ein Gas verhalten und teilweise nicht in den Sedimentstaub gelangen. Die an Sedimentstaub erhaltenen Werte können also nicht ohne weiteres auf den Bleigehalt der Luft übertragen werden, auch was die Unschädlichkeit derselben betrifft.

In der *Zürcher Straßenluft* betrug der Bleigehalt (Staub+Dampf) im Mittel in den Jahren 1949/50  $1,4 \gamma/m^3$  (Tunnelwerte weggelassen). Wird eine gleichartige Zunahme wie beim Sedimentstaub angenommen, so dürfte sich der Wert auch hier bis 1960/61 verdreifacht haben und demnach etwa  $4,5 \gamma/m^3$  betragen. Der unten erwähnte MAK-Wert (noch unschädliche Konzentration am Arbeitsplatz) von 100 bis  $150 \gamma/m^3$  ist für Straßenluft, die von Personen verschiedensten Alters und Gesundheitszustandes eingeatmet wird, als zu hoch zu betrachten. Effektiv beträgt aber der Bleigehalt der Zürcher Straßenluft erst etwa  $1/20$  bis  $1/30$  des MAK-Wertes, so daß sich noch eine beträchtliche Sicherheitsspanne ergibt.

In *Garagen im Vollbetrieb*, in welchen ziemlich viel Benzin verdampft und damit Btä auch in die Luft gelangt, verteilt sich der Bleigehalt der Luft je zu etwa 50 % auf Staub und Btä-Dampf ( $14$  bzw.  $16 \gamma/m^3$  im Mittel). Da das Personal sich hier nur während acht Stunden aufhält und es sich in der Regel um gesunde Männer handelt, die verhältnismäßig wenig empfindlich sind, beträgt hier der maximal zulässige Wert (MAK-Wert) gemäß den Vorschriften oder Empfehlungen der meisten Länder 100 bis  $150 \gamma/m^3$ . Der Gesamtbleigehalt erreicht jedoch auch hier, gemäß den Untersuchungen der Kommission, erst  $30 \gamma/m^3$  (höchster gefundener Wert:  $64 \gamma/m^3$ ). Es ist dabei festzustellen, daß gute Lüftung die Bleigehalte sofort stark herabsetzt, weshalb also stets hierfür gesorgt werden sollte. Ebenso ist darauf zu achten, daß im Inneren der Wagen nicht durch schadhafte Stellen in Leitungen und Benzinbehältern Benzin- und Btä-Dampf in den Raum gelangt.

#### *Reihenuntersuchungen an Personen mit verschiedener Bleiexposition*

Da Automechaniker, Chauffeure usw. dem Bleistaub und Btä-Dampf wesentlich stärker ausgesetzt sind als andere Berufsgruppen, wurden in erster Linie Arbeiter aus Garagen medizinisch untersucht. Zum Vergleich, sozusagen als negative Kontrolle, wurde eine Anzahl Medizinstudenten, Büroangestellte und Metallarbeiter ohne spezielle Bleiexposition in die Untersuchung mit einbezogen. Als positive Kontrolle dienten demgegenüber Bleiarbeiter aus Akkumulatorenfabriken. Während bei diesen letzteren, äußerlich gesunden Leuten, die starke Bleiexposition an verschiedenen Symptomen ersichtlich war, zeigten die Arbeiter aus Garagen genau wie die Metallarbeiter oder die Medizinstudenten drei Jahre nach Einführung des Bleibenzins weder im Blutbild (Anämie, basophil punktierte

Erythrozyten) noch im Urin (Porphyrinurie) irgendwelche Zeichen einer chronischen Bleivergiftung.

Der Bleigehalt des Blutes wurde in mehreren Serien (1948/50, 1955/56 und 1957) bestimmt. Wie erwartet, zeigten die Medizinstudenten und Büroangestellten die niedrigsten Werte.

1955/56/57: im Mittel 13,5 bzw. 11,3  $\gamma\%$  (Schwankung: 6–20  $\gamma\%$ ).

Bei den Garagisten war der Mittelwert etwas höher:

1955/56 22  $\gamma\%$  (Schwankung: 10–40  $\gamma\%$ ).

Wichtig ist die Feststellung, daß in gut belüfteten Garagen die Werte deutlich niedriger ausfallen (z.B. Mittel: 16,6  $\gamma\%$ ) als in den überlasteten, zum Teil unterirdischen Garagen (z.B. Mittel: 30,2  $\gamma\%$ ).

Bei stark bleiexponierten Arbeitern wurden 1956 andernorts sehr viel höhere Werte gefunden (5–155  $\gamma\%$ , im Mittel 61  $\gamma\%$ ).

Nach allgemeiner Erfahrung (Schwerd\*) können Blutbleiwerte bis

40  $\gamma\%$  noch als normal

50  $\gamma\%$  als leicht erhöht

60  $\gamma\%$  als deutlich erhöht

gelten. Bei dem letzteren und höheren Werten treten sehr oft klinisch feststellbare Symptome auf.

Die medizinischen Untersuchungen und die Bestimmungen des Bleigehaltes im Blut von wenig und stärker exponierten Personengruppen der vorliegenden Untersuchung stehen mit der erwähnten Skala durchaus im Einklang. Es zeigt sich, daß Personen mit geringer beruflicher Bleiexposition noch nach 10 Jahren Benzinverbleiung niedrige und weit unter der oberen «normalen» Grenze liegende Bleiwerte im Blut zeigen. Bei Arbeitern in Garagen ist der Blutbleigehalt im Mittel etwas erhöht, ohne jedoch die Grenze von 40  $\gamma\%$  zu erreichen. Nur in Einzelfällen wird sie leicht überschritten.

Klinisch-medizinisch wurde bei keiner dieser Gruppen eine beginnende Bleivergiftung registriert.

#### *Bestimmung der Bleiaufnahme durch feste und flüssige Nahrung und Vergleich mit der Zufuhr durch die Atemluft*

Die Bleiaufnahme durch die Nahrung beträgt in der Schweiz, wie auch vergleichsweise in einigen anderen Ländern, etwa 0,2 bis 0,3 mg pro Kopf und Tag. Wird die Aufnahme von Blei durch die eingeatmete Luft an Stadtstraßen unter Berücksichtigung möglichst ungünstiger Verhältnisse daneben gestellt, so ergibt sich ein Wert von etwa 0,03 mg, d.h. rund  $1/10$  des oben genannten. Da die Aufnahme solcher Mengen pro Tag noch als durchaus unschädlich betrachtet und

\*) Archiv. Tox. 18, 177 (1960)

durch die Ausscheidung kompensiert wird, dürfte sich selbst bei Berücksichtigung einer größeren Schädlichkeit des eingeatmeten gegenüber dem durch die Verdauungsorgane aufgenommenen Bleis keine Gefahr ergeben.

Auch die Untersuchungen an der Nahrung geben also bis jetzt keine Anhaltspunkte für eine Gefährdung der Volksgesundheit im Zusammenhang mit der Verbleiung des Automobilbenzins.

### Schlußfolgerungen

Wie diese zusammenfassende Darstellung zeigt, geben die vier grundsätzlich verschiedenen Erhebungsmethoden bisher keine Anhaltspunkte für eine Schädigung der Volksgesundheit im allgemeinen durch die Verbleiung des Automobilbenzins. In ihren beiden Zwischenberichten an den Bundesrat (1948 und 1950) sprach sich die Bleibenzin-Kommission bereits in dieser Richtung aus, da sich schon damals Anhaltspunkte in bezug auf die relativ geringe und ungefährliche Konzentration der Bleiverbindungen in der Straßenluft ergaben. Ein Antrag auf ein neuerliches Verbot der Benzinverbleiung konnte nicht begründet werden und ist auch heute nicht gegeben. Für besonders exponierte Berufsgruppen ergeben sich dagegen verschiedene Gefahren, denen durch vorsorgliche Maßnahmen begegnet werden muß.

### **Damit glaubt die Kommission, ihre Aufgabe auftragsgemäß erfüllt zu haben.**

Sie sieht sich jedoch veranlaßt, im Hinblick auf eine zukünftige Entwicklung, in Teil VII, gewisse Feststellungen und Vorschläge zu machen.

## VII. Feststellungen und Empfehlungen \*) im Hinblick auf eine zukünftige Entwicklung

Wenn es auch die Untersuchungen im vorliegenden Bericht gestattet haben, die Verunreinigung der Luft durch Bleiverbindungen als gering und wesentlich unter der Schädlichkeitsgrenze liegend zu erkennen, bleibt doch die beunruhigende Tatsache bestehen, daß der dauernd zunehmende Automobilverkehr neben einer immer steigenden Menge an Blei eine ganze Reihe anderer an sich schädlicher Substanzen an die Straßenluft abgibt. Genannt sei vor allem das Kohlenoxydgas, welches unter ungünstigen Bedingungen schon heute eine Konzentration erreicht, die nahe an der obersten zulässigen Grenze liegt. In ungenügend gelüfteten Garagen führt dieses Gas recht häufig zu Gesundheitsschäden, in schweren Fällen unter Umständen sogar zum Tode der betreffenden Personen.

Unvollständig verbrannte Kohlenwasserstoffe, Stickstoffoxyde, Acrolein, Ruß und teerige Bestandteile sind einige weitere unerwünschte Komponenten der Abgase von Motoren.

Das Studium der Wirkungen dieser verschiedenen Substanzen, sowie ihrer Kombination, wird heute weltweit verfolgt.

Es hat sich gezeigt, daß heute schon da und dort Gesundheitsschäden auftreten. Diese röhren allerdings nicht in erster Linie vom Motorfahrzeugverkehr, sondern zum größeren Teil von anderen Quellen der Luftverunreinigung her (Wohnungsheizung, Industrie usw.). Die Bleibenzin-Kommission betrachtet deshalb weitere Erhebungen über die Verschmutzung der Luft auch in der Schweiz als notwendig. Sie begrüßt daher lebhaft die Schaffung einer Kommission für Lufthygiene, die im Laufe dieses Jahres erfolgte.

Auf Grund der eigenen Erhebungen und der gesammelten Erfahrungen sieht sich die Bleibenzin-Kommission veranlaßt, einige konkrete Vorschläge für die dauernde Erhaltung tragbarer hygienischer Verhältnisse in bezug auf den Straßenverkehr zu machen:

### *1. Aufsicht über den Verkehr mit Bleibenzin*

Die Aufsicht über den Import und den Inlandverkehr von Bleibenzin sollte weiterhin im Aufgabenkreis des Eidg. Gesundheitsamtes, Unterabt. Lebensmittelkontrolle, und der zuständigen Amtschemiker (Kantons- und Stadtchemiker) verbleiben. Die neu geschaffene Kommission für Lufthygiene wird sich kaum mit Details der Benzinverbleitung befassen können. Es stellt sich darum die Notwendigkeit, von Zeit zu Zeit fachlich legitimierte Persönlichkeiten zu Beratungen zuzuziehen und geeignete Amtsstellen (EMPA) oder Fachorganisationen («Carbura») mit besonderen Aufgaben zu betrauen.

---

\*) Un extrait de ce chapitre se trouve à la page 241.

Die seinerzeit, als Verfügung des Eidg. Departementes des Innern, erlassenen «Allgemeinen Vorschriften über den Umgang mit Aethylbenzin (Bleibenzin)» und die dazugehörigen «Besonderen Vorschriften» sollten in verschiedenen Punkten revidiert und den seither gemachten Erfahrungen angepaßt werden. Hierbei müßte auch die allgemeine Bereitstellung von Reinbenzin für Reinigungs-, Koch-, Beleuchtungs- und andere technische Zwecke gesichert sein.

## *2. Abgrenzung gegenüber dem Arbeitsgebiete der Lufthygiene-Kommission*

Alle Fragen, die sich auf die Luftverunreinigung durch den Automobilverkehr allgemein und in Kombination mit anderen Verunreinigungsquellen beziehen, sind der Kommission für Lufthygiene zu überlassen.

## *3. Weiterführung periodischer Untersuchungen*

In Anbetracht des dauernden Anstiegs des Automobilverkehrs erscheint die periodische Weiterführung der medizinischen Kontrolle von Garagepersonal und anderer, mit Bleibenzin in intensiveren Kontakt kommender Personen notwendig. Auch periodisch wiederkehrende technische Prüfungen sind aus gleichen Gründen, jedoch auch infolge technischer Änderungen in der Konstruktion der Motoren und der Zusammensetzung der Treibstoffe, erwünscht. Solche Untersuchungen sollten durch die Lufthygiene-Kommission veranlaßt werden.

## *4. Möglichkeiten der Verwendung bleifreier Automobiltreibstoffe*

Der rationelle Betrieb des heute vorhandenen Wagenparks hat u.a. zur Voraussetzung, daß ein genügend klopfester Treibstoff zur Verfügung steht, der den «Oktanbedarf» auch der relativ hoch komprimierten Motoren befriedigt. Ein Verzicht auf die Verwendung von Btä hätte deshalb zur Voraussetzung, daß entweder der Klopfestigkeitsstandard des unvermischten Basisbenzins selbst auf irgend eine Weise genügend erhöht werden könnte, oder aber, daß das Btä als Klopfbremse durch einen geeigneten andern, sei es ebenfalls metallorganischen oder metallfreien Zusatz ersetzt werden könnte.

Die Kohlenwasserstoffe des Benzinsiedebereichs weisen eine sehr unterschiedliche Klopfestigkeit auf, die in günstigen Fällen sogar jene des gebleiten Superbenzins erreicht oder gar überschreitet. Solche relativ günstige Komponenten werden bei der Erdölaufarbeitung durch physikalische Trennprozesse, vor allem dann aber mittels der modernen Krack-, Reform-, Alkylierungs- und Isomerisierungs-Methoden künstlich angereichert. Es ist deshalb im Prinzip möglich, auch ein bleifreies Autobenzin des heute üblichen Oktanstandards herzustellen. Menge und Preis solcher Produkte könnten aber niemals zu einer allgemeinen Anwendung genügen. Sie spielen vielmehr die Rolle wertvoller Mischkomponenten, die es gestatten, auch die weniger wertvollen Benzinanteile zu handelsüblichem Autobenzin aufzuwerten.

Neben dem Btä haben sich als metallorganische Klopfbremsen trotz der sehr intensiv betriebenen Forschung bis heute nur noch dessen Verwandter, das Bleitetramethyl und das Methylcyclopentadienylmangantricarbonyl (MD) technisch bewährt. Beide sind aber ebenfalls giftig und können in diesem Zusammenhang nicht als ein Ersatz des Btä betrachtet werden.

Von den bekannten metallfreien Klopfbremsen, wie Monomethylanilin, Benzol, Aethanol usw. werden zur gleichen Klopffestigkeitserhöhung, verglichen mit dem Btä, ganz bedeutend größere Dosen benötigt<sup>1</sup>. Monomethylanilin riecht sehr schlecht und neigt in größeren Dosen zur Verharzung. Gegen Benzol in der benötigten Konzentration sind schwererwiegendere hygienische Einwände zu erheben als gegen die heute üblichen Btä-Zusätze. Und Alkohole schließlich erweisen sich in den wenigsten Fällen als wirtschaftlich. Die höher siedenden Homologen des Benzols, die vom Gesundheitsstandpunkt aus besehen weniger zu beanstanden wären, besitzen für ein Autobenzin ungenügende Flüchtigkeiteigenschaften und müssen deshalb mit niedriger siedenden – und meist weniger klopfesten – Komponenten aufgemischt werden.

Es ist heute deshalb, mit Ausnahme ganz besonderer gelagerter Fälle, aus versorgungstechnischen und wirtschaftlichen Gründen nicht möglich, das Btä im Autobenzin wegzulassen oder durch eine andere Klopfbremse zu ersetzen.

### *5. Möglichkeit der Entfernung der Bleiverbindungen aus dem Auspuffgas*

Es wird heute in verschiedenen Ländern an Methoden zur Entgiftung der Automobil-Auspuffgase gearbeitet, und gewisse Prototypen solcher Apparate, die allerdings noch nicht serienmäßig eingebaut werden, stehen bereits zur Verfügung. Es handelt sich dabei aber in erster Linie um die direkte oder katalytische Nachverbrennung nur teilweise oder nicht oxydierter Benzinanteile, vor allem auch des gefährlichen Kohlenoxyds, mit Sekundärluft. Dabei dürfte auch ein geringer Anteil der Bleiverbindungen des Auspuffgases (mehr mechanisch) zurückgehalten werden. Von einer völligen oder auch nur weitgehenden Entfernung der Bleiverbindungen aus dem Auspuffgase kann jedoch bei den bisher bekanntgewordenen Konstruktionen nicht die Rede sein.

### *6. Belüftung von Garagen*

Die Untersuchungen der Bleibenzin-Kommission haben ergeben, daß in relativ schlecht belüfteten, vornehmlich unterirdischen Garagen und Autowerkstätten die mittleren Bleigehalte der Raumluft merklich größer sind als in normal belüfteten Räumen solcher Art. Der Bleigehalt in der Luft stellt sich als Resultierende aus dem zeitlichen Bleiausstoß und der gleichzeitigen Lufterneuerung ein, kann also bei gegebenem Bleiausstoß durch Vergrößerung der Luftwechsel-

<sup>1)</sup> H. Schildwächter «Additive in Mineralölprodukten», Erdöl und Kohle Nr. 11 1960 oder H. Ruf «Über den Ersatz von Bleitetraäthyl im Autobenzin durch metallfreie Klopfbremsen» Automobil-Revue Nr. 40 und 41 1956.

rate verbessert werden. Obschon auch in Fällen ungünstiger Belüftung keine alarmierende Bleikonzentration in der Atemluft gemessen werden konnte, empfiehlt es sich, aus hygienischen Gründen trotzdem für eine kräftige Lufterneuerung in Garagen und Autowerkstätten besorgt zu sein. Bei oberirdischen Arbeitsräumen mit direkter Ausfahrt ins Freie und ausreichender Arbeitsplatzbeleuchtung durch Fenster ist dies normalerweise der Fall. Bei unterirdischen sowie fensterlosen oder fensterarmen Räumen wäre es wünschbar, die Luftzufuhr durch zusätzliche Belüftung soweit zu fördern, daß etwa dieselbe Lufterneuerungsrate zustande kommt, wie sie in den vorgenannten «normalen» Arbeitsräumen herrscht. Die BBK regt an, daß für Garagen und Autowerkstätten eine Norm aufgestellt wird, welche den Rauminhalt und die zeitliche Lufterneuerungsrate in Abhängigkeit von der maximalen Belegung mit Motorfahrzeugen und Benzinzapfstellen festsetzt und daß die betreffenden Arbeitsräume zur Kontrolle dieser Norm dem Eidg. Fabrikinspektorat zu unterstellen wären.

## *7. Regelung des Straßenverkehrs im Sinne einer Herabsetzung schädlicher Abgase*

Eine nicht zu unterschätzende Maßnahme zur Reduktion der schädlichen Abgase besteht in der Flüssigerhaltung des Straßenverkehrs. Wie Prof. Dr. Max Brunner, Zürich, in einer Studie «über die Kohlenmonoxydbildung bei benzinbetriebenen Fahrzeugen» darlegt, erzeugen die Motorfahrzeuge dann am wenigsten Kohlenoxyd und andere schädliche Bestandteile, wenn der Motor im Teillastbereich arbeitet. Dies ist dann der Fall, wenn das Fahrzeug mit einer gleichmäßigen Geschwindigkeit von 40 bis 60 km/h im direkten Gang fahren kann. Im Leerlauf des Motors, beim Schalten und Fahren in den kleinen Getriebegegängen, beim Beschleunigen, vor allem aber beim Gaswegnehmen, steigt der Gehalt an Kohlenoxydgas und andern unverbrannten Produkten wie Stickoxyden, auf ein Vielfaches an.

Der Go-and-Stop-Verkehr an den Straßenkreuzungen unserer Städte sowie die langen Verkehrsstockungen in den Hauptverkehrszeiten gehören somit zu den Hauptursachen für die Vermehrung der schädlichen Abgase. Aus dieser Tatsache ist ersichtlich, daß jede Maßnahme zur Verflüssigung des Straßenverkehrs auch automatisch die Menge der in die Straßenluft ausgestoßenen schädlichen Abgase reduzieren muß.

Zu diesen Maßnahmen gehören u.a. die Schaffung von Einbahnstraßen und insbesondere der Bau von kreuzungsfreien Expressstraßen, damit die übrigen Stadtstraßen, die in der Regel zu schmal sind, vom motorisierten Verkehr entlastet werden. Von Bedeutung ist ganz allgemein in diesem Zusammenhang der rasche Ausbau der Nationalstraßen, damit eine große Zahl kleinerer Ortschaften vom Durchgangsverkehr befreit wird. Auch dort, wo keine neuen Nationalstraßen vorgesehen sind, muß der Bau von Umfahrungsstraßen angestrebt werden, um dadurch Ortschaften von jenem Verkehr zu befreien, der eigentlich unnötigerweise und nur mangels einer Umfahrungsmöglichkeit hindurchfährt.

Mit den vorstehenden Feststellungen glaubt die Bleibenzin-Kommission dargelegt zu haben, daß verschiedene Möglichkeiten bestehen, den Bleigehalt in der Luft und im Staub von bewohnten Gebieten nicht höher als bisher ansteigen zu lassen, das heißt, denselben in einer Konzentration zu belassen, die für die Gesundheit nicht nachteilig ist.

Vom toxikologisch-hygienischen Standpunkt betrachtet, ist der Bleigehalt des Benzins dennoch sicher unerwünscht. Technisch besteht aber zurzeit keine Möglichkeit, die benötigte Qualität der Treibstoffe ohne Bleizusatz sicherzustellen.

Alle Möglichkeiten, bleifreie Automobilbenzine und allgemein solche ohne toxische Komponenten herzustellen, sollten, wo immer möglich, gefördert werden.

Die Schweiz ist, als Land ohne eigene Produktion, auf diesem Gebiete wirtschaftlich und versorgungstechnisch auf den Weltmarkt angewiesen. Es zeichnen sich gewisse Möglichkeiten ab, Benzin in technisch einwandfreier Qualität ohne Blei oder andere toxische Substanzen herzustellen. Das Problem der schädlichen Abgase wäre damit, wie oben dargelegt, allerdings noch keineswegs gelöst. Dennoch müssen alle Tendenzen, die eine Verbesserung der derzeitigen Verhältnisse erwarten lassen, durch die Gesundheitsbehörden unter ständiger Fühlungnahme mit Fachleuten verfolgt und wo immer möglich ausgenutzt werden.

Bern, den 23. August 1961

Für die Eidg. Bleibenzin-Kommission  
der Präsident:  
*Prof. O. Högl*

## Anhang 1

Das Eidgenössische Departement des Innern  
in Anwendung von Artikel 486 der eidgenössischen Lebensmittelverordnung  
(vom 26. Mai 1936, Fassung vom 11. April 1947)

erläßt nachstehende

### Allgemeine Vorschriften über den Umgang mit Aethylbenzin (Bleibenzin)

Allgemein ist festzuhalten, daß die jedem Benzin anhaftenden Eigenschaften (Explosionsgefährlichkeit, Giftigkeit der kohlenoxydhaltigen Auspuffgase, Gesundheitsschädlichkeit beim Einatmen größerer Mengen Benzindampf und schädigende Wirkungen auf die Haut) auch dem Bleibenzin zukommen und sich insbesondere bei unsorgfältigem Umgang ungünstig auswirken können.

Der Bleigehalt stellt nur bei unsachgemäßer Behandlung eine zusätzliche Gefährdung dar.

Die vom Eidg. Departement des Innern mit dem Studium der Auswirkungen der Aethylierung des Benzins beauftragte Kommission (in der Folge «Bleibenzin-Kommission» genannt) hat die nachfolgenden Richtlinien zur Verhütung von Schäden beim Umgang mit Bleibenzin ausgearbeitet:

#### I. Gehalt an Bleitetraäethyl

Für Autobenzin darf der Gehalt an Bleitetraäethyl 0,6 cm<sup>3</sup>/Liter nicht übersteigen.

Für Flugbenzin und für Benzin, das für entsprechend gebaute Motoren anderer Art (z.B. von Motorbooten) gebraucht wird, gelten besondere Vorschriften.

#### II. Kenntlichmachung

Aethylbenzin wird vom Import, Großhandel, Garagisten und Tankstellenhalter unter der Bezeichnung «Bleibenzin» in den Handel, bzw. in den Absatz gebracht.

Bleibenzine müssen wie folgt gefärbt sein:

Flugbenzin von OZ 100 und mehr: deutlich grünlich

Flugbenzin von OZ unter 100: deutlich bläulich

Autobenzine: deutlich rötlich

### III. Warnungsanschrift

Behälter, Transportmittel und Ausgabe-Vorrichtungen, die zur Lagerung, zum Transport oder zur Abgabe von Bleibenzinen Verwendung finden, sind mit folgender Anschrift zu versehen:

«Dieses Benzin enthält Blei (Tetraäthyl) und ist nur für motorische Zwecke zu verwenden.»

Die Warnungsanschrift darf erst entfernt werden, wenn der Tank, das Transportmittel oder die Abfüllvorrichtung, Bidons und Fässer, die die Warnungsanschrift getragen haben, gemäß Sondervorschriften gereinigt sind.

### IV. Verwendung

Bleibenzine dürfen nur als Treibstoff verwendet werden. Die Verwendung als Lösungs-, Verdünnungsmittel oder zu Reinigungs-, Heiz-, Koch- oder Beleuchtungszwecken ist verboten.

### V. Abgabe

Bleibenzin darf vom Import- und Großhandel nur an den Treibstoff-Detailhandel und von allen Handelsgruppen nur direkt an den Treibstoffverbraucher abgegeben werden. Eine Abgabe an andere Handelsgeschäfte wie Apotheken, Drogerien u.ä. ist nicht gestattet. Solche Geschäfte dürfen kein Bleibenzin führen.

### VI. Aufklärungspflicht

Import- und Großhandel haben sich bei der Abgabe von Bleibenzin schriftlich bestätigen zu lassen, daß der Käufer von den Vorschriften betr. Verwendung, technische Schutzmaßnahmen und persönliche Hygiene Kenntnis genommen hat.

Der Detailhändler ist verpflichtet, jedem Käufer unaufgefordert ein Merkblatt über den Umgang mit Bleibenzin kostenlos abzugeben.

Die Inhaber von Betrieben, in denen Bleibenzin gekauft, gelagert, transportiert, abgefüllt, verwendet oder verkauft wird, sind verpflichtet, dafür zu sorgen, daß alle im Betrieb befindlichen Personen, die mit Bleibenzin in Berührung kommen können, über die beim Umgang mit Bleibenzin zu befolgenden Vorschriften orientiert werden. Ein entsprechendes Merkblatt ist gegen schriftliche Empfangsbestätigung abzugeben.

### VII. Technische Vorschriften

Gebinde, die Bleibenzin enthalten, sind verschlossen, kühl und im Schatten aufzubewahren. Behälter, Leitungen, Maschinen oder Apparate, die

mit Bleibenzin in Berührung gekommen sind oder Rückstände von Bleibenzin enthalten, dürfen nur feucht, mit Petroleum gereinigt werden. Trockenes Bürsten oder Abkratzen ist verboten.

Für Reinigungs- und Reparaturarbeiten im Innern von Tanks, die Bleibenzin enthalten haben, gelten besondere Vorschriften.

Verschüttetes Bleibenzin ist mit reichlich Wasser wegzuschwemmen, und allfällige Rückstände sind mit Stielbürste, Seife und Wasser wegzufegen.

### VIII. Persönliche Hygiene beim Umgang mit Bleibenzin

Der Betriebsinhaber hat alle im Betrieb befindlichen Personen, die mit Bleibenzin in Berührung kommen können, gemäß Abschnitt VI über die bestehenden Vorschriften in bezug auf persönliche Hygiene beim Umgang mit Bleibenzin zu orientieren.

Als wichtigste Maßnahmen gelten folgende:

- a) Körperteile, die mit Bleibenzin oder Rückständen von Bleibenzin in Berührung gekommen sind, sind raschmöglichst mit Wasser und Seife zu waschen.
- b) Mit Bleibenzin durchnäßte Kleidungsstücke sind raschmöglichst auszuziehen und mit Wasser und Seife zu waschen.
- c) In Autogaragen und Autowerkstätten und sonst überall, wo gewerbsmäßig Bleibenzin gelagert, abgefüllt, verwendet, gekauft oder verkauft wird, hat der Betriebsinhaber Waschgelegenheiten mit womöglich warmem Wasser für alle Personen einzurichten, die mit Bleibenzin in Berührung kommen können.

Der Erlaß weiterer hygienischer besonderer Vorschriften bleibt vorbehalten.

### IX. Meldepflicht

Wo begründeter Verdacht besteht, daß eine Person infolge der Einwirkung von Bleibenzin erkrankt ist, ist unverzüglich unter Angabe des behandelnden Arztes an das Sekretariat der Bleibenzin-Kommission, Postfach 213, Sihlpost, Zürich, Meldung zu erstatten.

Die allfällige Meldepflicht gegenüber der Schweiz. Unfallversicherungsanstalt wird dadurch nicht berührt.

### X. Herstellung von Bleitetraäethyl

Die Herstellung von Bleitetraäethyl ohne Bewilligung der Bleibenzin-Kommission ist verboten.

## XI. Import und Verwendung von Bleitetraäethyl

Bleitetraäethyl als Zumischung zu Benzin darf nur unter Beachtung der in I. bis VI. genannten Vorschriften importiert werden. Jede Verwendung von Bleitetraäethyl in anderer, besonders in reiner Form bedarf einer besonderen Bewilligung der Bleibenzin-Kommission.

## XII. Untersuchungen der Bleibenzin-Kommission

Die Bleibenzin-Kommission ist berechtigt, Untersuchungen jeder Art zur Abklärung der Auswirkungen der Verwendung von Bleibenzin in den Betrieben vorzunehmen. Diese Untersuchungen gehen zu Lasten eines besonderen, für diesen Zweck bestimmten Kredites.

## XIII. Durchführungsbestimmungen

Die Bleibenzin-Kommission ist mit der Durchführung dieser Vorschriften beauftragt. Sie erläßt die in diesen allgemeinen Vorschriften vorgesehenen besonderen Vorschriften. Sie ist befugt, weitere Vorschriften zu erlassen und in besonderen Fällen Abweichungen zu gestatten oder anzuordnen. Sie wird zuhanden der interessierten Personenkreise aufklärende Merkblätter herausgeben.

Importeure, Großhandel und Betriebe, die Bleibenzin verwenden, sind berechtigt, ihrerseits Vorschriften zu erlassen und Merkblätter herauszugeben. Diese unterliegen der Genehmigung der Bleibenzin-Kommission. Entsprechende Gesuche sind an das Sekretariat der Bleibenzin-Kommission, Postfach 213, Sihlpost, Zürich, zu richten.

## XIV. Schlußbestimmungen

Gegenüber Vorschriften und Weisungen der Bleibenzin-Kommission bleibt das Rekursrecht an den Bundesrat gewahrt.

Zuwiderhandlungen gegen die Vorschriften über den Umgang mit Bleibenzinen fallen, in Anwendung von Art. 487 der eidg. Lebensmittelverordnung (vom 26. Mai 1936) unter die Strafbestimmungen des Bundesgesetzes vom 8. Dezember 1905 betreffend den Verkehr mit Lebensmitteln und Gebrauchsgegenständen.

Bern, den 2. Juli 1947

Eidgenössisches Departement des Innern:  
*Etter*

## Besondere Vorschriften

### über den Umgang mit Bleibenzinen (bleitetraäthylhaltigem Benzin) für Garagisten, Tankstellenhalter, deren Arbeiter und Angestellte

Jedes Benzin hat gewisse Eigenschaften, die bei unsorgfältigem Umgang Gesundheit und Leben gefährden können. Diese kommen auch dem Bleibenzin zu (Explosions- und Feuergefährlichkeit, Giftigkeit der kohlenoxydhaltigen Auspuffgase, Gesundheitsschädlichkeit beim Einatmen größerer Mengen Benzindampf, schädigende Wirkungen auf die Haut). Das Bleibenzin enthält im Gegensatz zu Reinbenzin in geringen Mengen eine giftige bleihaltige Substanz, die bei unsachgemäßem Verhalten eine zusätzliche Gefährdung darstellt.

#### I. Kennzeichnung und Abgabevorschriften

- a) Bleihaltiges Autobenzin ist deutlich rötlich gefärbt.
- b) Die Lieferanten – Import- und Großhandel – sind verpflichtet, dem Garagisten und Tankstellenhalter Bleibenzin nur in Kesselwagen, Tankwagen, Bidons, Fässern oder andern Gebinden anzubieten, die mit folgender Warnungsanschrift versehen sind:

*«Dieses Benzin enthält Blei (Tetraäthyl) und ist  
nur für motorische Zwecke zu verwenden».*

Die Warnungsanschrift darf erst entfernt werden, wenn der Tank, das Transportmittel oder die Abfüllvorrichtung, die Bidons oder die Fässer gemäß den bestehenden Sondervorschriften gereinigt sind.

- c) Die Lieferanten sind verpflichtet, den Garagisten und Tankstellenhaltern die notwendigen besondern Vorschriften und Merkblätter gegen Empfangsbestätigung auszuhändigen.
- d) Der Garagist und Tankstellenhalter ist dafür verantwortlich, daß diese Vorschriften und deren allfällige späteren Ergänzungen von sämtlichen Angestellten und Arbeitern des Betriebes bekannt und befolgt werden, und ist verpflichtet, deren Einhaltung laufend zu kontrollieren.  
Die Merkblätter sind gut sichtbar in unmittelbarer Nähe der Tankstelle oder in Räumen, in denen sich Bleibenzin befindet, anzuschlagen.
- e) Die Lagerung des Bleibenzins sowie das Abfüllen und Reinigen der Fässer und anderer Behälter hat nach den hierfür herausgegebenen Sondervorschriften zu erfolgen.

- f) Der Schweizerische Autogewerbeverband sowie die einzelnen Garagisten und Tankstellenhalter sind berechtigt, für ihre Mitglieder zu handen der Betriebe zusätzliche Vorschriften und Merkblätter zu erlassen. Diese unterstehen der Genehmigung der Bleibenzin-Kommission. Gesuche sind an das Sekretariat, Postfach 213, Sihlpost, Zürich, zu richten.

## II. Verwendungszwecke

- a) Bleibenzin darf nur für motorische Zwecke abgegeben werden.
- b) Die Abgabe zu jeglicher andern Verwendung, insbesondere zum Gebrauch als Lösungs-, Verdünnungs- oder Reinigungsmittel oder zu Heiz-, Koch- oder Beleuchtungszwecken ist untersagt.
- c) Die Abgabe an den Verbraucher darf nur ab Tankstelle, in Fässern oder Bidons, die mit der Warnungsanschrift versehen sind, erfolgen.

## III. Richtlinien über den Umgang mit Bleibenzinen in Werkstätten, Garagen und Tankstellen

- a) Der Raum, in welchem sich die Tankstelle befindet, oder bei Anlagen im Freien deren Umgebung wie auch die Lokale, in denen die Abfüllung von Bleibenzin vorgenommen wird, sind peinlich sauber zu halten.  
Neben der üblichen täglichen und wöchentlichen Reinigung ist mindestens alle Vierteljahre eine gründliche Gesamtreinigung vorzunehmen.
- b) Bei allen Instandstellungsarbeiten oder Reparaturen, die an den benzinführenden Apparaturen der Tankstelle, an Tanks oder andern Behältern vorgenommen werden, sind die Sondervorschriften für die Tankreinigung zu beachten. Der Benzinlieferant ist verpflichtet, diese den Abnehmern kostenlos abzugeben.
- c) Räume, in denen Bleibenzin abgefüllt, gelagert oder verladen wird, müssen bei jeder Jahreszeit gut belüftet werden.
- d) Alle Gebinde, die Bleibenzin enthalten oder enthalten haben, sind nach den für Benzin allgemein gültigen Regeln verschlossen, vor Sonneneinwirkung geschützt und kühl aufzubewahren.
- e) Der Fußboden der Werkstätte, Garage oder Tankstelle darf keine Vertiefungen aufweisen, in denen sich Benzinlachen ansammeln können.
- f) Verschüttetes Bleibenzin ist sofort, wenn nötig unter Zuhilfenahme von Petroleum, aufzunehmen. Kleinere Mengen sind sofort mit reichlich Wasser wegzuschwemmen. Allfällige Rückstände sind mit Stielbürste, Wasser und Seife, wenn nötig unter Verwendung von Petroleum, wegzufegen.

g) Das Entrußen der Motoren und des Auspuffsystems darf nur feucht, unter Verwendung von Petroleum, erfolgen, in der Weise, daß die Bildung von bleihaltigem schädlichem Staub vermieden wird. Benzin- oder Verbrennungsrückstände am Motor, rußhaltige Beläge usw. sind nach Befeuchtung mit Petroleum abzukratzen. Auf keinen Fall dürfen sie mit Preßluft weggeblasen werden. Staub von Rückständen darf nicht durch Ventilation ins Freie geführt werden.

Die sich ergebenden Rückstände sind sorgfältig zu sammeln und so zu beseitigen, daß sie weder mit Menschen noch mit Tieren in Berührung kommen können. Am zweckmäßigsten ist das Vergraben an einem Ort, wo eine spätere Wiederaufdeckung unwahrscheinlich ist.

Das Verbrennen der Rückstände soll vermieden werden, da dabei gesundheitsschädliche Dämpfe entstehen.

#### IV. Vorsorgliche Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsschäden

- a) Körper und Kleider sollen so wenig als möglich mit Bleibenzin in Berührung kommen. Verboten ist daher das Waschen der Hände, Kleider und Werkzeuge mit Bleibenzin.
- b) Alle Arbeiter einer Garage haben ein zweckmäßiges, sauberes Ueberkleid und flüssigkeitsdichtes Schuhwerk zu tragen.  
Der Betriebsinhaber hat dafür zu sorgen, daß die abgelegten Kleider gegen Verunreinigung geschützt aufbewahrt werden können.
- c) Um das Eindringen von Bleibenzin in die Haut zu erschweren, sind die Hände vor Arbeitsbeginn mit einer Schutzsalbe einzureiben, die vom Betriebsinhaber zur Verfügung gestellt werden muß.
- d) Für alle Personen, die mit Bleibenzin in Berührung kommen, hat der Betriebsinhaber eine zweckmäßige Waschgelegenheit, womöglich mit warmem Wasser, einzurichten. Er hat außerdem die notwendige Seife, Schutzsalbe sowie Petroleum, Bürsten und Handtücher zur Verfügung zu stellen und für deren Erneuerung zu sorgen.
- e) Das Ansaugen von Benzin (Flüssigkeitsheber) und das Ausblasen von Leitungen mit dem Mund ist verboten.
- f) Vor dem Essen sind die Ueberkleider auszuziehen und die Hände gründlich zu waschen.

Das Essen in Garagen, Werkstätten und allen andern Räumen, in denen mit Bleibenzin, dessen Dämpfen oder Verbrennungsrückständen in Berührung gekommen wird, sowie das Tabakkauen während der Arbeit ist verboten.

## V. Verhalten bei Beschmutzung mit Bleibenzin

- a) Hände, Gesicht sowie alle beschmutzten Hautflächen sind so rasch wie möglich mit Wasser und Seife zu waschen.

Bei größerer Verunreinigung empfiehlt es sich, das Bleibenzin vorerst mit Petroleum und anschließend mit Wasser und Seife abzuwaschen. Betroffene Körperstellen sind mit einer Schutzsalbe einzureiben.

Geraten Spritzer von Bleibenzin in Augen, Nase oder Mund, so soll mit reichlich frischem Wasser ausgepült werden (kein Petroleum verwenden!).

- b) Mit Bleibenzin durchnäßte Kleider und Schuhe sind unverzüglich auszuziehen und vor Wiedergebrauch mit Wasser, Seife und Bürste zu waschen und gut auszulüften. Schuhe sind vorgängig mit Petroleum abzureiben.
- c) Werkzeuge, Maschinen und Apparate sind mit Petroleum zu reinigen.
- d) Verschüttetes Bleibenzin ist sofort nach den unter III f) gegebenen Vorschriften zu beseitigen.
- e) Besteht begründeter Verdacht einer Gesundheitsschädigung durch Bleibenzin, so ist ein Arzt zuzuziehen und sofort Meldung an das Sekretariat der Bleibenzin-Kommission, Postfach 213, Sihlpost Zürich, zu erstatten.

Wo es sich um versicherte Betriebe (SUVAL) handelt, geht eine Meldung der Betriebsleitung gleichzeitig auch an die Versicherung.

## VI. Haftungsumgrenzung

Haftbar für die Durchführung der vorstehenden Vorschriften und für die Kontrolle ihrer Einhaltung ist grundsätzlich der Geschäftsherr, bzw. die Betriebsleitung gemäß Art. 55 OR, Art. 5 FG und Art. 65 KUVG.

Die Haftung des Geschäftsherrn und der Betriebsleitung entfällt bei Fahrlässigkeit oder vorsätzlich vorschriftswidrigem Verhalten des Verunfallten.

## VII. Geltungsbereich

Die vorstehenden Richtlinien gelten für alle Garagisten und Tankstellenhalter, die Bleibenzin führen, verkaufen oder für sich selbst verwenden.

Für die bei der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt versicherten Arbeiter und Angestellten gelten allfällige Vorschriften der SUVAL noch zusätzlich.

## VIII. Verschiedene Bestimmungen

- a) Die Bleibenzin-Kommission ist berechtigt, Untersuchungen jeder Art zur Abklärung der Auswirkung der Verwendung von Bleibenzin in den Betrieben vorzunehmen. Diese Untersuchungen gehen zu Lasten eines besondern hierfür bestimmten Kredites.
- b) Die vorstehend genannten Richtlinien und Merkblätter für Garagisten und Tankstellenhalter, die Sondervorschriften für die Reinigung von Tanks und Kesselwagen sowie diejenigen von Konsumenten mit eigenen Tankanlagen und Vertriebsstellen können vom Sekretariat der Bleibenzin-Kommission in deutscher, französischer und italienischer Sprache bezogen werden.

Das Sekretariat nimmt Anregungen, Wünsche und Mitteilungen zuhanden der Bleibenzin-Kommission entgegen und steht zu jeder Auskunft zur Verfügung.

Zürich, den 8. Juli 1947

## Merkblatt

### über den Umgang mit Bleibenzinen (Tetraäthyl) für Garagisten und Tankstellenhalter (und ihre Arbeiter und Angestellten)

Allgemein ist festzuhalten, daß die jedem Benzin anhaftenden Eigenschaften (Explosionsgefährlichkeit, Giftigkeit der kohlenoxydhaltigen Auspuffgase, Gesundheitsschädlichkeit beim Einatmen größerer Mengen Bezdampf und schädigende Wirkungen auf die Haut) auch dem Bleibenzin zukommen und sich insbesondere bei unsorgfältigem Umgang ungünstig auswirken können.

Der Bleigehalt stellt nur bei unsachgemäßer Behandlung eine zusätzliche Gefährdung dar.

Bei der Verwendung und beim Umgang von bzw. mit Bleibenzin ist besonders zu beachten:

- Für *Umschlag und Lagerung* von Bleibenzin sowie die *Füllung von Fässern* und Bidons gelten genau die gleichen *feuerpolizeilichen Vorschriften* wie für Reinbenzin, *offenes Stehenlassen ist verboten*;
- Garage, Reparaturwerkstatt und der Raum um die Tankstelle (Servicestation) wie auch *alle Lokale*, die zur faß- oder bidonweisen Abfüllung dienen, sind *peinlich sauber* zu halten und müssen *immer gut belüftet* sein. Sie sollen *Waschgelegenheiten* für die Arbeiter und Angestellten mit womöglich warmem Wasser aufweisen;
- die *Reinigung* der Tankanlage (Tanksäule und Tank) und anderer Abfüllvorrichtungen, *Reparatur- und Schlosserarbeiten* dürfen nur unter Beachtung der *besonderen Vorschriften* erfolgen;
- das *Entrußen von Motoren*, die *Entfernung eventueller Rückstände*, sämtliche *Reparaturen* sowie *Reinigungsarbeiten* am Benzinsystem der Motoren haben *stets feucht*, unter Verwendung von Petroleum, *nach den besondern Vorschriften* zu erfolgen, wobei unbedingt zu beachten ist, daß das *Berühren von Bleibenzin mit dem Munde* (Ansaugen oder Ausblasen) *untersagt* ist;
- *verschüttetes Bleibenzin* ist mit reichlich Wasser *wegzuschwemmen*, *Rückstände* sind gemäß *besondern Vorschriften* für Garagisten und Tankstellenhalter zu entfernen;
- Bleibenzin darf *keinesfalls zu Reinigungszwecken* abgegeben oder zum *Händewaschen* u.ä. benutzt werden;
- vor Anhandnahme von Arbeiten, bei denen man mit Bleibenzin in Berührung kommen kann, sind die *Hände* mit einer *Schutzsalbe* einzureiben;

- bei Beschmutzung mit Bleibenzin sind die *betroffenen Körperteile* raschstmöglich mit Seife und Wasser zu waschen. *Die Augen dürfen nur mit reichlich kaltem Wasser* ausgespült werden;
- mit Bleibenzin *durchnäßte Kleider* sind raschstmöglich zu *wechseln* und mit Wasser, Bürste und Seife zu *waschen* und *gut auszulüften*;
- *Mahlzeiten* und Zwischenverpflegungen dürfen nur nach vorherigem Reinigen der Hände, Ablegen der Ueberkleider und keinesfalls in Räumen, in denen Bleibenzin aufbewahrt wird, eingenommen werden.

Jeder Garagist und alle seine Angestellten und Arbeiter, wie auch jeder Tankstellenhalter ist verpflichtet, die allgemeinen Vorschriften des Bundesrates über Umgang mit Bleibenzin und die besondern Vorschriften der Bleibenzin-Kommission zu kennen und zu befolgen. Diese Unterlagen sind ihnen durch ihre Lieferfirma kostenlos in genügender Anzahl zur Verfügung zu stellen. Auf gleiche Weise sind Garagisten, ihre Arbeiter und Tankstellenhalter verpflichtet, sich eventuelle weitere besondere Vorschriften über Tankreinigung zu verschaffen, wenn sie solche Arbeiten durchführen.

Zürich, den 23. Juni 1947

P.S. Dieses Merkblatt gilt auch für Konsumenten mit eigenen Anlagen und Vertriebsstellen.

## Besondere Vorschriften

über den Umgang mit Bleibenzinen (bleitetraäthylhaltigem Benzin)  
für Konsumenten mit eigenen Tankanlagen und Vertriebsstellen,  
deren Arbeiter und Angestellte

Gleicher Text wie Anhang 2a (Form. A) mit Ausnahme von Abschnitt IV.

### IV. Besondere Bestimmungen für landwirtschaftliche Betriebe

Die vorstehenden Vorschriften gelten auch für sämtliche landwirtschaftliche Betriebe, die Bleibenzin lagern oder verwenden. Die bereits bestehenden oder noch zu erlassenden Vorschriften der kantonalen oder kommunalen Gesundheitsbehörden sowie der Bau- und Feuerpolizei bleiben vorbehalten. Bei der Lagerung von Bleibenzin ist insbesondere darauf Rücksicht zu nehmen, daß jede mißbräuchliche Verwendung oder Gefährdung von Drittpersonen, wie Knechte, Mägde und Kinder, ausgeschlossen ist.

Verboten ist jede auch vorübergehende Lagerung von Bleibenzin in Räumen, in denen landwirtschaftliche Produkte und Futtermittel untergebracht werden.

## Besondere Vorschriften

### über den Umgang mit Bleibenzinen (bleitetraäethylhaltigem Benzin) für Import- und Großhandel

Jedes Benzin hat gewisse Eigenschaften, die bei unsorgfältigem Umgang die Gesundheit gefährden können. Diese kommen auch dem Bleibenzin zu (Explosions- und Feuergefährlichkeit, Giftigkeit der kohlenoxydhaltigen Auspuffgase, Gesundheitsschädlichkeit beim Einatmen größerer Mengen Bezdindampf, schädigende Wirkungen auf die Haut). Das Bleibenzin enthält im Gegensatz zu Reinbenzin in geringen Mengen eine giftige bleihaltige Substanz, die bei unsachgemäßem Verhalten eine zusätzliche Gefährdung darstellt.

#### I. Kennzeichnung und Abgabevorschriften

- a) Bleibenzine müssen wie folgt gefärbt sein:

Flugbenzin von OZ 100 und mehr: deutlich grünlich

Flugbenzin von OZ unter 100: deutlich bläulich

Autobenzine: deutlich rötlich

- b) Für Autobenzin darf der Gehalt an Bleitetraäethyl  $0,6 \text{ cm}^3/\text{Liter}$  nicht übersteigen.

- c) Bleibenzin darf nur als gebrauchsfertige Mischung, d.h. als Reinbenzin mit dem erforderlichen Zusatz an Bleitetraäethyl importiert werden.

Die Einfuhr von Bleitetraäethyl in reiner Form sowie jedes Mischen von Reinbenzin mit Bleitetraäethyl ist innerhalb der Schweizergrenzen ohne ausdrückliche vorgängige Bewilligung der Bleibenzin-Kommision verboten.

- d) Die Importeure, d.h. die Mitglieder der «Carbura» und der gesamte Großhandel sind verpflichtet, Bleibenzine nur in Kesselwagen, Tankwagen, Bidons, Fässern oder andern Gebinden anzudienen, die mit der Warenanschrift versehen sind:

*«Dieses Benzin enthält Blei (Tetraäethyl) und ist nur für motorische Zwecke zu verwenden».*

Die Warnungsanschrift darf erst entfernt werden, wenn der Tank, das Transportmittel oder die Abfüllvorrichtung, die Bidons oder die Fässer gemäß den bestehenden Sondervorschriften gereinigt sind.

- e) Die Importeure sowie der Großhandel sind verpflichtet, darauf zu achten, daß keine Lieferung von Bleibenzinen an Tankstellenhalter oder direkt an Konsumenten erfolgt, bevor nicht alle die sie betreffen-

den Vorschriften über die Verwendung von Bleibenzinen und eventuell die Sondervorschriften für die Reinigung von Tanks, Fässern und Bidons erhalten und deren Empfang schriftlich bestätigt haben.

- f) Die Importeure, d.h. die Mitglieder der «Carbura» und der gesamte Großhandel sind verpflichtet, dafür zu sorgen, daß ihre sämtlichen Mitarbeiter und alle angeschlossenen Betriebe diese Vorschriften und allfällige spätere Ergänzungen erhalten. Sie kontrollieren laufend deren Befolgung in allen Betrieben.
- g) Der Import- und Großhandel ist dafür verantwortlich, daß sämtliche Mitarbeiter und alle Tank- und Kesselwagen-Reinigungsbetriebe sich bezüglich Umschlag, Transport, Abfüllung, Lagerhaltung und Reinigung an die hiefür geltenden Sondervorschriften halten.
- h) Die Importeure und der Großhandel sind berechtigt, in ihren eigenen Betrieben zusätzliche Vorschriften und Merkblätter zu erlassen, die der Genehmigung der Bleibenzin-Kommission unterstehen. Gesuche sind an das Sekretariat, Postfach 213, Sihlpost, Zürich, zu richten.

## II. Verwendungszwecke

- a) Bleibenzine dürfen nur für motorische Zwecke abgegeben werden. Die Abgabe zu jeglicher anderer Verwendung, insbesondere zum Gebrauch als Lösungs-, Verdünnungs- oder Reinigungsmittel oder zu Heiz-, Koch- oder Beleuchtungszwecken ist untersagt.
- b) Die Abgabe an die Abnehmer darf nur kesselwagen-, tankwagen-, fass- oder bidonweise erfolgen.

## III. Richtlinien über den Umgang mit Bleibenzinen

- a) Abfüll-Lokale, Magazine und Verladestellen, in denen Bleibenzin gelagert, umgeschlagen oder abgefüllt werden, sind peinlich sauber zu halten.  
Neben der üblichen täglichen und wöchentlichen Reinigung ist mindestens alle Vierteljahre eine gründliche Gesamtreinigung vorzunehmen.
- b) Räume, in denen Bleibenzin abgefüllt, gelagert oder verladen wird, müssen bei jeder Jahreszeit gut belüftet werden.
- c) Alle Gebinde, die Bleibenzin enthalten oder enthalten haben, sind nach den für Benzin allgemein gültigen Regeln verschlossen, vor Sonnen-einwirkung geschützt und kühl aufzubewahren.
- d) Der Boden aller Räume, in welchen mit Bleibenzin umgegangen wird, darf keine Vertiefungen aufweisen, in denen sich Benzinlachen an-sammeln können.

- e) Verschüttetes Bleibenzin ist sofort, wenn nötig unter Zuhilfenahme von Petroleum, aufzunehmen. Kleinere Mengen sind sofort mit reichlich Wasser wegzu schwemmen. Allfällige Rückstände sind mit Stielbürste, Wasser und Seife, wenn nötig unter Verwendung von Petroleum, wegzu fegen.
  - f) Für das Umschlags- und Verladepersonal gilt im besondern, daß das Einstiegen in Tanks-, Kesselwagen oder andere Ausgabevorrichtungen, ferner Reparaturen und Schlosserarbeiten nur unter Beachtung der hiefür geltenden Sondervorschriften für Tank- und Kesselwagen-Reinigungs personal vorgenommen werden dürfen.
  - g) Anfallende Rückstände und Schlamm sind sorgfältig zu sammeln und so zu beseitigen, daß sie weder mit Menschen noch mit Tieren in Berührung kommen können. Am zweckmäßigsten ist das Vergraben an einem Ort, wo ein späteres Wiederaufdecken unwahrscheinlich ist. Dasselbe gilt für alte Kleider, unbrauchbar gewordenes Reinigungs material und andere Utensilien, die mit Bleibenzin in Berührung gekommen sind.
- Das Verbrennen der Rückstände soll vermieden werden, da dabei gesundheitsschädliche Dämpfe entstehen.

#### IV. Vorsorgliche Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsschäden

- a) Körper und Kleider sollen so wenig als möglich mit Bleibenzin in Berührung kommen. Verboten ist daher das Waschen der Hände, Kleider und Werkzeuge mit Bleibenzin.
- b) Wer bei der Arbeit mit Bleibenzin in Berührung kommen kann, ist verpflichtet, geeignete Kleider und geeignetes Schuhwerk zu tragen.
- c) Um das Eindringen von Bleibenzin in die Haut zu erschweren, sind die Hände vor Arbeitsbeginn mit einer Schutzsalbe einzureiben, die vom Betriebsinhaber zur Verfügung gestellt werden muß.
- d) Für alle Personen, die mit Bleibenzin in Berührung kommen, hat der Betriebsinhaber eine zweckmäßige Waschgelegenheit womöglich mit warmem Wasser einzurichten. Er hat außerdem die notwendige Seife, Schutzsalbe sowie Petroleum, Bürsten und Handtücher zur Verfügung zu stellen und für deren Erneuerung zu sorgen.
- e) Das Ansaugen von Bleibenzin (Flüssigkeitsheber) und das Ausblasen von Leitungen mit dem Mund ist verboten.
- f) Vor dem Essen sind die Ueberkleider auszuziehen und die Hände gründlich zu waschen.

Das Essen in allen Räumen, in denen sich Bleibenzin befindet und mit dessen Dämpfen oder Verbrennungsrückständen in Berührung gekommen wird, sowie das Tabakkauen während der Arbeit ist verboten.

## V. Verhalten bei Beschmutzung mit Bleibenzin

- a) Hände, Gesicht sowie alle beschmutzten Hautflächen sind so rasch wie möglich mit Wasser und Seife zu waschen.

Bei größerer Verunreinigung empfiehlt es sich, das Bleibenzin vorerst mit Petroleum und anschließend mit Wasser und Seife abzuwaschen. Betroffene Körperstellen sind mit einer Schutzsalbe einzureiben.

Geraten Spritzer von Bleibenzin in Augen, Nase oder Mund, so soll mit reichlich frischem Wasser ausgespült werden (kein Petroleum verwenden!).

- b) Mit Bleibenzin durchnäste Kleider und Schuhe sind unverzüglich auszuziehen und vor Wiedergebrauch mit Wasser, Seife und Bürste zu waschen und gut auszulüften. Schuhe sind vorgängig mit Petroleum abzureiben.

- c) Werkzeuge, Maschinen und Apparate sind mit Petroleum zu reinigen.

- d) Verschüttetes Bleibenzin ist sofort nach den unter III e) gegebenen Vorschriften zu beseitigen.

- e) Besteht begründeter Verdacht einer Gesundheitsschädigung durch Bleibenzin, so ist ein Arzt zuzuziehen und sofort Meldung an das Sekretariat der Bleibenzin-Kommission, Postfach 213, Sihlpost, Zürich, zu erstatten.

Wo es sich um versicherte Betriebe (SUVAL) handelt, geht eine Meldung der Betriebsleitung gleichzeitig auch an die Versicherung.

## VI. Haftungsumgrenzung

Haftbar für die Durchführung der vorstehenden Vorschriften und für die Kontrolle ihrer Einhaltung ist grundsätzlich der Geschäftsherr, bzw. die Betriebsleitung gemäß Art. 55 OR, Art. 5 FG und Art. 65 KUVG.

Die Haftung des Geschäftsherrn und der Betriebsleitung entfällt bei Fahrlässigkeit oder vorsätzlich vorschriftswidrigem Verhalten des Verunfallten.

## VII. Geltungsbereich

Die vorstehenden Vorschriften gelten für den gesamten Import- und Großhandel, der sich mit Import, Transport, Umschlag, Lagerung und Verkauf von Bleibenzinen befaßt, sowie Tank- und Kesselwagen-Reinigungen, Reparaturen und Schlosserarbeiten an Bleibenzinanlagen durchführt.

Für die bei der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt versicherten Arbeiter und Angestellten gelten allfällige Vorschriften der SUVAL noch zusätzlich.

## VIII. Verschiedene Bestimmungen

1. Die Fabrikation von Bleitetraäthyl ist ohne ausdrückliche vorgängige Bewilligung der Bleibenzin-Kommission untersagt.
2. Die Bleibenzin-Kommission ist berechtigt, Untersuchungen jeder Art zur Abklärung der Auswirkung der Verwendung von Bleibenzinen in den Betrieben vorzunehmen. Diese Untersuchungen gehen zu Lasten eines besondern hiefür bestimmten Kredites.
3. Die vorstehend genannten Bestimmungen und Merkblätter für den Import- und Großhandel sowie diejenigen für das Tank- und Kesselwagen-Reinigungspersonal, Garagisten und Tankstellenhalter und Konsumenten mit eigenen Tankanlagen und Vertriebsstellen können vom Sekretariat der Bleibenzin-Kommission in deutscher, französischer und italienischer Fassung bezogen werden.

Das Sekretariat nimmt Anregungen, Wünsche und Mitteilungen zuhanden der Bleibenzin-Kommission entgegen und steht zu jeder Auskunft zur Verfügung.

Zürich, den 8. Juli 1947

**Dieses Benzin  
enthält Blei  
«TETRAETHYL»  
und ist nur für motorische  
Zwecke zu verwenden**

## Anhang 6

# Untersuchungen technischer und physiologischer Art

Dr. H. Preis, EMPA, Zürich

## 1. Chemisch-analytische Bestimmung kleiner Bleimengen

Für die analytische Erfassung und quantitative Bestimmung von Bleimengen hinab bis zum Bereich von  $10^{-6}$  bis  $10^{-7}$  g waren (1948) spektrographische, polarographische und kolorimetrische Methoden bekannt. Wegen ihrer im Vergleich zur Polarographie höheren Empfindlichkeit sowie gegenüber der Spektrographie besseren Bestimmungsgenauigkeit und universelleren Anwendungsmöglichkeit auf verschiedene Probeformen wurde der kolorimetrischen Bestimmung mit Dithizon der Vorzug gegeben. Dabei waren, wie bei allen Methoden zur Spurenbestimmung, an die Reinheit der Reagenzien und Geräte besondere Anforderungen zu stellen. Hierzu, zu den eigentlichen Analysenverfahren sowie zu deren Selektivität sei auf die Literatur verwiesen, z.B.:

*E. B. Sandell: Colorimetric Determination of Traces of Metals, Interscience Publishers, Inc., New York, 1. Aufl. 1944, 2. Aufl. 1950.*

*L. J. Snyder: Analyt. Chemistry 19, 685 (1947).*

EMPA-Berichte: s. Teil IV. B.

## 2. Abscheidung und Probenahme von hochdisper sen bleihaltigen Verbindungen aus Luft

Zur Abscheidung hinreichend großer Bleibeträge waren Luftmengen im Bereich von 1 bis 100 m<sup>3</sup> erforderlich, die mit Strömungsgeschwindigkeiten von etwa 1 bis 30 m<sup>3</sup>/h durch die Abscheidungsvorrichtungen zu befördern waren. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Geräte gebaut, die im Prinzip alle gleich arbeiteten, sich aber in ihrer Förderleistung und Anwendbarkeit auf spezielle Aufgaben unterschieden. Die zu untersuchende Luft wurde unmittelbar aus dem Proberaum in die eigentliche Abscheidevorrichtung gesaugt, wo die bleihaltigen Anteile abgetrennt wurden. Hierauf wurde der Luftstrom zur Mengenmessung durch eine geeichte Staudüse geführt und schließlich durch das Ansaugebläse wieder ins Freie ausgestoßen. Die zeitlich angesaugte Luftmenge konnte mit Drosselklappen hinter der Abscheidevorrichtung und durch elektrische Regelung der Leistung des Ansauggebläses variiert und eingestellt werden. Die geförderte Luftmenge ergab sich als Produkt aus Zeit und zeitlich geförderter Menge.

Zur Abscheidung von *Flugstäuben* dienten zwei verschiedene Vorrichtungen:

### *Elektrostatischer Abscheider (Cotrellprinzip)*

Er bestand aus einem Pyrexglasrohr von 45 cm Länge und 38 mm lichter Weite, in dessen Achse ein Aluminiumdraht gespannt war und das außen einen

eng anliegenden Blechmantel trug. Zwischen Draht und Blech konnte eine regelbare Gleichspannung mit einem Maximalwert von 30 kV gelegt werden. Das Rohr war über einen Schliff anzuschließen an die Saug- und Dosievorrichtung. Es standen mehrere mit Schliffklappen verschließbare Rohre zur Verfügung, die untereinander mit wenigen Handgriffen auswechselbar waren, so daß mehrere Proben in kurzer zeitlicher Folge genommen werden konnten. Als Gleichspannungsquelle diente ein Röntgentransformator mit nachgeschaltetem Gleichrichter, primärseits an 220 V anschließbar. Das ebenfalls an 220 V anzuschließende Ansaugegebläse leistete maximal 90 VA und förderte dabei etwa 20 m<sup>3</sup> Luft pro Stunde. Die ganze Einrichtung befand sich in einem transportablen Gehäuse. Vorteile: Einfache Ueberführung der abgeschiedenen Staubproben in den Analysengang lediglich durch Ausspülen der Cotrellrohre mit Salpetersäure. Nachteile: Starre Lage des Abscheiderrohres im Gerät, relativ großes Gewicht, Gefährdung durch Hochspannung, Bruchgefahr der Cotrellrohre.

### Filterabscheider

Die Luft wurde unmittelbar aus dem Proberaum durch aufeinandergelegte Papierfilter («Schwarzband» und «Weißband», Schleicher & Schüll) gesaugt, welche auf trichterförmigen Mundstücken, abgestützt durch Drahtnetze und am Rande ringförmig gehalten, auflagen. Die Mundstücke, drei am gleichen Ansaugegerät, befanden sich am Ende flexibler Schläuche und konnten bei feststehendem, in einem tragbaren Gehäuse untergebrachten Ansaugegerät über eine größere Strecke im Raume frei bewegt werden. Das Ansaugegebläse (Haushaltstaubsauger, 220 V) leistete maximal 400 VA und förderte dabei durch jeden der drei Filter ca. 10 m<sup>3</sup> Luft pro Stunde. In den einzelnen Saugsträngen war die Strömungsgeschwindigkeit durch Drosseln individuell regelbar und an separaten Staublenden für jeden Strang meßbar. Vorteile: Handliche Form der auf den Filtern fixierten Staubproben, leicht transportables Gerät mit weitgehend frei beweglichen Ansaugstellen. Nachteile: Umständlichere Aufarbeitung der Proben (im Vergleich zu den Cotrellrohrproben), mit zunehmender Verstopfung der Filterporen sinkende Förderleistung des Ansaugegebläses, weswegen bei längerer Probenahme häufiges Nachregulieren erforderlich war, relativ hohe Blindgehalte der Filter an Blei.

Die Vorteile des Filterabscheiders waren derart, daß er wo immer möglich dem elektrostatischen Abscheider vorgezogen wurde.

Zur Abscheidung von *Btä-Dampf* aus Luft wurde im Prinzip nach einem von *L. J. Snyder* und Mitarbeitern<sup>1)</sup> beschriebenen Verfahren gearbeitet, indem die Luft durch Frittenwaschflaschen mit wäßriger Jod-Jodkaliumpflösung gesogen wurde. Zur Luftpdosierung und als Ansaugevorrichtung diente hierbei der vorbeschriebene Filterabscheider, wobei an Stelle des Filtermundstückes eine Frit-

<sup>1)</sup> Determination of Lead in Air, Anal. Chemistry **20**, 772 (1948).

tenwaschflasche angeschlossen wurde. Es war möglich, mit diesem Gerät gleichzeitig Flugstaub- und Btä-Dampfproben zu gewinnen. Die Durchsatzgeschwindigkeit der Luft durch die Frittenwaschflasche betrug ca. 100 Liter pro Stunde.

### 3. Ausbringeffekte der Probenahmegeräte für Luftproben

Die Wirksamkeit der Filterabscheider wurde folgendermaßen geprüft:

In einer Dochtlampe wurde Bleibenzin, gemischt mit 10 Volumteilen Alkohol, verbrannt und das Verbrennungsgas quantitativ durch den Filterabscheider gesogen. Aus dem bekannten Bleigehalt der verbrannten Benzinkenve und dem in den Filtern wiedergefundenen Blei ergaben sich folgende Ausbringungsgrade:

Versuch 1	103 %
Versuch 2	91 %
Versuch 3	94 %
Mittel	96 %

Stellt man bei den angewandten geringen Versuchsmengen Blei eine Analysenfehlertoleranz von  $\pm 10\%$  in Rechnung, so läßt sich aus den Resultaten folgern, daß praktisch quantitative Abscheidung der bleihaltigen Stäube auf den Filtern erfolgte. Bei der außerordentlichen Feinheit der bleihaltigen Stäube, die im Falle der bei diesen Kontrollversuchen benutzten Dochtlampe durchaus vergleichbar mit den Auspuffstäuben war, ließ sich dieser gute Effekt nicht ohne weiteres erwarten, waren doch die Poren der verwendeten Filter rund 1000mal größer. Der Ausbringeffekt kommt dabei nicht so sehr durch eine mechanische Siebwirkung zustande, als durch einen «Impinge»-Effekt, hervorgerufen durch häufige scharfe Richtungsänderungen der Staubpartikel in der filzartigen Textur der Filter und damit verbundenem Aufprallen und Haftenbleiben auf den Filterfasern. Die doppelte Filterlage erwies sich als hinreichend zur quantitativen Ausbringung der Bleistäube. Dabei schied sich der Hauptanteil des Bleis jeweils schon im ersten und nur ein kleiner Bruchteil im zweiten Filter ab, während versuchsweise nachgeschaltete dritte Filterlagen praktisch bleifrei blieben.

Der Ausbringeffekt des elektrostatischen Abscheiders wurde durch Parallelbetrieb mit dem Filterabscheider überprüft, wobei Luftproben gleichen Bleigehaltes angesogen wurden. Innerhalb der Versuchsfehlerstreuungen ergaben sich bei Abscheidungsspannungen oberhalb 20 kV am Cottrellrohr gleich gute Abscheidungsgrade beider Geräte.

In Uebereinstimmung mit den Untersuchungsergebnissen von *Snyder* und Mitarbeitern (vorstehend zitiert) erwies sich die Ausbringung von Btä-Dämpfen aus Luft durch Jodlösung bei der vorstehend beschriebenen Art der Probenahme als quantitativ. Es zeigte sich indessen, daß bei Betrieb in Luft, die gleichzeitig Btä-Dämpfe neben bleihaltigem Auspuffstaub enthielt, nicht nur das Btä quantitativ zurückbehalten, sondern auch ein Teil des bleihaltigen Staubes von der Jodlösung aufgenommen wurde. In einigen Kontrollversuchen, angestellt in ge-

schlossenen Räumen mit bekannten Btä- und Bleistaubgehalten der Luft, konnte der Ausbringeffekt der Frittenwaschflaschen mit Jodlösung auf die Bleistäube orientierungsweise zu 20 bis 25 % der vorhandenen Bleanteile im Staub ermittelt werden. Ueberall da, wo Btä-Dämpfe neben gleichzeitig in der Luft vorhandenen staubförmigen Bleiverbindungen bestimmt worden waren, hauptsächlich also in Garagen und Hangars, war eine entsprechende Korrektur an den ermittelten Btä-Gehalten der Luft anzubringen.

#### 4. Versuchsführung bei der Bestimmung des Retentionsgrades der Bleiverbindungen in Lunge und Atemwegen

Die Testpersonen befanden sich bei diesen Untersuchungen in einem geschlossenen, 30 m<sup>3</sup> großen Raum, in welchem entweder durch Verdampfen bekannter Mengen Flugbenzin Btä-Konzentrationen bestimmter Höhe in der Raumluft vorgelegt oder durch Verbrennen bleihaltigen Benzins in einer Lötlampe Bleistaubkonzentrationen der Luft in gewünschter Höhe erzeugt worden waren. Für die Versuche mit Btä-Dampf wurde eine Versuchseinrichtung aufgebaut, bestehend aus zwei Strängen, deren jeder am Anfang einen Frittenabsorber mit Jod-KJ-Lösung nach *Snyder*, dann eine Gasuhr und am Ende eine Saugvorrichtung mit regelbarem Ansauge-Unterdruck umfaßte. Die Eintrittsöffnung des einen Frittenabsorbers wurde mittels einer kurzen Glasverbindung, in welche ein pfeifennartiger Sack als Speichelabscheider eingefügt war, mit dem Munde der Versuchsperson verbunden. Als eigentliches Mundstück diente ein kurzer Gummischlauch, der beim Einatmen mit den Zähnen oder Lippen zugequetscht oder mit der Zunge verschlossen werden konnte. Eingeatmet wurde frei durch die Nase, ausgeatmet durch den Mund in den einen Meßstrang hinein. Die Eintrittsöffnung des zweiten Absorbers befand sich etwa 10 bis 20 cm von der Nase der Versuchsperson entfernt in Kopfhöhe. Durch sie wurde Raumluft von derselben Art angesogen, wie sie von der Versuchsperson während der Dauer des Versuches eingeatmet werden mußte. Nachdem sich die Versuchsperson an das Mundstück des einen Meßstranges gesetzt hatte, wurde in beiden Meßsträngen mittels der Saugvorrichtungen eine gleiche mittlere Durchsatzgeschwindigkeit der Luft eingereguliert. Hierbei fiel der Saugvorrichtung in der Ausatemstrecke die Aufgabe zu, den beträchtlichen Atemwiderstand der Fritte praktisch auf null zu reduzieren. Um den stoßweisen Durchtritt der ausgeatmeten Luft durch die Fritte etwas auszugleichen, befanden sich zwischen dieser und der Saugvorrichtung mehrere größere, als Puffer wirkende Gefäße.

Zur Untersuchung über den Grad des Rückbehaltens von bleihaltigem Staub wurden ebenfalls zwei parallele Meßstränge verwendet, wobei durch den einen die zuvor frei durch die Nase eingeatmete Raumluft ausgeatmet wurde, während der andere gleichzeitig zur Probenahme der Raumluft im Betrieb war. Zur Abscheidung des Bleistaubes war in beiden Meßstrecken ein elektrostatischer Abscheider eingebaut, wie er vorstehend beschrieben worden ist. Die aus dem

Munde der Versuchsperson ausgeatmete Luft wurde zuerst durch ein kurzes von außen dauernd auf ca. 40° C erwärmtes Quarzrohr, dann durch einen geerdeten Metallrohrstutzen und hierauf unmittelbar in das Cotrellrohr des elektrostatischen Abscheiders geführt. Diese Anordnung diente zur Sicherung der Versuchsperson vor Ueberschlägen der elektrischen Hochspannung des Abscheiders. Durch die Beheizung des ausgeatmeten Luftstromes wurde erreicht, daß sich vor dem Eintritt der Atemluft in den Abscheider kein Kondensat bilden konnte, in welchem allenfalls Bleistaub zurückgehalten und der analytischen Bestimmung entzogen worden wäre. Leider ergab sich hieraus der Nachteil, daß die in den Abscheider eintretende Luft feuchtigkeitsgesättigt war und daß deswegen zur Vermeidung von Funkendurchschlägen im Cotrellrohr die angelegte Spannung erheblich reduziert werden mußte. Hierin dürfte der Hauptgrund liegen, daß der Abscheider offensichtlich nicht mehr quantitativ arbeitete und daß die damit erhaltenen Einzelwerte in Parallelbestimmungen etwa um  $\pm 20\%$  streuten. Durch eine Anzahl von Testversuchen über den Ausbringungsgrad des Abscheiders wurde ein Korrektionsfaktor ermittelt, mit dem die zuverlässigsten Einzelwerte der Versuchsserie korrigiert wurden.

Leider schied im vorliegenden Falle die an sich experimentell einfachere Anwendung von Papierfiltern aus, weil die bei einer den Versuchspersonen zumutbaren Dauer des Einzelversuches abgeschiedene Bleimenge in der Gegend des Blindwertes der Papierfilter lag.

## 5. Probenahme von Sedimentstäuben

Sedimentstäube in Straßen und Werkstätten wurden mit einem feinen Haarpinsel auf ein weißes, glattes Papier gesammelt und in Glasgefäße abgefüllt. Die Proben wurden bei 100° C getrocknet und aus dem staubtrockenen Gut gröbere Teilchen abgesiebt. Besondere Sorge wurde dafür getragen, daß vom Unterlage-material nach Möglichkeit nichts in das Probegut gelangen konnte, um eine Verdünnung des eigentlichen Sedimentstaubes zu vermeiden. Auf glatten oder kompakten Unterlagen, wie Simsen oder dem Belag städtischer Straßen, war dies verhältnismäßig leicht durchführbar. Mehr Mühe bereitete die Probenahme auf der Oberfläche von Naturstraßen (Tabelle 14) wegen der Gefahr der Ver-mischung des Probegutes mit Sand und größeren Staubteilchen. Auf die Feinheit solcher Staubproben wurde besonders geachtet, und es konnte erreicht werden, daß das zur Analyse gelangende Probegut sich seinem Verteilungszustande nach nicht wesentlich von den Sedimentstaubproben unterschied, die auf dem Hartbelag der Stadtstraßen gesammelt worden waren.

Die Sedimentstäube aus Werkstätten und bleiverarbeitenden gewerblichen Betrieben stammen sämtlich von Stellen, die mindestens 1,5 m über Bodenhöhe lagen (Simse, Lampenschirme, Möbel u.dgl.). Probenahme an Orten, wo mechanisch abgetrennte gröbere Metallpartikeln (Kehricht, Feilstaub) hingelangen konnten, wurde unterlassen.

## Anhang 7

### Formular für die ärztlichen Reihenuntersuchungen

Prof. D. Högger, Zürich

Firma:

Nr.

Name:

Arbeit:

Datum:

Geburtsdatum:

Zivilstand:

#### *Anamnese*

Arbeitsanamnese

Einwirkung von Benzin, Pb usw.

#### *Krankheitsanamnese*

Appetitlosigkeit

Störungen des Schlafes

Gewichtsabnahme

Schlaflosigkeit

Verdauungsstörungen

Schwäche

Verstopfung

Leichte Ermüdbarkeit

Metall. Geschmack

Kopfweh

Familienanamnese

Störungen der Sinnesorgane

#### *Status*

Größe

Gewicht

Temp.

Puls

Blutdruck

Dynamometer rechts

Körperbau und EZ

Dynamometer links

Gesichtsausdruck

Lymphknoten

Haltung

Augen: Conjunctiven

Pupillarreflexe

Nystagmus

Haut:

Thorax

Mundhöhle und Rachen

Abdomen

Nervensystem: Patellar

Bauchdecken

Achilles

Tremor

Babinsky

Rhomberg

Urin:

Eiweiß

(Koprotoporphyrin)

Zucker

Urobilinogen

Blutstatus:

Haemoglobin

Erythrocyten

Basophil punktierte Erythrocyten

Leukocyten

Neutrophile segm.

Basophile

Neutrophile stabkernig

Monocyten

Eosinophile

Lymphocyten

## Elektrochemische Bleibestimmung im Blut

P.D. Dr. H. Rosenmund, Med.-Chem. Zentrallaboratorium des Kantonsspitals, Zürich.

Bei der elektrochemischen Bleibestimmung, wie sie am medizinisch-chemischen Zentrallaboratorium des Kantonsspitals Zürich angewandt wird, handelt es sich um eine coulometrische Meßmethode, die durch eine hohe Empfindlichkeit ausgezeichnet ist. Die Methode beruht auf der elektrochemischen Reduktion des anodisch abgeschiedenen Bleidioxyds zu zweiwertigem Blei. Nach dem Faraday'schen Gesetz sind zur Reduktion von  $2,072 \gamma \text{ PbO}_2$  1929,8 Mikroampère-sekunden erforderlich. 1 Mikroampèresekunde entspricht demnach 0,001074  $\gamma$  Blei. Als praktische Empfindlichkeitsgrenze kann bei der verfeinerten Meßanordnung, die seit 1960 im Zentrallaboratorium in Gebrauch steht, mit 0,01  $\gamma$  Blei gerechnet werden; bei der vor 1960 gebräuchlichen Anordnung betrug die Empfindlichkeitsgrenze 0,1  $\gamma$ .

Die Bestimmung zerfällt in drei Teile:

1. Mineralisierung des Blutes,
2. Quantitative Abtrennung des Bleis,
3. Coulometrischer Meßvorgang.

Die Mineralisierung geschieht naß mit Hilfe destillierter bzw. völlig bleifrei gemachter Säuren in Kjeldahlkölbchen aus Quarz.

Die quantitative Abtrennung des Bleis geschieht zweistufig. In der ersten Stufe kann die Abtrennung entweder a) durch kathodische elektrolytische Abscheidung des Bleis simultan mit Kupfer in einer Wasserstoffatmosphäre erfolgen, oder b) durch Extraktion des Dithizonbleikomplexes mit Tetrachlorkohlenstoff. Bis 1959 wurde ausschließlich die kathodische Elektrolyse angewandt. Die Dithizonextraktion hat gegenüber der kathodischen Elektrolyse den Vorteil, rascher zum Ziel zu führen, setzt dafür aber mehr manuelle Arbeit voraus.

In der zweiten Stufe wird das nach a) oder b) aus dem mineralisierten Blut abgetrennte Blei durch anodische Elektrolyse als  $\text{PbO}_2$  auf einer Platinelektrode abgeschieden.

Der coulometrische Meßvorgang besteht darin, die Zeit und die Stromstärke, d.h. die Strommenge zu messen, die zur vollständigen Reduktion des  $\text{PbO}_2$  nötig ist. Als Indikator für den Endpunkt dieser Reduktion wird der Potentialsprung an der Platinelektrode ausgewertet. Das Elektrodenpotential bricht nach erfolgter Reduktion des  $\text{PbO}_2$  zusammen.

Die Methode wurde 1957 am Internationalen Kongreß für klinische Chemie in Stockholm bekanntgegeben. Eine Zusammenfassung davon ist in Scand. J. Clin. & Lab. Invest., Vol. 10, Suppl. 31, S. 296 (1958) unter *E. Offermann* und *H. Rosenmund* publiziert.

## Anhang 9

### Bleibestimmung im Blut (Dithizon-Methode)

Dr. E. Lauber, Eidg. Gesundheitsamt, Bern

Die Mineralisation kann nach zwei grundsätzlich voneinander verschiedenen Methoden erfolgen:

1. *Trockene Veraschung in der Quarzschale*

nach K. Bambach und R. E. Burkey, Industr. Engin. Chem., Anal. Ed. 1942, 904–907.

2. *Nasse Veraschung im Apparat nach Pien*

Annales Fals. 47, 266 (1954)

Annales Fals. 48, 420 (1955)

Nachfolgend werden nur die Werte, die nach der trockenen Veraschung erhalten wurden, wiedergegeben, da sich hier günstige Resultate ergaben. Die Ergebnisse nach der nassen Veraschung waren unbefriedigend.

Für die Extraktion mit Dithizon wurde die Aufschlußlösung mit einer Komplexlösung von Ammoniumcitrat, Hydroxylamin und Ammoniumcyanid versetzt und weiter behandelt, wie von Högl und Sulser<sup>1)</sup> beschrieben. Zum Schluß wurde der Bleigehalt nach der photometrischen Methode im Stufenphotometer oder Spektralphotometer bestimmt. Vorgängig war eine Eichkurve aufzustellen. Weitere Hinweise betreffend die Dithizonmethode sind im Werk von E. B. Sandell<sup>2)</sup> enthalten.

*Resultate* (Ausgegangen wurde jeweils von 10 g Blut).

1. Die Bleibestimmungen in *Tierblut* ergaben folgende Durchschnittswerte in  $\gamma\%$ :

a)	Kalbsblut	7,1
b)	Schafblut	4,5
c)	Rindsblut	8,1
d)	Schweinsblut	6,1

2. Um festzustellen, mit welchen Bleiverlusten während der Bestimmung zu rechnen ist, wurden bekannte Mengen Blei dem Tierblut zugesetzt und bestimmt. Bei einer Zugabe von 5  $\gamma$  Blei wurden in sechs Bestimmungen zwischen 50 und 97 % der zugesetzten Menge wiedergefunden (im Mittel 73 %). Bei einem Zusatz von 10  $\gamma$  Blei schwankten die gefundenen Werte von 86 bis 90 % (im Mittel 88 %).

<sup>1)</sup> «Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene» 42, 298 (1951).

<sup>2)</sup> Colorimetric Determination of Traces of Metals, Interscience Publishers, Inc., New York, 2. Auflage (1950).

3. Ueber die Bleibestimmung im Blut von Büropersonal und von Chemikern des Eidg. Gesundheitsamtes gibt folgende Tabelle Auskunft:

Untersuchte Person	Pb gefunden γ pro 10 g	Mittel γ pro 10 g	Abzüglich 0,3 γ (Bleigehalt der Reagenzien)	Pb γ%
1	1,0	1,15	0,85	8,5
	1,3			
2	1,9	2,2	1,9	19
	2,5			
3	1,4	1,35	1,05	10,5
	1,3			
4	1,1	1,15	0,85	8,5
	1,2			
5	1,2	1,3	1,0	10
	1,4			
6	1,8	1,95	1,65	16,5
	2,1			
7	0,9	0,9	0,6	6

## VI. Résumé et Conclusions

Le Conseil fédéral a décidé, le 11 avril 1947, d'autoriser l'addition de plomb-tétraéthyle, c'est-à-dire d'une substance non autorisée jusqu'alors en Suisse, à la benzine destinée aux automobiles; en même temps il a chargé le Département de l'intérieur de nommer une commission d'experts avec mandat de suivre les effets de cette mesure sur la santé des personnes en rapport avec la benzine ainsi traitée ainsi que, plus généralement et du point de vue médico-chimique, sur celle du peuple et d'édicter les prescriptions de sécurité y relatives nécessaires.

### Toxicologie du plomb-tétraéthyle et de la benzine éthylée

Il est bien connu que le plomb-tétraéthyle est une substance hautement毒ique. Il s'ensuit que des prescriptions sévères doivent être observées pour assurer la protection de ceux qui la fabriquent, la transportent et la mélangent avec la benzine pure.

La benzine éthylée commerciale, utilisée pour la propulsion des automobiles, représente une solution diluée de plomb-tétraéthyle contenant en moyenne 1 partie de cette substance pour 2000 parties de benzine. Si l'on prend les précautions nécessaires elle est pratiquement inoffensive; toutefois, il y a des règles déterminées de sécurité qui doivent être observées par ceux qui sont fréquemment en contact avec la benzine éthylée et, plus particulièrement, avec ses résidus lors du nettoyage des moteurs, des citernes, etc.

### Etablissement des prescriptions

La tâche la plus urgente de la Commission de la benzine éthylée consista d'abord à établir des prescriptions de sécurité pour protéger la santé de ceux qui travaillent avec la benzine éthylée.

Sur proposition de la Commission le Département fédéral de l'intérieur édicta des «Prescriptions générales» et des «Prescriptions spéciales» pour le travail avec la benzine éthylée (benzine au plomb). Ces prescriptions furent distribuées gratuitement à tous les acheteurs directs de benzine pour auto (garages, propriétaires de colonnes d'essence, etc.) qui les remirent à tous les automobilistes.

Tous les textes furent accompagnés de «Résumés succincts» qui devaient être affichés dans les garages, sur les colonnes d'essence, etc.

### Examens et enquêtes de la Commission

Le but principal de la Commission était, selon le mandat du Conseil fédéral, d'élucider si la benzine éthylée pouvait, par emploi prolongé, mettre en danger la santé. La mise en évidence d'une telle toxicité chronique est chose difficile. La Commission a dû tout d'abord élucider diverses questions préliminaires pour

pouvoir ensuite – sur la base de l'examen principal – tirer des conclusions correctes. C'est ainsi que les examens suivants furent exécutés:

#### *Plomb expulsé par le moteur*

La quantité de plomb expulsée par le moteur d'une auto en marche est très variable. En ville, elle se monte de 20 à 50 % du plomb présent dans la benzine. A des vitesses plus élevées elle peut se monter à plusieurs centaines de pourcent, car le plomb qui s'était d'abord déposé dans le moteur et dans les tuyaux d'échappement est entraîné vers l'extérieur par les gaz d'échappement. Le plomb ainsi expulsé l'est sous forme de sels minéraux et aussi de traces de combinaisons organiques.

#### *Grandeur des particules de plomb et comportement des combinaisons du plomb*

Les particules de plomb expulsées par le moteur ont, pour la plus grande part, un diamètre inférieur à 125  $\mu$ ; il s'ensuit qu'une telle poussière est si fine qu'elle se comporte pratiquement comme un gaz. Une sédimentation notable ne se produit pas. Bien au contraire, ces particules sont réparties partout par les courants d'air jusqu'à ce qu'elles soient finalement entraînées au sol par la pluie. Il se forme également des grains plus gros, contenant du plomb, qui sont expulsés avec les gaz d'échappement et qui se déposent rapidement sur le sol. Des essais ont démontré que le plomb qui se rencontre dans la poussière des rues n'est qu'à peine soluble dans l'eau. Il adhère solidement aux particules insolubles de la poussière. Il s'ensuit que le danger d'une pollution des eaux souterraines est faible. Le plomb reste dans la boue.

#### *Rétention des particules de plomb par les voies respiratoires*

En rapport avec ce qui précède la question se posait de savoir quelle est la part du plomb présent dans l'air qui est absorbée par les voies respiratoires. Des examens effectués il résulte que cette part est d'environ 60 % et qu'elle augmente avec le volume d'air inspiré. Sur la base de ces constatations on peut estimer que la quantité de plomb absorbée quotidiennement par les habitants des villes, avec l'air respiré, est de 20 à 30  $\gamma$ ; cette valeur ne s'applique pas aux personnes qui, de par leur profession, sont en contact fréquent avec la benzine éthylée.

#### *Nature des examens et leurs résultats*

En se basant sur ce qui précède il devenait possible d'interpréter les résultats des examens principaux. Comme dit précédemment, la mise en évidence d'effets toxiques chroniques est difficile; c'est pourquoi on a choisi 4 modes différents d'investigation, différant le plus possible les uns des autres, pour les comparer entre eux et voir jusqu'où leurs résultats concorderaient. De cette façon il paraissait possible de procéder à un examen digne de confiance. Ces 4 procédés étaient:

- a) Interprétation des rapports des cas de maladie où la benzine éthylée était soupçonnée d'être en cause;
- b) examen systématique de personnes exposées au plomb à des degrés variables:
  - 1) examens médicaux
  - 2) dosages du plomb dans le sang;
- c) examens de nature technique relatifs à la teneur en plomb de l'air et de la poussière des rues;
- d) détermination de la quantité de plomb ingérée avec les aliments solides et les aliments liquides et comparaison de cette quantité avec celle inspirée avec l'air.

Les résultats obtenus peuvent être résumés et commentés comme suit:

#### *Rapport des cas de maladie*

Aussitôt après avoir commencé son activité la Commission de la benzine au plomb a adressé un appel à tous ceux qui participent au trafic automobile en les priant de lui annoncer tous les cas d'empoisonnement qui pourraient être dûs à la benzine éthylée.

Au cours de presque 8 ans d'observation le nombre de ces rapports a décrû d'année en année. Sur les 65 cas de maladie imputés à la benzine d'auto il n'y en a eu que 35 qui ont pu effectivement être attribués à cette benzine. Sur ces 35 cas il y en a 16 concernant la peau (eczema) et 4 les yeux (conjonctivite). Dans 6 cas il s'agissait de troubles de nature narcotique causés par une inspiration de courte durée de concentrations élevées de benzine; dans 4 cas il s'agissait de personnes qui avaient ingéré de la benzine éthylée. *Dans tous ces cas la teneur de la benzine en plomb tétraéthyle n'a certainement joué aucun rôle car ils ont tous été causés par la benzine elle-même et non par le plomb.* Il ne reste donc que 5 cas dans lesquels il n'a pas été possible d'exclure l'influence nocive de relativement faibles concentrations de benzine éthylée ou de poussière de plomb, exercée pendant un temps prolongé; ces 5 cas ont été pris en charge par l'assurance. Une analyse critique de ces cas de maladie, pour la plupart relativement bénins, a permis d'arriver ici aussi à la conclusion qu'il ne s'est très probablement pas agi d'empoisonnements causés par la benzine éthylée.

La cause véritable d'un seul cas vraiment grave d'empoisonnement causé par le plomb a pu être découverte peu avant la rédaction de ce rapport; elle était complètement étrangère à la profession de l'intéressé.

Pour la benzine d'avion, après exclusion des cas causés par la benzine elle-même ou dûs à d'autres causes, il est resté 7 cas dans lesquels on n'a pu exclure la possibilité de l'influence ~~nocive~~ du plomb tétraéthyle et pour lesquels – en considération d'une certaine augmentation de la teneur en plomb du sang – l'assurance a versé des prestations. Mais ici également une analyse plus approfondie de l'origine de ces cas a conduit à douter qu'ils aient tous été causés par le plomb, compte non tenu du fait qu'il n'en est résulté aucun dommage sérieux.

## Teneur en plomb de la poussière et de l'air des rues

Après l'addition du plomb tétraéthyl à la benzine d'auto la teneur en plomb de la poussière récoltée dans les environs immédiats de rues à forte circulation automobile a nettement augmenté.

	avant l'addition	4 1/2 mois après l'addition
Terre, directement à côté de la rue	0,06 ‰	0,21 ‰
Poussière de routes exemptes de trafic automobile, à la campagne (sans revêtement)	0,008 ‰	
Poussière de rues, provenant du revêtement de 19 rues de la ville de Zurich, moyenne		1948 0,52 ‰

L'augmentation de la teneur en plomb s'est poursuivie au cours des années et devrait avoir atteint aujourd'hui (1960/61) environ le triple de la valeur trouvée en 1948/49.

Poussière de rues, à Zurich, valeur moyenne en ‰

	1948 juillet	1955 septembre	1960 juin	estimation
	0,52	0,85	2,06	(2,5)

L'augmentation a lieu – en bonne approximation – proportionnellement à l'accroissement du trafic.

Un effet cumulatif, qui conduirait à une augmentation plus forte, n'a pas été observé. Suivant la saison et le nombre croissant ou décroissant des autos la teneur en plomb de la poussière des rues croît ou décroît aussi, c'est-à-dire qu'elle suit assez rapidement la quantité de plomb expulsée par les moteurs.

La teneur en plomb de la poussière plus fine, qu'on rencontre sur les rebords, à hauteur de la tête, dans les rues (d'une ville) à trafic automobile de forte densité, a atteint en 1960 (voir fig. 3, p. 178) environ 1,6 ‰. Dans les ateliers consacrés au travail des métaux, sans exposition particulière au plomb et dans lesquels on n'a jamais constaté de cas de saturisme chez les ouvriers, la poussière très fine qui s'est déposée sur les rebords contient en moyenne 19 ‰ de plomb, soit 10 fois plus que dans les rues d'une ville en 1960.

Des examens analogues effectués sur la poussière de rebords, dans des garages, ont donné une valeur semblable à celle trouvée pour les ateliers sans exposition au plomb (moyenne 16,1 ‰), ce qui signifie qu'ici aussi on peut admettre que l'inspiration de cette poussière ne conduit pas à un empoisonnement par le plomb. Toutefois, cette valeur 10 fois plus élevée que celle trouvée pour la poussière de rue signifie que le personnel d'un garage est soumis à une plus grande exposition au plomb que les passants. Effectivement, le dosage du plomb dans le sang de garagistes a donné une valeur moyenne un peu plus élevée que celle trouvée pour d'autres personnes (voir p. 200).

Dans les ateliers avec exposition au plomb la teneur en plomb de la poussière fine qui s'est déposée sur les rebords est beaucoup plus élevée. C'est ainsi qu'elle atteint en moyenne 300 % dans les fonderies de plomb. Dans l'air des rues à trafic de forte densité il peut se rencontrer, en petite quantité, de la vapeur de plomb tétraéthyle, à côté de la poussière fine contenant du plomb (particules de poussière ayant adsorbé des combinaisons du plomb). Il faut relever, de plus, que le grandeur des particules des combinaisons du plomb, qui se trouvent dans les gaz d'échappement est, en partie, si faible que ces particules se comportent presque comme un gaz et qu'une partie d'entre elles ne retombe pas dans la poussière. Il s'ensuit que les valeurs trouvées pour le plomb dans la poussière ne peuvent être rapportées directement à la teneur en plomb de l'air; ceci s'applique également à l'innocuité de l'air.

La teneur en plomb (poussière+vapeurs) de l'air des rues de Zurich était, en 1949/50, en moyenne de  $1,4 \gamma/m^3$  (ce chiffre ne tient pas compte des valeurs trouvées dans un tunnel routier). En admettant que l'acroissement constaté pour la teneur en plomb de la poussière de rues s'applique aussi à l'air, la teneur en plomb de ce dernier devrait avoir triplé jusqu'en 1960/61 et se monter à environ  $4,5 \gamma/m^3$ . La valeur MAC (maximum admissible concentration) citée ci-dessous (c'est la concentration maximum en plomb, encore inoffensive, de la place de travail) de  $100$  à  $150 \gamma/m^3$  pour l'air des rues inspiré par des personnes d'âge et d'état de santé très différents doit être considérée comme trop élevée. La teneur en plomb de l'air des rues de Zurich ne représente effectivement que  $1/20$  à  $1/30$  de la valeur MAC, ce qui laisse encore une marge de sécurité considérable.

Dans des garages en pleine activité, donc dans lesquels une quantité notable de benzine et, par conséquent, une certaine quantité de plomb tétraéthyle s'évaporent, la teneur en plomb de l'air est représentée par environ 50 % de poussière et environ 50 % de vapeurs de plomb tétraéthyle (en moyenne 14 et, respectivement,  $16 \gamma/m^3$ ).

Comme le personnel ne séjourne que pendant 8 heures par jour dans ces locaux et comme il s'agit généralement de personnes en bonne santé, relativement peu sensibles, la teneur maximum en plomb admissible (valeur MAC), est selon les prescriptions ou recommandations de la plupart des pays, de  $100$  à  $150 \gamma/m^3$ . Les examens de la Commission ont montré que, dans le cas des garages en pleine activité, la teneur totale en plomb n'atteint en moyenne que  $30 \gamma/m^3$  (la valeur la plus élevée a été de  $64 \gamma/m^3$ ). On constate qu'une bonne ventilation abaisse aussitôt fortement les teneurs en plomb; il est donc recommandé de bien ventiler ces locaux. Il faut également s'assurer que les conduites et le réservoir à benzine des autos soient étanches, pour éviter que des vapeurs de benzine et de plomb tétraéthyle pénètrent dans la partie réservée aux passagers.

#### *Examens systématiques de personnes exposées au plomb à des degrés variables*

Comme les mécaniciens de la branche automobile, les chauffeurs, etc. sont nettement plus exposés à la poussière de plomb et aux vapeurs de plomb tétra-

éthyle que les personnes appartenant à d'autres corps de métiers, ce sont avant tout les ouvriers des garages qui ont fait l'objet d'un examen médical. A titre de comparaison et pour ainsi dire comme contrôle négatif on a également examiné un certain nombre d'étudiants en médecine, d'employés de bureau et d'ouvriers sur métaux qui n'étaient pas exposés au plomb de manière particulière. Comme contrôle positif on a recouru aux ouvriers en contact avec le plomb dans les fabriques d'accumulateurs. Chez ceux-ci, qui étaient en apparence sains, divers symptômes étaient présents qui démontrent une forte exposition au plomb. Par contre, les ouvriers travaillant dans des garages tout comme les ouvriers sur métaux ou les étudiants en médecine ne présentaient, 3 ans après l'introduction de la benzine au plomb, aucun symptôme de saturnisme chronique (sang normal: pas d'anémie, pas d'érythrocytes basophiles ponctués; urine normale: pas de porphyrinurie).

La teneur en plomb du sang a été déterminée à réitérées reprises (1948/50, 1955/56 et 1957). Comme on pouvait s'y attendre les valeurs les plus faibles ont été rencontrées chez les étudiants en médecine et les employés de bureau:

1955/56/57, en moyenne 13,5 respectivement 11,3  $\gamma\%$  (extrêmes: 6 à 20  $\gamma\%$ ).

Pour les garagistes la valeur moyenne trouvée était un peu plus élevée:

1955/56, 22  $\gamma\%$  (extrêmes: 10 à 40  $\gamma\%$ ).

Ce qui est important c'est la constatation que les valeurs trouvées pour les garages bien aérés sont nettement plus faible (par ex. en moyenne 16,6  $\gamma\%$ ), que celles rencontrées dans des garages surchargés ou en partie souterrains (par ex. en moyenne 30,2  $\gamma\%$ ).

Chez des ouvriers fortement exposés au plomb on a rencontré en 1956, en d'autres lieux, des valeurs beaucoup plus élevées (5 à 155  $\gamma\%$ , en moyenne 61  $\gamma\%$ ).

D'après l'expérience générale (Schwerd\*), des teneurs en plomb du sang allant jusqu'à:

40  $\gamma\%$  peuvent être encore considérées comme normales,

50  $\gamma\%$  peuvent être considérées comme légèrement élevées,

60  $\gamma\%$  peuvent être considérées comme nettement élevées.

Dans ce dernier cas et pour des valeurs encore plus élevées on constate très fréquemment des symptômes cliniques.

Les examens médicaux et les dosages de la teneur en plomb du sang effectués sur des groupes de personnes peu exposées et sur des groupes de personnes fortement exposées au plomb ont donné des résultats qui concordent avec l'échelle précitée. Après 10 ans d'addition de plomb tétraéthyle à la benzine on a constaté que la teneur en plomb du sang de personnes professionnellement peu exposées au plomb était faible et se trouvait bien au-dessous de la limite «normale». Pour

\*) Archiv Tox. 18, 177 (1960).

les ouvriers travaillant dans les garages la teneur en plomb du sang est, en moyenne, légèrement élevée, sans toutefois atteindre la limite de 40 γ%; ce n'est que dans des cas particuliers qu'elle la dépasse légèrement.

Du point de vue clinique comme du point de vue médical on n'a observé aucun début de saturnisme dans n'importe lequel de ces groupes de personnes.

#### *Détermination de la quantité de plomb ingérée avec les aliments solides et liquides et comparaison de cette quantité avec celle inspirée avec l'air*

La quantité de plomb ingérée quotidiennement avec les aliments est, en Suisse comme dans quelques autres pays, d'environ 0,2 à 0,3 mg par personne. En se plaçant dans les conditions les plus défavorables la quantité de plomb inspirée avec l'air des rues d'une ville est d'environ 0,03 mg par jour et par personne et représente donc environ le dixième de celle apportée par les aliments. L'absorption quotidienne de telles quantités de plomb peut être considérée comme encore absolument inoffensive et est compensée par celle éliminée par l'organisme. Même en admettant une plus grande toxicité pour le plomb inspiré que pour celui qui est ingéré il ne devrait en résulter aucun danger pour la santé, vu les faibles quantités en jeu.

Les examens faits sur les aliments n'ont donc donné jusqu'à présent aucune indication d'une mise en danger de la santé publique par suite de l'addition de plomb tétraéthyle à la benzine.

### Conclusions

Ainsi que le montre ce résumé les 4 méthodes très différentes utilisées ont conduit à la même conclusion, à savoir que l'addition de plomb tétraéthyle à la benzine n'a pas mis la santé publique en danger. Dans ses rapports au Conseil fédéral, en 1948 et en 1950, la Commission de la benzine éthylée s'était déjà exprimée dans ce sens, car l'examen de la teneur en plomb de l'air des rues de villes avait déjà montré que celle-ci était relativement faible et pratiquement inoffensive. Une proposition d'interdire l'addition de plomb tétraéthyle à la benzine n'a pu être motivée et ne le serait également pas aujourd'hui. Divers dangers existent par contre dans divers corps de métiers particulièrement exposés au plomb, dangers qui nécessitent des mesures préventives.

### **Sur la base de ce qui précède la Commission croit avoir rempli son mandat conformément aux instructions reçues.**

Compte tenu du développement futur de la situation la Commission estime nécessaire de faire, dans la partie VII de ce rapport, certaines constatations et propositions.

Extrait du texte:

## VII. Constatations et recommandations pour l'avenir

Bien que les examens décrits dans ce rapport aient conduits à la constatation que la pollution de l'air par des combinaisons du plomb est faible et qu'elle est bien en-dessous de la limite toxique, il n'en reste pas moins que l'accroissement du trafic automobile provoque une augmentation de la teneur en plomb de l'air et aussi de sa teneur en d'autres substances toxiques. Citons avant tout l'oxyde de carbone dont la concentration atteint aujourd'hui déjà, lorsque les circonstances sont défavorables, une concentration voisine de la limite supérieure admissible.

D'autres constituants indésirables des gaz d'échappement sont des hydrocarbures incomplètement brûlés, des oxydes d'azote, de l'acroléine, de la suie et des goudrons.

L'étude des effets de ces diverses substances, seules ou en mélanges, est poursuivie aujourd'hui dans le monde entier.

La commission de la benzine éthylée constate avec satisfaction qu'une commission a été nommée cette année pour s'occuper de l'hygiène de l'air; elle est néanmoins d'avis que le contrôle des importations et celui du commerce indigène de la benzine éthylée devraient continuer de relever de la compétence de la sous-division du contrôle des denrées alimentaires, au Service fédéral de l'hygiène publique, et de celle des chimistes officiels compétents (chimistes cantonaux et chimistes municipaux). Par contre, l'étude de toutes les questions qui se rapportent à la pollution de l'air causée par le trafic automobile en général et en combinaison avec d'autres sources de pollution, doit être laissée à la commission de l'hygiène de l'air.

Compte tenu de l'augmentation du trafic automobile la commission de la benzine éthylée est d'avis qu'il est nécessaire de poursuivre le contrôle médical du personnel des garages et des personnes qui sont en contact intensif avec la benzine éthylée. Ces examens devraient être prescrits par la commission de l'hygiène de l'air. La commission de la benzine éthylée constate qu'en ce moment au moins il n'est pas possible, pour des raisons techniques et économiques, de renoncer à l'addition de plomb tétraéthyle à la benzine ou de remplacer celui-ci par un autre antidétonant (d'autres antidétonants n'offrent d'ailleurs aucun avantage, du point de vue de l'hygiène, sur le plomb tétraéthyle); de plus, la commission constate que l'élimination complète ou poussée des combinaisons du plomb dans les gaz d'échappement n'est pas possible de manière suffisante actuellement.

Enfin, la commission suggère qu'une norme soit établie pour les garages et ateliers pour autos pour fixer le cube de ces locaux et la fréquence de leur aération en fonction du nombre maximum d'autos qu'ils peuvent recevoir ainsi que du nombre de leurs prises d'essence; le contrôle de cette norme relèverait de la compétence de l'inspectorat fédéral des fabriques.

En sus de ce qui précède la Commission de la benzine éthylée constate qu'il convient d'encourager toutes les mesures qui tendent à faciliter l'écoulement du

trafic automobile (comme, par exemple, la construction d'autoroutes, la suppression des croisements et des signaux «stop», etc.), car c'est lorsque le trafic s'écoule bien qu'il y a le minimum de gaz toxiques évacués dans l'atmosphère.

En conclusion la Commission croit avoir montré qu'il existe diverses possibilités de ne pas laisser monter plus haut qu'actuellement la teneur en plomb de l'air et de la poussière des régions habitées, donc de rester à un niveau encore acceptable pour la santé. Il n'en reste pas moins que la présence de plomb dans la benzine est certainement indésirable tant du point de vue de l'hygiène que de celui de la toxicologie; malheureusement la possibilité n'existe pas actuellement d'arriver à la qualité nécessaire de la benzine sans addition de plomb. Il faut encourager, partout où cela est possible, toutes les tentatives de fabrication de benzine exempte de plomb et, de manière générale, exempte de composants toxiques.

La Suisse ne produit pas de benzine et dépend du marché mondial pour son approvisionnement.

Il semble que se dessinent certaines possibilités de fabriquer de la benzine exempte de plomb ou d'autres substances toxiques; le problème des autres constituants toxiques des gaz d'échappement n'en serait pas résolu pour autant.

Les autorités sanitaires, en liaison constante avec les experts en la matière, se doivent d'étudier et d'appliquer partout où la possibilité s'en présente toutes les idées, procédés, etc., qui pourraient conduire à une amélioration de la situation présente.

## Summary

The addition of tetraethyllead to petrol (USA: gasoline) has been permitted in Switzerland on the 11th of April 1947; up to this date it had been prohibited. A special Commission has been appointed at the same time to follow the effects of this addition on public health. This Commission made a few preliminary investigations which showed that:

- a) the quantity of lead in the exhaust gases from cars varies much and amounts, in the average, to 20—50 % of the lead present in petrol for city traffic (it consists mainly of inorganic lead salts beside traces of volatile organolead derivatives; it may reach much higher values (many hundred percent) at high speed, since the lead deposited in the exhaust pipe is then swept off by the gases;
- b) the diameter of the lead particles averages less than 125  $\mu$ , which means that such a fine powder behaves practically like a gas. There are also larger particles which fall quickly to earth. These lead particles stick to street dust and are practically insoluble in water;
- c) the quantity of lead absorbed by the lungs averages 60 % of the lead present in the air; city people, not especially exposed to lead-containing petrol, take up daily 20 to 30  $\mu$ g lead with the inspired air.

Then, the Commission devoted its activity to the following studies:

1. Critical examination of the reports of sickness cases for which it was suspected that the cause was lead-containing petrol;
2. medical examination of a number of people variously exposed to lead; this examination included the determination of the lead content in the blood of these people;
3. determination of the lead content of the air and of street dust;
4. determination of the quantity of lead ingested with the food (solid and liquid) and comparison with that taken up with the air.

The results of these studies are as follows:

### *1. Reports of sickness cases allegedly caused by lead*

For petrol for cars there were in 8 years 65 cases reported, their number decreasing from year to year. Out of the 65 cases reported only 35 were proved to be related to petrol; the control showed that 30 cases out of the 35 were caused by petrol itself and not by its lead content. Finally there remained only 5 cases which were probably caused by tetraethyllead.

### *2. Medical examination of various groups of persons*

Persons working with lead-containing petrol and persons not exposed to it were examined. In the blood of the former there was found, in 1955—1956, an average lead content of 22  $\mu$ g% (extreme values: 10—40  $\mu$ g%) against an average of 12  $\mu$ g% (extreme values: 6—20  $\mu$ g%) in the latter, in 1955-56-57.

People manufacturing lead storage cells had a much higher lead content: 61  $\mu\text{g}^0/\text{o}$  (extreme values: 5—155  $\mu\text{g}^0/\text{o}$ ).

Since a maximum lead content of blood of 40  $\mu\text{g}$  may still be considered as normal it follows that there is a sufficient safety margin for persons exposed to petrol containing tetraethyllead.

### *3. Lead content of the air and of street dust*

In the air of the streets of Zurich with intensive traffic the lead content was 1,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in 1949—1950. It increases proportionally with increasing traffic and is equal to about 4,5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in 1960—1961. These values cannot be estimated as dangerous up to now and are far from the 100—150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  considered as a limit for people exposed to lead.

In the dust of the same streets there was found:

July 1948	0,52 %o	June 1955	2,06 %o
Sept. 1948	0,85 %o	1960	2,5 %o (estimation)

### *4. Lead ingested with the food and comparison with the lead taken up with the air*

The quantity of lead ingested with the food is about 0,2 to 0,3 mg per person and per day in Switzerland and is equal to that found in a few other countries.

Under the worst conditions possible the quantity of lead taken up with the air from the streets is 0,03 mg per person and per day. These quantities can still be considered as innocuous up to now.

In conclusion it may be said that the addition of tetraethyllead to petrol has not endangered and is not endangering so far the public health. However, it remains unfortunate that the lead content of the air is still increasing and that it has not yet been possible to manufacture a petrol without lead of the same quality than that of tetraethyllead-containing petrol.