



Das Tetraethylblei mit seiner Geschichte ist ein Beispiel für viele umweltgefährdende Chemikalien, die man anfänglich massenhaft mit Begeisterung einsetzte, ohne die längerfristigen Auswirkungen abzuschätzen und zu berücksichtigen. Die ersten Warnungen vor dem Bleibenzin wurden bereits vor 80 Jahren ausgesprochen, erst im Jahr 2000 wurde es in Westeuropa verboten. Gemäß einem Beschluß am Erdgipfel in Johannesburg soll das Bleibenzin nun weltweit abgeschafft werden. Der Einsatz des Ersatzstoffs MTBE ohne umfassende Risikoabschätzung läßt jedoch befürchten, daß keine Lehren aus dem Beispiel Bleibenzin gezogen wurden. **Abstract & Keywords** ⇨ p. 239

# Vom Tiger im Tank – Die Geschichte des Bleibenzins<sup>1)</sup>

Matthias Mosimann\*, Michael Breu, Tomás Vysusil und Samuel Gerber

Seit der Jahrtausendwende darf in Westeuropa nur noch bleifreies Benzin für Motorfahrzeuge verwendet werden. Dies nicht zum ersten Mal: Schon in den 1920er Jahren hatten die meisten Staaten die Benzinverbleiung wegen gravierender gesundheitlicher Bedenken verboten. Die Eliminierung des Bleibenzins wird als Beispiel angeführt, wie Industrie und Regierungen erfolgreich zusammenarbeiteten, um Umweltprobleme zu lösen<sup>[1]</sup>.

Diese Abschaffung des Bleibenzins, die nach einem Beschluß am Erdgipfel in Johannesburg auf die ganze Welt ausgedehnt werden soll, ist Anlaß, auf die Geschichte der Benzinverbleiung zurückzublicken. Die Betrachtung erfolgt mit dem Hauptaugenmerk auf der Schweiz und Verweisen auf die USA als Ursprungsland des Bleibenzins und Deutschland als europäischen Vorreiter bei der Bleiverminderung.

Bei der Eliminierung des Bleibenzins handelt es sich nicht um eine Erfolgsgeschichte des Umweltschutzes. Die Geschichte der Benzinverbleiung durchläuft bis zum Schluß die "klassischen" Schritte einer Art von Umweltpolitik, die in der westlichen Welt als überwunden gelten sollte: *Laissez-faire*; Schweigen, um zu verhindern, daß Anwendungsrisiken thematisiert werden; Verdrängung oder politische Unterdrückung von Umwelt- und Gesundheitsgesichtspunkten; Bestreiten und Verharmlosen der Schäden und Gefahren; Verdünnen der Schadstoffe ("Politik der hohen Schlotte"); keine verbindlichen Vorgaben der

Politik an die Technik; langsame normative Einschränkungen bis hin zum Verbot des Stoffs oder der Technologie, gleichzeitig die Suche der Unternehmen nach neuen Wachstumsmärkten in der Zweiten und Dritten Welt. Die Schweizer Politik wurde seit der Wiederzulassung der Benzinverbleiung bestimmt von wirtschaftlichen und technischen Argumenten vorwiegend von der Erdöl- und der Automobilindustrie, die sich als unzutreffend erwiesen.

Die Geschichte wird interdisziplinär dargestellt aus der Sicht der Politik, des Rechts, der Ökonomie und der Ökologie. Dabei geht es darum, aus der Erfahrung zu lernen. In der Schweiz benötigte der Bundesrat 1947 für die Wiederzulassung des Bleibenzins nur wenige Monate, während er für den vollständigen Ausstieg aus der Benzinverbleiung über fünfzig Jahre brauchte. Dies deutet auf das Gegenteil von gesellschaftlicher Lernfähigkeit hin.

Umweltpolitisches Lernen führt dazu, daß politisches Handeln korrigiert wird, indem erfolgreiche Handlungsmuster verstärkt beziehungsweise ausgeweitet und erfolgsarme Handlungsmuster verändert oder vollkommen gestoppt werden<sup>[2]</sup>. Das Schwergewicht des Aufsatzes liegt darin, das gezielte Handeln als Teilbereich der Umweltpolitik zu analysieren und die Ziele, Handlungsstrategien und -kriterien sowie die Instrumente des staatlichen Handelns darzustellen und nach den Kriterien Wirkungstiefe, -breite und -geschwindigkeit zu bewerten.

Daneben geht es aber nicht nur um die Fragen »Wollen wir handeln? Wie wollen wir handeln?«, sondern auch um die vorgelagerten Fragen »Wie können wir wissen? Wollen wir wissen?«, also um das Erkennen und Anerkennen von Risiko. Durch die breite Darstellung der Geschichte soll dieser Aufsatz auch

Grundlagen bieten für eine Risikogenese-Forschung im Sinne eines Versuchs der historischen Rekonstruktion der Entstehung und Selektion von Risikowissen<sup>[3, 4]</sup>. Dies erachten wir für lohnend, denn die Geschichte scheint sich bei den Nachfolgesubstanzen von Blei als Antiklopfmittel zu wiederholen.

Bei der vorliegenden Fallstudie wurde ein qualitatives Vorgehen ohne systematische Datenerhebung gewählt. Die Argumentation basiert im rechtlichen Bereich auf Primärliteratur, offiziellen Rechtssammlungen, Beschlüssen der Behörden und unveröffentlichten Dokumenten des Bundesarchivs, in den übrigen Bereichen auf Sekundärliteratur, amtlichen Daten, eigenen Berechnungen und Schätzungen, Daten aus Datenbanken wissenschaftlicher Institute, von Versicherungen und international tätigen Zeitungsverlagen, Auskünften der Akteure (Behörden und staatliche Institute, Erdölfirmen, Automobilverbände und -hersteller) sowie der Befragung eines ehemaligen Mitglieds einer amtlichen Fachkommission.

## 1. Die Geschichte der Benzinverbleiung

### Die Anfänge in den USA

Mit der Entwicklung des ersten benzinbetriebenen Automobils traten Benz und Daimler den Siegeszug an. Schon beim ersten Autorennen in Frankreich

<sup>1)</sup> Die vier ersten Abschnitte dieses Aufsatzes basieren auf einer von den Autoren im Nachdiplomstudium am Institut für Umweltwissenschaften der Universität Zürich eingereichten Arbeit, die unter dem Titel "Bleibenzin – eine schwere Geschichte" im Herbst 2002 in einer ergänzten und aktualisierten Fassung beim ökom Verlag erschien (ISBN 3-928244-88-4).

\*Postadresse : lic. iur. M. Mosimann, Rechtsanwalt  
Baudepartement des Kantons Aargau  
Rechtsabteilung  
Entfelderstrasse 22  
CH-5001 Aarau (Schweiz)  
E-Mail: matthias.mosimann@ag.ch

1895 erfolgte der Durchbruch für die bis dahin eher belächelten Motorwagen. Ihr Zaubergemisch: Benzin und Öl. Um die vorletzte Jahrhundertwende entwickelte dann Henry Ford in den USA die ersten seriengefertigten Automobile. Den Erfolg des bekannten Modells T verdankte Ford nicht nur dem weiterentwickelten Motor, sondern auch einem neuen Treibstoff: Forscher um Thomas Midgley jr. vom *General Motors Research Laboratory* hatten erfolgreich an einem Ersatz für Öl getüftelt, um die Verbrennung zu optimieren und die Klopfbarkeit des Benzins zu erhöhen<sup>[5]</sup>. Ihr Antiklopfmittel Tetraethylblei schonte die Zylinder mehr als Öl und brachte den Motor schneller auf Touren (Exkurs 1). Ab 1923 wurde das neue Gemisch für breite Massen zugänglich: *Refiners Oil Company* setzte im Auftrag von *General Motors* und *Du Pont* dem Benzin Tetraethylblei zu. Allein bis Mitte 1925 wurden über 1.1 Milliarden Liter verbleites Benzin verkauft – ein großes Geschäft für *General Motors* und *Du Pont*, die das Patent auf den Herstellungsprozeß von Tetraethylblei besaßen. Parallel dazu begann die Erfolgsgeschichte für die amerikanische Automobil- und Motorenindustrie<sup>[6]</sup>.

### Warnende Stimmen und erste Verbote

Doch auch Kritik wurde laut: Nach Aufnahme der großtechnischen Produktion von Tetraethylblei im Jahre 1923 kam es bei seiner Herstellung und beim Umgang mit der Chemikalie zu einer Reihe schwerer Vergiftungsunfälle mit Toten. In den USA wurde eine Fachkommission eingesetzt, welche die Gefährlichkeit des verbleiten Benzins beziehungsweise von Tetraethylblei untersuchen sollte. Bis die aufgeworfenen Fragen beantwortet würden, stellten die Produzenten 1925 den Verkauf von Bleibenzin in den USA unter dem Druck der Öffentlichkeit ein<sup>[5]</sup>. Mehrere europäische Staaten reagierten mit einem Verbot des Bleibenzins – auch die Schweiz<sup>[7]</sup>. Vor den gesundheitlichen Folgen der Benzinverbleiung für die Bevölkerung warnte dort bereits 1925 Heinrich Zangger, Direktor des Gerichtsmedizinischen Instituts der Universität Zürich<sup>[8]</sup> (vergleiche Exkurs 2).

Die schweizerische Lebensmittelverordnung wurde 1925 ergänzt: »Benzin darf keine organischen Blei-, Selen- oder Tellurverbindungen, sowie keine andern schädlichen Verbindungen ent-

<sup>2)</sup> Die Befristung wurde erst acht Jahre danach gestrichen<sup>[19]</sup>.

### Exkurs 1

#### Mit Blei gegen das Klopfen

Das Benzin-Luft-Gemisch neigt dazu, sich bei der Komprimierung im Zylinder selbst zu entzünden. Um diese vorzeitige Zündung zu verhindern, die als "Klopfen" wahrnehmbar ist und die Bauteile des Motors stark belastet, wurde von der Mineralölindustrie dem Benzin Tetraethylblei (englisch *tetraethyl lead*, TEL) als relativ billiges Antiklopfmittel beigemischt. Diese Chemikalie erhöht die Oktanzahl, die als Kennzahl für die Klopfbarkeit von Vergaserkraftstoffen dient.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Die Oktanzahl eines Kraftstoffs wird in einem Prüfmotor durch Vergleich mit einer Mischung aus Heptan und Isooktan ermittelt. Für Heptan ist die Oktanzahl mit 0, für Isooktan mit 100 festgelegt worden. Die geläufigen Bezeichnungen "Super", "Normal", "Bleifrei 95" und so weiter hängen vom Bleigehalt und von der Oktanzahl ab.

halten«<sup>[14]</sup>. Dieses Verbot ist beachtlich, denn die Schweizer Tourismusbranche forderte vehement, den "Automobilismus" nicht zu behindern, und der Bundesrat galt schon aufgrund des Benzin-zolls als autofeindlich<sup>[15]</sup>.

In den USA wurde rasch Entwarnung gegeben. Bereits 1926 kam die erwähnte Fachkommission zum Schluß, die Verbleiung stelle keine Gefahr für Autofahrer dar. So wurde Bleibenzin ab 1928 in allen Bundesstaaten zugelassen.

In den 1930er Jahren verbreitete sich das Bleibenzin auch in Europa. Die Nachfrage nach verbleitem Benzin entstand, weil die europäische Automobilindustrie infolge des zunehmenden Konkurrenzdrucks aus den USA ebenfalls Motoren entwickelte, die Benzin mit Blei- statt Ölzusatz benötigten, und weil *General Motors* die deutsche Automobilherstellerin Adam Opel übernahm<sup>[16]</sup>.

### Die Eidgenössische Bleibenzinkommission

Die Schweiz behielt – im Gegensatz zu den meisten Ländern Westeuropas – das Verbot von Bleibenzin aufgrund der gesundheitlichen Bedenken vorerst bei. Erst als nach dem Zweiten Weltkrieg

die Treibstoffrationierung aufgehoben wurde, der motorisierte Straßenverkehr einen gewaltigen Aufschwung nahm und es schwierig wurde, genügende Mengen an geeignetem Treibstoff für die Motoren aus Amerika und England zu importieren, die einen zunehmend größeren Verdichtungsgrad zur Erhöhung der Leistung aufwies, hob die Schweiz 1947 das Verbot für Ottokraftstoffe auf<sup>[17]</sup>. Vertreter der Armee, der Automobil- und der Erdölindustrie hatten in einer *ad-hoc*-Arbeitsgruppe (teilweise "Bleibenzin-Kommission" genannt) Testergebnisse vorgelegt, die deren Unschädlichkeit bewiesen<sup>[18]</sup>. Die Aufhebung des Verbots war wirtschaftspolitisch motiviert; obwohl die Gültigkeitsdauer des auf zwei Jahre befristeten Beschlusses nicht verlängert wurde, blieb die Benzinverbleiung faktisch zulässig.<sup>2)</sup>

Gleichzeitig wurde eine "Eidgenössische Bleibenzin-Kommission" beauftragt, die Auswirkungen der Verbleiung "auf die Volksgesundheit" zu untersuchen. Von den zehn Mitgliedern waren sieben bereits Mitglied in der Vorläufer-Kommission, die dem Bundesrat fast einhellig die Wiederzulassung der Benzinverbleiung – und sich selber als Mitglieder einer zu bildenden Begleitkom-

### Exkurs 2

#### Blei in der Umwelt

Das Schwermetall Blei ist ein relativ seltenes (0.0018 %), natürliches Element der Erdkruste. Blei wirkt in allen chemischen Erscheinungsformen toxisch, oft schon in kleinsten Mengen<sup>[9]</sup>.

Bleiverbindungen haften sehr stark an Boden- und Staubpartikeln. Durch die Luft ist daher die Verfrachtung über große Distanzen möglich. Tiere und Menschen nehmen Blei in erster Linie über die Luft und die Nahrung auf. Bei Pflanzen erfolgt die Hauptbelastung über anhaftenden Staubbiederschlag.

Die von der Benzinverbleiung stammende Bleibelastung verursachte zumeist keine akuten Bleivergiftungen. Als Indikator spielt der Blutbleigehalt eine zentrale Rolle. Die Veränderungen geschehen langsam. Besonders anfällig ist der Organismus von Kindern wegen der höheren Resorptionsrate und der längeren Eliminationshalbwertszeit: Blei kann bei vorgeburtlicher oder frühkindlicher Belastung die Entwicklung verzögern, die Intelligenz vermindern, die Nieren schädigen, Nervenkrankheiten<sup>[10]</sup> auslösen und verschiedene weitere ernsthafte Gesundheitsschäden bedingt durch die Veränderung des Blutbildes<sup>[11]</sup> zur Folge haben bis hin zum Tod. Bei Erwachsenen stehen Bluthochdruck und verschiedene Herz und Gefäße betreffende Krankheiten, insbesondere Herzinfarkte, im Vordergrund<sup>[12]</sup>. Blei kann auch das Erbgut verändern<sup>[13]</sup>.

mission – empfohlen hatten<sup>[18]</sup>! Ergänzt wurde die Kommission durch einen Vertreter eines Straßenverkehrsverbandes und zwei Amtsärzte<sup>[20]</sup>. Obwohl der Auftrag der Kommission medizinisch ausgerichtet war, waren nur drei der Mitglieder Mediziner. Das Präsidium hatte ein Vertreter aus dem Bereich Treibstoffversorgung inne (vergleiche Figur 1).

### Zögerliche Senkung der Grenzwerte in der Schweiz

In der Schweiz wurde praktisch zeitgleich mit der Zulassung des Bleibenzins bereits 1947 ein Grenzwert für Blei im Benzin von 630 Milligramm pro Liter festgesetzt<sup>[23]</sup>.<sup>3)</sup> Zur gleichen Zeit, als die Eidgenössische Bleibenzin-Kommission ihren Schlußbericht<sup>[20]</sup> abliefern, berief der Bundesrat als Folge von Vorstößen im Parlament zur Luftbelastung die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene ein und beauftragte sie 1961 unter anderem auch, die Auswirkungen von Bleibenzin auf die Hygiene und Arbeitsphysiologie zu untersuchen.<sup>4)</sup> Zehn Jahre später legte die Kommission ihren dritten Bericht vor und beantragte, den zulässigen Bleigehalt vorsorglich im Rahmen des technisch Machbaren und der gleichzeitigen Gewährleistung der Versorgungssicherheit zu senken, weil die Umwelt zunehmend durch Blei erheblich verschmutzt werde. Gestützt auf die Angaben der Erdöl- und der Automobilindustrie plädierte sie *contre coeur* nicht auf eine deutliche Reduktion<sup>[7, 24]</sup>. Der Bundesrat folgte ihrer Empfehlung und legte noch im gleichen Jahr 1971 die Grenzwerte für Normalbenzin auf 540 und für Superbenzin auf 570 Milligramm pro Liter fest<sup>[25]</sup>, was etwa dem durchschnittlichen Bleigehalt an den Tankstellen entsprach<sup>[24]</sup>.

1973 verschob der Bundesrat unter dem Eindruck der Erdölkrise eine bereits beschlossene Senkung des Bleianteils im Benzin auf 400 Milligramm pro Liter auf unbestimmte Zeit<sup>[26]</sup>. Grund dafür sei die Schwierigkeit, unverbleites Benzin auf dem Weltmarkt zu erhalten<sup>[27]</sup>. Er versprach aber, die Gesundheitsgefährdung weiter zu untersuchen und allenfalls eine weitere Reduktion zu prüfen<sup>[21]</sup>. Die Schweizerische Gesellschaft für Umweltschutz kritisierte das Vorgehen und forderte eine drastische Reduktion des Benzinbleigehalts. Dagegen befürchtete die Automobil-Lobby, von einer Reduktion empfindlich getroffen zu werden, und plädierte dafür, den Grenzwert zu belassen<sup>[28]</sup>. Die Erdölindustrie betrieb besonders in den



Figur 1. Titelblatt der schweizerischen humoristisch-satirischen Zeitschrift *Nebelspalter* aus dem Jahr 1948. Dazu wurde ferner gedichtet: »Der Bund gestattet, gebleites Benzin zu verwenden, / Immerhin nur so lange, bis man erfährt, / Ob wir daran erkranken, beziehungsweise verenden. / Da wird sich nun zeigen, ob sich der Schweizer bewährt. // Lasset uns resistente Versuchskügelchen / Sein, die mit Fleiss gesund und am Leben bleiben, / Um den Interessenten das Geschäft nicht durch Unwohlsein / Zu erschweren, beziehungsweise sogar zu verheiben.«

1970er Jahren in Europa starkes Lobbying für das Bleibenzin<sup>[6]</sup>. Legendar wurde der ESSO-Slogan "Pack den Tiger in den Tank!"

### Das Benzinbleigesetz von 1971 in der BRD

Deutschland verabschiedete 1971 unter der neu gewählten sozialliberalen Regierung ein Benzinbleigesetz<sup>[29]</sup>, welches eine Senkung des bisher geltenden Höchstgehaltes von 600 auf 400 Milligramm Blei pro Liter Benzin ab 1972 vorsah. 1976 wurde der Grenzwert auf 150 Milligramm gesenkt. Dies war mit Kosten in Höhe von 0.8 bis 3.2 Pfennigen pro Liter verbunden. Von den gesetzlich vorgesehenen Ausnahmebestimmungen für den Fall ernsthafter Versorgungsengpässe oder einer untragbaren Härte für die Mineralölindustrie wurde nur in bescheidenem Umfang Gebrauch gemacht<sup>[30]</sup>.

### Doppelte Strategie in den USA

Im Zeitgeist von Rachel Carsons *Silent Spring*<sup>[31]</sup> verfügte die amerikanische Regierung 1973 Normen im Zusammenhang mit der Einführung des Katalysators; sie führten ab 1974 zum

bleifreien Benzin<sup>[6]</sup>. Die endgültige Eliminierung des Bleibenzins begann in den USA 1975 und dauerte rund 20 Jahre. Gestützt auf den *Clean Air Act* von 1970 wurden durch die Umweltbehörde *Environmental Protection Agency* (EPA) zwei parallele Programme festgelegt: Das eine verlangte, daß die Raffinerien bleifreies Benzin in genügender Menge und Qualität für die katalysatorbestückten Fahrzeuge herstellten, das andere nannte sich "*lead phase down*" (später "*phase out*") und legte für jede Raffinerie Grenzwerte für den Bleigehalt im Benzin fest<sup>[12]</sup>.

### Weitere Schritte in der Schweiz

1974 beschloß der Bundesrat, Normal- und Superbenzin dürfe ab 1975 den Maximalgehalt an Blei von 400 Milligramm pro Liter nicht überschreiten<sup>[32]</sup>. Daß die Reduktion innerhalb eines Monats in Kraft trat, daß der Beschluß erst stattfand, als sich die Erdölindustrie schon darauf eingestellt hatte. Eine unabhängige nationale Benzingesellschaft (Migrol) hatte seit längerem Benzin mit diesem Bleigehalt ohne Aufpreis verkauft. Zuvor hatte sie sogar Benzin mit nur 300 Milligramm pro Liter angeboten<sup>[21]</sup>; weil aber die großen Erdölfirmen nicht nachzogen und die Tankstellenhalter die Erschwernisse in der Bedienung durch die zusätzliche, teurere Benzinqualität ablehnten, nahm sie das Angebot bald zurück<sup>[33]</sup>.

### Alarmierende Studienergebnisse

1974 setzte das Eidgenössische Departement des Innern die "Arbeitsgruppe für Fragen des Motorenbenzins" ein.<sup>5)</sup> Zwei Jahre später legte diese ihren ersten Bericht vor, wonach die Bleikonzentrationen in dicht besiedelten Gebieten in der Luft, im Boden und im menschlichen Blut teilweise weit mehr als das Zehnfache der Werte im ländlichen Gebiet betragen<sup>[21b]</sup>. Weitere Studien bestätigten die hohen Blutbleiwerte<sup>[34]</sup>. Andere Berichte zeigten, daß zunehmend Landwirtschaftsland durch die hohe Bleibelastung bedroht war<sup>[35]</sup>;

<sup>3)</sup> Entgegen der einschlägigen Literatur<sup>[7, 21, 22]</sup> bestand der Grenzwert nicht erst seit 1955, sondern wurde dann vom Bundesrat ins Verordnungsrecht überführt<sup>[19]</sup>.

<sup>4)</sup> Die Eidgenössische Bleibenzin-Kommission empfahl demgegenüber, dazu "fachlich legitimierte Persönlichkeiten" aus der Treibstoffbranche beizuziehen<sup>[20b]</sup>.

<sup>5)</sup> Dies, damit »das komplexe Problem [der Benzinverbleiung] multidisziplinär behandelt wird und die toxikologischen, ökologischen, motorenraffinations- und versorgungstechnischen Aspekte nunmehr gleichzeitig behandelt werden«<sup>[21a]</sup>.



die Arbeitsgruppe ließ diesen Bereich ohne Begründung ausdrücklich aus.

### Die Albatros-Volksinitiative und die darauffolgende Entwicklung

Aufgerüttelt durch die zunehmende Luftverschmutzung lancierte die private "Arbeitsgruppe Saubere Schweiz" 1974 die Volksinitiative "gegen die Luftverschmutzung durch Motorfahrzeuge" <sup>[36]</sup>, besser bekannt als Albatros-Initiative. Diese verlangte, daß die Abgasschadstoffe ab 1977 stark verringert würden, und forderte die Einführung von Grenzwerten; die Anliegen umfaßten Blei jedoch nicht.

Der Bundesrat schob die Initiative auf die lange Bank und wollte am bisherigen Kurs festhalten. Dieser sah eine etappenweise Reduktion der Luftschadstoffe vor, war aber nicht verbindlich. Der federführende Bundesrat Kurt Furgler – selbst ehemaliger Verwaltungsrat eines großen Autohauses – kam damit der Automobil-Lobby und der Erdölindustrie weitgehend entgegen. Furglers Argumentation: Die von den Initianten geforderte Umsetzungsfrist sei "absolut unrealistisch" <sup>[37a]</sup>. Daß die Ziele mit neuen Motoren und Abgassystemen durchaus erreichbar gewesen wären, zeigte zum Beispiel das in der Schweiz getestete Honda-CVCC-Automobil, das die noch strengeren japanischen Abgasvorschriften einhielt <sup>[38]</sup>. Für den Verkauf in der Schweiz war es aber "nicht vorgesehen", wie Honda im Nachhinein unter Hinweis auf Liefer- und Vertriebschwierigkeiten "präzisierte"; gleichzeitig sprach sich Honda gegen die Initiative aus <sup>[37b]</sup>.

1977 wurde die Albatros-Initiative vom Volk deutlich abgelehnt. Nun war der Bundesrat gefordert, die Versprechungen einzuhalten, die er vor allem gegeben hatte, um der Initiative den Wind aus den Segeln zu nehmen. In einem denkwürdigen Bericht an das Parlament <sup>[39]</sup> hatte er bezüglich Abgasen (inklusive Bleiverbindungen) und Lärm der Motorfahrzeuge einen radikalen Kurswechsel angekündigt. Auf den 1. Januar 1978 senkte er den Höchstbleigehalt auf 150 Milligramm pro Liter – jedoch in Übereinstimmung mit den Empfehlungen der "Arbeitsgruppe für Fragen des Motorenbenzins" <sup>[21]</sup> nur im Normalbenzin; im Superbenzin mit einem Marktanteil von 82 Prozent beließ er ihn bei 400 Milligramm pro Liter <sup>[40]</sup>. Diese halbherzige Maßnahme wurde zum umweltpolitischen Fiasko: Das Normalbenzin wurde teurer, so daß der Preisunterschied zum Superbenzin nur noch einen Rappen pro Liter betrug.

Viele Autofahrende wurden verärgert, und zahlreiche wechselten auf Superbenzin <sup>[41]</sup>; die Bleiemissionen nahmen nicht ab (siehe Figur 2). Hinzu kam, daß es die Arbeitsgruppe entgegen den klaren Verordnungsbestimmungen für zulässig hielt, daß für die Pflicht- und Handelslager ohne zeitliches Limit der Grenzwert überschritten werde. Das Eidgenössische Gesundheitsamt billigte diese Praxis für die Pflichtlager ausdrücklich <sup>[43]</sup>. Dennoch sank in der Folge an den Tankstellen der Bleigehalt deutlich, weil das Normalbenzin zuvor drei Jahre lang im Durchschnitt annähernd gleich viel Blei wie das Superbenzin enthalten hatte (siehe Figur 3)!

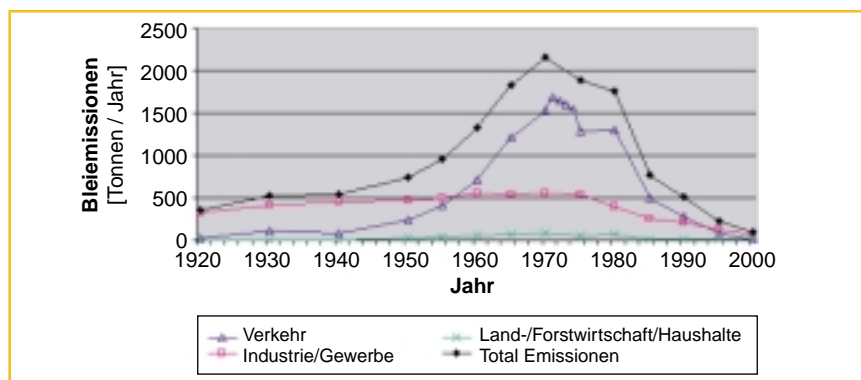
Erstmals wurde auch Kritik an anderen Benzinzusätzen laut: Das Eidgenössische Gesundheitsamt kritisierte vor allem die "Scavengers", leichtflüchtige, halogenierte Verbindungen wie Ethylendibromid und -dichlorid. Diese "Reiniger" wandeln das beim Verbrennungsprozeß entstandene Bleioxid in leichtflüchtiges Bleibromid beziehungsweise -chlorid um (diese Stoffe machen jedoch einen Katalysator

wirkungslos). Ebenfalls wurde bekannt, daß der menschliche Körper bedeutend mehr Blei aus Autoabgasen aufnimmt, als bisher angenommen wurde <sup>[44]</sup>.

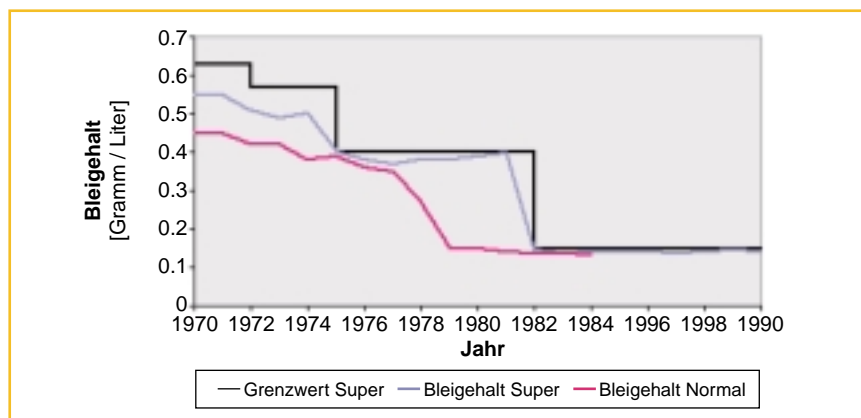
1982 senkte der Bundesrat dann den Grenzwert im Superbenzin auf 150 Milligramm pro Liter <sup>[45]</sup> und kündigte an, er wolle aktiv auf die Einführung von bleifreiem Benzin hinwirken <sup>[46]</sup>.

### Auswirkungen der Luftverschmutzung in Deutschland

1983 führte die bürgerliche Bundesregierung im Zusammenhang mit der Waldsterben-Diskussion bleifreies Benzin ein <sup>[30]</sup>. Ferner beschloß sie in einem Grundsatzentscheid, ab dem 1. Januar 1986 nur noch Neuwagen zuzulassen, die mit bleifreiem Benzin fahren. Sie rechnete damit, daß andere europäische Länder sich dieser "Schrittmacher-Entscheidung" anschließen würden. Die Pläne überraschten in der Schweiz, da es bisher geheißsen hatte, ein Alleingang Bonns sei wegen der zu erwartenden Schwierigkeiten mit den Nachbarländern nicht zu erwarten <sup>[47]</sup>.



Figur 2. Jährliche Bleiemissionen des motorisierten Straßenverkehrs und anderer Quellen in der Schweiz von 1920 bis 2000 (nach <sup>[42]</sup>; Werte Verkehr im Zeitraum 1971 bis 1974 ergänzt nach <sup>[21]</sup>).



Figur 3. Durchschnittliche effektive Bleigehalte im Autobenzin von 1970 bis 1990 (Daten: Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA); 1970 bis 1979 aus Tankstellenproben, ab 1980 aus Zollproben einschließlich Proben aus Inlandraffinerien; normalerweise sind beide Arten von Mittelwerten identisch [Auskunft EMPA]).

### Die Wirkung des Waldsterbens auf die Bleibenzin-Debatte in der Schweiz

Im Zusammenhang mit der Bekämpfung des Waldsterbens verbot der Schweizer Bundesrat Ende 1984 den Verkauf von verbleitem Normalbenzin<sup>[48]</sup> und führte das bleifreie Benzin ein<sup>[49]</sup>, das maximal noch 13 Milligramm Blei pro Liter enthalten durfte.<sup>6)</sup> Ferner erleichterte er ab August 1984 den Import von Automobilen mit Katalysator<sup>[50]</sup>. 1985 waren auch die schweizerischen Automobil-Importeure, die Automobilverbände und die Erdölvereinigung für die Einführung von Katalysatoren und damit für bleifreies Benzin – dreizehn Jahre nachdem die USA den Katalysator erfolgreich eingeführt hatten. Mit ausschlaggebend für die Wende war der deutsche Entscheid über die Zulassung von Neuwagen<sup>[51]</sup>. Doch der Parlamentsbeschluß von 1985 über die Differenzierung des Treibstoffzollens<sup>[52]</sup> mit dem Ziel, die Zölle auf verbleitem Benzin zu erhöhen und bleifreies Benzin ertragsneutral zu vergünstigen, brachte nicht die erwartete Entlastung beim Bleiausstoß: Ende 1986 fuhr erst jedes fünfte Auto bleifrei<sup>[53]</sup>. Die steuerliche Minderbelastung um 8 Rappen pro Liter während der Umstellungsphase beschleunigte die Verbreitung des bleifreien Benzins genausowenig wie die in einzelnen Kantonen gewährte Entlastung bei den Motorfahrzeugsteuern für Katalysatorfahrzeuge, weil die Einsparungen einen zu geringen Anreiz boten. Dies war von vielen Parlamentariern befürchtet worden. Die Differenzierung verhinderte aber immerhin, daß Katalysatorfahrzeuge mit Bleibenzin betankt worden wären.

Acht Jahre später, 1994, zeigte sich aufgrund des Ersatzes alter Fahrzeuge ein anderes Bild: 80 Prozent aller Autos fuhren bleifreies Benzin, das einen Gehalt von durchschnittlich nur noch 2 Milligramm Blei pro Liter aufwies<sup>[54]</sup>. Von 1985 bis 1989 nahm die Blutbleibelastung der Bevölkerung um 30 Prozent ab<sup>[55]</sup>.

### Bleizertifikatshandel in den USA

Während in der Schweiz ein Verbot von Bleibenzin noch in weiter Ferne war, wurde in den USA die Reduktion des Bleigehalts vorangetrieben: Ab Mitte 1986 durfte das Benzin nur noch 26 Milligramm Blei pro Liter enthalten. Um die Senkung des Bleigehalts günstiger zu gestalten, war 1982 ein Bleizertifikatshandel eingerichtet worden: Gesellschaften, die in einer Raffinerie den Bleigehalt früher als vorgeschrieben reduzierten, konnten Gutschriften sammeln und diese in einer anderen Raf-

finerie einsetzen, um dort die Reduktion später als vom Gesetz vorgesehen vorzunehmen. Die Tetraethylblei-Herstellerinnen *Ethyl Gasoline Corporation* – ursprünglich ein *Joint Venture* von *General Motors* und *Standard Oil* – und *Du Pont* hatten vor Gericht erfolglos versucht, gegen die *EPA* wegen Verletzung ihrer Eigentumsrechte vorzugehen<sup>[16]</sup>. Unter den Gesellschaften entwickelte sich ein aktiver Markt für Bleigutschriften<sup>[12, 56, 57]</sup>. Verzögert wurde die Bleieliminierung allerdings, weil die USA die Preisdifferenz zwischen verbleitem und unverbleitem Benzin nicht regelten. Dies führte dazu, daß Millionen mit Katalysatoren ausgerüsteter Fahrzeuge jahrelang mit bleihaltigem Benzin betrieben wurden, da dieses offenbar aufgrund von Marketingstrategien der Einzelhändler deutlich billiger war<sup>[12a]</sup>. Dadurch wurden die Katalysatoren weniger wirksam oder sogar wirkungslos. Ab 1988 gelangte Bleibenzin dann fast nur noch in *Off-Road*-Fahrzeugen zur Anwendung, 1996 wurde es schließlich ganz verboten<sup>[58]</sup>.

### Die Abschaffung des Bleibenzins

Deutschland schaffte das Bleibenzin schließlich 1996 ab, ohne den Beschluß mit der EU abzustimmen<sup>[30]</sup>, die Schweiz zeitgleich mit den meisten Staaten der EU auf den 1. Januar 2000.<sup>7)</sup> Genauer: Der Bleigehalt im Benzin ist heute auf maximal 5 Milligramm pro Liter limitiert<sup>[59]</sup>, im Sinne eines Toleranzwerts für Verunreinigungen.

Derweilen baute die Erdölindustrie die Absatzmärkte für Bleibenzin in der Zweiten und Dritten Welt aus<sup>[16]</sup>, wo die Raffinerien nicht umgerüstet und die Bleigrenzwerte – wenn sie überhaupt bestanden – unverändert hoch waren<sup>[56]</sup>.

## 2. Kosten und Nutzen der Eliminierung des Bleibenzins

Weltweit gibt es nur einzelne Kosten-Nutzen-Analysen zur Benzinverbleiung<sup>[12, 60–63]</sup> und nur einzelne von der Erdölwirtschaft unabhängige Studien zu den Kosten der Eliminierung des Bleiusatzes<sup>[56, 64]</sup>. Auch die in der Schweiz seit den 1970er Jahren durchgeführten Untersuchungen zu den externen Kosten des Straßenverkehrs<sup>[65]</sup> berücksichtigen die Bleibelastung nicht.

Die meisten Studien nehmen Bezug auf die Untersuchung der *US-EPA*<sup>[12]</sup>. Diese monetarisierte die externen Kosten der Verbleiung (die dem externen Nutzen der Abschaffung des Bleibenzins ent-

sprechen) in folgenden vier Bereichen: Auswirkungen auf die Gesundheit und Intelligenz der Kinder, blutdruckbezogene Auswirkungen bei Erwachsenen, zusätzliche Emissionen durch falsch betankte Fahrzeuge, Unterhalt und Treibstoffverbrauch von Fahrzeugen. Demgegenüber ließen sich die (internen) Kosten der Bleireduktion anhand der höheren Kosten für die Raffination des Erdöls relativ einfach und genau berechnen.

In den erwähnten amerikanischen und deutschen Studien übertrifft der Nutzen der Bleireduktion deren (interne) Kosten um das Fünf- bis Dreizehnfache. Die Kosten werden mit 1 bis 3 US-Cent pro Liter Benzin angegeben, je nach Raffinerie und Bleigehalt. Diese Kostenhöhe dürfte auch für die Schweiz für die Reduktion von 150 auf 5 Milligramm Blei pro Liter Benzin gelten (siehe Abschnitt 3).

Bei Kosten-Nutzen-Analysen werden jedoch nur die eindeutig monetarisierbaren Kosten und Nutzen betrachtet. Sobald unklare Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge vorliegen, werden Monetarisierungen in der Regel unterlassen. Dies gilt meist auch für die längerfristigen Auswirkungen wie die Bodenbelastung oder die Anreicherung in der Nahrungskette, da diese selten gut erforscht sind.

Hätte die Schweiz wie die USA bereits 1988 auf "bleifrei" umgestellt, hätte sich, wenn man von denselben Berechnungsgrundlagen ausgeht, für die Zeit von 1988 bis 1999 ein Nettoutzen von mindestens 3 bis 5.6 Milliarden oder jährlich 250 bis 470 Millionen Franken ergeben<sup>[66a]</sup>.

## 3. Die Hauptargumente gegen die Abschaffung des Bleibenzins in der Schweiz

### (1) Versorgungsgenässe

Seit der Erdölkrise in den 1970er Jahren wurde geltend gemacht, daß ein Alleingang der Schweiz schwerwiegende Versorgungsgenässe schaffen würde: Die Schweiz sei zu zwei Dritteln auf ausländische Raffinerien angewiesen und könne deshalb keine tieferen Bleigrenzwerte als das benachbarte Ausland festlegen. Die Kartellkommission sah

<sup>6)</sup> Die Schweizer Normen-Vereinigung (SNV) beschloß, daß unverbleites Benzin 91 Oktan aufweisen müsse, erhöhte aber bereits für 1986 auf 95 Oktan!

<sup>7)</sup> Zuvor hatten dies Japan 1980, die Slowakei 1994 und Österreich und Schweden 1995 getan.

bei einem Versorgungsengpaß die unabhängigen Importeure bedroht, denen für den Wettbewerb eine belebende Rolle zukomme.

Dies traf nur sehr bedingt zu. Wie bereits dargestellt war die internationale Erdölindustrie auf die Senkungen des Grenzwerts, die zum Teil lediglich Anpassungen an den gesenkten Bleigehalt des Benzin waren, immer gut vorbereitet. Dies war auch in Deutschland der Fall<sup>[67]</sup>, das einen mehrfach höheren Benzinverbrauch als die Schweiz aufwies und den Bleigrenzwert trotzdem rascher senkte.<sup>8)</sup> Von einem Alleingang hätte man nicht sprechen können. Ferner gab es für den Fall einer internationalen Krise umfangreiche Pflicht- und Handelslager. Diese waren jeweils durch Übergangsfristen von bis zu elf Jahren<sup>[45]</sup> von den strengeren Grenzwerten ausgenommen.

Gegen Engpässe wäre es ausreichend gewesen, Härteklauseln vorzusehen, wie sie in Deutschland von 1972 bis 1977 galten<sup>[30]</sup> und bei internationalen Umwelt-Übereinkommen üblich sind.<sup>9)</sup>

## (2) Untragbare Benzinpreiserhöhungen

Da die Zugabe von Tetraethylblei eine günstige Möglichkeit war, die Oktanzahl zu erhöhen, verteuerte jede Reduktion des Bleigehalts das Benzin grundsätzlich. Wirtschafts- und Automobilverbände, aber auch der Bundesrat, erachteten bis Anfang der 1980er Jahre die entsprechenden Benzinpreiserhöhungen als weder für die Wirtschaft noch für die Bevölkerung tragbar. Der Bundesrat stützte sich dabei fast ausschließlich auf Angaben der Erdölwirtschaft und ging bei den zur Diskussion stehenden Reduktionsschritten von jeweils 2 bis 7 Rappen Mehrkosten pro Liter aus. Deshalb sei eine rasche Gangart nicht möglich<sup>[7, 20, 21]</sup>.

Dieses Argument traf in keiner Weise zu. Die Benzinpreiserhöhung fiel wesentlich tiefer aus, vor allem weil die Reduktion mit Fortschritten in der Erdölraffination verbunden war; bis zu einem Grenzwert von 400 Milligramm pro Liter sanken gar die Kosten für die

<sup>8)</sup> Der schweizerische Botschafter in Köln bestätigte in einem Schreiben vom 3.3.1977 an die Eidgenössische Bundesverwaltung gestützt auf Angaben des deutschen Bundesministeriums für Wirtschaft, daß die Befürchtungen von Versorgungsengpässen und Wettbewerbsnachteilen für den "mittelständischen Mineralölhandel" sich in Deutschland nicht bewahrheitet haben.

<sup>9)</sup> Etwa im Protokoll zum UNO-Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung betreffend Schwermetalle<sup>[68]</sup>.

Raffinerien<sup>[69]</sup>. Die Reduktion des Gehalts von 600 auf 5 Milligramm Blei pro Liter kostete insgesamt schätzungsweise 3 bis 4 Rappen pro Liter<sup>[64, 69, 71]</sup>.

Seit Jahrzehnten sind Sparmaßnahmen im Automobilwesen bekannt, die die behaupteten Benzinpreiserhöhungen um ein Mehrfaches überkompensieren, die aber erst in neuerer Zeit umgesetzt werden. Eine Benzinpreissteigerung von 3 Rappen pro Liter erhöht die Betriebskosten eines üblichen Mittelklassewagens mit einer Jahresfahrleistung von 15 000 Kilometer um rund 0.3 Prozent. Die seit 1974 eingetretenen Verbesserungen bei der Motorentechnik, die Auswirkungen eines Kurses für sicheres und sparsames Fahren (*Eco-Drive*) und die Aufhebung der kartellähnlichen Absprachen bei den Haftpflicht- und Teilkaskoversicherungen für Motorfahrzeuge im Jahr 1996 führen demgegenüber zu Einsparungen, die um die Faktoren 10 bis 6 höher liegen<sup>[66b]</sup>.

Zudem stieg der Benzinpreis zwar nominal, real aber nahm er ab 1985 deutlich ab (siehe Figur 4). Auch zeigt die stete Zunahme des Gesamtbenzin-

verbrauchs, daß die Benzinpreiserhöhungen keinen signifikanten Einfluß auf den Verbrauch hatten (siehe Figur 5).

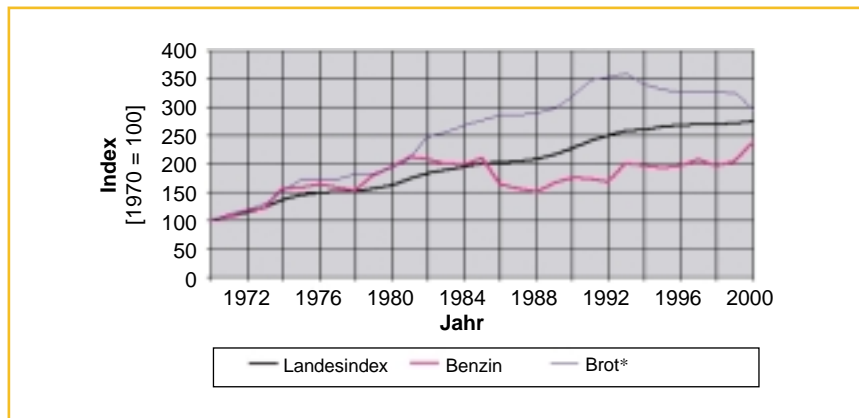
## (3) Höherer Treibstoffverbrauch

Als Einwand wurde ferner bis Ende der 1980er Jahre vorgebracht, der Einsatz von bleifreiem Benzin und von Katalysatoren erhöhe den Treibstoffverbrauch bei gleichbleibender Fahrleistung um 3 bis 20 Prozent.

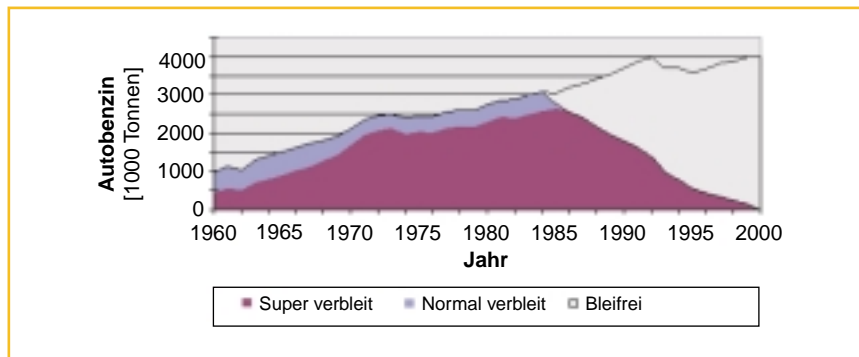
Dies erwies sich als nicht zutreffend. Das bleifreie Benzin hat weder einen Einfluß auf den Verbrauch noch auf die Leistung der Motoren<sup>[71, 73]</sup>. Der durchschnittliche Benzinverbrauch von Personwagen nahm kontinuierlich ab<sup>[74]</sup>. Allerdings setzten die Raffinerien schätzungsweise ein Prozent mehr Energie für die Herstellung von Benzin mit hoher Oktanzahl ein<sup>[64a]</sup>.

## (4) Schädigung der Fahrzeuge

Schließlich wurde bis in die 1980er Jahre behauptet, Benzin mit einem tiefen Bleigehalt schädige die Motoren; taugliche Alternativen zu Blei gebe es nicht.



Figur 4. Indexentwicklung des Benzinpreises in der Schweiz von 1970 bis 2000 (Daten Bundesamt für Statistik<sup>[72]</sup>, Landesindex für Konsumentenpreise; bis 1984 Normalbenzin verbleit, ab 1985 Bleifrei 95; Datenlage 1985 unklar; \*Brot als Vergleichsgröße aufgeführt).



Figur 5. Gesamter jährlicher Inlandabsatz an Autobenzinen in der Schweiz von 1960 bis 2000 (Daten: Erdölvereinigung; Marktanteile 1960 bis 1967 geschätzt). Ab 1993: Mineralölsteuererhöhung um 20 Rappen pro Liter (Jahresbericht 1999 Erdölvereinigung).

Die Erfahrungen im Ausland zeigten jedoch bei einem Benzin-Bleigehalt von 150 Milligramm pro Liter keine negativen Auswirkungen auf Fahrbarkeit und Lebensdauer der Fahrzeuge<sup>[21]</sup>. Zudem gab es für ältere Fahrzeuge Bleiersatz-Additive ("Schmiermittel"). Während die Erdölindustrie und die Automobilverbände diese früher für nicht anwendbar hielten, vertreten sie heute die Meinung, diese könnten problemlos der Tankfüllung beigemischt werden<sup>[74, 75]</sup>.

#### 4. Warum das Bleibenzin schließlich eliminiert wurde

In der oben dargestellten Geschichte lassen sich für die Schweiz zwei Hauptgründe erkennen, weshalb sich das bleifreie Benzin (wieder) durchsetzte: Einerseits überwogen (wieder) die gesundheitlichen Bedenken gegen das Blei. Andererseits wurde der Druck von Wissenschaft und Öffentlichkeit zur Bekämpfung der Luftverschmutzung mit Stickoxiden, Kohlenwasserstoffen und Kohlenmonoxid immer größer und erreichte zur Zeit der Waldsterben-Debatte Mitte der 1980er Jahre seinen Höhepunkt. Dies führte schließlich zur Einführung des Katalysators und damit zum bleifreien Benzin.

Was die Wirtschaft zum Umdenken brachte, geht aus den vorliegenden Dokumenten nicht eindeutig hervor. Nach ihrer Darstellung sorgte sie sich um die Luftqualität und favorisierte deshalb den Katalysator<sup>[76]</sup>. Es lassen sich allerdings plausible Gründe feststellen:

- Neue, billigere Verfahren in der Raffination wie Isomerisation und Hydrocracking wurden entwickelt<sup>[69]</sup>.
- Taugliche Ersatzstoffe wie MTBE wurden erfunden (vergleiche Abschnitt 7).
- Blei ist einer der knappsten Rohstoffe. Es zeichnete sich eine Erschöpfung der Bleireserven und eine Abhängigkeit von der UdSSR ab, die große Vorkommen besaß<sup>[21]</sup>.

#### 5. Der Umgang mit dem Risiko

Die Entwicklung von Tetraethylblei ist ein Lehrstück dafür, daß "schnelle Lösungen", die darauf zielen, nur einzelne Parameter zu optimieren, unzulänglich sind<sup>[3]</sup>: Während *Du Pont* Grundlagenforschung zur Leistungsverbesserung im Motorenbau befürwortete, wollte *General Motors* sich an den bisher erarbeiteten Lösungen orientieren und auf der Basis von Kerosin durch die

Zugabe von Aromaten ein billigeres Produkt als das bisher aufwendig veredelte Benzin entwickeln<sup>[5]</sup>. Als Midgley jr. das Tetraethylblei entdeckte, zeigte sich rasch, daß ein Produktionsrisiko in akuten und chronischen Bleiintoxikationen bestand. Ende 1922 wurde Midgley jr. vom deutschen Forscher Erich Krause auf die Gefahren und die lange Latenzphase hingewiesen<sup>[3]</sup>. Aufgrund der niedrigen Konzentration im Benzin attestierten die amerikanischen Behörden dem Tetraethylblei aber nur eine geringfügige Gefährdung der Öffentlichkeit<sup>[5]</sup>. Entsprechend bezogen sich Schutzmaßnahmen in erster Linie auf die Verhinderung direkter humantoxikologischer Folgen, etwa indem beim Umgang mit Tetraethylblei Schutzbekleidung angezogen werden mußte<sup>[7]</sup>.

Anfang der siebziger Jahre diskutierten Wissenschaftler der Erdölindustrie, ob Tetraethylblei durch einen Benzinzusatz als Aromaten ersetzt werden könne<sup>[77]</sup>, was in der Folge vor allem deswegen nicht geschah, weil die Gewinnung dieser Verbindungen um einiges teurer gewesen wäre als die Herstellung von Tetraethylblei<sup>[16]</sup>. Später wurde unter anderem in Deutschland auch Benzol als Antiklopfmittel eingesetzt. Benzol ist kanzerogen.<sup>[10]</sup>

In der Schweiz war seit den 1960er Jahren eine Risikohypothese der chronischen Toxizität bekannt, was zu einem entsprechenden Abklärungsauftrag führte<sup>[20, 21]</sup>. Der Aspekt der Langfristigkeit und der latenten Gefährdung – der sich speziell beim Boden zeigt – wurde lange verkannt. Es blieb im wesentlichen beim Diskurs des konkreten Schadens: der akuten Toxizität, des Produktionsrisikos und der Arbeitshygiene.

Beim Massenprodukt Bleibenzin zeigte der Bundesrat einen deutlich weniger strengen Umgang mit Risiken als bei anderen Giftstoffen, für die eine strikte Einteilung nach Gefährlichkeitsklassen galt und von hohen Sicherheitsmargen ausgegangen wurde. Demgegenüber wurde in den USA ein Grenzwert für den Bleigehalt im Blut im Sinne eines Aktionswerts festgelegt. Im Blut konnten sogar die saisonalen Schwankungen des Benzinverbrauchs abgelesen werden<sup>[12]</sup>.

Erst in den 1970er Jahren wurde die Gefährdung von Ökosystemen in politischen Gremien thematisiert. Überrascht nahm man Ende der 1980er Jahre zur Kenntnis, daß die Verbreitung des verkehrsbedingten Bleis bis in die Polargebiete nachzuweisen war<sup>[78]</sup>. Der eigentliche Paradigmenwechsel zur chronischen Toxizität beziehungsweise der

Diskurs des potentiellen Schadens fand erst in den 1990er Jahren statt.

### 6. Diskussion der Schweizer Politik

Der Umgang mit Bleibenzin wurde in der Schweiz immer auf Verordnungsstufe, also durch die Exekutive, geregelt; einzig die steuerliche Begünstigung des bleifreien Benzins ab 1986 erfolgte durch einen Beschluß des Parlaments. Ebenfalls wurden im Parlament ab den 1970er Jahren mehrere Vorstöße zur Reduktion der Bleibelastung eingereicht, diese blieben aber ohne nennenswerte Wirkung.

Im Bereich des Motorfahrzeugverkehrs verfolgte der Bundesrat bei den Bleiemissionen eine andere Strategie als bei den übrigen Schadstoffen: Er nahm bei der Luftreinhaltepolitik eine scharfe Trennung vor zwischen den "schädlichen Abgasemissionen" (ohne Bleiverbindungen) und dem "Bleizusatz im Benzin". Bei den Auto-Abgasvorschriften gingen die Schweiz und Schweden über das entsprechende Reglement der *UN-ECE (United Nations Economic Commission for Europe)* hinaus; beim Blei wagte der Bundesrat keine eigenständige Politik, obwohl Deutschland und die USA strengere Vorschriften kannten. Der Bundesrat hoffte auf die Lösung des Umweltproblems allein durch die Technik und verfolgte eine passive Strategie, die keine Forderungen stellte. Dabei gab es auch auf seiten der Automobilwirtschaft Vertreter, die schon früh zu verstehen gaben, daß sich die Technik den Vorgaben der Politik anpassen könnte<sup>[79]</sup>. Im Bericht von 1974 an das Parlament<sup>[39]</sup> läutete die Regierung in diesem Punkt eine grundsätzliche Änderung der Umweltpolitik ein; beim Blei wurde diese jedoch nicht umgesetzt.

Der Bundesrat verfolgte ein simples Grenzwertkonzept, ohne andere Instrumente einzusetzen. Dabei regelte er nur den maximal zulässigen Bleigehalt im Benzin, nicht aber die Emissionen eines Fahrzeugs pro Fahrleistung, die Gesamtfracht des Straßenverkehrs oder die Konzentration in der Luft, im Boden oder im menschlichen Blut. Beim Kreislauf des Bleis setzte der Bundesrat die Grenze seiner Einflußnahme also bei den Tankstellen beziehungsweise bei den Benzinimporteuren: Waren die

<sup>10)</sup> In der EU und in der Schweiz<sup>[59]</sup> ist der Benzolgehalt im Benzin heute auf 1 Volumenprozent begrenzt.



**Exkurs 3****MTBE, der wichtigste Nachfolger von Blei als Antiklopfmittel**

In der Schweiz, der EU und den USA wird heute Methyltertiäbutylether (MTBE) zur Erhöhung der Oktanzahl eingesetzt. Der Verbrauch beträgt in der Schweiz gegenwärtig rund 100 000 Tonnen pro Jahr; der Gehalt an MTBE im Bleifrei 95 (Eurosuper) liegt im saisonalen Durchschnitt bei rund 2 Prozent<sup>[80]</sup>.

MTBE ist gut wasserlöslich und im Boden sehr mobil und im Vergleich zu anderen Benzinbestandteilen sehr schlecht abbaubar (anders als in der Atmosphäre). Schon in tiefen Konzentrationen von 20–50 Mikrogramm pro Liter verdirbt es Geruch und Geschmack von Trinkwasser. Durch diese Eigenschaften gefährdet es das Grundwasser. Die Substanz weist eine geringe akute Toxizität auf, steht jedoch im Verdacht, Krebs zu erzeugen und weitere gesundheitliche Probleme auszulösen.

MTBE ist eine der meistproduzierten organischen Verbindungen und wird fast ausschließlich als Antiklopfmittel im Benzin gebraucht. In den USA wird es seit 1979 industriell hergestellt und dem Benzin beigemischt. Rund 60 Prozent des globalen Verbrauchs werden dort eingesetzt, nicht nur zur Erhöhung der Oktanzahl, sondern auch des Sauerstoffgehalts wegen: seit 1990 gelten für Gebiete mit hoher Luftverschmutzung Vorschriften über einen Mindestgehalt sauerstoffhaltiger Verbindungen im Benzin, um schädliche Verkehrsemissionen (Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe) zu vermindern. Der Gehalt an MTBE im Benzin beträgt in jenen Gebieten derzeit durchschnittlich 11 Prozent. Ob MTBE tatsächlich zur Emissionsminderung beiträgt, ist insbesondere für neuere Fahrzeuge umstritten. MTBE ist günstig und leicht zu produzieren. Es kann in der Raffinerie hergestellt, dem Benzin zugemischt und so auch in Pipelines transportiert werden<sup>[70, 81, 82]</sup>.

Bleigrenzwerte im Benzin eingehalten, so nutzte er seinen Handlungsspielraum nicht weiter.

Bedingt auch durch den kontinuierlichen Anstieg des Benzinverbrauchs und des Bedarfs an höheroktanigem Benzin, den der Bundesrat in seinen Überlegungen außer acht ließ, blieb die Politik bis Anfang der 1980er Jahre überhaupt praktisch wirkungslos (siehe Figur 2).

Während der Bundesrat in der Güterabwägung bis 1947 die gesundheitlichen Bedenken höher als die wirtschaftlichen Interessen gewichtete, ließ er sich in den folgenden Jahrzehnten von den wirtschaftlichen Gesichtspunkten leiten. In zentralen Fragen verließ er sich auf die Angaben der Industrie oder ihrer Interessenvertreter in den Arbeitsgruppen und agierte entsprechend zögerlich und nicht mit durchschlagendem Erfolg.

Insgesamt ergibt sich, daß weder Wirkungstiefe noch -breite noch -geschwindigkeit der Problementwicklung gerecht werden konnten.

Bei der Bleiproblematik treffen wir wie beim Smog auf das Phänomen "Katastrophenparadox"<sup>[2]</sup>: Gezieltes umweltpolitisches Handeln bleibt in "katastrophen" Situationen aus und erfolgt erst bei sinkender Umweltbelastung. Eine griffige politische Maßnahme – die deutliche Senkung des Bleigehalts im Superbenzin – fand erstmals 1982 statt, zehn Jahre nachdem die Bleiemissionen ihr Maximum erreicht hatten (siehe Figur 2).

Die politische Geschichte des Bleis im Benzin ist vergleichbar mit jener anderer Chemikalien, zum Beispiel der

Insektizide "Neocid" (DDT) oder "Galecron", der Dioxine, der Fluor-Chlor-Kohlenwasserstoffe (FCKW) oder der polychlorierten Biphenyle (PCB)<sup>[3]</sup>. Der Sinneswandel erfolgte bei diesen Verbindungen jedoch rascher als beim Tetraethylblei.

**7. Aus TEL wird MTBE oder: Die Geschichte geht weiter**

Mit der Eliminierung von Blei aus dem Benzin ist die verkehrsbedingte Belastung in fast allen Umweltbereichen stark zurückgegangen<sup>[55]</sup>. Die Geschichte der Benzinverbleiung im motorisierten Straßenverkehr scheint abgeschlossen. Sie wird jedoch durch die belasteten Böden entlang der Straßen als eine Epoche in Erinnerung bleiben, in der eine Technik ohne genügende Abschätzung der längerfristigen Folgen eingesetzt wurde.

**Ein neues Wundermittel?**

Als Nachfolgerin von Blei und eigentliches Wundermittel präsentierte die Erdölindustrie Ende der 1970er Jahre die Substanz MTBE (siehe Exkurs 3). Doch diese birgt noch wenig erforschte Gefahren<sup>[70]</sup>. Gegenwärtig steht die Grundwassergefährdung im Zentrum. Die *US-EPA* empfahl, die eingesetzte MTBE-Menge drastisch zu reduzieren<sup>[83]</sup>. Aufgrund der Gefahr durch lecke Tanklager und Pipelines darf in Kalifornien MTBE nur noch bis Ende 2003 verwendet werden. Geplant ist dort, MTBE durch Ethanol zu ersetzen und allenfalls den

Mindestsauerstoffgehalt im Benzin zu senken<sup>[84]</sup>. Ethanol herzustellen ist energieintensiv. Die Auswirkungen eines Einsatzes im großen Stil auf die Umwelt sind noch kaum erforscht. Die Erdölindustrie erklärt, sie könne auch ohne sauerstoffhaltige Zusätze sauber verbrennendes Benzin produzieren. Auch verbesserte Motorentechnologien wie die Benzindirekteinspritzung können die Emissionen stark verringern. Doch die US-Alkoholindustrie und die Getreideproduzenten propagieren seit Jahren Ethanol als Ersatz für MTBE und versuchen gegenwärtig auf Bundesebene massiv Einfluß zu nehmen gegen eine Lockerung der Vorschriften über den Mindestsauerstoffgehalt<sup>[85]</sup>.

Auch in anderen US-Staaten und in einigen Ländern der EU wird ein Verbot von MTBE diskutiert. Demgegenüber sprach sich das deutsche Umweltbundesamt im Februar 2000 für einen Mindestgehalt an sauerstoffhaltigen Verbindungen im Benzin und für einen verstärkten Einsatz von MTBE in der EU aus. Es kommt in einer Güterabwägung zum Schluß, daß die Vorteile der Verringerung der Luftschadstoffemissionen, insbesondere von Kohlenmonoxid, überwiegen. Der MTBE-Gehalt des Benzins sei in Deutschland viel tiefer als in den USA. Ein akutes Umweltrisiko bestehe nicht<sup>[82, 81]</sup>. Auch das Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) hält es nicht für notwendig, MTBE zu ersetzen: Die Grundwasserverschmutzung liege »heute und auch in den kommenden Jahren deutlich unter dem gesetzlich erlaubten Grenzwert von 200 Mikrogramm pro Liter«. Gefahr bestehe beim punktförmigen Eintrag insbesondere bei Havarien (beispielsweise Tankzugunfällen). Die strengeren Vorschriften für Tanks, Umschlagplätze und Tankstellen (Benzindampf-Rückgewinnung) und die besseren Motoren und Fahrzeuge ließen eine weitere Verringerung der MTBE-Emissionen in den nächsten Jahren erwarten<sup>[80]</sup>. Vertreter der Eidgenössischen Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) verlangen hingegen eine bessere Risikoabklärung<sup>[81]</sup>. In Westeuropa wird das Risiko von Lecks in unterirdischen Tanks und ähnlicher Ereignisse bisher meistens als technisches Problem angesehen, das durch gesetzliche Anforderungen an die Anlagen verbunden mit Strafandrohungen gehandhabt werden kann. Studien zeigen aber, daß Anlagen auch durch unsachgemäße Installation lecken können<sup>[70]</sup>. Zudem sind bereits Havarien vorgekommen<sup>[81]</sup>.



**Vom Teufel zum Beelzebub?**

Die Geschichte des Bleis scheint sich in vielerlei Hinsicht beim MTBE zu wiederholen. Die Erfahrungen der Vergangenheit wurden kaum genutzt, um gegenwärtige und künftige Risiken zu verringern. Beim MTBE ist davon auszugehen, daß das Risiko, das sich vor allem durch die Persistenz, die hohe Wasserlöslichkeit und die enormen Produktionsmengen ergibt, bei der breiten Einführung der Substanz voraussehbar gewesen wäre. Seit 1954 war die geringe Abbaubarkeit von Etherverbindungen bekannt. Ferner wurden deren Auswirkungen auf die Genießbarkeit des Trinkwassers seit 1960 in Lehrbüchern dargestellt. Seit 1990 sind Anzeichen des Grundwassergefährdungspotentials von MTBE nachgewiesen und umfassende Untersuchungen zur Krebseregung eingeleitet worden<sup>[70]</sup>. Basis für Entscheidungen sind jedoch die akuten Gesundheitsrisiken, die verneint werden, nicht die längerfristigen unklaren Auswirkungen. Im Vordergrund stehen heute immer noch die technischen Maßnahmen, wie Bauvorschriften für Anlagen, die "end-of-pipe"-Lösungen entsprechen.

MTBE gilt zwar heute (noch?) als bessere Lösung als Blei<sup>[70]</sup>. Dennoch beruht seine Einführung gleich wie beim Blei auf einer kurzfristigen Entscheidung der Industrie und der Gesellschaft beziehungsweise der Behörden. Sie entspricht nicht dem Vorsorgeprinzip und zeigt den

fragwürdigen ökologischen Wert einer raschen Entscheidung ohne umfassende Abklärungen. Das andauernde Risiko und die unumkehrbaren negativen Effekte können zu übermäßigen Schäden und Kosten führen. Allein die Kosten, um Trinkwasserquellen von MTBE zu reinigen, dürften außerordentlich hoch, möglicherweise zu hoch sein, bedingt durch die niedrigen Konzentrationen, die für eine Verunreinigung genügen<sup>[70]</sup>.

**Schlußfolgerungen**

Die Bleigeschichte mit ihrer Fortsetzung zeigt einmal mehr, daß die Verwendung einer Chemikalie in diesen Mengen für die Umwelt unerwartete negative Auswirkungen haben kann. Jede Alternative zu MTBE sollte möglichst umfassend geprüft werden auf ihre Umweltauswirkungen in allen Umweltmedien, bevor sie zum Einsatz gelangt. Die Beurteilung der Gefährlichkeit muß dabei die Verteilung zwischen und die Abbaubarkeit in den einzelnen Umweltmedien und auch Emissions-szenarios berücksichtigen. Um die Risiken für das Trinkwasser zu minimieren, sollte der Einsatz von MTBE auf jeden Fall reduziert werden.

Zur Erreichung dieses Ziels genügt ein Grenzwertkonzept für den Schadstoffgehalt im Benzin oder im Boden nicht. Nötig ist ein breites Instrumenta-

rium von ökonomischen Instrumenten wie Lenkungsabgaben und Zertifikatslösungen sowie Anforderungen an die Technik von freiwilligen Branchenvereinbarungen bis hin zu Etappenplänen mit verbindlichem Charakter. Darüber hinaus ist aber auch vermehrt Öffentlichkeitsarbeit erforderlich: Umweltbelastungen und Risiken können von der Öffentlichkeit nur akzeptiert werden, wenn die Allgemeinheit an den Entscheidungen, die diese Risiken schaffen und den Umgang mit ihnen regeln, beteiligt wird. Deshalb braucht es verlässliche und allen zugängliche Informationen als Beitrag zu einer Demokratisierung des wissenschaftlichen Fachwissens. Letztlich führt kein Weg an einer breiteren und tieferen Debatte über die Mobilität vorbei. Der Trend zu immer stärkeren Motoren hält an, und im Bewußtsein vieler Autofahrender lebt der "Tiger im Tank" weiter: in der Schweiz sind immerhin zehn Prozent der Automobilisten bereit, für bleifreies Superbenzin mit 98 Oktan 6 Rappen pro Liter mehr zu bezahlen als für Benzin mit 95 Oktan<sup>[80]</sup> – für eine Qualität, die nach Ansicht der Automobilverbände und der Autoindustrie für die heutigen Motoren unnötig ist. Bleifrei 98 (Superplus) enthält etwa viermal so viel MTBE wie Bleifrei 95 (Eurosuper)<sup>[80]</sup>. Beide Benzinsorten werden gleich besteuert. Dem Vorsorgeprinzip jedenfalls entspricht dies wohl kaum.



Matthias Mosimann: Geboren 1967 in Dornach, Kanton Solothurn. Studium der Rechtswissenschaften an der Universität Basel. Nachdiplomstudium Umweltwissenschaften an der Universität Zürich. Rechtsanwaltschaft. Als Mitarbeiter in einem Advokaturbüro tätig, dann seit 1995 beim Baudepartement des Kantons Aargau in den Bereichen Bau-, Raumplanungs-, Umwelt- und Energierecht. Im Nebenamtsamt Gerichtsschreiber an einem eidgenössischen Gericht.

Michael Breu: Geboren 1971 in Heiden, Kanton Appenzell-Ausserrhododen. Lehre als Chemielaborant. Anschließend stellvertretender Laborleiter in der Pharmaforschung. Seit 1992 im Journalismus tätig, zunächst als Korrespondent, dann als Wissenschaftsjournalist BR. Nachdiplomstudium Umweltwissenschaften an der Universität Zürich. Heute Chefredakteur eines Chemie-Fachmagazins und Reporter für eine Schweizer Tageszeitung.



Tomáš Vysušil: Geboren 1966 in Horovice, Tschechische Republik. Studium der Holztechnologie an der Technischen Universität in Zvolen, Slowakische Republik. Anschließend einige Jahre in diesem Bereich tätig. Nachdiplomstudium Umweltwissenschaften an der Universität Zürich. Zur Zeit Arbeit an einer Dissertation an der Masaryk-Universität in Brno, Tschechische Republik, im Bereich der Sozialforschung des Umweltbewußtseins der Öffentlichkeit.

Samuel Gerber: Geboren 1959 in Solothurn. Studium der Agronomie, Fachrichtung Pflanzenwissenschaften, an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich. Tätigkeiten am Institut für Umweltschutz und Landwirtschaft (IUL) in Bern-Liebefeld sowie an der Eidgenössischen Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau (FAL) in Zürich-Reckenholz. Seit 1988 Landwirtschaftslehrer und Berater für landwirtschaftliche Sachfragen im Bereich Düngung, Boden und Umwelt am landwirtschaftlichen Bildungs- und Beratungszentrum Strickhof des Kantons Zürich. Nachdiplomstudium Umweltwissenschaften an der Universität Zürich.



Wir danken Irmi Seidl und Heribert Rausch für wertvolle Hinweise zu dieser Fallstudie.

**Literaturverzeichnis**

- [1] Klaus Töpfer, Exekutivdirektor des UNEP, im Vorwort zu Ref. [63].
- [2] V. von Prittitz: *Das Katastrophenparadox. Elemente einer Theorie der Umweltpolitik*, Leske + Budrich, Opladen (1990).
- [3] S. Bösch: *Risikogenese. Prozesse gesellschaftlicher Gefahrenwahrnehmung: FCKW, DDT, Dioxin und Ökologische Chemie*, Leske + Budrich, Opladen (2000).
- [4] B. Gill: "Reflexive Modernisierung und technisch-industriell erzeugte Umweltprobleme – Ein Rekonstruktionsversuch in präzisierender Absicht", *Zeitschrift für Soziologie* 28 (1999) 182–196.
- [5] D.A. Hounshell, J.K. Smith jr.: *Science and Corporate Strategy. Du Pont R&D, 1902–1980*, Cambridge University Press, Cambridge (1989), insbesondere p. 125–137.
- [6] J.O. Nriagu: "The rise and fall of leaded gasoline", *The Science of the Total Environment* 92 (1990) 13–28.
- [7] D. Högger: "Das Problem der Benzinverbleibung", in Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (Ed.): *Das Problem der Benzinverbleibung*, Bern (1971), p. 3–19.
- [8] *Mitteilungsblatt des Rektorates der Univer-*

- sität Zürich, Zürich (Juni/Juli 1985).
- [9] J.A. Timbrell: *Toxikologie für Einsteiger*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (1993).
- [10] T. Damstra: "Environmental Chemicals and Nervous System Dysfunction", *The Yale Journal of Biology and Medicine* 51 (1978) 457–468.
- [11] C. Rimington: "An Enzyme Theory of Haemopoiesis", *Comptes rendus des travaux du Laboratoire Carlsberg; série chimique* 22 (1938) 454–464.
- [12] United States Environmental Protection Agency (Ed.): *Costs and Benefits of Reducing Lead in Gasoline. Final Regulatory Impact Analysis*, EPA-230-05-85-006, Washington DC (1985), insbesondere a) p. E–8.
- [13] L.A. Muro, R.A. Goyer, C. Hill: "Chromosome Damage in Experimental Lead Poisoning", *AMA Archives of Pathology* 87 (1969) 660–663.
- [14] Artikel 282bis LMV, mit Wirkung ab 7.4.1925; Amtliche Sammlung, Neue Folge Band XLI, Jahrgang 1925, p. 233.
- [15] *Neue Zürcher Zeitung* (NZZ) 21.3.1925, Morgenausgabe.
- [16] J.L. Kitman: "The Secret History of Lead", *The Nation*, New York (20. März 2000; preprint).
- [17] Bundesratsbeschluss vom 11.4.1947, Protokoll Art. Nr. 839.
- [18] Antrag des Eidgenössischen Departements des Innern (EDI) vom 2.4.1947 mit Beilage an den Bundesrat (nicht publiziert, Fundort: Bundesarchiv).
- [19] Amtliche Sammlung (AS) 1955 469.
- [20] Eidgenössisches Gesundheitsamt (Ed.): *Bericht der Eidg. Bleibenzin-Kommission an den Bundesrat über ihre Tätigkeit im Zeitraum 1947–1960*, Bern (1961), insbesondere a) p. 79, b) p. 74.
- [21] EDI (Ed.): *Bericht der Arbeitsgruppe für Fragen des Motorenbenzins zuhanden des Eidgenössischen Departements des Innern – Motorenbenzin und Umwelt unter besonderer Berücksichtigung des Bleipproblems*, Bern (1976), insbesondere a) p. 2, b) p. 12–19.
- [22] H. Rausch: *Die Umweltschutzgesetzgebung – Aufgabe, geltendes Recht und Konzepte*, Schulthess, Zürich (1977).
- [23] Verfügung des EDI vom 2.7.1947, abgedruckt in [20a]; vergleiche Bundesblatt (BBl) 1975 I 40.
- [24] E. Gartenmann: "Über die Möglichkeiten der Herabsetzung des Bleigehaltes in den Benzin für motorische Zwecke", in Eidgenössische Kommission für Luftthygiene (Ed.): *Das Problem der Benzinverbleiung*, Bern (1971), p. 37–76.
- [25] Bereinigte Sammlung (BS) 1971 1183.
- [26] AS 1973 1832.
- [27] NZZ 4.12.1973.
- [28] H. Rausch: "Reduktion der Abgase – Stellungnahme der Schweizerischen Gesellschaft für Umweltschutz", NZZ (17.4.1973), Mittagsausgabe.
- [29] Gesetz zur Verminderung von Luftverunreinigung durch Bleiverbindungen in Otto-Kraftstoffen für Kraftfahrzeugmotoren (Benzinbleigesetz, BzBIG) vom 25.11.1971, Bundesgesetzblatt I, Bonn (1971).
- [30] C. Hagner: *Historical Review of European Gasoline Lead Content Regulations and their Impact on German Industrial Markets*, GKSS-Report 99/E/30, Geesthacht (1999).
- [31] R. Carson: *Silent Spring*, Houghton Mifflin, New York (1962).
- [32] AS 1974 1856.
- [33] *Brückenbauer* 8.6.1973.
- [34] E. Haag: *Beitrag zum Bleigehalt des Blutes bei der schweizerischen Bevölkerung unter Berücksichtigung der Exposition im Strassenverkehr sowie im Vergleich zu Bleiarbeitern*, Dissertation, Universität Zürich, Juris Druck + Verlag, Zürich (1975).
- [35] E. Bovay: *Stellungnahme zum Bericht EDI 'Motorenbenzin und Umwelt' vom Juli 1976: Der Standpunkt der Landwirtschaft zur Frage der Herabsetzung des Bleigehalts im Benzin*, Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene, Liebefeld-Bern (1977).
- [36] BBl 1974 II 965; 1976 III 549.
- [37] *Magazin des Zürcher Tages-Anzeiger und der Berner Zeitung* 3.3.1979, insbesondere a) p. 15, b) p. 25.
- [38] *Touring*, Magazin des Touring Club der Schweiz (TCS) 27.1.1977.
- [39] BBl 1975 I 25 ff.
- [40] AS 1977 2364.
- [41] NZZ 4./5.11.1978.
- [42] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) (Ed.): *Vom Menschen verursachte Luftschadstoff-Emissionen in der Schweiz von 1900 bis 2010*, Schriftenreihe Umwelt Nr. 256, Luft, Bern (1995).
- [43] NZZ 2.9.1977.
- [44] E. Caplan, D. Petit, E. Picciotto: "Le plomb dans l'essence", *La Recherche* 152 (1984) 270–280.
- [45] AS 1979 976.
- [46] NZZ 7.6.1983.
- [47] NZZ 21.7.1983.
- [48] NZZ 25./26.2.1984.
- [49] AS 1984 1521.
- [50] NZZ 18./19.8.1984.
- [51] NZZ 21.7.1983, 22.7.1983.
- [52] AS 1985 829.
- [53] NZZ 30.12.1986, gestützt auf die Fachzeitschrift "auto vernünftig".
- [54] NZZ 30.8.1994.
- [55] BUWAL (Ed.): *Weniger Blei im Benzin, weniger Blei im Blut*, BUWAL-Bulletin 2 (1992).
- [56] M. Lovei: *Phasing Out Lead From Gasoline. Worldwide Experience and Policy Implications*, World Bank Technical Paper Nr. 397, Washington D.C. (1998).
- [57] B.D. Nussbaum: "Phasing down lead in gasoline in the U.S.: Mandates, incentives, trading and banking", in OECD (Ed.): *Climate Change – Designing a Tradable Permit System*, OECD, Paris (1992).
- [58] Pressemitteilung der EPA vom 29.1.1996.
- [59] AS 1999 2498.
- [60] J. Schwartz: "Societal Benefits of Reducing Lead Exposure", *Environmental Research* 65/1 (1994) 42–55.
- [61] X. Olsthoorn, K. Dorland, H. Jansen, M. van Drunen, A. Bartonova, J. Clench-Aas, C. Guerreiro, J.F. Henriksen, S. Larssen, J. Pacyna, M. Amann: *Economic Evaluation of air quality targets for sulphur dioxide, nitrogen dioxide, fine and suspended particulate matter and lead*, Ed.: Institute for Environmental Studies (IVM), Amsterdam, Norwegian Institute for Air Research (NILU), N-Kjeller, International Institute for Applied System Analysis (IIASA), Laxenburg (1997).
- [62] M. Lovei: *Eliminating a Silent Threat*, The World Bank, Washington DC (1999).
- [63] OECD, UNEP: *Phasing Lead out of Gasoline: An Examination of Policy Approaches in Different Countries*, OECD, UNEP, Paris (1999), [www.oecd.org/ehs/lead/gasoline.pdf](http://www.oecd.org/ehs/lead/gasoline.pdf).
- [64] A.D. Little International, Umweltbundesamt (Ed.): *Untersuchungen der Auswirkungen der Bleiverminderung in Otokraftstoffen auf den Energie- und Kostenaufwand in den Raffinerien der EG, Österreichs und der Schweiz*, Umweltbundesamt, Berlin (1984), insbesondere a) p. 261–263.
- [65] W. Wittmann, U. Bülte: *Die Belastung der Umwelt durch den Verkehr*, Basler & Hofmann, Zürich (1973).
- [66] M. Breu, S. Gerber, M. Mosimann, T. Vysusil: *Bleibenzin – eine schwere Geschichte. Die Geschichte der Benzinverbleiung aus der Sicht der Politik, des Rechts, der Wirtschaft und der Ökologie*, ökom, München (2002), insbesondere a) p. 108–109, b) p. 176–179.
- [67] B. Schulz: *Effizienzkontrolle von Umweltpolitik – Eine integrierte ökonomisch-ökologische Analyse am Beispiel des Benzinbleigesetzes*, Haag + Herchen, Frankfurt am Main (1983).
- [68] BBl 2000 III 3097.
- [69] H. Gabriel, K. Zimmermann: *Strategien zur Regulierung von Automobilmmissionen – Ökonomische und technische Auswirkungen der Clean Air Act Amendments und des Benzinbleigesetzes*, Schriften des Wissenschaftszentrums Berlin, Berlin (1978).
- [70] M. Krayer von Krauss, P. Harremoës: "MTBE in petrol as a substitute for lead", in P. Harremoës, D. Gee, M. MacGarvin, A. Stirling, J. Keys, B. Wynne, S. Guedes Vaz (Ed.): *Late Lessons from Early Warnings – The Precautionary Principle 1896–2000*, European Environment Agency Environmental issue report No 22, OPOCE (Office for official publications of the European communities), Kopenhagen (2001), p. 110–125.
- [71] Angaben des Touring Clubs der Schweiz (TCS) vom 17.7.2000.
- [72] Bundesamt für Statistik (BfS), BUWAL (Ed.): *Umwelt in der Schweiz 1997. Daten, Fakten, Perspektiven*, EDMZ, Bern (1997).
- [73] D. Burch, P. Riedwyl: *Die Wahrheit über den Katalysator*, Technischer Informationsdienst des Touring-Clubs der Schweiz, Emmen (1988).
- [74] TCS (Ed.): *Treibstoffverbrauch*, Emmen (13.2000).
- [75] Jahresbericht 1998 der Erdölvereinigung.
- [76] Angaben Shell (Schweiz) AG, Vereinigung Schweizerischer Automobil-Importeure und TCS.
- [77] *Chemische Rundschau* 3.1.1974.
- [78] C.F. Boutron, U. Görlach, J.-P. Candelino, M.A. Boshov, R.J. Delmas: "Decrease in anthropogenic lead, cadmium and zinc in Greenland snows since the late 1960s", *Nature* 353 (1991) 153–156.
- [79] W.B. Larson: "Der Standpunkt der Automobilindustrie", in Automobilclub der Schweiz (Ed.): *Auto Mensch Umwelt*, 16. Vortrags-tagung vom 2./3. November 1972 in Rüschlikon, Bern (1973), p. 239–242.
- [80] BUWAL (Ed.): *Abschätzung der Altlastenrelevanz von Methyl-tert-butylether (MTBE)*, Umwelt-Materialien Nr. 151, Bern (2002).
- [81] T.C. Schmidt: "Gefährdet der Benzinzusatz Methyl-tert-butylether (MTBE) das Grundwasser?" *EAWAG news* 53 (2002) 18–20.
- [82] G. Pahlke, H. Leonhardt, M. Tappe: "Mögliche Umweltbelastungen durch die Nutzung von MTBE (Methyl-tert-Butylether) als Kraftstoffzusatz in Deutschland und Westeuropa", *ERDÖL ERDGAS KOHLE* 116/10 (2000) 498–504.
- [83] Pressemitteilung der US-EPA vom 27. Juli 1999 zum "Blue Ribbon MTBE Panel".
- [84] D. Hanson: "Fuel Economy Standards Out, Ethanol In", *Chemical Engineering News* 80/11 (2002) 10.
- [85] C. Hogue: "MTBE Ban Advances", *Chemical Engineering News* 79/40 (2001) 16.
- (Eingegangen am 6. November 2001; überarbeitete Fassung am 15. August 2002; AJ)