

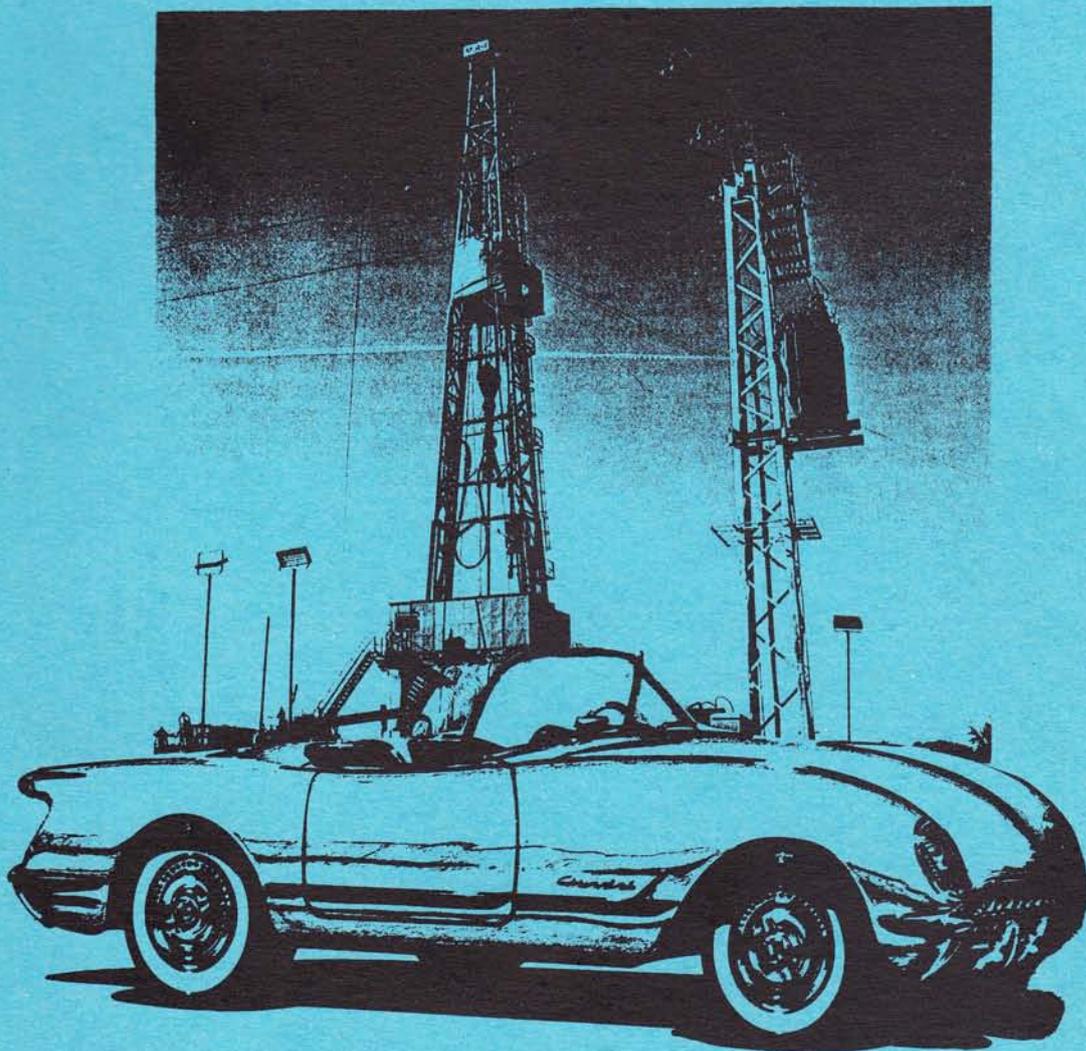
Soznat

Materialien für den Unterricht 20

RICHARD GEORGE

ERDÖL

TECHNOLOGIE, VERKEHR, UMWELT



Naturwissenschaften sozial

CIP - KURZTITELAUFNABME DER DEUTSCHEN BIBLIOTHEK

George, Richard:

Erdöl : Technologie, Verkehr, Umwelt; Materialien zu e. Unterrichtsreihe/Richard George.

Hrsg.: AG Naturwiss. sozial. - Marburg :

Redaktionsgemeinschaft Soznat, 1986.

(Soznat ; Bd. 20)

ISBN 3-922850-37-5

NE: GT

1. Auflage 1986

(c) Redaktionsgemeinschaft Soznat
Postfach 2150, 3550 Marburg

Druck: Alpdruck Marburg

Alle Rechte vorbehalten - Kopien zu Unterrichtszwecken erlaubt

ISBN 3 - 922850 - 37 - 5

Richard George

E R D Ö L

Technologie, Verkehr, Umwelt

Materialien zu einer Unterrichtsreihe

Marburg 1986

Redaktion: L. Stäudel

Grafik : A. Stille

Skript : T. Manderbach

HERAUSGEBER:	AG NATURWISSENSCHAFTEN	SOZIAL
	c/o	c/o
	Lutz Stäudel	Armin Kremer
	Gesamthochschule	AG Soznat
	Kassel, FB 19	Universität Marburg, FB 21
	Heinrich-Plett-Str.40	Ernst-Giller-Str. 5
	3500 Kassel	3550 Marburg

INHALT

	Seite
1. ALLGEMEINE BESCHREIBUNG DES INHALTS	1
2. ZUSAMMENHANG VON KURSINHALT UND KSP/LEHRPLAN	2
3. SACH /- PROBLEMSTRUKTUR - SKIZZE	4
4. UNTERRICHTSVERLAUF	5
5. MATERIALIEN (ÜBERSICHT)	8
M 1 Destillation von Rohöl	10
M 2 Die Raffinerie	15
M 3 Öl im Meer	19
M 4 Eigenschaften von Erdölprodukten	20
M 5 Das Kracken	26
M 6 Schwefel im Erdöl	29
M 7 Kraftstoffe - Motor - Abgase	36
M 8 Reinigung von Autoabgasen	44
M 9 Die Erdöl - Lobby	52
M 10 Energieversorgung - Energiekonzepte	65
6. LITERATUR	73
7. ERFAHRUNGSBERICHT	75
8. STICHPUNKTE ZUR LEISTUNGSÜBERPRÜFUNG	77

1. Allgemeine Beschreibung des Inhalts

Diesem Materialpaket für eine Unterrichtseinheit / einen Kurs "Erdöl" liegen Erfahrungen aus einer 11. Klasse (Oberstufengymnasium) zugrunde. Die Materialien eignen sich sowohl für den Chemieunterricht in der Sekundarstufe II wie auch für die Abschlußklassen der Sekundarstufe I.

Im Unterschied zur herkömmlichen Behandlung des Themas Erdöl steht der Aspekt der Energieproduktion im Vordergrund, da der Rohstoff Öl

- immer noch zu fast 40% zur Energieversorgung der BRD beiträgt (inklusive Verkehrsbereich)
- und nur rund 5% des Erdöls als Rohstoff in der Chemischen Industrie zur Herstellung von Kunststoffen und anderen Produkten verwandt wird.

Im Zentrum der Materialien steht daher die Entstehung eines marktfähigen Erdölproduktes: Diesel- und Ottokraftstoff. Der entsprechende Produktionsprozeß findet sich auch in der inhaltlichen und zeitlichen Gliederung der Unterrichtseinheit / des Kurses wieder (vgl. Abschnitt 4). Die wirtschaftlichen, gesellschaftlichen, historischen und ökologischen Aspekte sind den einzelnen Produktionsschritten (und den chemisch-technischen Inhalten) zugeordnet. Die Sach-/Problemstruktur-Skizze (Abschnitt 3) zeigt auf, welche Zusammenhänge zwischen Erdölförderung, -verarbeitung, den hergestellten Produkten und der dadurch verursachten Umweltbelastung und der Bedeutung des Öls für Wirtschaft und Gesellschaft bestehen. Gleichzeitig wird deutlich, wie der Themenkomplex unter den Bedingungen des Chemieunterrichts inhaltlich und experimentell umgesetzt werden kann.

Der Materialteil enthält Versuchsvorschläge zur Erdölverarbeitung und zur Untersuchung von Erdölprodukten. Ergänzend dazu sind Texte und Arbeitsblätter zu folgenden Bereichen wiedergegeben:

- Erdöleinsatz und Verwendung.
- Erdölprodukte
- Entwicklung des Erdölverbrauchs in der BRD
- Entwicklung des Verkehrsbereichs (Straße/Schiene)
- historische und aktuelle Verwendung von Erdölprodukten

- gesellschaftliche/wirtschaftliche Bedingtheit von Forschungsprojekten (Beispiel Kracken)
- Multinationale Konzerne
- Umweltbelastungen durch Erdöl / Erdölprodukte

Die Materialien werden ergänzt durch eine umfangreiche, zum Teil kommentierte Literaturliste und Angaben zu Bezugsquellen.

Der Erfahrungsbericht (Abschnitt 7) faßt die typischen Probleme, bei der erstmaligen Durchführung zusammen, beschreibt aber auch charakteristische Unterrichtselemente, die mit der experimentellen Orientierung des gewählten Vorgehens in enger Verbindung stehen.

Im letzten Abschnitt (8) finden sich schließlich Hinweise und Vorschläge zur Leistungsüberprüfung.

2. Zusammenhang von Kursinhalt und Kursstrukturplan / Lehrplan

"Im allgemeinen wird viel zu wenig bedacht, und oft auch nicht zugegeben, daß Menschen im Leben keine isolierten chemischen oder physikalischen Erfahrungen machen." Es sind auch "in hohem Maße nicht wirklich eigene Erfahrungen, die mit Naturwissenschaft und Technik gemacht werden. Vielfach handelt es sich um Erfahrungen, die den Menschen quasi widerfahren, die sie gar nicht bewußt oder absichtlich machen oder machen wollen, sondern um solche, denen sie ausgesetzt sind, denen sie nicht ausweichen können ... " 1)

Obiges Zitat ist Kritik an der herrschenden Praxis des naturwissenschaftlichen Unterrichts und Programm für einen anderen Unterricht zugleich. Daß ein entsprechend veränderter Unterricht im Rahmen der existierenden Lehrpläne möglich ist, soll im folgenden kurz aufgezeigt werden:

Die Kursstrukturpläne Chemie (Hessen) beginnen mit der Zielsetzung, der Chemieunterricht solle "eine kritische Auseinandersetzung mit den Auswirkungen der Chemie auf den Lebensbereich des einzelnen und auf die Allgemeinheit ermöglichen" (S. 2). Als Voraussetzung

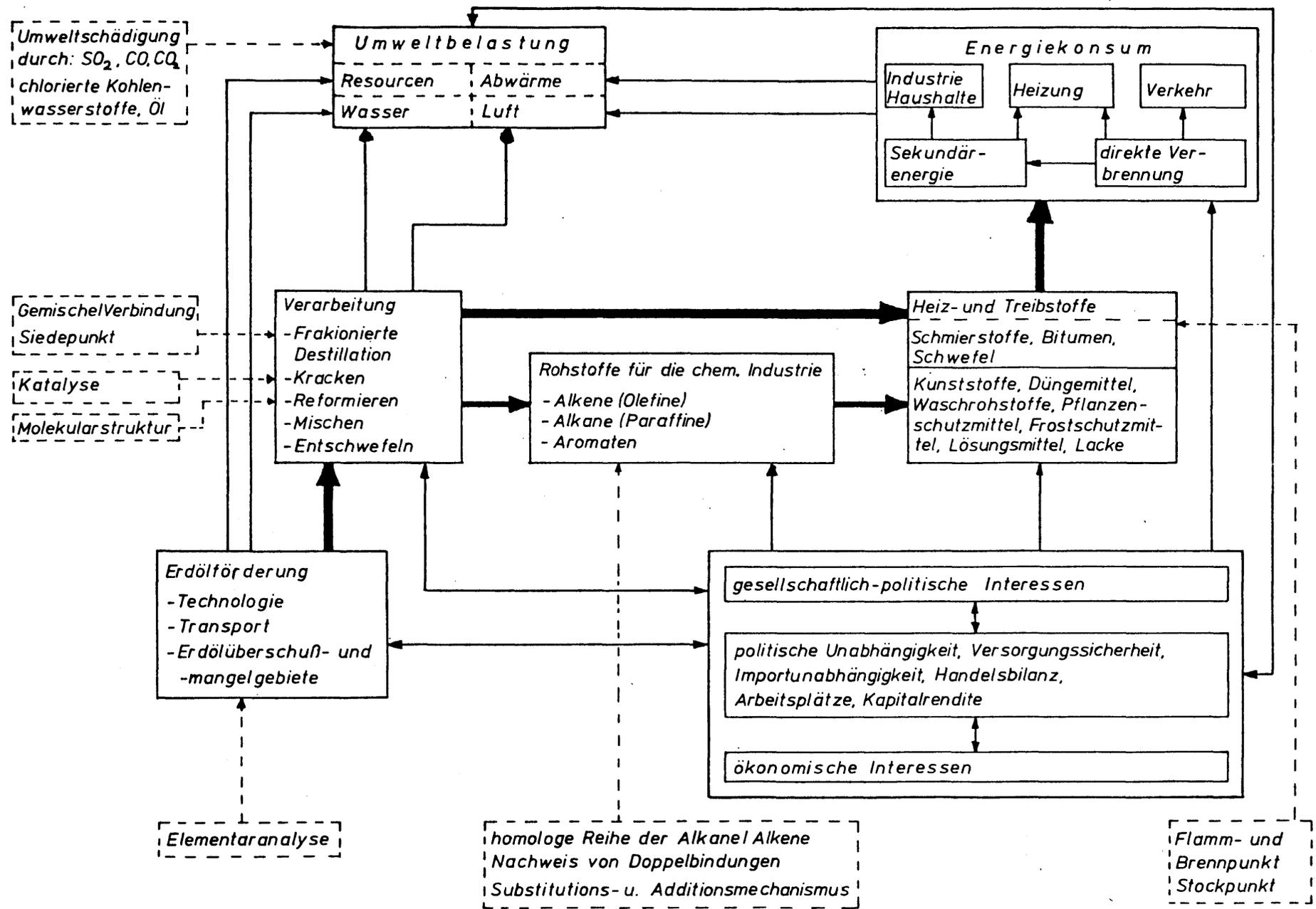
1) Freise, G.: Das Leben - die Naturwissenschaften - die Schüler; in: Härtel, H. (Hrsg.): Zur Didaktik der Physik und Chemie, Alsbach 1981, S. 40

dafür soll die "geistige Leistung der chemischen Forschung und Technik als Beitrag zur technischen und zivilisatorischen Entwicklung" herausgearbeitet werden. Dabei sind auch die Gefahren, die durch chemische Produkte und Produktionsverfahren hervorgerufen werden, zu berücksichtigen (S. 4). Denn für die "Mitwirkung an Entscheidungsprozessen z.B. zum Schutze der Umwelt und zur Verbesserung der Lebensbedingungen ist chemisches Sachverständnis Voraussetzung."

Nach Öl(preis)krise 1972, Raffinerie-Schließungen heute, Energiesparprogrammen und den Diskussionen um abgasarme Autos braucht an dieser Stelle über die Bedeutung des Erdöls und seiner Anwendungen im obigen Sinn kaum etwas gesagt zu werden. Erdöl ist immer noch mit fast 40% an der Energieversorgung der BRD beteiligt und heute der wichtigste Rohstoff der Chemischen Industrie. Die geforderten gesellschaftlichen, ökonomischen und ökologischen Bezüge lassen sich beim Erdöl wie kaum bei einem anderen Thema angemessen berücksichtigen.

Dieser allgemeinbildende Aspekt ist einmal für die Schüler von Bedeutung, die nach dem mittleren Schulabschluß keinen Chemieunterricht mehr haben. Nicht nur die Rahmenrichtlinien Hessens sehen für das Schuljahr 10/II die Behandlung des Erdöls vor - und zwar in der Vielschichtigkeit seiner Bedeutung. Der chemische Schwerpunkt liegt dabei auf den Alkanen und der Entstehung der Alkene beim industriell notwendigen Krackprozeß.

Für die Oberstufe wird das Erdöl zwar nicht mehr explizit erwähnt, die geforderte Auseinandersetzung mit der "Chemie der Kohlenstoff-Verbindungen" in Klasse 11/I mit den umfangreich aufgelisteten Modellen, Reaktionstypen und -mechanismen, Stoffgruppen usw. muß jedoch notwendigerweise im Zusammenhang mit konkreten Stoffen erfolgen. Auch dazu eignet sich der Themenkomplex Erdöl in besonderer Weise. Betrachtet man den Chemieunterricht zudem unter den oben dargelegten Ansprüchen, so ist eine Bezugnahme auf Öl und seine Folgeprodukte im gesellschaftlichen Kontext geradezu unvermeidlich. Hier kann auf vielfältige Weise ein Einblick in die Wissenschaft und ihre Anwendungen gewonnen werden, aktiv mitgetragen von den Schülern.



Anmerkungen zur Sach-/Problemstruktur-Skizze:

Die vielseitigen Beziehungen des Erdöls zu den unterschiedlichsten chemischen, technologischen und gesellschaftlichen Bereichen machen deutlich, daß für die Behandlung im Unterricht keine feste Struktur vorgegeben werden kann. Desgleichen können auch nicht alle möglichen miteinander verbundenen Aspekte in einem Kurs behandelt werden. Notwendig ist vielmehr eine gezielte Auswahl von inhaltlichen Strängen, die der Situation der Lerngruppe angepaßt sind und aktuelle Entwicklungen berücksichtigen sollten.

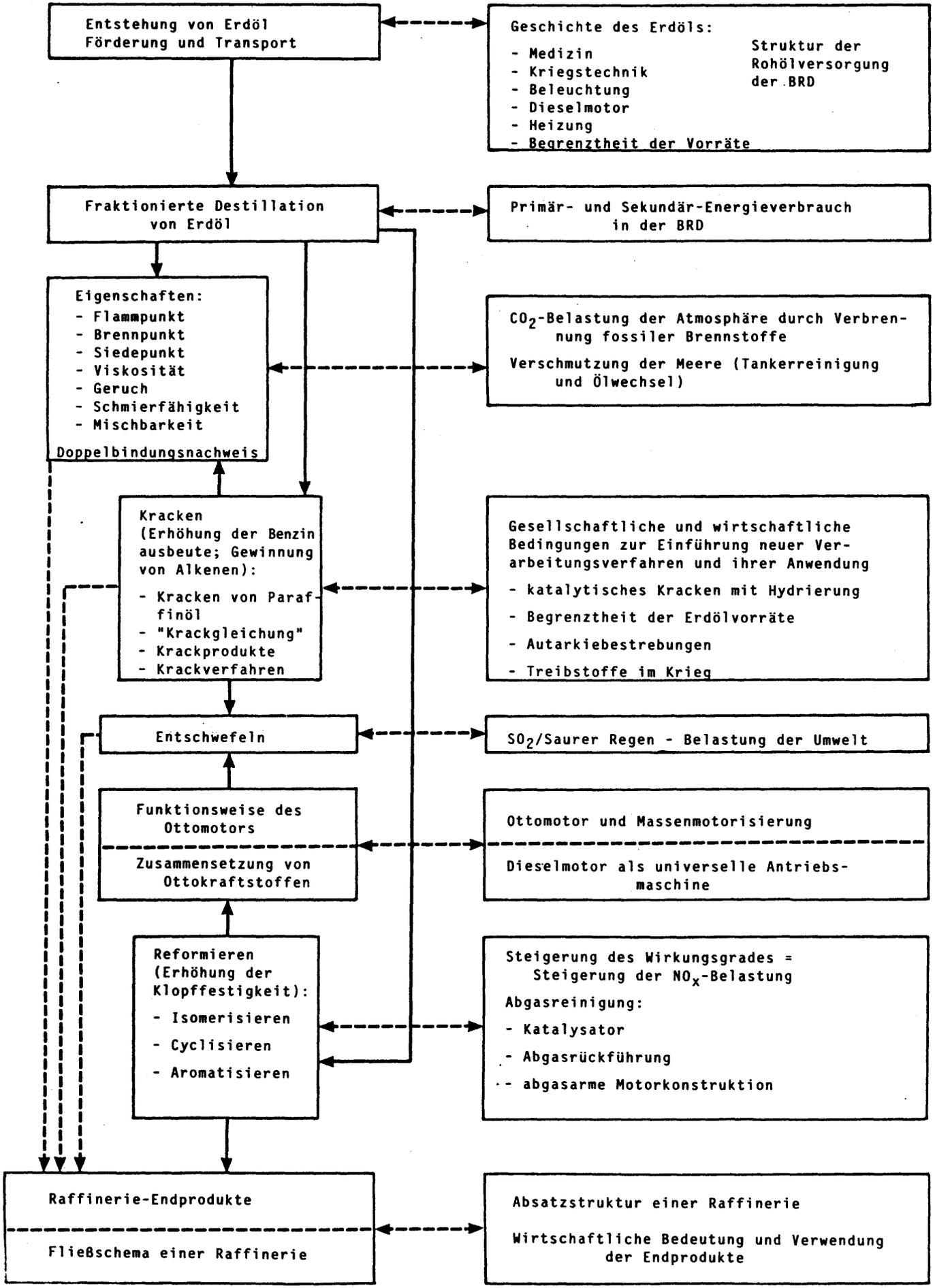
Die stark ausgezogenen Pfeile in der Skizze stellen den 'Materialfluß' dar. Die schmalen Pfeile kennzeichnen die Wechselwirkungen der jeweiligen Sachverhalte und Problemfelder miteinander. Dabei ist jeweils die Hauptrichtung der Wirkung oder Einflußnahme berücksichtigt. Die gestrichelten Pfeile ordnen den Problemfeldern relevante naturwissenschaftliche/technische Inhalte zu.

Es empfiehlt sich, gemeinsam mit den Schülern eine ähnliche Sach-/Problemstruktur-Skizze zu entwickeln. Dabei sollte am konkreten Beispiel des Erdöls deutlich werden, daß die Chemie und die Naturwissenschaften allein nur begrenzt zur Problembeschreibung und -lösung beitragen können. Zum anderen fördert eine solche Vorarbeit auch die motivierte Auseinandersetzung mit dem gesamten Problemfeld. Von diesem gemeinsamen Aufriß ausgehend können dann - ebenfalls gemeinsam, die Lern- und Arbeitsschritte geplant und organisiert werden.

4. Der Unterrichtsverlauf

Der hier vorgeschlagene Unterrichtsverlauf entspricht nicht in allen Details der ersten Durchführung. Aufgrund der restriktiven Rahmenbedingungen im Referendariat war es nicht möglich, die in der Verlaufsskizze rechts stehenden technologisch, ökonomisch und ökologisch bedeutsamen Inhalte durch parallele Behandlung in den Unterricht zu integrieren. Ein Großteil dieser Zusammenhänge und Informationen wurde statt dessen als Block am Ende der

4. Unterrichtsverlauf



Unterrichtseinheit bearbeitet. Die Erfahrungen mit diesem Vorgehen haben jedoch erneut bestätigt, daß von Anfang an eine im Ansatz ganzheitliche Behandlung des Themenbereiches notwendig ist. Nur so kann den Schülern die wirtschaftlich/technische und ökologische Tragweite dieses wesentlichen Bereichs der Angewandten Chemie und ihrer Folgen hinreichend deutlich werden. (Vgl. dazu auch: Erfahrungsbericht, Abschnitt 7)

In Klasse 11 können die rechts angeordneten Teilthemen durchwegs als Schülerreferate erarbeitet und vorgetragen werden. Dafür ist allerdings rechtzeitige Vorplanung nötig, damit den Schülern genügend Zeit zur Ausarbeitung und ggf. zur Literaturbeschaffung zur Verfügung steht.

Ausgangspunkt ist ein Referat zur Geschichte des Erdöls und seiner Verwendung bzw. die seiner Folgeprodukte. Der weitere Unterrichtsverlauf kann dem Entstehungsweg der Hauptprodukte Heizöl, Diesel- und Ottokraftstoff folgen. Beim Kracken wird die Stoffgruppe der Alkene eingeführt und damit eine Verknüpfungsmöglichkeit geschaffen zu den Kunststoffen und zum Erdöl als Rohstoff der Chemischen Industrie. Parallel werden die jeweiligen gesellschaftlich bedeutsamen Aspekte eingebracht. Der technologische Aspekt beinhaltet u.a. ein Fließschema einer modernen Raffinerie. Anhand dessen soll die strukturelle Einsicht in die Möglichkeiten der Produktvariation vermittelt werden, welche besonders zur Zeit - bei den deutlichen Veränderungen der Nachfrage nach Erdölprodukten - eine wichtige Rolle spielt.

5. Materialien

Die Materialien sind als Lehrer- und/oder Schülerarbeitsblätter konzipiert. Ergänzend dazu sollten aktuelle Materialien von der Mineralölindustrie angefordert werden, z.B. die jährlich aktualisierte Broschüre "Mineralölzahlen", herausgegeben vom Mineralöl-Wirtschaftsverband, Steindamm 71, 2000 Hamburg 1. Dort erfährt man auch, welche weiteren Unterlagen einzelne Mineralöl-Gesellschaften für die Schule zu Verfügung stellen können.

<u>Materialien-Übersicht</u>	Seite
M 1 Destillation von Rohöl	10
- Allgemeine Hinweise	
- Glockenbodenkolonne	
- Überlegungen zur Destillation	
M 2 Die Raffinerie	15
- Schaubild	
- Schülerreferat	
- Statistiken Ölversorgung und Marktentwicklung	
M 3 Öl im Meer	19
M 4 Eigenschaften von Erdölprodukten	20
- Viskosität (V9)	
- Schmierfähigkeit (V)	
- Flamm- und Brennpunkt (V)	
- Explosion (V)	
- Feuergefährlichkeit (V)	
M 5 Kracken	26
- Schülerreferat	
- Kracken von Paraffinöl (V)	
- Zur gaschromatographischen Untersuchung	
- Marktanpassung durch Kracken	

	Seite
M 6	29
Schwefelgehalt des Erdöls und Entschwefelung	
- Allgemeines	
- Schülerreferat	
- Versuche zum Schwefelgehalt und zur Entschwefelung (V)	
M 7	36
Kraftstoffe	
- Zusammensetzung	
- Emissionen von Benzinmotoren	
- Taktfolge beim Otto-Motor	
- Oktanzahl	
- Blei im Benzin (V)	
- Blei als Schadstoff	
M 8	44
Reinigung von Autoabgasen	
- Allgemeines	
- Katalysator	
- Abgase von Dieselmotoren	
- Abgaspolitik	
- Statistiken zur Verkehrsentwicklung	
- Andere Verkehrskonzepte	
M 9	52
Die Erdöl-Lobby	
- Erdöl - Schülerreferat	
- Entstehung der Konzerne	
- Erdöl aus der 3. Welt	
- Die Internationalen Konzerne	
- Erdöltechnologie, Politik und Gesellschaft	
- Zur Entwicklung am Ölmarkt	
M 10	65
Energieversorgung - Energiekonzepte	
- Energiesituation in der BRD	
- Bedarf, Verbrauch, Struktur	
- Prognosen und reale Entwicklung	
- Das CO ₂ -Treibhaus (Rollenspiel)	

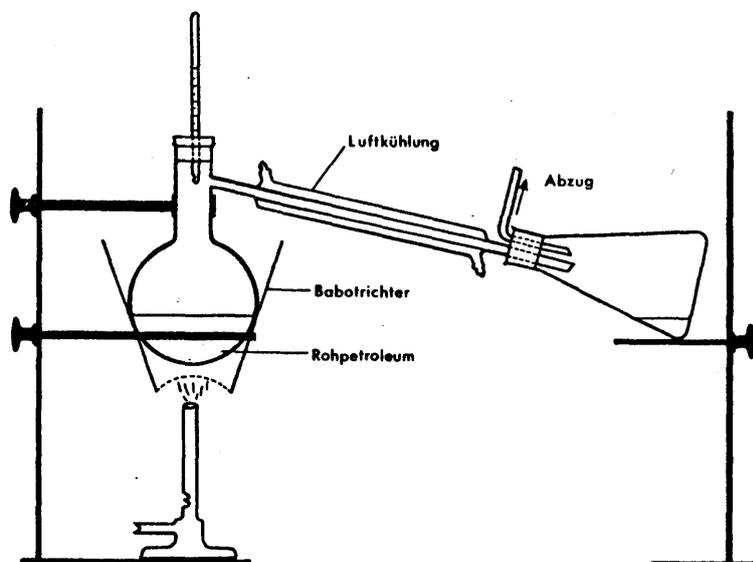
M 1: Destillation von Rohöl

Allgemeine Hinweise:

- Rohöl für Unterrichtszwecke kann in kleinen Mengen von fast allen Mineralöl-Gesellschaften kostenlos bezogen werden.
(Z.B. von Mobil Oil, Steinstraße 5, 2000 Hamburg 1)
- Für jede Destillation muß unbedingt eine frische Ölprobe benutzt werden. Verwendet man die zusammengewesenen Fraktionen vorheriger Destillationen, so sind in der Regel keine niedrig siedenden Bestandteile mehr enthalten!
- Die z.T. von Lieferanten angegebenen Destillationsanteile gelten für die großtechnische Destillation in einer modernen Raffinerie. Sie sind im Laborversuch nicht zu erreichen, weil z.B. das Rohöl im Schulversuch nicht auf eine Temperatur von über 400° C gebracht werden kann. Bereits ab 350° C beginnt der Kolbeninhalt zu kracken!
- Destillations-Versuch mit einer einfachen Anordnung und elektrischer Beheizung führen in etwa zu folgenden Ergebnissen:

	Vol. %	Dichte (15° C) g/ml
bis 160 ° C	16	0,70
160 - 220 ° C	13	0,78
220 - 350 ° C	27	0,83
Destillationsrückstand	41	
Destillationsverlust	3	

(Quelle: Mobil-Oil)



Einfache Destillationsapparatur

- Zu beachten ist, daß wegen der Feuergefährlichkeit des Rohöls möglichst mit elektrischer Heizung gearbeitet werden sollte. Bei Verwendung eines Gasbrenners sollte die Rohöleinsatzmenge 250 ml nicht überschreiten.
- Um ein Schäumen des Rohöls bei der Destillation zu vermeiden, empfiehlt sich ein langsames Aufheizen der Probe.
- Rohöl oder Destillate dürfen nicht in den Abfluß geschüttet werden, sondern müssen umweltneutral beseitigt werden (Altölabnahmestelle).
- Einfache Anleitungen zur Destillation von Rohöl finden sich in vielen Schulbüchern, auch in Band 7 der "Experimentellen Schulchemie" (Hrsg.: Bukatsch/Glöckner; Aulis Verlag Deubner & Co KG Köln, 1977), S. 11 ff.

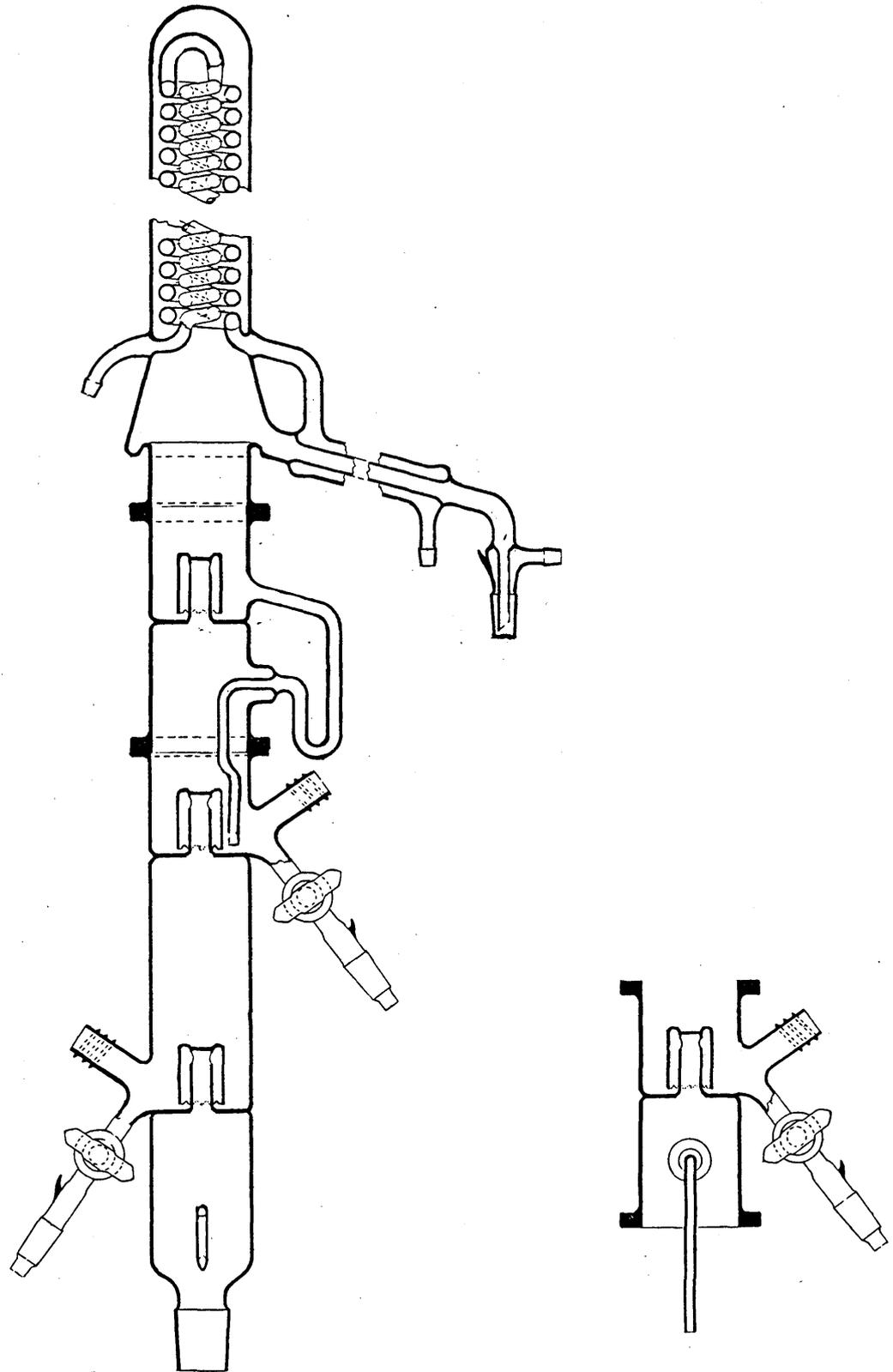
Daher wird im folgenden nur Bezug genommen auf eine Destillation mit der Glockenboden-Kolonne nach Knauer u.a. Eine ausführliche Beschreibung ist abgedruckt in:

R. Knauer, M. Meyer, A. Stille u. H. Wöhrmann:
Rektifizierkolonne zu Demonstrationszwecken, in:
GIT - Fachz. Lab. 24. Jg. Heft 5/1980. S. 460-461

- Die Glockenboden-Kolonne (siehe schematische Abbildung) ermöglicht es, die Rohöldestillation sehr anschaulich zu demonstrieren. Auch kommt sie im Aufbau den industriell eingesetzten Destillationstürmen sehr nahe. Deutlich wird insbesondere die Funktion der Böden, auf denen sich Fraktionen mit abnehmenden Siedeintervallen sammeln und auch entnommen werden können. Damit wird der Trenneffekt viel besser sichtbar, als bei der normalerweise kontinuierlich durchgeführten Destillation mit Ansteigen des Siedeintervalls und Fraktionenbildung durch Austausch der Vorlage.

Nachteilig sind für die Schulpraxis:

- der relativ hohe Preis für die Kolonne,
- die Tatsache, daß das Anwendungs- und Einsatzgebiet kaum über das Erdöl hinausgeht,
- die Notwendigkeit für besondere Heizquellen (für 3 Böden muß z.B. bereits ein Starkbrenner mit Babotrichter eingesetzt werden),
- die Tatsache, daß der Aufbau für Schülerexperimente nicht geeignet ist.



Schema des Glockenboden-Destillationsaufsatzes nach Knauer u.a.

Überlegungen zur Destillation

Bei der destillativen Trennung zweier Flüssigkeiten verdampft mit der niedriger siedenden Komponente auch stets ein Teil der höher siedenden. Das aufgefangene Destillat enthält also nach wie vor beide Komponenten: Die Trennung ist umso unvollständiger, je näher die Siedepunkte der zu trennenden Flüssigkeiten beieinander liegen.

Zur Veranschaulichung des Destillationsvorgangs sind im folgenden drei Abbildungen wiedergegeben. Die Ausgangsmischung enthält in jedem Fall 10% Ethanol (in Wasser).

A: Einfache Destillation

Zu Beginn der Destillation erhält man ein Kondensat mit hohem Alkoholgehalt. Je geringer der Alkoholanteil im Ausgangsgemisch wird, desto mehr Wasser verdampft mit (Anstieg des Siedepunktes). Würde man das gesamte Ausgangsgemisch destillieren, so hätte das Destillat wieder die ursprüngliche Zusammensetzung.

Der Destillationsprozeß wird daher nach einer gewissen Zeit abgebrochen, wenn das Destillat in der Vorlage ungefähr 55% Alkohol enthält. Der Restalkoholgehalt im Destillierkolben geht verloren.

Eine höhere Alkoholkonzentration kann mit diesem Verfahren nur durch erneute (wiederholte) Destillation des jeweiligen Destillats erreicht werden.

B: Fortlaufende Destillation

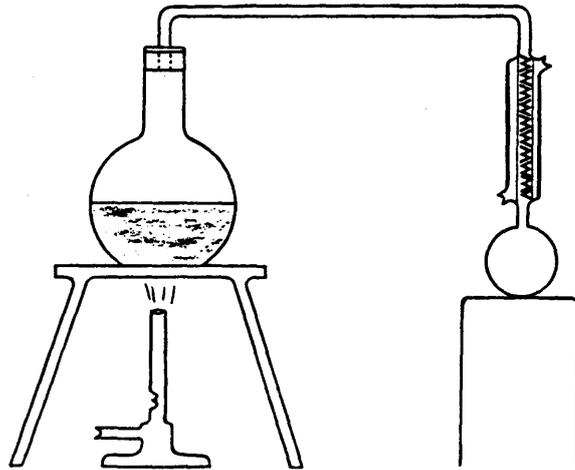
Bei diesem Verfahren wird der Alkoholgehalt von Stufe zu Stufe höher (bei absteigenden Siedepunkten). Allerdings bleibt auch hier ein Restgehalt an Alkohol in jeder Stufe unverwertbar zurück. Zudem muß die Flüssigkeit jedesmal erneut in den gasförmigen Zustand überführt werden (hoher Energieverbrauch).

C: Rückflußdestillation

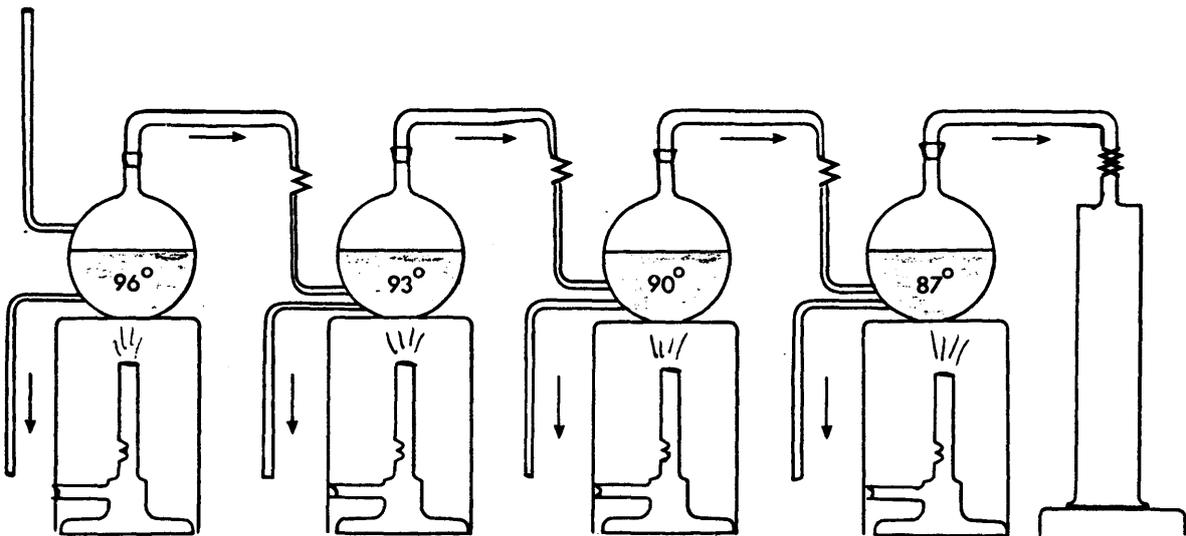
Hierbei handelt es sich um eine Optimierung der fortlaufenden Destillation: Das Destillat wird in der nächsthöheren Stufe zwar kondensiert aber bei niedrigerer Temperatur wieder verdampft. Die Verdampfungsenergie wird fast vollständig durch die Kondensationswärme geliefert.

Der Destillationsrückstand fließt jeweils in das vorhergehende Gefäß zurück. Auf diesem Prinzip beruhen die heute gebräuchlichen Rückflußkühler.

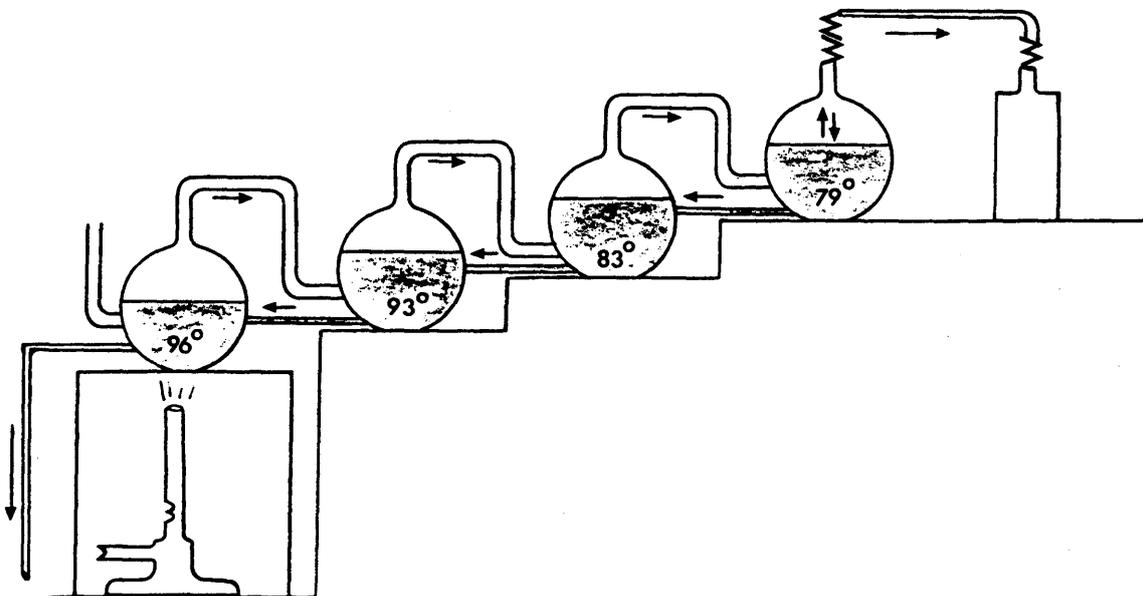
In einer modernen Fraktionieranlage wird zur Verbesserung der Ausbeute und zur Minimierung des Energieeinsatzes das Ausgangsgemisch jeweils in der Stufe eingeleitet, in der die Zusammensetzung der flüssigen Phase am ehesten der des zu trennenden Gemisches entspricht (also in der Regel nicht in die unterste Stufe).



A: Einfache Destillation



B: Fortlaufende Destillation



C: Rückfluß - Destillation

Abbildungen nach: BP GmbH (Hrsg.): Von der Quelle bis zur Säule;
Hamburg 1957 (3. Auflage), S. 38 ff.

M 2 : Schülerreferat

Die Raffinerie

Mit dem Eintreffen des Rohöls in der Raffinerie beginnt der weite Aufgabenbereich der Erdölverarbeitung. Das Rohöl muß durch verschiedene chemische und physikalische Verfahren zerlegt und umgewandelt werden, bis schließlich die für den Verkauf geeigneten Fertigprodukte hergestellt sind. Alle Verarbeitungsprozesse vom Rohöl bis zum Fertigprodukt spielen sich im sogenannten "Prozeßfeld" der Raffinerie ab.

Zuerst kommt das Rohöl in die Destillations-Anlage.

Die Rohöl-Destillations-Anlage

In dieser Anlage wird das Rohöl durch fraktionierte Destillation in die verschiedenen schweren Bestandteile zerlegt.

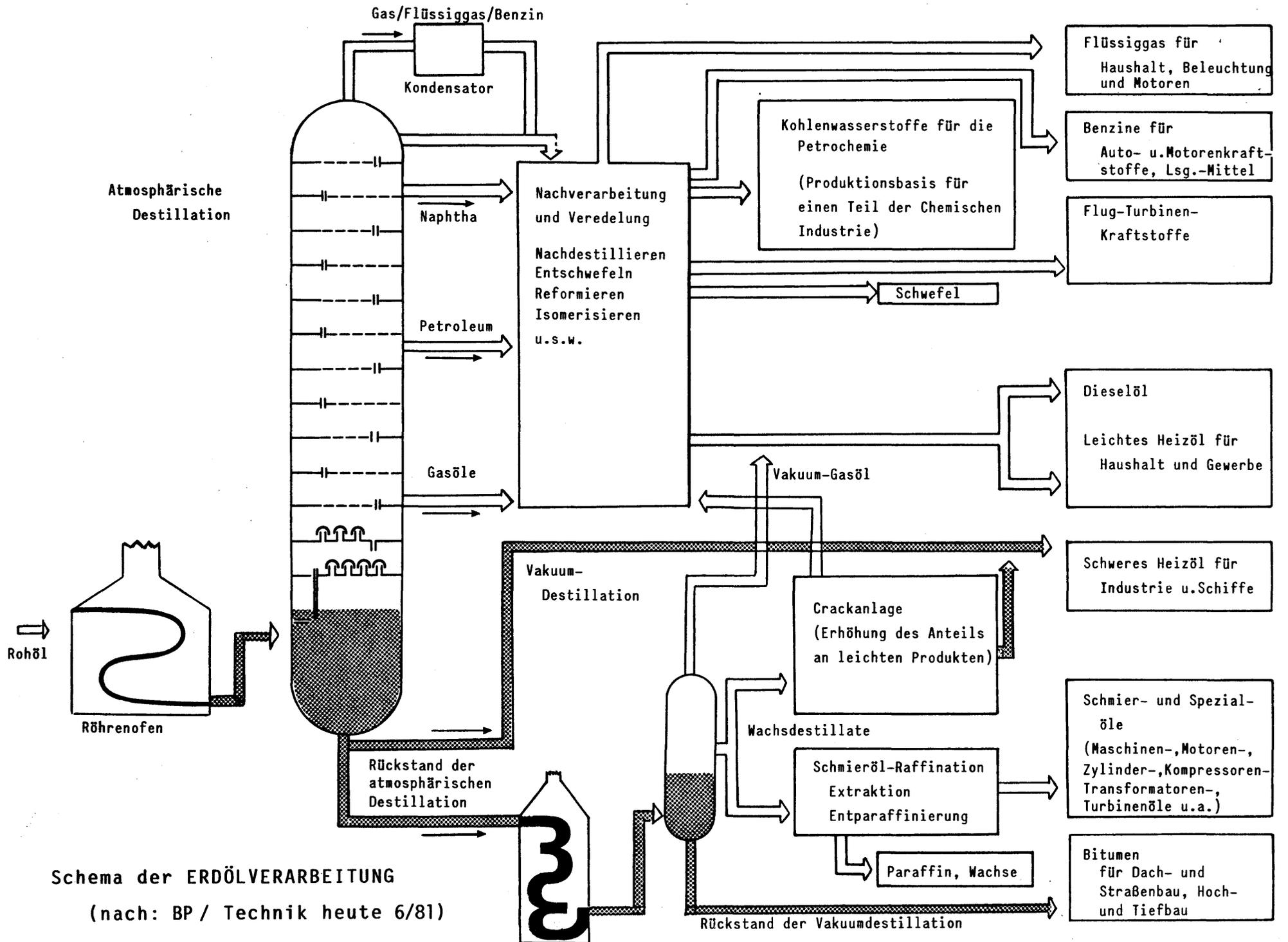
Das Rohöl wird zuerst auf 360° C erhitzt, so daß der größte Teil verdampft. Im Fraktionierturm bleiben die flüssigen Anteile am Boden, die gasförmigen steigen nach oben. Durch das Aufsteigen kühlen sich die Dämpfe ab, kondensieren auf den einzelnen Böden und werden durch seitliche Öffnungen abgezogen. Vom obersten Boden nach unten sind das: Leicht- und Schwerbenzin (15%), Leicht- und Schwergasöl = Dieselkraftstoff (35%). Der Rückstand wird in den zweiten Fraktionierturm geleitet. Dort findet der gleiche Vorgang statt wie im ersten Fraktionierturm nur unter Vakuum. Folgende Produkte können hierdurch gewonnen werden: Spindelöle, Schmieröldestillate und Zylinderöl. Der Rückstand der Vakuumdestillation wird zum Teil als schweres Heizöl (45%) verkauft. Das bei der Destillation gewonnene Benzin wird in die Platin-Reformer-Anlage geleitet und das Gasöl der katalytischen Druck-Entschwefelungs-Anlage zugeführt. Ein Teil der Schweröle wird in die Crack-Anlage geleitet und ein anderer zunächst durch Reinigung, dann durch Entparaffinierung zu Schmieröl verarbeitet.

Die Platin-Reformer-Anlage

In dieser Anlage wird aus den Benzin-Kohlenwasserstoffen durch Reformieren (=Umformen) der Kohlenwasserstoffe Benzin mit hoher Klopfestigkeit erzeugt. Die Umwandlung geschieht mit Hilfe eines platinhaltigen Katalysators. Damit der Katalysator nicht durch die im Benzin enthaltenen Schwermetalle und den Schwefel deaktiviert wird, ist dieser Anlage eine Entschwefelungs-Anlage vorgeschaltet. Als Nebenprodukte entstehen wasserstoffreiches Gas und Flüssiggas. Das entstandene Leicht-, Schwer- und Gesamtreformat wird in die Mischanlage geleitet und dort zu Super- und Normalbenzin "verschnitten".

Katalytische Druck-Entschwefelungs-Anlage

Da der hohe Schwefelgehalt in den Gasölfractionen sich störend auf die Endprodukte Dieselkraftstoff und Haushaltsheizöl auswirkt, müssen diese Fraktionen druckentschwefelt werden. Das entschwefelte Gasöl wird ebenfalls in eine Mischanlage geleitet und zu Dieselkraftstoff und leichtem Heizöl abgestimmt. Der Schwefelwasserstoff, der bei der Entschwefelung entstanden ist, wird der Claus-Anlage zugeführt.



Schema der ERDÖLVERARBEITUNG
(nach: BP / Technik heute 6/81)

Rohöl-Versorgung

1950-1984

Jahr	Nahe Osten		Afrika		Rohöl-Einfuhr				Gesamt in 1000t	Inland- Rohöl (Förde- rung)	Rohöl- ver- sorgung insges.
	in 1000t	inv.H.	in 1000t	inv.H.	Westeuropa in 1000t	inv.H.	Sonstige Länder in 1000t	inv.H.			
1950	1837	82,9	-	-	-	-	380 ¹⁾	17,1	2217	1119	3336
1951	2897	83,9	-	-	-	-	554 ¹⁾	16,1	3451	1367	4818
1952	2787	81,9	-	-	-	-	615 ¹⁾	18,1	3402	755	5157
1953	3765	84,4	-	-	-	-	694 ¹⁾	15,6	4459	2189	6648
1954	5172	86,6	-	-	-	-	802	13,4	5974	2666	8640
1955	6267	88,1	-	-	-	-	844	11,9	7111	3147	10258
1956	6858	85,7	-	-	-	-	1141	14,3	7999	3506	11505
1957	6267	76,8	-	-	-	-	1891	23,2	8158	3960	12118
1958	8811	81,5	-	-	-	-	1998	18,5	10809	4432	15241
1959	13721	82,0	18	0,1	-	-	2987 ¹⁾	17,9	16726	5103	21829
1960	18650	80,1	402	1,7	-	-	4221	18,2	23273	5530	28803
1961	22175	74,8	1722	5,8	-	-	5760	19,4	29657	6204	35861
1962	22958	69,0	4145	12,5	-	-	6157	18,5	33260	6776	40036
1963	23526	58,2	10139	25,1	-	-	6773	16,7	40438	7383	47821
1964	23516	49,3	19086	36,9	-	-	7138	13,8	51740	7673	59413
1965	24875	42,1	28121	47,6	-	-	6072	10,3	59068	7884	66952
1966	26283	38,8	34473	50,9	-	-	6931	10,3	67687	7868	75555
1967	30034	41,7	33895	47,1	-	-	8103	11,2	72032	7927	79959
1968	32418	38,5	44714	53,2	-	-	6959	8,3	84091	7982	92073
1969	29717	33,2	52430	58,5	-	-	7404	8,3	89551	7876	97427
1970	33830	34,3	58118	58,8	-	-	6839	6,9	98787	7535	106322
1971	40943	40,9	53053	52,9	78	0,1	6156	6,1	100230	7420	107650
1972	43033	42,0	52511	51,2	448	0,4	6608	6,4	102600	7098	109698
1973	54455	49,3	50774	46,0	366	0,3	4898	4,4	110493	6638	117131
1974	57169	55,7	39962	39,0	157	0,2	5255	5,1	102543	6191	108734
1975	46781	52,0	37373	41,5	624	0,7	5247	5,8	90025	5741	95766
1976	51138	51,6	41306	41,6	1853	1,9	4905	4,9	99202	5524	104726
1977	48779	50,0	39228	40,2	5147	5,3	4416	4,5	97570	5401	102971
1978	45246	47,3	36887	38,6	9088	9,5	4447	4,6	95668	5059	100727
1979	43621	40,6	43036	40,1	15338	14,3	5360	5,0	107355	4774	112129
1980	42147	42,1	33804	34,5	17639	18,0	4330	4,4	97920	4631	102551
1981	34661	43,6	23448	29,5	18932	23,8	2518	3,1	79559	4459	84018
1982	24863	34,3	24096	33,2	18078	24,9	5505	7,6	72542	4256	76798
1983	13793	21,1	23164	35,6	18610	28,5	9646	14,8	65213	4116	69329
1984	12133	18,1	23761	35,5	21063	31,5	9977	14,9	66934	4055	70989

¹⁾ außerdem getropptes Erdöl; 56 in 1950, 23 in 1951, 47 in 1952, 83 in 1959

Struktur des Inlandabsatzes

1977 - 1982 (in %)

Mineralölprodukte	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984
Hauptprodukte								
Rohbenzin	4,3	4,4	4,9	9,8	10,3	10,1	11,7	11,2
Vergaserkraftstoff	17,6	17,8	17,5	20,1	21,0	22,5	22,9	23,4
Dieselmkraftstoff	9,4	9,4	10,1	11,0	12,5	13,3	13,8	13,9
Heizöl, leicht	38,1	38,7	37,5	34,9	34,4	33,0	33,3	33,6
Heizöl, schwer	17,8	17,1	16,8	17,2	15,0	13,8	11,4	10,5
Nebenprodukte								
Flüssiggas	2,2	2,1	2,3	2,0	2,1	2,1	2,0	2,1
Raffineriegas	1,5	1,5	1,6	0,4	0,5	0,7	0,9	0,9
Spezialbenzine	2,1	2,2	2,1	2,3	2,6	2,6	2,6	2,8
Schmierstoffe	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Bitumen	3,1	3,0	3,0	2,9	2,8	3,0	2,8	2,9
Anderes	3,0	3,1	3,3	1,3	1,6	1,8	2,1	2,4
Zwischensumme	100,2	100,2	100,2	103,0	103,9	104,0	104,7	104,9
Doppelzählungen aus Recycling	0,2	0,2	0,2	3,0	3,9	4,0	4,7	4,9
Gesamt	100,0							

Quelle: MWV-Mineralölnzahlen, Hamburg (erscheint mit stets aktualisierten Zahlen)

vgl. auch: Aral Verkehrstaschenbuch, Bochum

Die Claus-Anlage

In der Claus-Anlage wird der Schwefelwasserstoff durch partielle Oxidation in Schwefel und Wasserdampf umgewandelt.

Katalytische Gasöl-Entwachsungs-Anlage

Im schweren Gasöl sind langkettige, wachstartige Kohlenwasserstoffmoleküle. Bei tiefen Temperaturen fangen diese an zu kristallisieren und beeinträchtigen dadurch das Flußverhalten.

Beim katalytischen Entwachsen werden diese Kohlenwasserstoffe in kleinere Moleküle umgewandelt (ähnlich Kracken). Dieses Gasöl kann nun als Mischkomponente für Heizöl und Dieselkraftstoff verwendet werden. Nebenprodukte bei diesem Vorgang sind: Heizgas, Flüssiggas und Benzine.

Zu den Endprodukten:

Raffinieriausstoß in der BRD 1972 - 82

Rohbenzin	6 - 10 %
Benzin	12 - 18 %
Dieselmkraftstoff	9 - 13 %
leichtes Heizöl	24 - 30 %
schweres Heizöl	17 - 27 %
sonstige Produkte	17 - 19 %

Produktausbeute einiger Rohölsorten

	Libyen Zueitina	Großbritannien Forties	Mittelost Agha Jari	Mittelost Arabian Heavy	Mittelost Safaniya
Gase	1%	3%	2%	2%	2%
Benzin	22%	19%	20%	15%	13%
Mitteldestillate (z. B. Heizöl EL)	39%	37%	30%	26%	25%
Rückstand (z. B. Heizöl S)	38%	41%	48%	57%	60%
Dichte g/ml	0,817	0,840	0,855	0,887	0,890
Schwefel Gew. %	0,21	0,3	1,4	3,0	2,8

aus: Mineralölwirtschaftsverband e.V. (Hrsg.), Mineralöl und Raffinerien, Hamburg 1983,, S. 17

M 3: Öl im Meer

Alljährlich gelangen große Mengen Rohöl und Ölprodukte in die Meere. 1976 waren es 6,3 Mio. Tonnen. Nur die Hälfte davon gelangt gehäuft ins Meer und führt zu der bekannten Erscheinung der Ölpest, die andere Hälfte gelangt durch Abwässer von Industrie, Raffinerien, Städten und durch Abgase ins Meer und trägt zu der ständigen Vergiftung bei.

Die Ölpest wird in den wenigsten Fällen durch Schiffsunglücke verursacht. In den meisten Fällen gelangt das Öl bei Tankwaschungen, durch Ballast- oder Bilgenwasser, aber auch durch die Bohrinseln in die Meere. Dieser "schleichenden Ölpest" sind im Winter 1982/83 zigtausende Vögel zum Opfer gefallen. Vom November 1982 an wurden an der Westküste von Schleswig-Holstein wieder einmal Vögel gefunden, die sich sonst nur auf offener See aufhalten. Im Flutsaum lagen zu Hauf tote Trottellummen, Tordalke, Sterntaucher, Dreizehenmöwen und andere Vögel, zahlreiche noch lebende warteten, apathisch am Strand hockend, auf ihr Ende.

Im Januar war abzusehen, daß diesen Winter eine besonders schlimme Verölung stattgefunden hat, der weit über 100 000 Vögel zum Opfer gefallen sind. Irrsinnigerweise ist das Ablassen von ölhaltigen Gemischen in bestimmten Mengen, die niemand kontrollieren kann, in der Nordsee außerhalb der 50-Meilen-Zone erlaubt. Ursache ständiger Verschmutzung sind insbesondere die Tankwaschungen. Nach jeder Ladung müssen die Tanks gereinigt werden, da sich am Boden und an den Wänden Ölschlamm abgesetzt hat, der den Laderaum verkleinert. Dies geschieht entweder noch im Hafen durch eine Tankreinigungsfirma - oder auf See. Da es kaum Kontrollen gibt, werden Strafen nicht gefürchtet, diese liegen zudem so niedrig, daß sich das Geschäft in jedem Fall lohnt. Es gibt zwar inzwischen Techniken, die diese Verschmutzung verhindern können, aber sie werden noch viel zu wenig genutzt.

Darüberhinaus gehen auch von Erdölanlandungen und Bohrplattformen erhebliche Gefahren aus: Die Bedingungen an der Ölpier von Wilhelmshaven, dem drittgrößten Ölumschlagplatz Mitteleuropas, sind derart schwierig, daß hier fast täglich mit einem schweren Unfall gerechnet werden muß. Supertanker von 350 m Länge werden dort mit nur einem Meter Wasser unterm Bauch durch eine 300 m breite Rinne gezogen, so daß keinerlei Manöver möglich sind. Die Lotsen haben mehrfach in der Öffentlichkeit auf diese Gefahr hingewiesen.

Tankerunfälle größeren Ausmaßes sind vor der deutschen Küste bisher ausgeblieben. Die Folgen wären katastrophal, da das Öl die betroffenen Wattengebiete völlig vernichten würde. Damit wäre dann nicht nur die betroffene Region geschädigt, sondern die gesamte Nordsee würde unter der Zerstörung des Wattenmeers erheblichen Schaden nehmen.

Vor der Vogelinsel Trischen wird im Wattenmeer nach Öl gebohrt, mit der Förderung wird demnächst begonnen. In Anbetracht der Tatsache, daß sich Ölaustritte bei Bohrinseln nie 100%ig vermeiden lassen, ist es unverantwortlich, dies zu genehmigen. Gerade bei Trischen ist die Situation besonders kritisch, da jeden Sommer einige zehntausend Brandgänse zur Mauser in das Gebiet kommen und dann einige Wochen flugunfähig sind.

- 1) Bis heute gibt es keine ausreichende Überwachung, so daß Verstöße gegen etwaige Verbote, z.B. unerlaubtes Ablassen von Öl, kaum bemerkt, die Verursacher praktisch nie dingfest gemacht werden.
- 2) Die bestehenden Vorschriften reichen nicht aus, da sie Ablassen von Öl unter bestimmten Bedingungen zulassen.
- 3) Die Vorschriften können nur für die unterzeichneten Länder angewendet werden, da auf Schiffe unter fremder Flagge kein Zugriff möglich ist. Dadurch können auch Schiffe unter "Billigflaggen", die nicht dem geforderten Standard entsprechen, die Nordseehäfen anlaufen.

M 4: Eigenschaften von Erdölprodukten

1. Bestimmung der Viskosität von Erdölprodukten

Materialbedarf: 25 ml - Pipette mit 2 Markierungen, Bechergläser (100 ml), Thermometer, Stoppuhr, Peleusball

Chemikalien : Erdölfractionen (gewonnen durch Destillation), Erdöl, Benzin, Dieselkraftstoff, Petroleum, Schmieröl, Spiritus, Wasser, div. Lösungsmittel

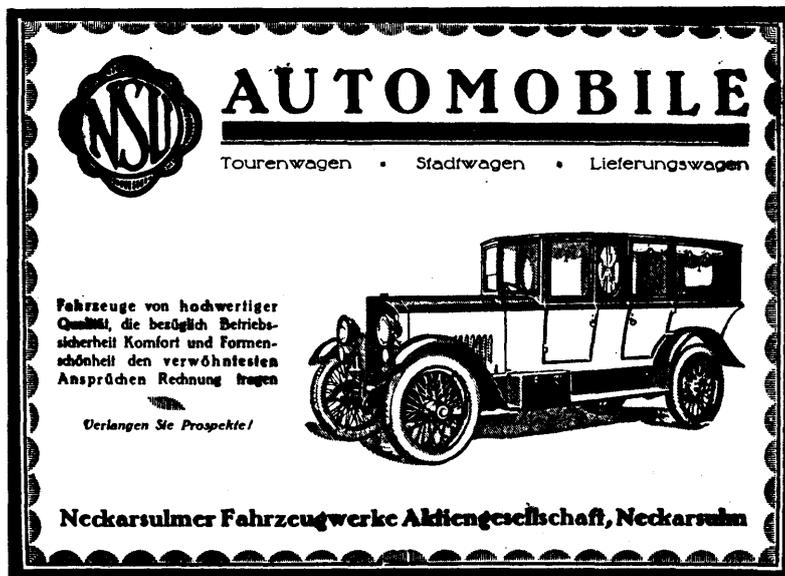
Versuchsdurchführung:

Die Pipette wird jeweils bis einige cm oberhalb der oberen Markierung mit der zu untersuchenden Probe gefüllt (ca. 30 ml). Dann läßt man die Flüssigkeit in ein Becherglas ausfließen (je nach Probe: Abzug !). Sobald der Miniskus die obere Marke passiert, wird die Stoppuhr in Gang gesetzt, bei der unteren Marke gestoppt. Zur Kontrolle kann eine zweite Stoppuhr verwendet werden.

Zusätzlich wird die Temperatur der Proben gemessen und notiert.

Hinweis: Vor dem Füllen muß die Pipette stets sauber und trocken sein. Ausspülen mit Spiritus und Trocknen im Luftstrom. Dann mit zu untersuchender Flüssigkeit vorspülen.

Auswertung: Die gemessene Zeit dient als Maß für die Viskosität der Proben. Die ermittelten Zeiten ergeben nur Vergleichswerte. Die Ergebnisse können tabellarisch und graphisch dargestellt werden.



NSU **AUTOMOBILE**
Tourenwagen • Stadtwagen • Lieferungswagen

Fahrzeuge von hochwertiger Qualität, die bezüglich Betriebssicherheit, Komfort und Formenschönheit den verwöhntesten Ansprüchen Rechnung tragen

Verlangen Sie Prospekte!

Neckarsulmer Fahrzeugwerke Aktiengesellschaft, Neckarsulm

Erweiterte Untersuchung:

Will man die selbst ermittelten kinematischen Viskositäten mit Angaben aus Handbüchern oder Tabellen vergleichen, so geht man wie folgt vor:

- Die Ausflußöffnung der benutzten Pipette muß so groß sein, daß 20 ml Wasser in 30 bis 50 Sekunden auslaufen. Unter Umständen kann man die Öffnung einer Pipette in der nicht-leuchtenden Bunsenflamme entsprechend erweitern oder verengen.
- Anschließend führt man die Untersuchung der Proben wie oben beschrieben durch.
- Die Kinematische Viskosität wird in $\frac{m^2}{s}$ gemessen. Wasser hat bei 20° C etwa die Viskosität $1 \cdot 10^{-6}$.
Hinweis: Die kinematische Viskosität wurde früher in St (Stokes) angegeben bzw. in cSt (Centi-Stokes). Für Wasser bei 20° C betrug dieser Wert entsprechend 1 cSt.
- Die relativen kinematischen Viskositäten der Proben erhält man durch Vergleich der Ausflußzeiten (t) der Proben mit der Ausflußzeit von Wasser:

$$\nu_{rel} = \frac{t \text{ (Probe)}}{t \text{ (Wasser)}}$$

Die Umrechnung auf absolute Werte in $\frac{m^2}{s}$ erfolgt durch Multiplikation mit dem Faktor 10^{-6} .

- In Tabellenwerken (z.B. D'Ans/Lax: Taschenbuch für Chemiker und Physiker, Band 1, Abschnitt 7) sind in der Regel "dynamische Viskositäten" η angegeben. Man erhält sie, indem man die kinematische Viskosität mit der Dichte der untersuchten Proben multipliziert.
Rechenbeispiel für Wasser:

$$\nu_{H_2O} = 1 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s} \quad \rho_{H_2O} = 1000 \frac{kg}{m^3} \quad \eta_{H_2O} = 1 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{m \cdot s}$$

Als besondere Einheit für die dynamische Viskosität ist auch die Pascalsekunde (Pa·s) zugelassen. $1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.
In älteren Tabellen findet man Angaben in Poise (P) oder Centi-Poise (cP). Die Umrechnung in Pa·s erfolgt durch Division durch 10:

$$\begin{aligned} 1 \text{ P} &= 0,1 \text{ Pa} \cdot \text{s} \\ 1 \text{ cP} &= 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s} \end{aligned}$$

Für Wasser findet man daher einen Wert für die dynamische Viskosität von etwa 1 cP (für 20° C).

- Berechnungsvorschrift für dynamische Viskosität:
Quotient der Auslaufzeiten x Dichte der Probe x 10^{-6} = η Probe (Pa·s)
(in s) (in kg/m^3) (ν_{H_2O})

- Zum Vergleich einige Tabellenwerte (dyn. Visk. in Pa·s):

Benzin	:	$6,5 \cdot 10^{-4}$
Petroleum	:	$20 \cdot 10^{-4}$
Methanol	:	$5,8 \cdot 10^{-4}$
Ethanol	:	$12 \cdot 10^{-4}$
Olivenöl	:	$84 \cdot 10^{-4}$
Wasser	:	$10 \cdot 10^{-4}$

alle Werte für 20° und Normaldruck

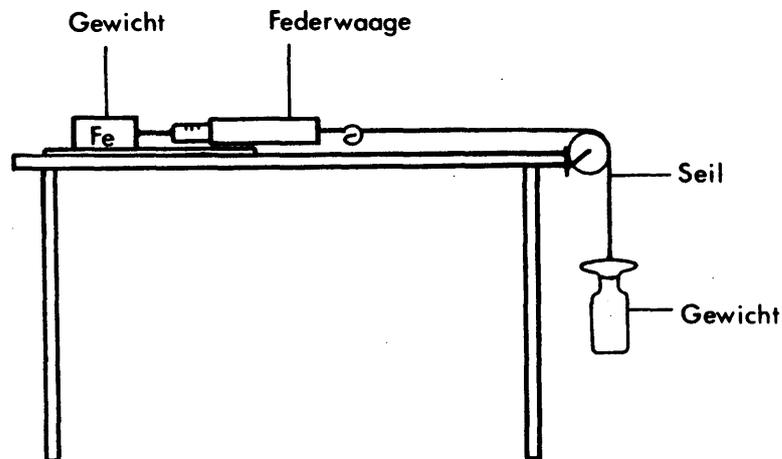
2. Vergleich der Schmierfähigkeit von Erdölprodukten

Material: Glasplatte (mindestens 20 x 30 cm), Eisenklotz (1 kg), Gewicht, Federwaage, Erdölprodukte (Öle), Wasser, Sand, Rolle

Durchführung:

Der Eisenklotz wird mit der Federwaage und diese mit dem Gewicht verbunden (vgl. Abbildung).

Die Glasplatte wird gleichmäßig mit einem Öl (oder mit einer anderen zu untersuchenden Substanz) bestrichen. Danach wird der Eisenklotz langsam über die geschmierte Platte gezogen. Die jeweilige Anzeige der Federwaage (N) wird in einer Tabelle notiert. Jeder Versuch sollte zwei- bis dreimal wiederholt werden. Um gleichmäßigen Zug zu erreichen, verwendet man am besten eine Umlenkrolle oder eine Stativstange.



Anordnung zum Vergleich der Schmierfähigkeit

Eine Auswahl von möglichen zu vergleichenden Schmierstoffen ist in der umseitigen Tabelle eingetragen.

Mit allen gesundheitsgefährdenden Stoffen ist unter dem Abzug zu arbeiten !

Kraft unter- suchter Stoff	1. Messung	2. Messung	3. Messung	Mittelwert
nichts				
Wasser				
Spiritus				
Benzin				
Diesel				
Petroleum				
Fahrrad- oder Nähmaschinenöl				
Motoröl SAE 10				
Motoröl SAE 20				
Motoröl SAE 30				
Motoröl SAE 15 W 40				
Getriebeöl SAE 80				
Erdöl				
Zylinderöl				
Glyzerin				
trockener Sand				

3. Bestimmung des Flamm- und Brennpunktes von Erdölprodukten

Hinweis: Wegen der Feuergefahr dürfen nur Bechergläser mit 20 ml Inhalt verwendet werden.

Ein Füllen fast bis zum Rand vermindert die Explosionsgefahr !

Material: 20 ml Becherglas, Aluminiumfolie, Thermometer 20-200° C, Dreifuß mit dicker, großer Asbestplatte oder regelbare elektrische Heizplatte, Brenner, Zündflamme

Chemikalien: wie bei Versuch zur Bestimmung der Viskosität

Aufbau/Durchführung:

Zum Aufbau siehe nebenstehenden Skizze.

Das 20 ml-Becherglas wird mit Alu-Folie abgedeckt, in die zwei Öffnungen geschnitten werden. Die eine Öffnung dient als Durchführung für das Thermometer, die andere zum Eindringen der Zündflamme. Die Zündflamme soll ca. 5 mm lang sein, der Arbeitsplatz zugfrei.

Das Becherglas wird bis etwa 0,5 cm unterhalb des Randes gefüllt. Das am Stativ befestigte Thermometer taucht in die Flüssigkeit ein.

Nach notieren der Anfangstemperatur und erstem Zündversuch wird die Probe langsam aufgeheizt (vorsichtig von unten und mit kleiner Flamme). Die Aufheizgeschwindigkeit soll 3-4° C pro Minute betragen. Bei jeder Temperaturerhöhung um 2 Grad wird die Zündflamme k u r z in die für die dafür vorgesehene Öffnung gehalten und s o f o r t wieder herausgezogen.

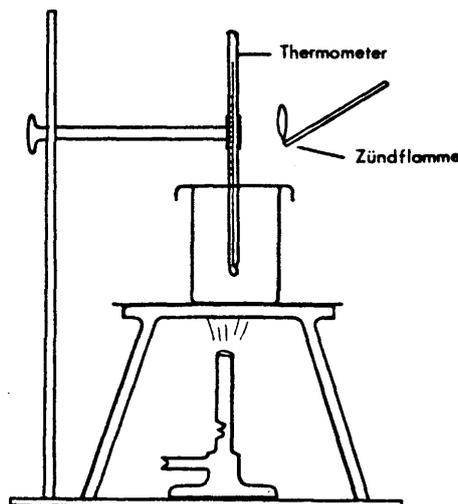
Der Flammpunkt ist erreicht, wenn auf der Oberfläche der Flüssigkeit sich eine meistens blaue Flamme ausbreitet.

Nach dem Erreichen des Flammpunktes wird v o r s i c h t i g weiter erhitzt, bis die gezündete Flamme selbständig weiterbrennt, also der Brennpunkt erreicht ist.

Da der Flammpunkt von Benzin bei ca. -20° C liegt, sind diese Proben vorher abzukühlen (Kühlbad: Eis/Kochsalz) um überhaupt eine Brennpunktbestimmung zu ermöglichen.

Auswertung:

Die Brenn- und Flammpunkte werden in einer graphischen Darstellung zusammengefaßt.



Ansicht des Deckels



nach: H.-J. Rommel: Erdöl und Erdölerzeugnisse im Experimentalunterricht,
in: Der Chemieunterricht 3/1970, Themenheft

4. Explosion eines Benzin-Luft-Gemisches

Material: Papprohr, ca. 1 m lang (z.B. Hülse für Baupläne), Deckel aus Pappe, Kork- oder Gummi-Stopfen (oder -kugel), Benzin, Glimmspan

Durchführung:

Ca. 10 cm vom Rohrende entfernt wird ein kleines Loch in das Papprohr gebohrt (oder gebrannt). Das betreffende Rohrende wird fest verschlossen. Vom offenen Ende her wird ein Korkstopfen in das Rohr gegeben. Er muß sich leicht im Rohr bewegen können. Dann werden etwa 15 Tropfen Benzin in das Rohr geträufelt und das noch offene Ende lose mit einem Pappdeckel verschlossen. Daraufhin wird das Rohr kräftig geschüttelt, wobei die kleine Bohrung mit der Hand zugehalten wird. Dabei bildet sich das gewünschte Benzin-Luft-Gemisch. Das Rohr wird anschließend mit dem fest verschlossenen Ende nach unten senkrecht auf einen Tisch gestellt und das Gasgemisch durch die Bohrung mit einem brennenden Span entzündet. Bei der Explosion wird der ober (lose) Deckel fortgeschleudert.

Vorsichtsmaßnahmen: Sicherheitsabstand mindestens 5 m zu den Schülern !
Vor Zündung Benzinflasche aus dem Gefahrenbereich entfernen !

5. Feuergefährlichkeit von Benzin-Dämpfen

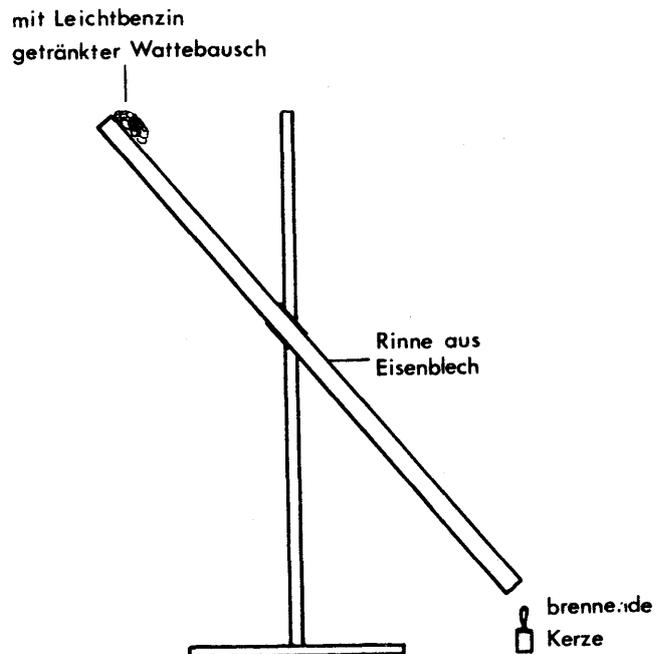
Material: Eisenblech (ca. 40 x 8 cm) Stativmaterial, Kerze, Watte, Benzin

Durchführung:

Das Eisenblech wird zu einer V-förmigen Rinne gebogen und an einem Stativ befestigt (vgl. Abbildung). Unter das untere Ende der Rinne stellt man eine Kerze. Der Wattebausch wird mit Benzin getränkt und auf das obere Ende der Rinne gelegt.

Während des Versuchs ist Luftzug zu vermeiden !

Nach einiger Zeit sind die Benzindämpfe (schwerer als Luft) an das untere Ende der Rinne gelangt und werden dort von der brennenden Kerze entzündet. Die Flamme breitet sich rasch über die ganze Rinne bis zum Wattebausch aus.



nach: Stapf/Hradetzky: Chemische Schulversuche Teil 3 - Organische Chemie, Frankfurt 1975, S. 53

M 5 SchülerreferatDie verschiedenen Arten des Krackens

Da die aus der Rohöldestillation gewonnenen Benzin- und Gasölmengen nicht ausreichen, um den Bedarf am Markt zu decken, werden schwere Fraktionen in leichtere umgewandelt. Dazu werden größere (längerkettige) Kohlenwasserstoffmoleküle in kleinere (kürzerkettige) gespalten. Diesen Vorgang nennt man "Kracken". Die dazu benötigten verfahrenstechnischen Einrichtungen werden unter dem Begriff "Konversionsanlagen" zusammengefaßt.

Das älteste und einfachste Konversionsverfahren ist das Thermische Kracken, das erstmals 1913 angewandt wurde. Dabei wird Bodenprodukt der atmosphärischen Destillation auf etwa 500 ° C erhitzt. Die Kohlenwasserstoffmoleküle werden dadurch in so starke Schwingungen versetzt, daß die Bindungen zwischen den Kohlenwasserstoffatomen zerreißen und kleinere Moleküle entstehen. Bei der Spaltung bildet sich auch Koks, der sich an den Innenwänden der Rohre im Spaltofen absetzt und von Zeit zu Zeit abgebrannt werden muß. Mit diesem Verfahren lassen sich bis zu 55% der schweren Destillationsrückstände in Benzin, Gas und Mitteldestillate umwandeln.

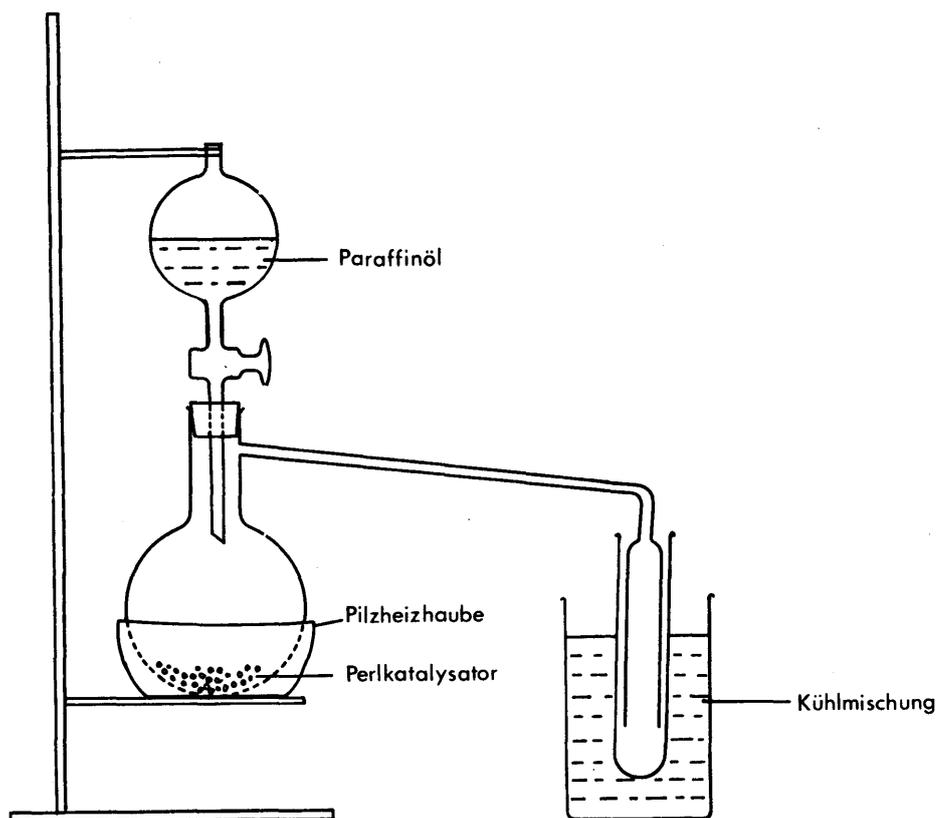
Beim "Steamkracken" geht man nicht von schweren Rückständen aus, sondern meist von Benzin. Diese wird in Ethylen, Propylen und andere Gase verwandelt. Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedlichen Anteile der einzelnen Produkte:

	mildes	mittelscharfes Kracken	scharfes
Wasserstoff, Methan	11,2	13,9	17,5
Ethylen	20,1	24,5	28,5
Propylen	16,5	17,4	14,4
Butadien	4,4	4,6	4,2
Pyrolysebenzin	32,7	24,7	21,6
Heizöl	1,8	3,0	4,0

Beim Katalytischen Kracken, das erstmals 1936 angewandt wurde, entstehen überwiegend leichte Fraktionen. Man erreicht die Umwandlung von rund 90% der höheren Kohlenwasserstoffe zu leichteren. Allerdings kann man nur die leichteren Teile der Rückstände aus der Vakuumdestillation verwenden, weil sich bei der Verarbeitung von schweren Rückständen zu viel Kohlenstoff am Katalysator absetzen würde.

Eine vollständige Umsetzung erreicht man durch das seit Ende der 20er Jahre "Hydrokracken", wo mit Temperaturen zwischen 200 und 450° C gearbeitet wird. Die anfallenden ungesättigten Kohlenwasserstoffe werden mit Wasserstoff sofort wieder abgesättigt, wodurch eine Verkorkung vermieden wird. Schweres Mitteldestillat wird vorgewärmt und zusammen mit Wasserstoff in einen Reaktor geleitet. Über einen Nickel-Molybdän-Katalysator entzieht man Stickstoff- und verschiedene Schwefelverbindungen. Das eigentliche Kracken vollzieht sich in einem weiteren Reaktor, wo dem Ausgangsgemisch weiterer Wasserstoff zugesetzt wird. Die Spaltprodukte werden abgetrennt und in einem Destillationsturm fraktioniert, der Rest wird wieder in den Prozeß eingespeist. Das Hydrokracken hat den Vorteil, daß man das Ausgangsmaterial fast ausschließlich in Benzin oder vorwiegend in Dieselkraftstoff und leichtes Heizöl mit geringem Benzinanteil umwandeln kann.

Arbeitsblatt zum Kracken von Rohölfraktionen



Material: Kolben mit seitlichem Ansatz, Tropftrichter, großes Reagenzglas, Becherglas, durchbohrter Stopfen, Heizpils oder Brenner mit Babotrichter

Chemikalien: Paraffinöl oder Heizöl EL oder Dieselkraftstoff, Perlkatalysator, Kochsalz

Durchführung: Die Apparatur wird nach obiger Skizze aufgebaut. Die Kombination -großes Reagenzglas und Becherglas- dient als "Kühlfalle" für die heißen Reaktionsprodukte. Das Becherglas wird mit einer Mischung aus Eis, Kochsalz und Wasser gefüllt. Der Kolben wird zu etwa einem Fünftel mit Perlkatalysator, der Tropftrichter mit Paraffinöl gefüllt. Der Kolben wird mit dem Heizpils bzw. mittels Babotrichter und Brenner erhitzt. Die richtige Betriebstemperatur ist erreicht, wenn das Paraffinöl beim Auftreffen auf den heißen Katalysator verdampft.

Nachweis der Doppelbindungen in den Krackprodukten

Die Produkte des Krackversuchs werden mit Bromwasser versetzt. Entfärbung weist auf neu entstandene Doppelbindungen hin. Zum Vergleich versetzte man die Ausgangsstoffe ebenfalls mit Bromwasser.

Hinweis auf gaschromatographische Untersuchung von Crackprodukten

Verschiedene Autoren schlagen eine Untersuchung der Crackprodukte durch gaschromatographische Methoden vor. Nach eigenen Erfahrungen sind solche Untersuchungen sehr aufwendig und meist wenig ergiebig. Für Interessenten sind im folgenden Hinweise auf entsprechende einschlägige Literaturstellen gegeben:

- H.J. Rommel: Erdöl und Erdölzeugnisse im Experimentalunterricht; Der Chemieunterricht 1 (1970), H. 3, S. 53 ff.
- A. Wollrab: Versuche zum Unterrichtsthema Alkane und Erdöl; in: Praxis der Naturwissenschaften/Chemie 32 (1983), S. 170 ff.
- R. Müller/G. Thiel/H. Wöhrmann: Ein einfacher Gaschromatograph für den Unterricht an Schulen und Hochschulen; in: MNU 32, (1972), S. 33 ff.
- E. Wiederholt/R. Engler: Gas-Flüssig-Chromatographie im Chemieunterricht, Köln 1978, insbes. Abschnitt 4.2.2. Cracken, S. 98 ff.
- dies.: Zum gaschromatographischen Nachweis der Crackreaktionen von n-Octan; in: MNU 27 (1974), S. 365 ff.

Möglichkeiten der Marktanpassung (Produktmengen und Preise) durch Einsatz unterschiedlicher Crackverfahren

	Visbreaker	Thermischer Cracker	Coker	Katalytischer Cracker	Hydrocracker
Verfahrensmerkmale	mildes thermisches Cracken	mittleres thermisches Cracken	scharfes thermisches Cracken	scharfes katalytisches Cracken	scharfes katalytisches Cracken in Wasserstoffatmosphäre
Einsatzprodukt	Top-Rückstand ³⁾	Top-Rückstand ³⁾	Vakuum-Rückstand ⁵⁾	Wachstdestillat ⁴⁾	Wachstdestillat ⁴⁾
Ø Ausbeute ¹⁾					
Gase	2%	8%	7%	21%	18% oder 7%
Benzine	5%	12%	20%	47%	55% oder 28%
Mitteldestillate	13%	35%	27%	20%	15% oder 56%
HS-Komponenten	80%	45%	17%	7%	12% oder 11%
Koks	—	—	29%	5%	—
Nachbehandlung der Konversionsprodukte	ja	ja	ja	teilweise	nein
Flexibilität der Anlage	gering	gering	gering	mittel	hoch
Investitionskosten ²⁾	70 Millionen DM	120 Millionen DM	400 Millionen DM	250 Millionen DM	350 Millionen DM
Besonderheiten	dient hauptsächlich zur Senkung der Viskosität schwerer Rückstandsöle			Cracken in Gegenwart eines Katalysators (z. B. Aluminiumsilikate) teilweise Entschwefelung	Erzeugung von hochwertigem Benzin und schwefelfreiem Mitteldestillat, hohe Betriebskosten durch hohen Wasserstoffverbrauch

¹⁾ bezogen auf das Einsatzprodukt (Durchschnittsangaben)
²⁾ bezogen auf 1 Million Tonnen pro Jahr (Stand 1982)
³⁾ Destillationsrückstand, der bei der atmosphärischen Destillation von Rohöl anfällt
⁴⁾ Ergebnis der Vakuumdestillation
⁵⁾ Destillationsrückstand (Bodenprodukt) der Vakuumdestillation

Schwefelgehalt des Erdöls

Der Schwefelgehalt von Rohöl schwankt zwischen 0,1 und 7 %, je nach Herkunft. Das Öl enthält neben gebundenem Schwefel auch bis zu einem Gewichtsprozent elementaren Schwefel und Schwefelwasserstoff. Im Erdgas, das häufig Erdöllagerstätten begleitet, finden sich bis zu 20 % Schwefelwasserstoff.

Die chemische Identifizierung von Schwefelverbindungen im Erdöl ist sehr schwierig, da sie sich bei Temperatureinwirkung und Behandlung mit Chemikalien verändern. Schwefelverbindungen in den Destillatfraktionen lassen daher nicht ohne weiteres Rückschlüsse auf die ursprünglichen Verbindungen zu. Die Kenntnis dieser Verbindungen, die aus dem biologischen Ausgangsmaterial des Erdöls entstanden sind, ist aber für die Entschwefelung von einiger Bedeutung.

Wichtige schwefelhaltige Verbindungsklassen im Rohöl

- Thio-Alkohole (= Thiole, Mercaptane)
insbesondere Alkylthiole
und Cycloalkylthiole
- Sulfide (= Thio-Ether)
insbesondere Alkylsulfide
monocyclische und
polycyclische Sulfide
- Thiophene

und ihre Strukturformeln:

Schwefelwasserstoff	H-S-H	Mercaptane, hier Methylmercaptan	H-S-CH_3
Sulfide, hier Dimethylsulfid	$\text{CH}_3\text{-S-CH}_3$	Disulfide, hier Diethyldisulfid	$\text{C}_2\text{H}_5\text{-S-S-C}_2\text{H}_5$
Thiophenole	H-S-Ar		
Thiophen	$\begin{array}{c} \text{H-C} - \text{C-H} \\ \parallel \quad \parallel \\ \text{H-C} \quad \text{S} \quad \text{C-H} \end{array}$		

Die Zusammensetzung der Schwefelverbindungen im Rohöl hängt von dessen mittlerer Molmasse ab: Je größer die Molmasse, desto geringer ist der Gehalt an Mercaptanen und Alkylsulfiden und desto höher der Gehalt an polycyclischen Sulfiden.

Nach der Destillation weisen die Fraktionen unterschiedlichen Schwefelgehalt auf. Aliphatische Schwefelverbindungen sind relativ instabil und zerfallen bei Hitzeeinwirkung in Alkene und H_2S . Dadurch enthalten die leichtersiedenden Fraktionen weniger Schwefelverbindungen als die höhersiedenden Komponenten und der Destillationsrückstand. In der Schmierölfraction findet man z.B. noch 1 % Schwefel, d.h. 10 % der Moleküle sind Schwefelverbindungen.

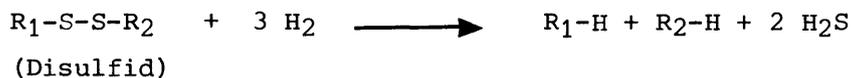
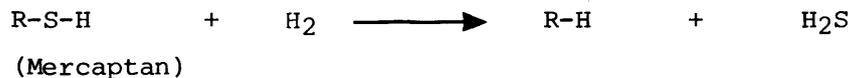
Was macht den Schwefel im Erdöl zum Problem?

- Schwefelhaltige Stoffe beschleunigen die Korrosion der Verarbeitungsanlagen
- Schwefel ist ein starkes Katalysatorgift
- Schwefel führt zur Alterung der Produkte, in denen er enthalten ist
- Schwefel senkt die Klopfestigkeit von Ottokraftstoffen
- Die Verbrennungsprodukte SO₂/SO₃ führen zu Korrosion (im Auspuff)
- SO₂ ist ein Atemgift und schädigt Pflanzen, Tiere, Mensch und Gebäude
- zu den lokalen und akuten Folgen kommen chronische und durch Transport verursachte weiträumige Schäden

Entschwefelung des Erdöls: Prinzip und Realisierung

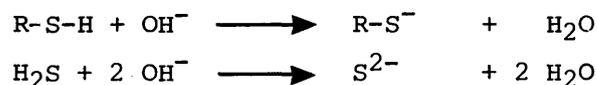
1. Hydrokracken:

Die entsprechenden Destillate werden bei ca. 400 °C und Drucken bis zu 500 atm mit Wasserstoff zusammen über Katalysatoren geleitet. Dabei wird der Schwefel aus seinen Verbindungen entfernt und zu Schwefelwasserstoff hydriert:



2. Laugenwäsche:

Besonders kurzkettige Alkyl-Mercaptane können mit 10%iger Lauge ausgewaschen werden:

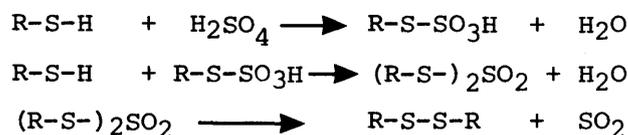


Auf diese Weise ist eine Entfernung der Mercaptane bis zu 70 % möglich.

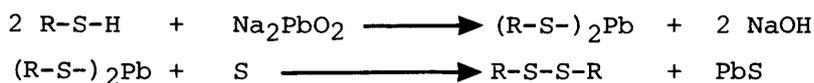
3. Süßverfahren:

Disulfide sind weniger reaktiv und weniger übelriechend als Mercaptane. Deshalb werden Restgehalte an Mercaptanen durch "Süßen" in Disulfide umgewandelt. Der Schwefelgehalt kann nach dem Süßen durch erneute Destillation weiter herabgesetzt werden.

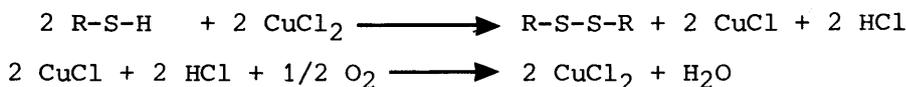
a) Behandlung mit konzentrierter Schwefelsäure: Neben der Überführung der Mercaptane in Disulfide werden auch Harze und Asphalte entfernt. Nachteil: Die gleichzeitige partielle Sulfonierung der Aromaten und Alkene führt zu hohem Substanzverlust.



b) Doktorprozeß: Dabei wird dem Destillat Natrium-Plumbit und Schwefel zugesetzt, meist in Lauge gelöst.



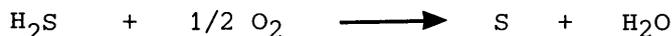
c) Katalytisches Süßen: In Anwesenheit von CuCl_2 werden die Mercaptane durch den Luftsauerstoff in Disulfide umgewandelt:



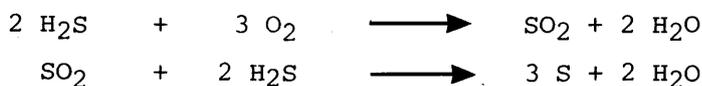
Nachteil: Kupferreste müssen entfernt werden.

Wie aus der Beschreibung obiger Entschwefelungsverfahren ersichtlich, fällt der im Erdöl bzw. seinen Fraktionen enthaltene Schwefel hauptsächlich als Schwefelwasserstoff an. Dieser wird auf verschiedene Weise weiterverarbeitet:

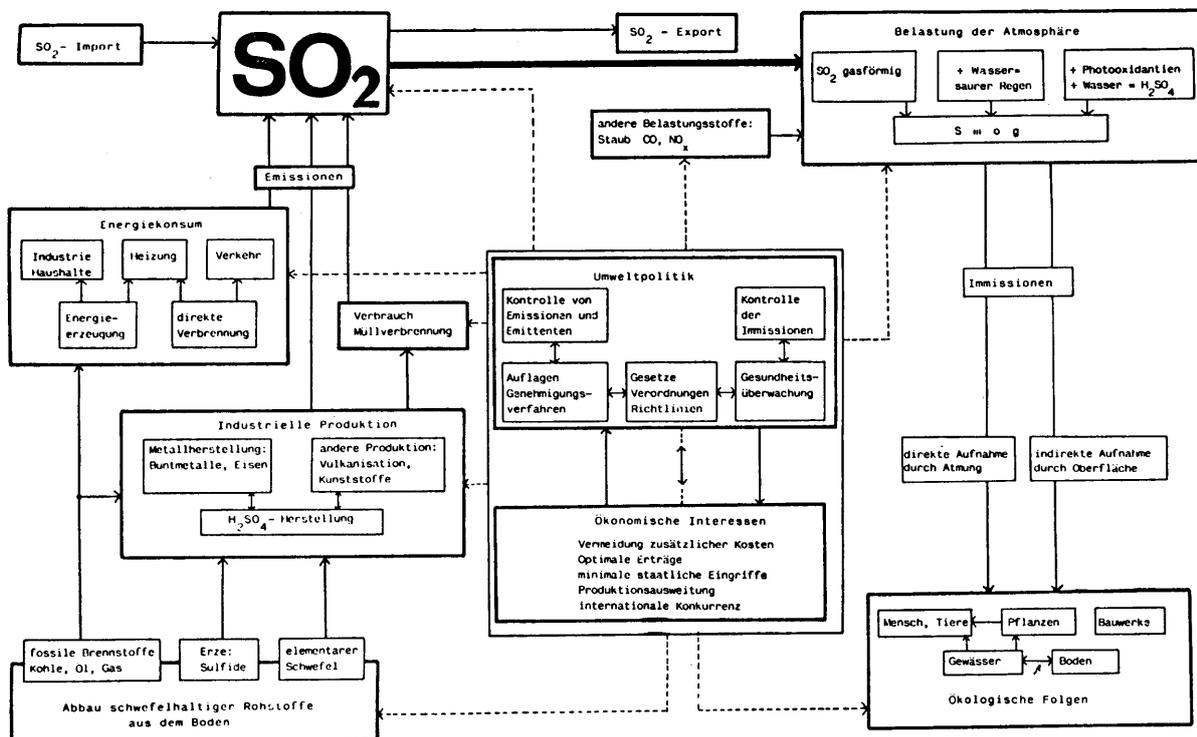
- Oxidation zu SO_2 und Gewinnung von Schwefelsäure
- Teilweise Oxidation in einer Claus-Anlage: Gewinnung elementaren Schwefels:



Zwischenschritte:

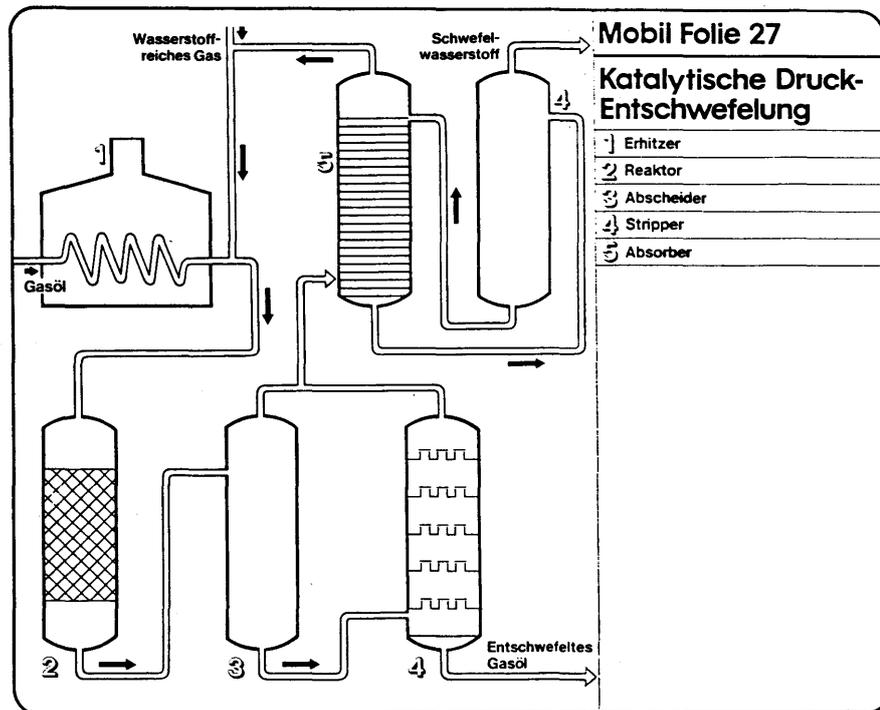


Hinweis: Ausführlich werden die Folgen der SO_2 -Emission behandelt in:
L. Ständel: Saurer Regen, Materialien für den Unterricht 10,
Marburg 1984



M 6: Schülerreferat

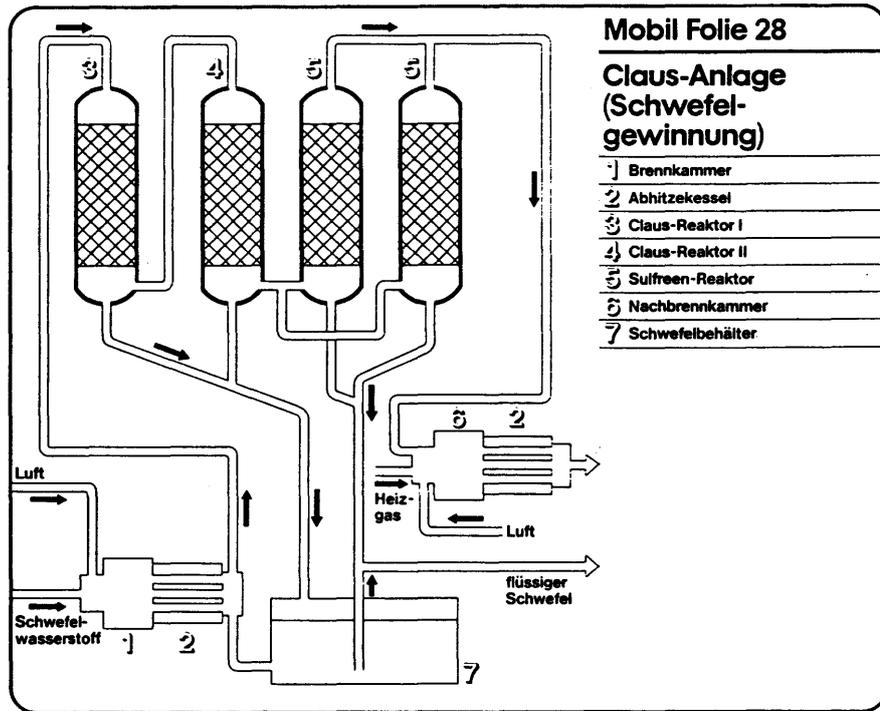
Die katalytische Druckentschwefelung



Das schwefelreiche Gasöl im Erhitzer (1) wird auf 380° C erwärmt und mit wasserstoffreichem Gas zusammengeführt. Dieses Gemisch läuft in einen Reaktor (2), der mit Kobald-Molybdänkatalysator gefüllt ist. Dort werden die Kohlenwasserstoff-Schwefelverbindungen mit Hilfe des Katalysators und zugefügtem Wasserstoffgas in Schwefelwasserstoff und Kohlenwasserstoff umgewandelt. In nachfolgenden Kolonnen und Behältern werden das überschüssige Wasserstoffgas und der Schwefelwasserstoff vom Gasöl abgetrennt. Nach einer Temperatursenkung trennen sich im Abscheider (3) Flüssigkeit und Gase. Im Stripper (4) werden Reste von Schwefelwasserstoff und leichte Kohlenwasserstoffe aus dem entschwefelten Gasöl heraus gestrippt. Das abgetrennte Gas wird zusammen mit Gasprodukten aus anderen Aufbereitungsanlagen in einen Absorber (5) geleitet, der mit einer flüssigen Amin-Verbindung gefüllt ist, die ihrerseits den Schwefelwasserstoff absorbiert. Im 2. Stripper (4) gibt die Amin-Verbindung den Schwefelwasserstoff durch Erhitzen wieder ab, und ist zur Weiterverwendung geeignet. Der Schwefelwasserstoff wird zur Weiterverarbeitung zu Schwefel in die Claus-Anlage geleitet. Das gereinigte Heizgas wird für die Raffinerieöfen als Brennstoff benutzt.

Der durch die katalytische Druckentschwefelung entstandene Schwefelwasserstoff ist ein brennbares, in geringer Konzentration übelriechendes, in höherer Konzentration giftiges Gas. Da es für die Umwelt schädlich ist, muß es durch chemische Prozesse gebunden bzw. in unschädliche Stoffe umgewandelt werden.

Die Claus-Anlage



Der Schwefelwasserstoff kommt in die Brennkammer (1) und wird dort unter Hitzezufuhr (1400 °C) zum Teil verbrannt. Es bilden sich Schwefeldioxid, Wasserdampf und Schwefel. Das heiße Gasgemisch strömt nun durch den Abhitzekessel (2), in dem Wärmeenergie entzogen und zur Erzeugung von Dampf eingesetzt wird. Die Temperatur des Gasgemisches sinkt dabei auf 300° C. Das Prozessgas wird in zwei hintereinander geschaltete Clausreaktoren (3;4) geleitet, in denen sich ein hauptsächlich aus Aluminiumoxid-Verbindungen zusammengesetzter Katalysator befindet. Hier wird das Schwefeldioxid mit Schwefelwasserstoff zu reinem Schwefel reduziert, der nach unten in den Schwefelbehälter (7) fließt. Nach Abkühlung auf etwa 140° C und Abscheidung des Schwefels strömen die Restgase in den im Absorptionszustand befindlichen Sulfreen-Reaktor (5). Dort findet die Umsetzung der restlichen Bestandteile von Schwefelwasserstoff und Schwefeldioxid statt. Da der entstandene Schwefel vom Katalysator absorbiert (angelagert) wird, muß dem Sulfreen-Reaktor nach einer gewissen Zeit heißes Prozeßgas zugefügt werden, welches den Schwefel aufnimmt. Während dieser Regeneration ist jeweils der 2. Reaktor in Betrieb.

Die restlichen Gase kommen in die Nachbrennkammer (6). Dort werden sie unter Zuführung von Heizgas und Luft nochmals verbrannt, wobei sich auch die letzten Schwefelwasserstoffspuren zersetzen. Die dabei entstandene Energie wird im Abhitzekessel (2) zur Dampferzeugung benutzt. Das gekühlte Reingas verläßt die Anlage durch den Schornstein.

Aus dem Schwefelwasserstoff ist Schwefel mit einer Reinheit von 99,9% entstanden. Der Schwefelrückgewinnungsgrad beträgt 98,5%.

Begriffe:

- ABSORBER - Anlage zum absorbieren (Absorption)
- ABSORPTION - Bindung von Gasen durch Flüssigkeiten oder feste Stoffe auf chemischen Weg
- STRIPPEN - Das Austreiben von leicht verdampfenden Substanzen oder gelösten Gasen aus höher siedenden Stoffen mit Hilfe von Dampf oder einem anderen inerten Medium (z.B. Stickstoff)
- SULFREEN - vom engl. sulphur = Schwefel und free = frei

Versuche "Schwefel im Erdöl und seinen Produkten"

1. Schwefel in Verbrennungsgasen

Material: Porzellanschale, Trichter, PE-Schlauchstücke, Glasrohr, Watte, Waschflasche, Vakuumschlauch, Wasserstrahlpumpe

Chemikalien: wässrige Lösung mit ca. 10% BaCl₂, 5% HCl und 5% H₂O₂

Rohöl oder eine der durch Destillation gewonnenen höhersiedenden Fraktionen wird in einer Porzellanschale verbrannt (unbedingt im Abzug oder im Freien verbrennen wegen starker Rußentwicklung). Die Verbrennungsgase werden mittels eines Trichters durch ein Glasrohr mit Wattefilter (lose gestopft!) durch die Waschflasche gesaugt, die an die Wasserstrahlpumpe angeschlossen ist. In der sauren, H₂O₂-haltigen BaCl₂-Lösung wird das bei der Verbrennung gebildete SO₂ zu Sulfat oxidiert; die Lösung trübt sich durch ausfallendes BaSO₄.

Mit diesem Verfahren kann Schwefel dann nachgewiesen werden, wenn der Gehalt im Öl größer als 0,5% beträgt. In diesem Fall tritt die Trübung erst nach einigen Minuten auf.

Der Versuch eignet sich auch für die Untersuchung von Heizöl und anderen Brennstoffen fossiler Herkunft, z.B. Erdgas, Kohle etc.

Variante: Entfärbung einer Jod/Kaliumjodid-Lösung

Versuchsdurchführung wie oben, nur wird in der Waschflasche eine stark verdünnte J₂/KJ-Lösung vorgelegt. SO₂ reduziert das Jod, die Lösung wird entfärbt.

2. Nachweis von Mercaptanen im Erdöl - Doctortest

(nach: Der Chemieunterricht 1 (1979), H. 3 - Erdöl und Erdölerzeugnisse im Experimentalunterricht, S. 46 - 47)

Material: Reagenzglas, Bechergläser, Filter, Wasserbad

Chemikalien: Erdölfraction (muß klar sein), Bleiacetat, NaOH

Herstellung der Doctorlösung:

2 g Bleiacetat werden in 20 ml dest. Wasser gelöst, das Filtrat wird mit 10 ml Natronlauge (60 g NaOH in 100 ml Wasser) versetzt und auf dem siedenden Wasserbad eine halbe Stunde lang erhitzt. Anschließend wird die Lösung mit dest. Wasser auf 100 ml aufgefüllt. Aufbewahrung in einer verschlossenen Flasche.

Versuchsdurchführung:

10 ml der zu untersuchenden Fraktion werden mit 5 ml der Doctorlösung im Reagenzglas versetzt und nach Verschließen gut durchgeschüttelt. Anschließend werden 10 mg Schwefel zugegeben und wieder geschüttelt. Bei Anwesenheit von Mercaptanen färbt sich die dünne Schwefelschicht nach der Phasentrennung orange bis braunschwarz an der Oberfläche.

(Wegen der ablaufenden Reaktionen s.o.: Entschwefelung mit dem Doctorverfahren)

Hinweis: Dieser Versuch kann auch als Modellversuch zur Entschwefelung eingesetzt werden.

Versuche zur Entschwefelung des Erdöls und seiner Produkte

1. Laugenwäsche und Nachweis von Sulfid in der wässrigen Phase

Eine Erdölfraktion (Mitteldestillat oder Benzinfraktion) wird im Scheidetrichter mit der halben Menge 10%iger Natronlauge versetzt und unter häufigem Belüften geschüttelt. In der wässrigen Phase kann vorhandenes Sulfid z.B. durch Bildung von PbS nachgewiesen werden.

Die Entfernung von Mercaptanen bringt auch ein Verschwinden des üblen Geruchs mit sich. Da Erdölproben jedoch viele weitere stark riechende Stoffe enthalten, kann dieser Effekt nicht eindeutig beobachtet werden. Prinzipiell kann dies an einer Modellreaktion mit reinem Mercaptan gezeigt werden. Dazu versetzt man eine Lösung von 0,5 ml Ethylmercaptan in Hexan (oder einem anderen Kohlenwasserstoff) mit der gleichen Menge 10%iger Natronlauge und schüttelt wie oben. Nach zweimaligem Ausschütteln bleibt nur der Eigengeruch des Kohlenwasserstoffs.

Hinweis: Unbedingt im Abzug durchführen. Mercaptan-Geruch haftet an Kleidung und Gegenständen sehr nachhaltig.

Die Konzentration der mercaptanhaltigen Lösung sollte 1% nicht übersteigen !

2. Süßverfahren mit Kupferchlorid-Lösung

Dazu verwendet man am besten die Benzinfraktion, die man aus der Laugenwäsche erhalten hat. Die Probe wird wie oben im Scheidetrichter mit der halben Menge einer 10%igen CuCl_2 -Lösung zweimal gewaschen. Anschließend zweimalige Wäsche mit dest. Wasser. Es ist eine deutliche Geruchsverbesserung festzustellen. Die Abnahme des Schwefelgehalts kann auch durch den Doctortest nachgewiesen werden.

3. Versuche zum katalytischen Hydrieren (Bildung von H_2S) sind nicht bekannt.

Versuche zur Weiterverarbeitung des Schwefelwasserstoffs

Vorversuch: Unter dem Abzug wird in einem Apparat H_2S -Gas aus Eisensulfid/ FeS_2 hergestellt (ersatzweise in einer Gasentwicklungsapparatur).

Das entstehende Gas läßt man durch ein Glasrohr (mit Glaswolle als Rückschlagfilter) strömen und entzündet es an der ausgezogenen Spitze.

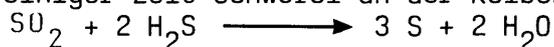
Die Verbrennungsgase zeigen deutlich SO_2 -Geruch.

Hält man eine kalte Porzellanschale an den Rand der Flamme, so scheidet sich aufgrund der unvollständigen Verbrennung elementarer Schwefel ab.

Modellversuch zum Clauss-Verfahren:

ausführliche Beschreibung in: M.Braun, Umweltschutz -experimentell, München 1974, S. 108 - 109

Die H_2S -Flamme wird in einen Rundkolben mit weiter Öffnung eingeführt. Bläst man durch ein zweites Glasrohr Luft in den Kolben, so verbrennt der Schwefelwasserstoff vollständig zu SO_2 . Unterbricht man die Luftzufuhr, so scheidet sich nach einiger Zeit Schwefel an der Kolbenwand ab.



Achtung: Schwefelwasserstoff ist ein starkes Atemgift!
Nur im Abzug handhaben !

M 7: Kraftstoffe

An Kraftstoffe werden verschiedene technische Anforderungen gestellt, die wenig bis nichts mit dem chemischen Prozeß der Verbrennung und dessen Energiehaushalt zu tun haben. Treibstoffe sollen u.a. lagerfähig und korrosionshemmend sein, "gutes" Siedeverhalten zeigen, wenig schädliche Abgase erzeugen und verträglich sein mit verschiedenen Werkstoffen im KFZ-Bereich.

Ottokraftstoffe sollen darüber hinaus eine hohe Klopfestigkeit (Oktananzahl/ROZ) besitzen. Bei Dieselmotorkraftstoffen ist dagegen eine hohe Zündwilligkeit erwünscht (Selbstentzündung).

Da keine der im Raffinerieprozeß gewonnenen Substanzen alleine die verschiedenen Anforderungen erfüllt, werden die handelsüblichen Kraftstoffe durch Verschnitt der verschiedenen Komponenten gewonnen.

Ein Otto-Kraftstoff enthält z.B.

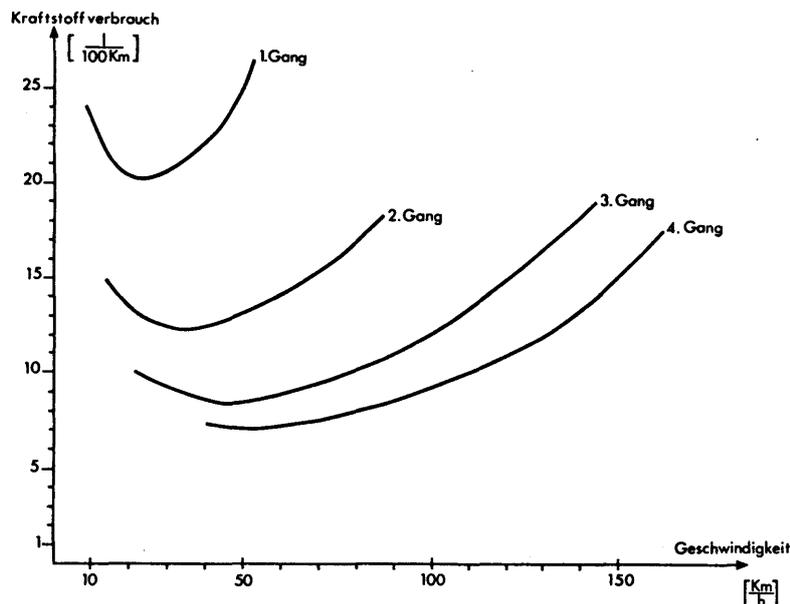
Stoffbezeichnung	Dichte (g/ml)	ROZ	Kohlenwasserstoffe in Vol. %			Heizwert (kJ/l)
			Alkane/ Cycloalk.	Alkene	Aromaten	
Butan	0,583	94	100	-	-	123700
Pentan	0,628	90	100	-	-	
Destillatbenzin	0,688	72	90	5	5	
katalyt. Krackbenzin	0,735	90	35	45	20	
Reformatbenzin	0,765	96	50	1	49	
Polymerbenzin	0,73	96	5	95	-	
Alkylatbenzin	0,7	95	99	1	-	
Pyrolysebenzin	0,82	99	9	11	80	
Motorenbenzol	0,86	110	10	-	90	35600
Normalkraftstoff	0,73	92				31800
Superkraftstoff	0,765	99				32700

Emissionen von Benzinmotoren

Umfang und Art der bei der Verbrennung von Ottokraftstoffen entstehenden Abgase sind von mehreren Bedingungen abhängig:

- Motordrehzahl
- Gemischzusammensetzung
- Verdichtung
- Brennraumform

Die Motordrehzahl kann als Maß für die pro Zeiteinheit umgesetzte Kraftstoffmenge angesehen werden. Der Kraftstoffverbrauch liegt im Bereich des maximalen Drehmoments eines Motors (vgl. die jeweilige Betriebsanleitung) am niedrigsten. Dieses wird in der Regel bereits bei einer mittleren Motordrehzahl erreicht. Extrem hochtouriges oder niedertouriges Fahren treibt den Kraftstoffverbrauch in die Höhe. Bei Geschwindigkeiten über 80 km/h wird bei den meisten Kraftfahrzeugen der Luftwiderstand zur bestimmenden Größe für die vom Motor abverlangte Leistung. Da der Luftwiderstand mit dem Quadrat der Geschwindigkeit zunimmt, wird entsprechend mehr Kraftstoff umgesetzt und auch eine größere Abgasmenge erzeugt. Das untenstehende Diagramm gibt den Kraftstoffverbrauch eines Mittelklassewagens in Abhängigkeit der gefahrenen Geschwindigkeit für verschiedene Gänge wieder. Die Angaben beziehen sich auf Fahrten auf ebener Strecke.



Im Gegensatz zu den anderen Einflußgrößen können Kraftstoffverbrauch und Abgasmenge durch die Gangwahl (und die entsprechende Motordrehzahl) vom Fahrer selbst beeinflußt werden.

Gemischzusammensetzung:

Um das Startverhalten eines (Otto-)Motors zu verbessern, wird mit Choke gestartet: Das Gemisch enthält dann wesentlich mehr Kraftstoff, als für eine stöchiometrische Verbrennung notwendig wäre. Fahren mit Choke führt zu erhöhten Emissionen von (unverbrannten) Kohlenwasserstoffen.

Wenn der Motor seine Betriebstemperatur erreicht hat, kann das Kraftstoff-Luft-Verhältnis auf stöchiometrische Zusammensetzung reduziert werden (dies ist notwendig bei Fahrzeugen mit geregelter Katalysator) oder auf einen unterstöchiometrischen Wert eingestellt werden (Mager-Gemisch-Motoren, bedingt schadstoffarm).

Der Wirkungsgrad von Verbrennungsmotoren läßt sich prinzipiell dadurch steigern, daß man das nutzbare Temperaturgefälle steigert (höhere Verbrennungstemperaturen). Bei den Otto-Motoren ist dies in den letzten Jahrzehnten durch eine Erhöhung der Verdichtung erreicht worden bei gleichzeitiger Abmagerung des Gemisches (unterstöchiometrisch). Konsequenz: Der spezifische Treibstoffverbrauch wurde gesenkt, dafür stieg der Anteil der Stickoxide im Abgas (bei höheren Temperaturen und Drücken bei der Verbrennung wird zunehmend auch der Luftstickstoff oxidiert). Außerdem mußte die Klopfestigkeit der Otto-Kraftstoffe wesentlich verbessert werden (siehe unten).

Die Brennraumform sowie die Bauweise und Anzahl der Ein- und Auslaßkanäle bestimmen Gaswechsel, -füllung und -verteilung im Motor. Sie haben Einfluß auf die vorzeitige Entzündung des Gemisches (Klopfen), die Menge des benötigten Kraftstoffs sowie die Vermischung von Abgasen und Frischgas.

ASU - Abgassonderuntersuchung

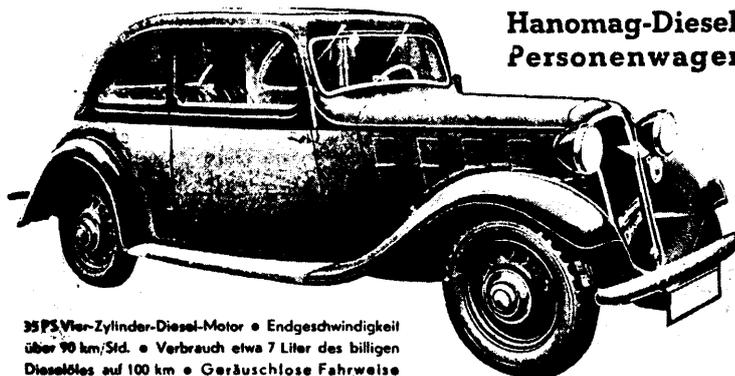
(jährlich vorgeschriebene Einstellung des Motors auf Herstellerwerte; seit April 1985): Die Einstellung des Motors bei der ASU orientiert sich ausschließlich am Kohlenmonoxid-Gehalt des Abgases und berücksichtigt weder Alter des Motors noch andere Abgaskomponenten.

Da die Einstellung im Leerlauf erfolgt, ist der Effekt im Fahrbetrieb fragwürdig.

Senkung der Betriebskosten

durch den neuen

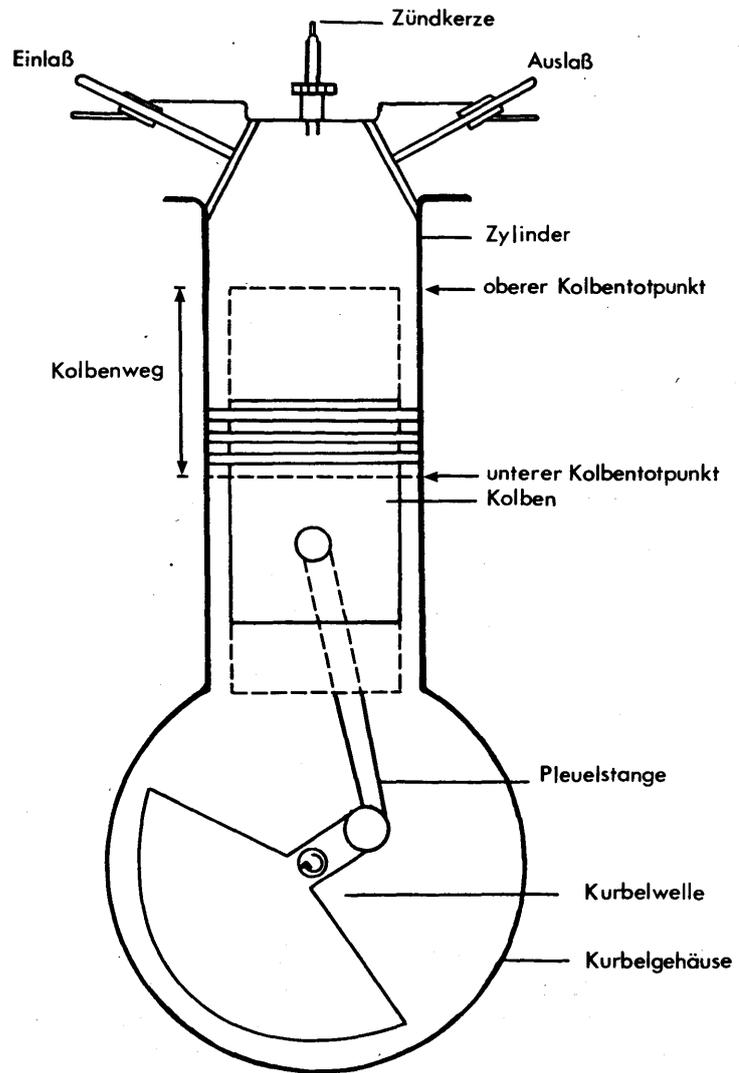
**Hanomag-Diesel-
Personenwagen**



35 PS Vier-Zylinder-Diesel-Motor • Endgeschwindigkeit
über 90 km/Std. • Verbrauch etwa 7 Liter des billigen
Dieselöles auf 100 km • Geräuschlose Fahrweise

HANOMAG HANNOVER

Taktfolge
beim
Ottomotor



1. Takt = Ansaugen:

Der Kolben bewegt sich bei geöffnetem Einlaßventil vom oberen zum unteren Totpunkt. Durch den im Zylinder entstehenden Unterdruck wird Kraftstoff-Luft-Gemisch, das z.B. in einem Vergaser hergestellt wird angesaugt.

2. Takt = Verdichten:

Bei geschlossenen Ventilen geht der Kolben vom unteren zum oberen Totpunkt, wodurch das Gemisch verdichtet wird. Gegen Ende dieses Taktes wird das brennfähige Gemisch durch den elektrischen Funken der Zündkerze gezündet.

3. Takt = Arbeiten

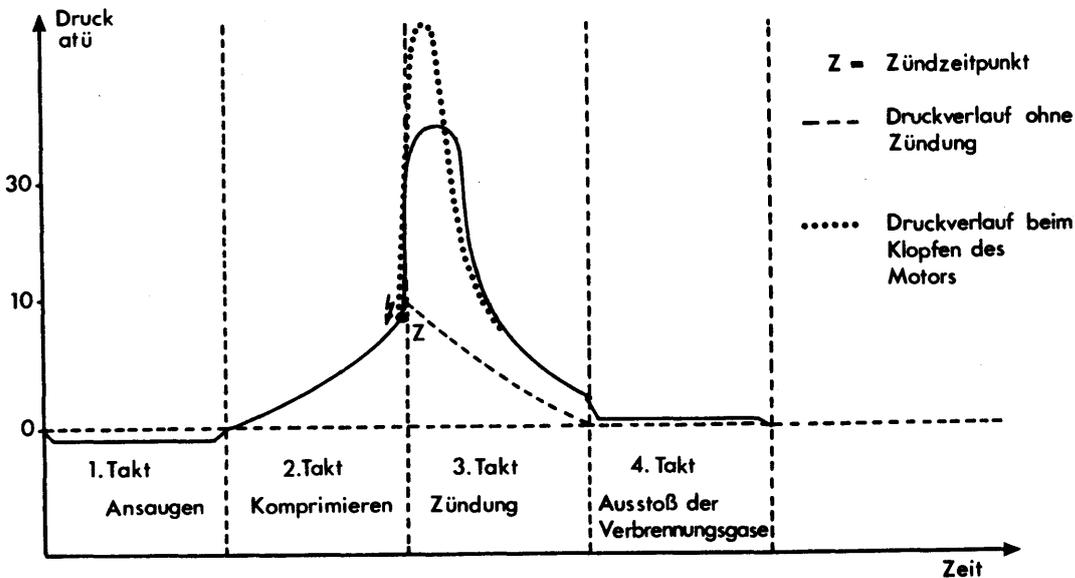
Der bei der Verbrennung entstehende Druck treibt den Kolben bei geschlossenem Ventil vom oberen zum unteren Totpunkt.

4. Takt = Ausschleiben

Bei geöffnetem Auslaßventil bewegt sich der Kolben vom unteren zum oberen Totpunkt und schiebt die Abgase bis auf einen im Brennraum verbleibenden Rest aus dem Zylinder.

Oktananzahl - Klopfestigkeit - Blei im Benzin - bleifrei, aber mit Benzol

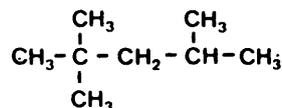
DRUCKVERLAUF IM VIER-TAKT-MOTOR



Im Normalfall startet die Zündkerze die Verbrennung des Kraftstoff-Luft-Gemischs (zu Beginn des 3. Takts). Von der Zündkerze ausgehend breitet sich die Flammenfront gleichmäßig im Zylinder aus. Eine vorzeitige Selbstzündung entsteht z.B. an der heißen Zylinderwand. Die von diesem Punkt dann ausgehende Flammenfront trifft mit der von der Zündkerze ausgehenden zusammen und führt u.a. zu einer ungleichmäßigen Druckverteilung und einem starken Druckanstieg. Dies macht sich durch das sogenannte Motor-Klingeln bemerkbar. Längeres "Klingeln" bewirkt einen vorzeitigen Verschleiß des Motors.

Die in der BRD praktizierte Hubraumsteuer hat die Entwicklung kleiner hochverdichtender Motoren begünstigt. Diese von der Konstruktion her zum "Klingeln" neigenden Motoren machten zunehmend klopffestere Kraftstoffe notwendig. Von 1954 bis 1982 erhöhte sich die Oktananzahl (ROZ) bei Normalkraftstoff von 84 auf 92 und bei Superkraftstoff von 88 auf 99.

(nach: Aral AG (Hrsg.): Kraftstoff-Fibel, Bochum 1983²)



2,2,4-Trimethylpentan (Isooctan)

Die Oktananzahl eines Kraftstoffes wird in einem geeichten Prüfmotor unter festgelegten Bedingungen bestimmt. Der einzylindrige Motor besitzt einen variablen Hubraum, wodurch bei verschiedenen Verdichtungsverhältnissen gemessen werden kann. Als Bezugskraftstoff dient ein Gemisch aus n-Heptan (besonders kloppfreudig, ROZ = 0) und Iso-Oktan (ROZ = 100). ROZ ist die Abkürzung für Research-Oktan-Zahl, die bei 600 Umdrehungen pro Minute gemessen wird. MOZ heißt Motoroktananzahl und wird bei 900 U/min und unter variablen Bedingungen gemessen.

Eine Erhöhung der Oktananzahl (und damit der Kloppfestigkeit) wurde in der Vergangenheit hauptsächlich durch Zusatz von bleihaltigen Anti-Kloppmitteln erreicht: Bleitetraethyl und Bleitetramethyl.

"Die kloppmindernde Wirkungsweise der Bleialkyle beruht wahrscheinlich darauf, daß seine Zerfallsprodukte die in den Vorflammenreaktionen ablaufenden Kettenreaktionen unterbrechen. Das Blei zerfällt dabei in katalytisch wirkende Oxide wie PbO und Pb_2O_3 . (...) Bei den im Verbrennungsraum herrschenden Temperaturen liegt das entstehende Bleioxid nicht im dampfförmigen Zustand vor. (...) Deshalb enthalten handelsübliche Bleialkyle Ethylendichlorid und/oder Ethylendibromid als Verflüchtiger."

aus: Kraftstoff-Fibel, S. 20

Das im Motor abgeschiedene Blei dient auch zur "Schmierung" der Ventile; deshalb kann bei vielen heute benutzten Motoren nicht ohne weiteres auf bleifreies Benzin umgestellt werden.

Blei als Umweltgift:

10% der Weltbleiproduktion (5,3 Mio t) wurden 1980 zur Herstellung von Anti-kloppmitteln verwendet und gelangten über die Verbrennung im Motor in die Umwelt. In der Nähe von Verkehrswegen finden sich heute bis zu mehreren Hundert Milligramm Blei pro kg Trockenmasse im Boden. Unbelastete Böden weisen im Unterschied dazu weniger als 0,2 Mikrogramm Blei pro kg Boden auf. Gesundheitsgefahren durch Aufnahme über Luft (Verkehrspolizisten), und Nahrung (insbesondere Blatt- und Wurzelgemüse); chronische Erkrankungen mit allgemeinem Unwohlsein, bis hin zu Nervenschädigungen.

Der Bleigehalt des Benzins wurde per Gesetz mehrmals eingeschränkt:

bis 1972: 0,635 g Blei pro Liter Kraftstoff
ab 1972: 0,4 g
ab 1976: 0,15 g

Im Zusammenhang mit der Einführung von Katalysator-Autos wurde es notwendig, wieder bleifreies Benzin anzubieten (Blei ist ein starkes Katalysator-Gift). Die Kloppfestigkeit wird dabei heute erhöht durch

- Zumischung von Reformat-Benzin (teilweise Cyclisierung, Aromatisierung und Isomerisierung der Kohlenwasserstoffe)
- Zusatz von Motorenbenzol (ROZ 110)

Benzol ist stark giftig, eindeutig krebserregend und chromosomenschädigend. In Lösungsmittelgemischen darf Benzol nur noch bis zu einem Anteil von 1% benutzt werden. Dem bleifreien Benzin wird jedoch zwischen 1,5 und 6% Benzol zugesetzt.

Versuche: Blei im Benzin und in der Umwelt

1. Blei im Benzin

5 ml bleihaltiges Benzin werden im Reagenzglas mit einer Spatelspitze Kaliumchlorat versetzt. Dazu gibt man einige Tropfen konzentrierte Salzsäure:

Eine Trübung des Kraftstoffs zeigt Blei an.

(Aus Kaliumchlorat und Salzsäure entwickelt sich Chlor. Dieses wandelt Bleitetraethyl in Bleichlorid um, welches sich weder im Benzin noch in der wässrigen Phase löst.)

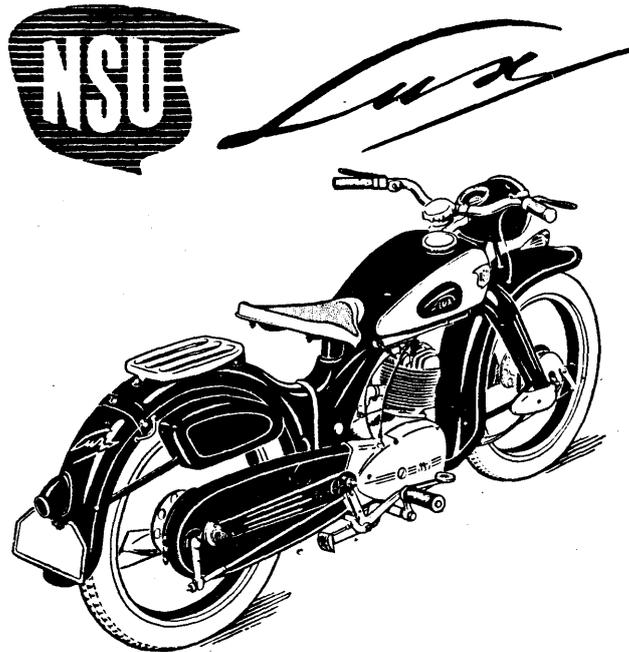
nach: Stapf/Hradetzky, a.a.O., S. 53

Eine Anleitung zu weiterführenden Untersuchungen findet sich bei:

Helmut Kern: Zum Nachweis des Bleis im Benzin; in: NiU-Ph/Ch 26 (1978), S. 89 ff.

2. Blei in der Umwelt - Hinweise auf Untersuchungsanleitungen

- Blei im Straßenstaub; Eckhard Philipp: Experimente zur Untersuchung der Umwelt; München 1977, S. 106 und 98/99
- Die quantitative Bestimmung von Blei in der Umwelt; H. Singer, R. Bügler, in: Praxis der Naturwissenschaften Chemie 28 (1979), S. 1 ff.
- Zur Bleibestimmung in organischem Material; R. Schwankner, in: MNU 35 (1982), S. 167 ff.



Weshalb »Benzinblei« giftig wirkt

Zur Verbesserung der Verbrennungseigenschaften werden dem Benzin geringe Mengen Blei zugesetzt, wobei in der Bundesrepublik Deutschland höchstens 150 Milligramm pro Liter zulässig sind. Nur hat dieses Blei noch niemand in den Tank rieseln sehen, denn dem Benzin werden organische Bleiverbindungen zugefügt, die sich sowohl in der chemischen Natur als auch in ihrem Umweltverhalten und ihren giftigen Wirkungen von anorganischem Blei unterscheiden.

Dieses »Benzinblei« ist eine ölige Flüssigkeit mit fruchtig modrigem Geruch, schnell flüchtig und äußerst gefährlich. Auch ohne direkten Kontakt nimmt es der Mensch leicht über die Atemwege auf, wobei besonders das Zentralnervensystem in Mitleidenschaft gezogen wird. Die klassischen Anzeichen einer Vergiftung mit anorganischem Blei wie Müdigkeit, Appetitlosigkeit, Kopfschmerzen bis hin zu Koliken, Blutarmut und Muskelschwäche treten dabei in der Regel nicht auf.

Wie organische Bleiverbindungen ihre giftige Wirkung entfalten, war bisher unbekannt. Einer der Mechanismen ist jetzt im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderten Projekts an der Universität Hohenheim identifiziert worden. In diesen Untersuchungen wurde die giftige Wirkung auf eine einzellige Alge (*Poteroochromonas malhamensis*) beobachtet. Bei ihr kam es nach der Umwandlung des Benzinzusatzstoffes Tetraäthylblei durch Lichteinwirkung in Triäthylblei zu einer von der angewandten Menge abhängigen Verminderung der Zellvermehrung und einer Hemmung der Kern- und Zellbildung.

Wurde das Gift ausgewaschen, verschwanden diese Auswirkungen wieder.

Daß dabei die Mikrotubuli, jene Strukturen aus Eiweiß, die gewissermaßen das Skelett einer Zelle darstellen, angegriffen werden, bestätigte sich zunächst in einem indirekten Beweis. Für ihn verwandte man den Stoff Cochincin, von dem bekannt ist, daß er die Mikrotubuli angreift. Es zeigten sich dieselben Veränderungen wie mit organischem Blei. Weitere Untersuchungen, die man mit Wissenschaftlern vom Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg durchführte, bestätigten diese Vermutung: Organische Bleiverbindungen zerstören das Gerüst einer Zelle, was später auch an lebenden Säugetierzellen nachgewiesen wurde. Da Nervenzellen in besonderem Maße vom Funktionieren der Mikrotubuli abhängig sind, zieht man den Schluß, daß der Angriff des organischen Bleis auf das Nervensystem zumindest teilweise durch die Zerstörung der Mikrotubuli bewirkt wird. Zwar werden fast drei Viertel des dem Benzin zugesetzten Bleis mit den Motorabgasen an die Luft abgegeben, doch ist dann der größte Teil davon in anorganische Bleiverbindungen umgewandelt. Nur wenig unverändertes organisches Blei bleibt übrig, im Mittel etwa zwei Prozent. Unter Kaltstartbedingungen kann dieser Wert allerdings bis auf ein Drittel ansteigen, weshalb auch höchste Konzentrationen überall dort gemessen werden, wo Autos stehen oder langsam fahrend betrieben werden, wie besonders in den Städten. Anorganische Bleiverbindungen entstehen nicht nur bei der Verbrennung von Autokraftstoff, sondern auch in Kohleöfen und bei der Zementherstellung. Sie sind zumeist schwer löslich, daher sind im Grundwasser auch nur

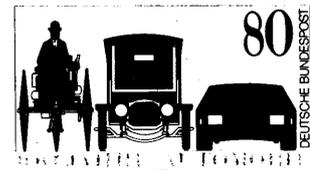
einige millionstel Gramm enthalten. Dennoch hat sich bei der Untersuchung von verschiedenen alten Pflanzensammlungen gezeigt, daß sich in den letzten 100 Jahren der Bleigehalt der Pflanzen vervierfacht hat.

Durch die weltweite Verteilung des Bleis ist der Mensch einer ständigen Belastung ausgesetzt. Denn anorganische Bleiverbindungen können durch die Nahrung, durch Einatmen in feinsten Verteilung aus der Luft und durch Aufnahme über die Haut in den Körper gelangen. Sie werden in den Knochen gespeichert. Anders als organisches Blei hemmen sie durch bestimmte Enzyme gesteuerte Vorgänge.

U. Kopacz

technik heute 6-1985

S. 47



Krebsgefahr an der Zapfsäule

Schätzungen zufolge entweichen an den Tankstellen einer Millionenstadt wie Göteborg allein pro Jahr ungefähr 600 Tonnen Kohlenwasserstoffe durch Verdunstung beim Tanken!

In Schweden wurde jetzt vorgeschlagen, an den Mundstücken der Benzinschläuche dichtschießende Muffen anzubringen, um die Menge der entweichenden Dämpfe dadurch auf 30 Tonnen jährlich zu reduzieren.

Beträchtliche Einsparungen brächte die vorgeschlagene Idee den Großtankstellen, an denen sich pro Jahr 830 000 Liter schon bei der Anlieferung oder während des Auffüllens des leichtflüchtigen Kraftstoffes an den Zapfsäulen buchstäblich in blauen Dunst auflösen.

Verglichen mit den insgesamt 30 000 Tonnen Kohlenwasserstoffen, die in der Millionenstadt Göteborg (und natürlich in vergleichbaren Dimensionen auch anderswo) jedes Jahr die Luft verschmutzen, mögen die 600 Tonnen von den Tankstellen unbedeutend erscheinen, doch verweisen die Forscher

auf die gesundheitliche Gefährdung der Autofahrer. Denn: Kohlenwasserstoffe sind nicht nur krebserregend, sondern können auch Nervenkrankheiten und genetische Schäden verursachen. Obwohl die Tankstellen nur für zwei Prozent der Emissionen verantwortlich sind, werden mindestens zehn Prozent der vom Autoverkehr freigesetzten Kohlenwasserstoffe beim Tanken eingeatmet.

12 Lenkrad 6/85

M 8: Reinigung von Autoabgasen

Hauptschadstoffkomponenten im Abgas von Ottomotoren sind

- Kohlenmonoxid
- Stickoxide und
- Kohlenwasserstoffe

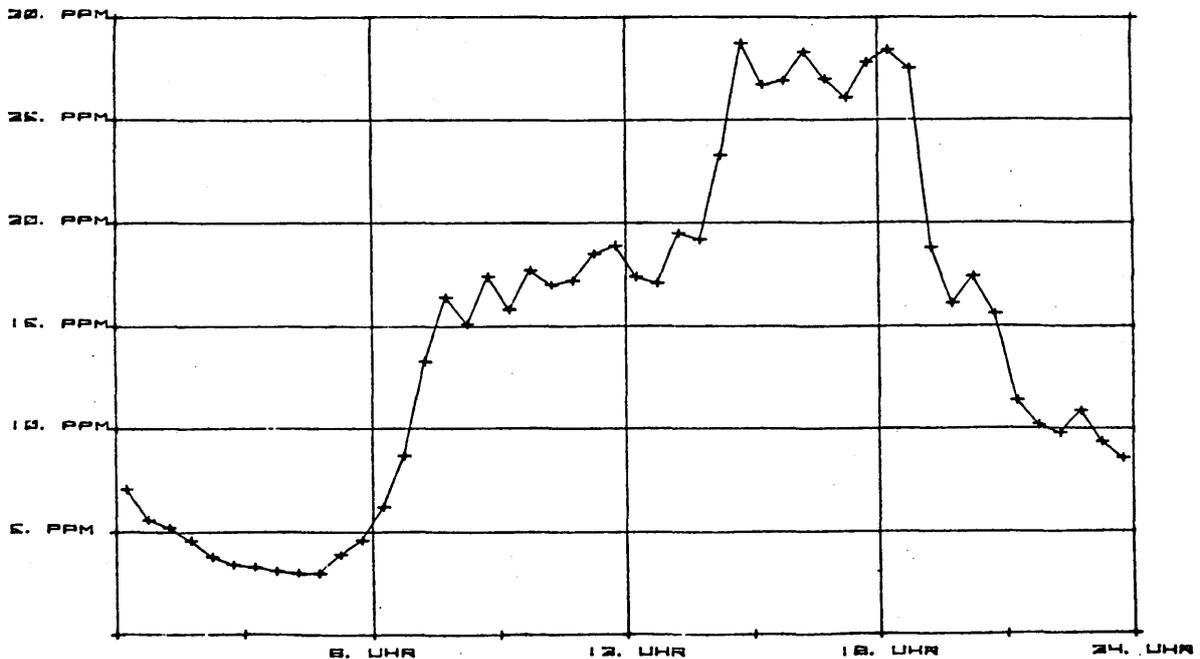
Zu den Kohlenwasserstoffen gehören eine Vielzahl von Verbindungen, sowohl unverbrannte Kraftstoffanteile wie Umsetzungsprodukte aus dem Motorraum. Die Oxide des Schwefels spielen im Abgas keine nennenswerte Rolle, da die Ottokraftstoffe weitgehend entschwefelt sind. Solange noch bleihaltiges Benzin verwandt wird, kommen zu diesen Komponenten Bleiemissionen in großem Umfang.

Mit der Zunahme des KFZ-Bestandes und der Verkehrsdichte stiegen seit den 60er Jahren auch die Gesamtemissionen im Verkehrsbereich. Nur die Komponenten Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe nahmen seit Ende der 70er Jahre nicht weiter zu:

	1966	1974	1980	
CO	4,3	6,4	6,1	(Mio t/Jahr)
KW	0,4	0,7	0,8	

Dafür verdoppelte sich der Ausstoß von Stickoxiden zwischen 1966 und 1980 von 0,7 Mio t/a auf 1,4 Mio t/a. Diese hohe Stickoxidbelastung trägt nach allgemeiner Auffassung deutlich zu den seit Jahren beobachtbaren Waldschäden bei.

Daß die Emissionen aus dem Verkehrsbereich tatsächlich den Hauptanteil der Luftbelastung in Ballungsgebieten in den Bereichen Kohlenmonoxid und Stickoxide ausmachen, konnte Ende 1973 im Zusammenhang mit den autofreien Sonntagen (Ölpreiskrise) festgestellt werden. In Frankfurt/M. enthielt die Luft an diesen Tagen nur 4 ppm CO im Vergleich zu 10 bis 20 ppm CO. Auch der Tagesgang der Schadstoffkonzentrationen läßt sich leicht mit den Hauptverkehrszeiten in Zusammenhang bringen.



Mittlerer Tagesgang der CO-Konzentration
ermittelt von der Pilotstation Ffm. für 1972 (Oktober)
Innenstadt - Werktag

Abgasentgiftung

Die Abgaszusammensetzung eines Verbrennungsmotors kann an drei Stellen beeinflusst werden:

- vor den Motor bei der Gemischbildung (Ersatz des Vergasers durch eine elektronisch geregelte Einspritzpumpe)
- bei der Motorkonstruktion (z.B. durch Optimierung von Brennkammerform, Ein- und Auslaßkanälen)
- hinter dem Motor durch Nachbehandlung des Abgases (Katalysator, Nachverbrennung)

Katalysatoren

Alle gegenwärtig verfügbaren Katalysator-Systeme lassen sich auf drei Haupttypen zurückführen:

- Einbettverfahren mit Oxidationskatalysator: Dem Abgas wird Luft zugesetzt. In mit einem Oxidationskatalysator gefüllten Reaktor wird der Großteil der Kohlenwasserstoffe und des Kohlenmonoxids zu Wasserdampf und CO_2 verbrannt. Als katalytisch wirksame Stoffe werden dabei hauptsächlich Platin oder Platin/Palladium-Verbindungen verwandt. Pro PKW benötigt man zwischen ein und zwei Gramm Edelmetall. Der Stickoxidanteil bleibt bei diesem Verfahren uneinflusst.
- Doppelbett-Reaktor: Beim Doppelbettreaktor ist dem Oxidationskatalysator ein zweiter Reaktor vorgeschaltet. Dieser enthält entweder einen multifunktionalen Katalysator (z.B. aus Platin, Rhodium und verschiedenen Nichtedelmetalloxide) oder einen Reduktionskatalysator (z.B. Kupfer-Nickel-Legierungen oder Monel-Metall). In diesem Reaktor werden die Stickoxide des Abgases ohne Zusatz von Fremdluft zu Stickstoff umgesetzt (bei gleichzeitiger teilweiser Oxidation des CO und der Kohlenwasserstoffe). Vor dem Oxidationskatalysator wird Luft zugemischt, weiter siehe oben. Der Doppelbett-Katalysator ist relativ unempfindlich gegenüber Schwankungen in der Gemischzusammensetzung.
- Geregelter Dreiwege-Katalysator: Dieses System besteht aus einem Einbettreaktor mit multifunktionellem Katalysator ohne Zufuhr von Fremdluft. Damit in diesem Reaktor sowohl die Kohlenwasserstoffe, das Kohlenmonoxid und auch die Stickoxide zu H_2O , CO_2 und N_2 umgesetzt werden können, müssen die Abgase bzgl. der "Nachverbrennung" stöchiometrische Zusammensetzung aufweisen. Hierzu wird die Kraftstoff-Luft-Zusammensetzung bei der Gemischbildung über ein elektronisches Regelsystem gesteuert. Diese Regeleinheit erhält ihre Informationen von der sogenannten Lambda-Sonde, die den Sauerstoffanteil des Abgases zwischen Motor und Katalysator ständig mißt. Nur mit diesem (relativ aufwendigen) Katalysatortyp sind die für Europa wünschenswerten (und notwendigen) Abgasverminderungen zu erreichen.

nach: E. Koberstein: Katalysatoren zur Reinigung von Autoabgasen; in: Chemie in unserer Zeit 18 (1984), S. 37 ff.

Zum Aufbau und zur Funktion der Lambda-Sonde

Die Sonde besteht "im wesentlichen aus einem Körper aus Zirkondioxid, dessen Oberflächen mit gasdurchlässigen Platinelektroden versehen sind." Dieses keramische Material ist mit bestimmten Metalloxiden dotiert und wird bei höheren Temperaturen leitend (Sauerstoff-Ionen-Wanderung). "Ist der Sauerstoff-Partialdruck auf beiden Seiten der Sonde unterschiedlich, so entsteht zwischen den beiden Grenzflächen eine elektrische Spannung, die dem Logarithmus des Verhältnisses der Sauerstoff-Partialdrücke verhältnismäßig ist." Als Bezugsgröße dient der Sauerstoffpartialdruck der Atmosphäre.

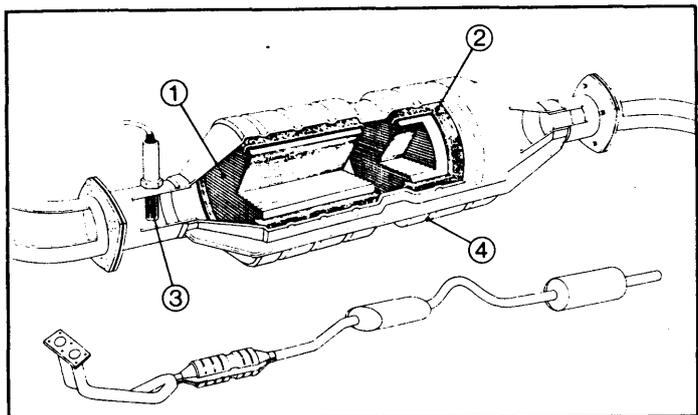
nach: W. Reschnigg: Entgiftung von Autoabgasen durch Katalysatoren;
in: Ausbau 1978, S. 715 ff.

Zum Aufbau von Katalysatoren

Die relativ teuren und seltenen Katalysator-Materialien erfordern eine geschickte Verteilung der aktiven Stoffe, um bei möglichst geringem Materialeinsatz einen größtmöglichen Effekt zu erzielen.

Der eigentliche Katalysator wird daher in der Regel in einen wabenförmigen, monolithischen Träger aus keramischem Material eingebaut. Als Trägermaterialien werden u.a. Aluminiumoxid und Siliziumkarbid verwendet. 60 - 80% des Gesamtquerschnitts des Keramikkörpers stehen für den Gasdurchlaß zur Verfügung.

Autokatalysatoren arbeiten nur in einem Temperaturbereich zwischen 400 und 800° C. Höhere Temperaturen führen zu einer Zerstörung des Trägermaterials. Deshalb muß der Katalysator relativ weit vom Motor entfernt angeordnet werden. In der kalten Jahreszeit wird dadurch aber die Ansprechzeit des Katalysators erheblich verlängert. Bei Kurzstreckenfahrten wird u.U. die Betriebstemperatur des Katalysators überhaupt nicht erreicht, was zu Emissionen führt, die noch über dem Schadstoffausstoß eines PKWs ohne Katalysator liegen können.



Die Schnittzeichnung zeigt beispielhaft den Aufbau eines katalytischen Abgasreinigungsgerätes: (1) Mit katalytischem Edelmetall, meist Platin, beschichteter, wabenartig ausgeführter Keramikmonolith. (2) Hitzebeständiges, dauerhaft elastisches Drahtgestrick zur bruchsicHERen Lagerung des empfindlichen Keramikkörpers. (3) Lambda-Sonde, die über eine Regelautomatik ständig für das optimale Luftverhältnis in den Abgasen sorgt, das für die chemischen Reaktionen am Katalysator nötig ist. (4) Katalysatorgehäuse, bevorzugt aus Chrom- oder Chrom-Nickel-Stahlblech. - Die Zeichnung darunter zeigt verkleinert das gleiche Gerät als Teil der gesamten Pkw-Abgasanlage.

Andere Konzepte zur Abgasreinigung

Senkt man Druck und Temperatur im Verbrennungsraum des Motors, so bilden sich weniger Schadstoffe.

Bei der Abgasrückführung werden nicht mehr brennbare Abgase aus dem Auspuff in den Vergaser zurückgeleitet. Der dabei zu erwartende Leistungsverlust läßt sich jedoch umgehen:

" Über ein speziell gestaltetes Düsensystem des Gasinjectors wird das unter Überdruck stehende Abgas dem Benzin-Luft-Strom zwischen Vergaser und Ansaugsammelrohr zugeführt. Diese Zuführung erfolgt mit Geschwindigkeiten, die bis nahe an die Schallgeschwindigkeit heranreichen. Als Folge davon tritt eine sehr homogene, d.h. gleichmäßige Vermischung von Benzin, Luft und Abgas auf. Die Benzintröpfchen werden auf das feinste vernebelt. Diese sehr gute Gemischaufbereitung führt damit zu einer besseren Ausnutzung des Benzins. Die Verluste der Abgasrückführung werden so kompensiert."

Der Stickoxidgehalt der Abgase kann mit diesem Verfahren um bis zu 70% gesenkt werden.

nach: Technik heute 10 (1984), S. 3

Emissionen von Dieselmotoren

Aufgrund seiner Konstruktion als Selbstzünder unterscheiden sich die Abgase eines Dieselmotors in Umfang und Art von denen eines Benzinmotors.

Bei gleicher Motorleistung ist die Abgasmenge geringer, da der Dieselmotor gegenüber dem Ottomotor einen höheren Wirkungsgrad besitzt (32% gegenüber 24%) und für eine vergleichbare Fahrleistung eine geringe Kraftstoffmenge benötigt.

Beim Dieselmotor fehlen auch Bleiemissionen im Abgas, da er im Unterschied zum Benzinmotor mit der Selbstentzündung des in die komprimierte Luft eingespritzten Kraftstoffs arbeitet.

Dieselmotoren neigen jedoch bei ungenauer Einstellung der Einspritzung zur Rußbildung (unvollständige Verbrennung). Die Rußpartikel wirken als Kondensationskerne für unverbrannte oder teilweise verbrannte Kohlenwasserstoffe aus Kraftstoff und Motorenöl. Damit gelangen eine ganze Reihe von krebserregenden Stoffen (z.B. Benzpyren) über den Auspuff in die Atmosphäre.

Die Rußemissionen können durch geeignete Konstruktion des Motors und Einstellung des Einspritzsystems insbesondere bei kleineren Hubräumen praktisch verhindert werden. Für größere Motoren (LKW) sind abbrennbare Rußfilter in der Entwicklung.

Die zur Zeit bei Dieselmotoren noch auftretenden SO_2 -Emissionen können durch weitere Entschwefelung des Dieselkraftstoffs beseitigt werden. Der bisherige Entschwefelungsgrad berücksichtigt lediglich die verstärkte Korrosionsgefahr im Motor bei zu hohem Schwefelgehalt.

Parlamentarische Anfragen im Deutschen Bundestag

Schadstoffimmissionen von Personenkraftwagen; Verringerung der Umweltbelastungen durch Reduzierung des Benzinverbrauchs oder neuer Antriebssysteme

Der Staatssekretär im Bundesinnenministerium, Kroppenstedt, hat die Fragen des Abg. Dr. Bugl (CDU/CSU)

Welche Angaben liegen der Bundesregierung vor über die Abgaben von Schadstoffen an die Umwelt durch alle deutschen Personenkraftwagen pro Kilometer-Fahrleistung, und welche Folgerungen ergeben sich hieraus für politische Maßnahmen zur Verringerung der Umweltbelastung?

Nach welchen Maßstäben werden die verschiedenen Schadstoffe, die vom Personenkraftwagen-Verkehr ausgehen, bewertet, und wie kann sichergestellt werden, daß durch eine einseitige Festlegung auf die Verringerung von Blei- und Stickoxydabgaben ein Anreiz zur weiteren Reduzierung des Benzinverbrauchs oder neuer Antriebssysteme (Methanol, Wasserstoff, Elektrizität) geschaffen wird?

am 25. September 1984 schriftlich wie folgt beantwortet:

Für die Berechnung der Gesamtemissionen des Personenkraftwagen-Verkehrs legt das Umweltbundesamt – getrennt nach Verkehrsbereichen – folgende streckenbezogene Emissionswerte zugrunde:

Innerörtlicher Verkehr	
Kohlenmonoxid (CO)	25,0 Gramm/Kilometer
Kohlenwasserstoffe (CH)	2,4 Gramm/Kilometer
Stickoxide (NO _x)	2,3 Gramm/Kilometer
Außerörtlicher Verkehr (ohne Autobahnen)	
Kohlenmonoxid (CO)	15,0 Gramm/Kilometer
Kohlenwasserstoffe (CH)	1,5 Gramm/Kilometer
Stickoxide (NO _x)	3,0 Gramm/Kilometer
Autobahnverkehr	
Kohlenmonoxid (CO)	13,0 Gramm/Kilometer
Kohlenwasserstoffe (CH)	1,2 Gramm/Kilometer
Stickoxide (NO _x)	5,3 Gramm/Kilometer

Diese Emissionsfaktoren werden vom Umweltbundesamt auf der Basis fortlaufender Untersuchungen im Bedarfsfall aktualisiert.

Der relativ hohe Anteil des Personenkraftwagen-Verkehrs an den Gesamtemissionen der genannten Schadstoffe war Anlaß für die Bundesregierung, die bekannten Maßnahmen zur Einführung schadstoffarmer Fahrzeuge, insbesondere solcher mit Katalysatoren, einzuleiten.

Die vom Personenkraftwagen-Verkehr ausgehende Belastung der Luft mit Schadstoffen ist je nach Schadstoff und Immissionssituation unterschiedlich zu bewerten. In Hinblick auf die gesundheitliche Gefährdung der Menschen sind alle drei genannten gasförmigen Schadstoffe zu vermindern. Im Hinblick auf die Vegetations- und Gebäudeschäden sind großräumig die säurebildenden Stickoxide von Belang. Die von den Kohlenwasserstoffen und Stickoxiden durch photochemische Reaktionen gebildeten Verbindungen (Oxidantien) sind sowohl für Menschen als auch für den Wald schädlich.

Wegen dieser Wirkungen ist eine deutliche Reduzierung aller Emissionen erforderlich. Das Blei im Benzin hat insofern eine Schlüsselfunktion, als durch bleihaltiges Benzin der Einsatz katalytischer Abgasreinigungssysteme als der derzeit wirksamsten Reinigungstechnologie verhindert würde. Das Konzept der Bundesregierung sieht daher vor, bleifreies Benzin einzuführen und gleichzeitig strenge Abgasgrenzwerte vorzugeben, die – bei Fahrzeugen mit Otto-Motoren schon jetzt – mit Katalysatoren eingehalten werden. Durch die Vorgabe der Grenzwerte anstelle einer Bauvorschrift wird Spielraum gegeben sowohl für eine Weiterentwicklung der Technik z. B. im Hinblick auf die Reduzierung des Energieverbrauchs als auch zur Nutzung alternativer Energien und Antriebssysteme.

Verminderung der Luftschadstoffe bei Einführung eines Katalysator-Autos schon 1972

Der Staatssekretär im Bundesinnenministerium, Kroppenstedt, hat die Frage des Abg. Jagoda (CDU/CSU)

Wie viele Tonnen an Luftschadstoffen wären bis heute vermieden worden, wenn die Bundesregierung schon 1972 in Anlehnung an die USA-Regelung den Katalysator für Kraftfahrzeuge durchgesetzt hätte?

am 29. Oktober 1984 schriftlich wie folgt beantwortet:

Die US-Abgasgesetzgebung wurde in mehreren Stufen verschärft. Ab Modellbaujahr 1975 wurde die Einführung der Oxidationskatalysatoren und ab 1980 wurde die Einführung des Dreiweg-Katalysatorkonzepts allgemein vorgeschrieben.

Die Übertragung der durch die Abgasregelungen erreichten Emissionsminderungen auf die Verhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland ist wegen der unterschiedlichen Ausgangsbasis, der unterschiedlichen Zusammensetzung der Fahrzeugbestände beider Länder sowie des unterschiedlichen Fahrverhaltens nicht möglich. Aus vorliegenden Fakten kann aber abgeschätzt werden, daß die Personenkraftwagen-Verkehrsemissionen bei Übernahme der US-amerikanischen Schadstoffgrenzwerte zeitgleich mit den USA, kombiniert mit dem in der Bundesrepublik Deutschland geltenden strengen Überwachungsverfahren, heute wesentlich geringer wären, bei Stickoxiden mit ca. 500.000 Tonnen je Jahr sogar um etwa die Hälfte.

Entwicklung der Abgas- und Verbrauchsgrenzwerte für PKWs in den USA

Modelljahr	Verbrauch l/100 km	Abgasgrenzwerte g/km		
		KW	CO	NO _x
1977	-	0,93	9,3	1,24
1978	13,1	0,93	9,3	1,24
1979	12,0	0,93	9,3	1,24
1980	11,3	0,25	4,4	1,24
1981	10,7	0,25	2,1	0,62
1982	9,5	0,25	2,1	0,62
1983	9,05	0,25	2,1	0,62
1984	8,7	0,25	2,1	0,62

Entwicklung der Kraftfahrzeugbestände im Bundesgebiet (einschl. Berlin) — einschl. der vorübergehend abgemeldeten Fahrzeuge —

Zeitpunkt	Krafträder und Kraftroller	Pkw und Kombi	Omnibusse	Lastkraftwagen	Zugmaschinen	Sonder-Kfz	Kraftfahrzeuge gesamt	Kraftfahrzeug-Anhänger
1. 7. 1938	868 663	724 960	11 718	218 340	30 289	9 248	1 863 218	—
1. 7. 1952	1 610 653	944 638	20 617	523 604	258 471	25 044	3 383 027	284 750
1. 7. 1954	2 352 772	1 463 191	26 246	612 901	379 049	33 792	4 867 951	337 263
1. 7. 1956	2 517 240	2 136 130	28 494	616 894	556 527	41 998	5 797 283	349 399
1. 7. 1958	2 253 519	3 096 859	30 981	645 574	712 326	47 477	6 786 736	356 840
1. 7. 1960	1 892 479	4 489 407	33 198	669 787	868 233	50 550	8 003 654	358 320
1. 7. 1962	1 494 240	6 334 926	36 848	758 772	1 027 741	61 498	9 714 025	405 650
1. 7. 1964	925 511	8 274 163	38 226	823 653	1 146 492	76 408	11 284 453	441 672
1. 7. 1966	551 296	10 302 080	39 839	891 103	1 267 198	94 582	13 146 098	494 899
1. 7. 1968	311 604	11 682 556	41 908	899 016	1 347 738	108 469	14 391 291	537 796
1. 7. 1970	228 604	13 941 079	47 253	990 489	1 446 955	128 847	16 783 227	632 822
1. 7. 1971	201 452	15 115 049	50 038	1 033 677	1 485 918	141 626	18 027 760	691 147
1. 7. 1972	198 221	16 054 966	52 728	1 057 239	1 057 595	154 500	19 025 249	756 691
1. 7. 1973	212 706	17 023 085	55 602	1 083 060	1 530 964	166 608	20 072 025	827 042
1. 7. 1974	230 364	17 341 265	57 808	1 076 803	1 543 300	174 686	20 424 226	879 296
1. 1. 1975	229 283	17 356 276	58 517	1 066 052	1 545 266	178 394	20 433 788	896 597
1. 7. 1975	249 832	17 898 297	59 967	1 060 615	1 560 515	182 053	21 011 279	930 863
1. 1. 1976	257 271	18 161 179	60 551	1 045 715	1 567 227	185 628	21 277 571	948 845
1. 7. 1976	291 858	18 919 738	62 118	1 059 468	1 582 519	192 383	22 108 084	986 129
1. 1. 1977	300 256	19 180 469	62 123	1 060 649	1 585 655	198 502	22 387 654	1 008 770
1. 7. 1977	342 917	20 020 197	63 640	1 078 852	1 598 107	203 227	23 308 940	1 057 563
1. 1. 1978	351 085	20 377 174	64 180	1 085 426	1 605 268	212 839	23 695 972	1 087 743
1. 7. 1978	402 971	21 212 046	65 988	1 104 130	1 605 037	221 163	24 611 335	1 134 171
1. 1. 1979	413 754	21 619 697	66 544	1 125 345	1 609 051	231 729	25 066 120	1 172 825
1. 7. 1979	479 100	22 535 469	68 360	1 158 759	1 624 713	242 678	26 109 079	1 225 191
1. 1. 1980	489 445	22 613 508	68 584	1 167 452	1 627 274	254 107	26 220 370	1 264 308
1. 7. 1980	571 930	23 191 616	70 458	1 194 448	1 640 132	268 959	26 937 543	1 328 993
1. 1. 1981	589 797	23 236 060	70 518	1 204 046	1 640 062	281 226	27 021 709	1 365 911
1. 7. 1981	689 686	23 730 559	71 152	1 221 289	1 647 816	294 769	27 655 271	1 421 545
1. 1. 1982	699 902	23 680 911	70 902	1 210 018	1 650 218	304 886	27 616 837	1 454 235
1. 7. 1982	797 239	24 104 523	71 331	1 206 436	1 660 439	318 175	28 158 143	1 505 907
1. 1. 1983	792 510	24 035 907	70 881	1 189 767	1 662 882	326 996	28 078 943	1 534 764

Quelle: Kraftfahrt-Bundesamt

Einnahmen des Bundes und der Länder aus der Mineralöl- und Kraftfahrzeugsteuer 1960-1984 (in Millionen DM)

Länge der Straßen des überörtlichen Verkehrs in km

Jahr	Stichtag	Bundesautobahnen	Bundesstraßen	Landes-, Land- ¹⁾ bzw. Staats- ²⁾ straßen	Kreisstraßen	Gesamt
		1	2	3	4	5
1950	31. 12.	2 116	24 251	49 327	51 927	127 621
1953	31. 3.	2 119	24 133	50 726	50 939	127 917
1958	31. 3.	2 260	24 395	56 701	48 672	132 029
1959	31. 3.	2 408	24 423	56 813	49 256	132 900
1960	31. 3.	2 539	24 866	57 669	50 097	135 171
1961	1. 1.	2 659	25 167	57 766	50 748	136 340
1962	1. 1.	2 819	27 929	59 115	52 056	141 919
1963	1. 1.	2 920	29 111	63 205	48 772	144 008
1964	1. 1.	3 077	29 586	66 163	53 058	151 884
1965	1. 1.	3 204	29 907	66 165	55 606	154 882
1966	1. 1.	3 372	30 516	66 411	57 233	157 532
1967	1. 1.	3 509	31 419	65 674	57 794	158 396
1968	1. 1.	3 617	31 987	65 252	58 794	159 650
1969	1. 1.	3 967	32 048	65 402	59 765	161 182
1970	1. 1.	4 110	32 205	65 358	60 671	162 344
1971	1. 1.	4 461	32 465	65 020	61 766	163 712
1972	1. 1.	4 828	32 590	65 340	62 539	165 297
1973	1. 1.	5 258	32 696	65 390	63 324	166 668
1974	1. 1.	5 481	32 703	65 458	63 810	167 452
1975	1. 1.	5 748	32 594	65 422	64 391	168 155
1976	1. 1.	6 207	32 518	65 454	64 963	169 142
1977	1. 1.	6 435	32 460	65 425	65 248	169 568
1978	1. 1.	6 711	32 292	65 325	65 727	170 055
1979	1. 1.	7 029	32 252	65 377	66 003	170 661
1980	1. 1.	7 292	32 248	65 543	66 438	171 521
1981	1. 1.	7 538	32 558	65 637	66 659	172 392
1982	1. 1.	7 784	32 356	65 643	66 707	172 490

Quelle: Statistisches Bundesamt

Jahr	Mineralölsteuer	Kraftfahrzeugsteuer
1960	2 663,8	1 475,2
1961	3 325,1	1 678,4
1962	3 699,0	1 888,3
1963	4 138,6	2 133,5
1964	6 070 ²⁾	2 372,1
1965	7 428,0	2 624,1
1966	8 016,4	2 853,1
1967	9 423,3	3 059,2
1968	9 875,4	3 243,0
1969	10 601,0	3 506,5
1970	11 511,8	3 829,9
1971	12 416,9	4 156,4
1972	14 227,2	4 721,8
1973	16 588,8	4 988,8
1974	16 051,7	5 159,2
1975	17 121,3	5 302,8
1976	18 120,8	5 629,6
1977	19 184,2	5 928,6
1978	20 462,5	6 282,1
1979	21 139,8	7 576,1
1980	21 350,9	6 585,3
1981	22 179,7	6 593,1
1982	22 835,3	6 689,0
1983	23 338,0	6 983,8
1984	24 033,4	7 283,8

aus: MWV, Mineralölzahlen, 1984, Hamburg 1984, Aral-Verkehrstaschenbuch 1983/84, Bochum 1983

Abgasvermeidung und Energieeinsparung durch andere Verkehrskonzepte

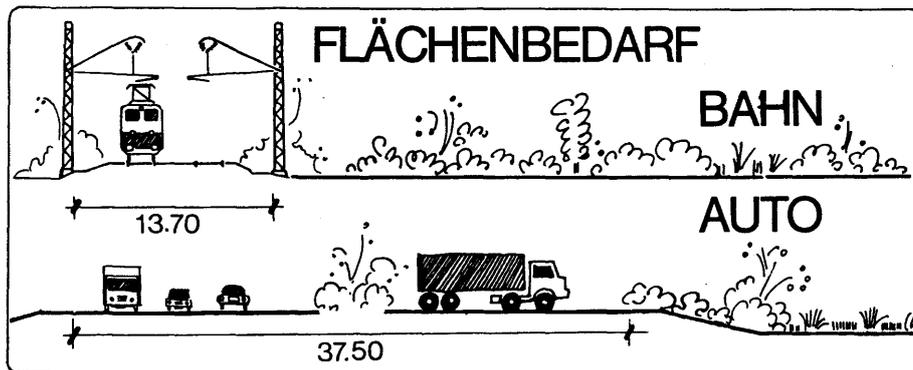
Flächendeckender Schienenverkehr als umweltpolitische Forderung

Verkehrspolitik und Umweltpolitik können nicht getrennt voneinander gesehen werden. Die Verkehrspolitik der letzten 30 Jahre, die im wesentlichen eine Straßen-, Kanal- und Flughafenpolitik gewesen ist, ...

... hat zu einer Zerteilung und Betonierung der Landschaft geführt, deren Folgen heute auch in den entlegendsten Gebieten der Bundesrepublik besichtigt werden können. Das Glaubensbekenntnis der „freien Wahl des Verkehrsmittels“, gepaart mit der schon zu einem Grundbedürfnis hochstilisierten absoluten Mobilität hat gerade die flächen- und energiehungrigsten Verkehrsmittel so stark gefördert, daß die umweltfreundlichere Alternative Schienenverkehr gerade in ländlichen Gebieten fast schon zur Bedeutungslosigkeit abgesunken ist.

- Seit 1960 sind *im Bundesgebiet* 2100 km Bahnlinien total stillgelegt worden, (auf 5000 km ist der Personenverkehr eingestellt worden. Dies entspricht 18 % des 1960 vorhandenen Netzes).
- Seit 1960 ist *in Hessen* auf 639 km Schienenstrecke der Personenverkehr eingestellt worden.
- Die Zahl der durchschnittlich täglich verkehrenden Nahverkehrszüge ist seit 1960 um 5560 entspr. 30 % auf 13.055 zurückgegangen.
- In der gleichen Zeit hat sich das Autobahnnetz fast verdreifacht, ist das Netz der Bundes-, Landes- und Kreisstraßen um über 30.000 km angewachsen und wurden für Straßenbauten über 216 Mrd DM investiert. Für Bahnanlagen fielen nur 16,08 Mrd DM ab.
- Die Verkehrsleistung der Bahn im Personenverkehr blieb mit 38 Mrd Personenkilometer (PKm) etwa konstant, die Verkehrsleistung des PKW-Verkehrs stieg im gleichen Zeitraum von 161,7 Mrd PKm auf (1980) 470,3 Mrd PKm.

Die Folgen dieser Entwicklung für die Umwelt und die Lebensbedingungen in der Bundesrepublik bestehen nicht nur in der Tatsache, daß jeder, der es sich leisten kann, zu jeder Zeit jeden Ort auf gut ausgebauten Straßen erreichen kann. Sie bestehen auch in zahlreichen, immer deutlicher spürbar werdenden Belastungen (alle Zahlen bezogen auf 1980):



Flächenverbrauch

Die durch die Straßenbauwelle der letzten 20 Jahre geschaffene Zerschneidung und Verkammerung der Landschaft hat dazu geführt, daß auch in ländlichen Gebieten kaum noch zusammenhängende Flächen von mehr als 5 km Durchmesser zu finden sind. Die von Verkehrswegen eingenommene Fläche ist heute bereits genauso groß, wie die von Gebäuden überdeckte Fläche. Den größten Anteil daran haben Straßen: 1 km Autobahn beansprucht über 80.000 qm Fläche, soviel wie 1000 Wohnungen, 1 km Eisenbahnstrecke (2-gleisig) dagegen nur 15.000 qm. Selbst die aufwendig und landschaftszerstörend trassierten Neubaustrecken der Bundesbahn benötigen nur 35.000 qm Fläche pro Kilometer. Eine eingleisige Strecke (5 m breit) leistet mit 30 Zügen pro Tag und Richtung genausoviel wie eine 15 m breite Landstraße.

Energieverbrauch

20 % des Energieverbrauchs und 36 % des Mineralölverbrauchs gehen zu Lasten des Straßenverkehrs. Vom Gesamtenergieverbrauch aller Verkehrsmittel verbraucht die Bahn 4,5 %, bei 7 % Verkehrsanteil im Personenverkehr und 25 % im Güterverkehr. Der Straßenverkehr hingegen beansprucht 86,4 % des gesamten Energieverbrauchs im Verkehr, wobei sie zwar 91,6 % des Personenverkehrs (einschließlich Busverkehr), aber nur 49,4 % des Güterverkehrs bewältigt.

Ein Drittel der Energie fürs Auto

Die rund 25 Millionen Haushalte in der Bundesrepublik verbrauchen die meiste Energie fürs Heizen:

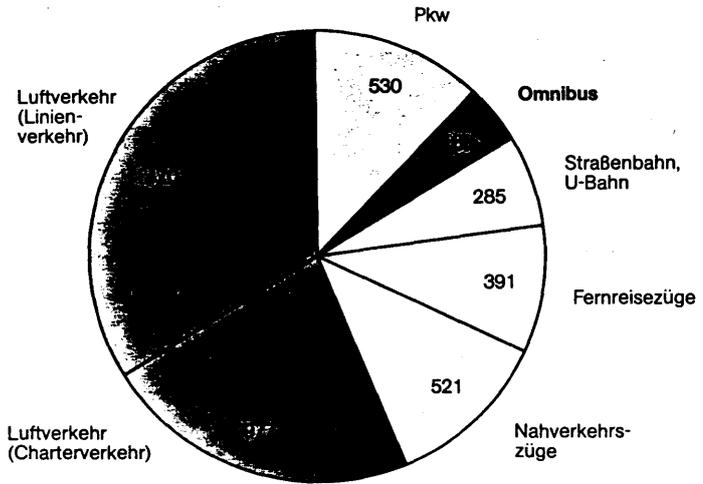
48,8 Millionen Tonnen Steinkohle-einheiten (Mio. t SKE) Endenergie wurden für Raumwärme benötigt. Das waren 51 Prozent des gesamten Endenergie-Verbrauchs der Haushalte, meldet die VDEW, Frankfurt.

Das Auto folgte auf Platz zwei mit 31,5 Mio. t SKE oder rund einem Drittel des gesamten Endenergie-Einsatzes aller Haushalte. Für warmes Wasser in Küche und Bad benötigen die Bundesbürger in ihren Wohnungen 8,1 Mio. t SKE. Die Sauberkeit kam damit auf rund neun Prozent Anteil.

Hausgeräte – vom Herd über den Staubsauger bis hin zu den kleinen elektrischen Helfern wie Toaster, Mixer oder Kaffeemaschine – sowie Lampen waren mit zusammen 6,2 Mio. t SKE das Schlußlicht beim privaten Verbrauch. Hausgeräte brauchten rund sechs Prozent und die Beleuchtung knapp ein Prozent des gesamten Energie-Einsatzes der Haushalte.

technik heute 1-1985 , S. 9

Die Verlärmung durch Straßenverkehr ist höher als jene durch Schienenverkehr. So sind ca. 41,6% aller Haushalte durch Straßenverkehrslärm im Wohnumfeld belastet, dagegen nur 6,3% aller Haushalte durch Eisenbahnlärm. Hinzu kommt folgendes: Während der Eisenbahnlärm einzelne Spitzen mit zwischenzeitlichen Ruhephasen zeigt, weist der Straßenverkehrslärm über längere Zeit hohe Werte auf.



Nach Prof. Nebelung und VDA

Die Zahlen geben den Primärenergieverbrauch in Wh, bezogen auf Personenkilometer, an.

Abgase und Abfälle

1980 wurden vom Straßenverkehr

- 8 Mio t Kohlenmonoxid
- 280.000 t Kohlenwasserstoffe
- 3 Mio t Stickstoffe
- 100.000 t Stickstoffoxide
- 3.000 t Blei-Stäube

über die gesamte Bundesrepublik verteilt. Die Bahn hat lediglich 5 % dieser Emissionen erzeugt!

Als „Randerscheinung“ des Straßenverkehrs waren 1980

- 2 Mio Autowracks
- 370.000 t Altreifen
- 500.000 t Altöl

zu beseitigen. Rund 10.000 t Altöl sind unkontrolliert in die Gewässer geraten.

Unfallkosten

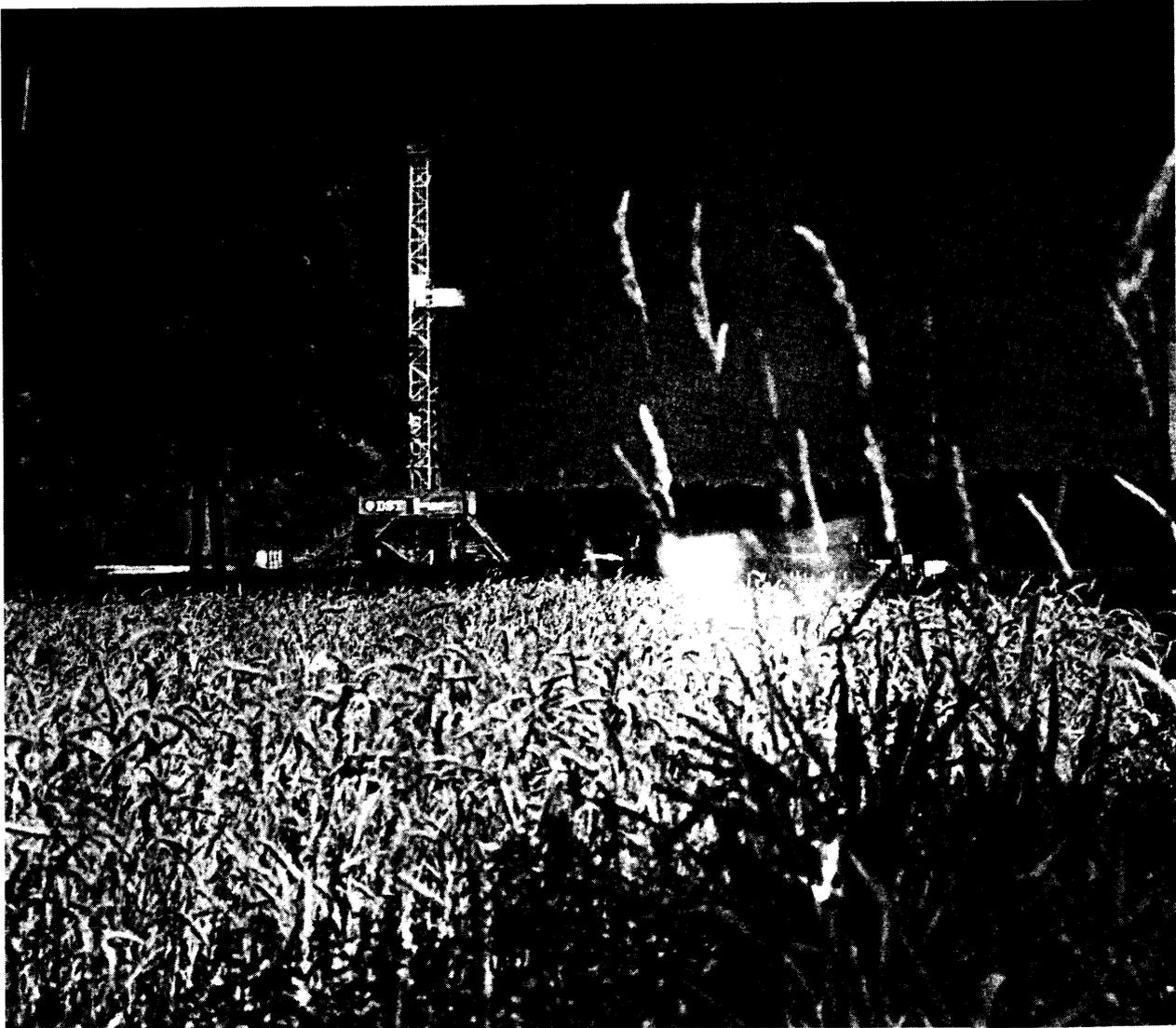
Fast jeder 50. Bundesbürger wird im Straßenverkehr getötet, mehr als die Hälfte werden im Laufe ihres Lebens mindestens einmal im Straßenverkehr verletzt. Die Unfallschäden des Straßenverkehrs betragen 1980 rund 38 Mrd. DM!

Umwelt / Naturschutz

Das Ausbringen von etwas 2 Mio t Streusalz pro Winter läßt jährlich ca. 20.000 Straßenbäume sterben. Boden und Grundwasser werden durch Salz belastet und vergiftet.

Text aus : P. Gehrman, Eisenbahn für alle, Michelstadt 1983, S. 13-15
Abbildungen: Flächenbedarf: AK Verkehr der ANU, BUND und GdED
Energiebedarf: MAN, forschen- planen- bauen, H. 15, S. 16,
Augsburg 1984

M 9: Die Erdöl - Lobby



Jeder deutsche Bohrturm ist auch ein Aussichtsturm: Mit Aussicht auf heimische Energie.

Knapp 4% unseres Öl- und stolze 30% unseres Gasbedarfs werden aus heimischen Quellen gedeckt. Das sichert tausende von Arbeitsplätzen und führt zu Devisen-Ersparnissen in Milliardenhöhe.

Auch wenn Deutschlands Öl- und Gaslagerstätten recht klein sind – alle zusammen spielen sie eine wichtige Rolle für unsere Energieversorgung. Deshalb bemühen wir uns gemeinsam mit unseren Partnern seit Jahren mit enormen Investitionen für immer kompliziertere und aufwendigere Techniken, bereits bekannte Lagerstätten noch besser auszunutzen und zusätzliche zu erschließen.

Und das ist alles andere als einfach: Zum einen treffen wir in Deutschland oft auf schwierige geologische Verhältnisse, denen nur mit modernster Fördertechnik beizukommen ist, zum anderen müssen wir in immer größere Tiefen vordringen, um neue Lagerstätten aufzuspüren.

So z.B. hier, in Burgwedel bei Hannover. Seit Juni 1983 ist dort ein moderner Bohrturm in Aktion, frißt sich der Meißel Meter um Meter in die Erde – und frühestens Ende 1983 werden wir wissen, ob der geschätzte Aufwand von etwa 14 Millionen Mark für diese eine Bohrung nicht vergebens gewesen

sein wird. Zwar lassen die geologischen Gutachten hoffen – doch immer wieder müssen wir Enttäuschungen hinnehmen. Trotzdem dürfen wir keine Chance ungenutzt lassen, überall nach heimischer Energie zu suchen, wo auch nur die geringste Aussicht auf Erfolg besteht. So gesehen ist deshalb jeder Bohrturm ein neuer Aussichtsturm.



**Es gibt viel zu tun.
Packen wir's an.**

Schülerreferat: Geschichte der Verwendung des Erdöls

Über die erste Verwendung des Erdöls ist wenig bekannt. Es quoll an verschiedenen Stellen als zähe dickflüssige Masse aus der Erde. Es wurde als sonderbares Geschenk der Natur angenommen und nicht weiter untersucht. Die aufgeklärten Leute des Altertums hielten es für eine nutzlose Absonderung der Erde, die stinkt und nur zum Schmieren von Wagenrädern oder zum Abdichten von Mauerritzen und Booten zu benutzen war. (Man nimmt sogar an, daß Noah seine Arche mit Erdöl abgedichtet hat). Es kam auch in der Medizin zur Anwendung. Man benutzte es für seelische und körperliche Leiden, zum Einreiben und Einnehmen. Im Mittelalter wurden vor allem durch die Entwicklung der Destillationstechnik neue Anwendungsgebiete erschlossen. So konnte man z.B. schneller entflammbare Erdöle gewinnen. Diese spielten bei der Herstellung von Leuchtöl und bei der des "Griechischen Feuers" eine große Rolle. Das "Griechische Feuer" war eine Kriegswaffe die erst im 14. Jahrhundert durch die Erfindung des Schießpulvers immer seltener wurde.

In Deutschland war das Erdöl schon um 1450 bekannt. Es trat in der Nähe des Tegernsees in kleinen Mengen aus der Erde aus und fand unter dem Namen St. Quirinus - Öl vor allem medizinische Anwendung. Als Brennstoff für Lampen geriet das Erdöl während des Mittelalters in Vergessenheit. Man benutzte fast nur noch tierische Öle, hauptsächlich das vom Wal. Um die Mitte des 19. Jahrhunderts gab es fast keine Wale mehr, und man erinnerte sich an die Destillationsverfahren und stellte nun die Leuchtöle aus Erdöl her. Es behielt diese Bedeutung bis nach 1920, als man Stromerzeugungs- und Verteilungsnetze aufgebaut hatte.

Im Laufe des 18. und am Anfang des 19. Jahrhunderts erweiterte sich der Anwendungsbereich des Erdöls durch die Industrielle Revolution. Die Erfindung der Dampfmaschine und die daraus resultierende Entwicklung des Maschinenbaus gab von etwa 1885 an den Anlaß, Mineralölprodukte als Schmieröl einzusetzen. Durch die Erfindung des Otto-Motors wurde das bis dahin unnütze, als gefährliches Nebenprodukt des Leuchtöls vernichtete Benzin zum wichtigsten Erdölprodukt. Die Verfeinerung der Technik und die Entwicklung des Flugwesens sowie Kraftfahrzeugwesens verlangten immer mehr und bessere Benzine und Schmieröle.

Geschichte der Förderung

Das Bürgertum im 19. Jahrhundert versuchte sich neben den Adeligen durchzusetzen. Dazu brauchte es wirtschaftliche Erfolge, die es in neuen Unternehmungen suchte. Man suchte ursprünglich nach Erdöl, weil man dachte, daß dort, wo Erdöl aus dem Boden tritt auch Kohle, die wichtigste Energiequelle dieser Zeit und angeblich ein Nebenprodukt des Erdöls, zu finden sei. Das "Erdölzeitalter" begann 1859 in Oil Creek bei Titusville (Pennsylvania) durch die Erbohrung einer ergiebigen Erdölquelle durch E.L. Drake. Dadurch wurden viele ermutigt, sich den Bohrversuchen anzuschließen. Da nur größer angelegte Unternehmungen im Endeffekt Erfolg versprechen, versuchten nur wenige, mit primitiven Geräten "zu Fuß" zu bohren und verkauften das Gelände, sobald sie fündig waren. Man gründete Aktiengesellschaften. In Pennsylvania gelang es John D. Rockefeller, die Konkurrenz fast vollständig zu verdrängen. Er gelangte zu einer Monopolstellung, indem er andere für sich nach Öl suchen ließ und diese dann in seine Abhängigkeit zwang, da er das Öl weiterverarbeiten konnte. Er dehnte seinen Einfluß sogar auf andere Kontinente aus und er beherrschte die gesamte Ölwirtschaft. Zuerst hielt er die Ölpreise niedrig; als sich dann fast

alle Industriezweige auf Öl umgestellt hatten, weil dies Vorteile brachte, trieb er die Preise in die Höhe. Durch sein Vermögen gelangte er zu immer mehr Macht und hatte schließlich auch Einfluß auf die Politik.

Erdöl in der Gegenwart und in der Zukunft

Das Erdöl ist in der heutigen Zeit zu einem anscheinend unersetzbaren Faktor geworden. Sämtliche Industriegüter haben irgendetwas mit Erdöl zu tun. Kosmetika, Putzmittel, Lacke, Farben und Kunststoffsachen aller Art enthalten bestimmte Stoffe des Erdöls. Autos und Flugzeuge sind ohne Erdöl unvorstellbar. Das Erdöl bildet somit die Basis für viele wichtige und große Industrieunternehmen. Es deckt etwa die Hälfte des gesamten Energiebedarfs. 1960 schätzte man das Ende der Erdölreserven auf das Jahr 2000, 1970 auf das Jahr 2005 und 1977 auf das Jahr 2007.

In der Vergangenheit konnte von Knappheit keine Rede sein. Von 1860 bis 1870 hat sich die Weltproduktion zum ersten Mal verzehnfacht. Sie war zu dieser Zeit fast ausschließlich auf die USA beschränkt. Sie erreichte fast 1 Mio. Tonnen jährlich. Durch ständig steigenden Bedarf an Erdöl wird heute überall gesucht. Ob nun auf hoher See, in arktischer Kälte oder tropischer Hitze. Die äußeren Umstände werden nicht berücksichtigt, wenn es um eine Ölquelle geht. Sogar in Meerestiefen bis zu 500 m, auf dem Land bis zu einer Tiefe von 7 km wird noch gebohrt. Da die Wahrscheinlichkeit, neue, größere Ölfelder zu finden, sehr gering ist, bleibt für die Ausgeglichenheit zwischen Verbrauch und Produktion nur die bessere Ausschöpfung der bisher entdeckten Lagerstätten.

Im Jahre 1973 wurde der Öffentlichkeit das erste Mal bewußt, daß die Ölquellen versiegen können. Die Lieferungen stockten und die Bundesregierung ordnete autofreie Sonntage an. Der Generalsekretär der OPEC schrieb dazu: "Was uns heute in der Tat Sorgen bereitet, sind die ständig wachsenden Erdölmengen, die die Industrieländer verlangen. Unsere Sorge, die bald vielleicht schon zum Alptraum werden könnte, ist die Zukunft unserer Völker, nachdem ihre wertvollen Bodenschätze, die in vielen Fällen ihr hauptsächlichster oder sogar einziger Reichtum sind, aufgezehrt sind. Angesichts dieser Entwicklung sollten, so meine ich, solche Sorgen auch von den Verbraucherländern geteilt werden." Zu dieser Zeit wurde begonnen, mehr Gewicht auf alternative Energien zu legen. Die Beschlüsse zur Reduktion der Kohleförderung wurden wieder revidiert, und die Kernenergie sollte einen großen Teil der Energieversorgung übernehmen, und zwar 15% bis 1985.

Quellenangaben:

Varchmin/Radkau: "Kraft, Energie und Arbeit", München 1979

Mobil: "Erdöl, Erdgas", Hamburg 1983

Hermann Schniepp: "Erdöl, Rohstoff unserer Zeit", Stuttgart 1968

Gerhard H. Lehmann: "Das Erdöl und seine Verarbeitung", o.J.

Hinweis: Bezüglich der zukünftigen Verfügbarkeit von Erdöl

vgl. Global 2000, Frankfurt 1981²⁰, S. 434-437

("1976 belief sich die Weltproduktion auf 21,7 Mrd. Barrel Öl.

Folglich würden die Welt-Ölreserven, wenn die Wachstumsrate konstant bleibt, etwa 30 Jahre und die Gesamtressourcen etwa 77 Jahre reichen." S. 435)

Bezüglich der neueren Entwicklungen der Fördertechnologien

vgl. K. Koswig: Steigerung der Erdölproduktion mit Chemikalien, in: Chemie in unserer Zeit 18 (1984) S. 87 ff.

Wie Ölkonzerne entstanden sind

Varchmin und Radkau beschreiben die amerikanische Erdölgeschichte wie folgt:

"In Pennsylvania gelang es John D. Rockefeller alle Fäden in seiner Hand zu vereinigen und die Konkurrenz nahezu vollständig zu verdrängen. Noch heute besitzt diese Familie in der Exxon-Corporation maßgeblichen Einfluß auf das Ölgeschäft. Rockefeller ging in dieser ersten Phase der Ölgewinnung immer einen Schritt weiter als seine Konkurrenten. Er war sich darüber klar, daß das Ölgeschäft nicht nur aus der Suche nach der kostbaren Flüssigkeit bestand, sondern daß erst die Lösung der sich anschließenden Probleme, des Transports und der Verarbeitung des Erdöls, über einen dauerhaften Erfolg entschied. Es kam ihm darauf an, eine Gesamtstrategie zu entwickeln, wobei er die Ölsuche gerne anderen überließ, wenn sie später, da sie das Öl nicht transportieren oder verarbeiten konnten, in seine Abhängigkeit gerieten und er die Preise diktieren konnte. Er baute fernab von den ersten Ölquellen Raffinerien auf, die Petroleum lieferten, das ganz rußfrei in den Lampen abbrannte.

Der Erdölpreis sank in den folgenden Jahren sehr schnell; nach zehn Jahren konnte nur noch ein Zehntel des anfänglichen Verkaufspreises erzielt werden, nach zwanzig Jahren nur noch ein Zwanzigstel. Die verarbeiteten Erzeugnisse dagegen waren längst nicht so den Preisschwankungen unterworfen. Da die Standard Oil Company, die von Rockefeller jahrzehntelang geleitet wurde, mehr Öl und Petroleum transportierte als alle anderen zusammen, gelang es ihm, mit den privaten Eisenbahngesellschaften Sondertarife auszuhandeln. Sie transportierten das Öl der Standard für den halben Preis und ruinierten damit die Konkurrenz, die unter solchen Bedingungen natürlich keine Gewinne mehr erzielen konnte.

Rockefeller durchschaute und handhabte die Gesetze des Kapitalismus vollkommen. Er war der Erste, dem der Aufbau eines Monopols gelang, und er kontrollierte über mehrere Jahrzehnte das gesamte Ölgeschäft von der ersten Ölsuche bis zum Verkauf des fertigen Produkts in ganz Nordamerika."

Über die Entwicklung zum Monopolisten schreiben sie:

"Die Größe des Konzerns erlaubte sehr bald, durch zeitweises Unterbieten der Preise jeden Mitbewerber zu verdrängen...wobei allerdings der Einsatz jeden Mittels erlaubt war. Als eine neue Ölfirma dagegen begann, Ölleitungen zu verlegen, begannen die Agenten Rockefellers Land so aufzukaufen, daß ein Weiterbau nicht mehr möglich wurde. In weniger als zwei Jahrzehnten, also etwa von 1870 bis 1890, hatte die Ölgesellschaft Rockefellers die Kontrolle über den gesamten amerikanischen Markt gewonnen und begann ihren Einfluß auf Europa, ja sogar auf China auszudehnen."

Am Ende des 19. Jahrhunderts war der Einfluß des Rockefeller-Konzerns so groß,

"daß sich das amerikanische Parlament damit befaßte und Antitrust-Gesetze erließ. Sie erreichten ihr Ziel nicht, da das Informationssystem des Konzerns nicht aufgelöst werden konnte. Die Absprachen und Beschlüsse der zahlreichen Firmen konnten auch in anderer Form als in persönlichen Zusammenkünften realisiert werden. Zudem war in jener Zeit ein Telegrafensystem entwickelt, das der Konzern sich zunutze machte. Als daraufhin Prozesse gegen Rockefeller angestrengt wurden, bezahlte Rockefeller meist großzügig die Konventionalstrafen, weil er nicht vor Gericht auftreten wollte. Sein Konzern war so groß geworden, daß er eigenes politisches und juristisches Gewicht gewonnen hatte. Er bestimmte unabhängig von parlamentarischen und richterlichen Beschlüssen seinen Weg selbst.

Das Erdöl wurde sehr bald auch in Dampflokomotiven und Schiffen verbraucht, da es gegenüber der Kohle erhebliche Vorteile aufwies," da Erdöl u.a. auch schneller gebunkert werden konnte und die Heizer überflüssig wurden.

Über die Markstrategie berichten sie:

"Rockefeller betrieb zudem eine langfristige Preispolitik. Er bot das Heizöl zunächst sehr günstig an und verlangte erst mehr, als die Mehrzahl der Schiffe und Lokomotiven sich auf Öl umgestellt hatten. Da er den Markt nahezu unumschränkt beherrschte, konnte er die Preise so bestimmen, daß eine Rückkehr zur Kohle gerade ausgeschlossen wurde."

Zitate aus: J. Varchmin, J. Radkau: Kraft, Energie und Arbeit, München 1979, S. 140 ff.

Erdöl aus der Dritten Welt

"Das Erdöl ist zusammen mit dem Naturgas der wichtigste Brennstoff unter all denen geblieben, die die Welt von heute in Betrieb halten; ein Rohstoff von wachsender Bedeutung für die chemische Industrie und das grundlegendste strategische Material für Militärzwecke. Kein Magnet zieht das Auslandskapital in solchem Maße an wie das "schwarze Gold", noch gibt es eine andere Quelle, die solch märchenhafte Gewinne verspricht; das Erdöl ist der Naturschatz, der im ganzen kapitalistischen System den höchsten Grad von Monopolisierung erreicht hat. Es gibt keine Unternehmer, die über die gleiche politische Macht verfügen, wie sie von den großen Erdölkonzernen im Weltmaßstab ausgeht. Die Standard Oil (Esso-Exxon) und die Shell setzen Könige und Präsidenten ein und ab, finanzieren Palastrevolutionen und Staatsstreiche, verfügen über unzählige Generäle, Minister und James Bonds, und in allen Breiten und in allen Sprachen ist ihr Wort über Krieg und Frieden entscheidend. Die Standard Oil of New Jersey ist das größte Industrieunternehmen der kapitalistischen Welt; außerhalb der Vereinigten Staaten gibt es keine mächtigere Industriefirma als die Royal Dutch Shell. Die Tochtergesellschaften verkaufen das Rohöl an die Nebenindustrien, die es raffinieren und die den Brennstoff zu seiner Verteilung an die Filialen weiterverkaufen: das Blut tritt auf seinem ganzen Kreislauf nicht aus dem internen Zirkulationsapparat des Kartells aus, das obendrein die Ölleitungen und einen großen Teil der Erdölflotte auf den sieben Weltmeeren besitzt. Die Preise werden auf internationaler Ebene manipuliert, um niedrige Steuern zu bezahlen und höhere Gewinne zu erzielen: als Ergebnis wird das Rohöl immer billiger und das raffinierte immer teurer.

Mit dem Erdöl geschieht dasselbe wie mit dem Kaffee oder dem Fleisch: die reichen Länder verdienen viel mehr für die Mühe, die sie sich dazu nehmen, es zu verbrauchen, als die armen Länder dafür, es zu erzeugen. Der Unterschied ist zehn zu eins: von den elf Dollar, die die Reinprodukte, die aus einem Faß Erdöl hervorgehen, kosten, erhalten die Ausfuhrländer des wichtigsten Rohstoffes der Erde kaum einen Dollar."

aus: Die offenen Adern Lateinamerikas (Hrsg.): AG Dritte-Welt-Läden e.V./
GEPA, S. 180/181
für alle deutschsprachigen Länder: Peter Hammer Verlag GmbH,
Wuppertal 1973

Wie die Ölkonzerne Regierungen und Verbraucher in der Welt zum Narren hielten

Wir erinnern uns: im Winter 1973/74 gab es plötzlich eine Erdölkrise. Die Benzinpreise kletterten von 70 auf weit über 90 Dpf, die Heizölpreise stiegen von 10 auf über 30 Dpf, allgemeine Geschwindigkeitsbegrenzungen wurden eingeführt, und an einigen Sonntagen durften die Autos überhaupt nicht fahren.

Das Kartell der Ölstaaten

Was war geschehen? Die Erdöl exportierenden Länder, zusammengefaßt in der Organisation OPEC, hatten beschlossen, ihre Ölförderung zu drosseln, den Ölpreis von 3 US-Dollar pro Faß (Barrel) auf 12 US-Dollar pro Faß zu erhöhen und eine Reihe westlicher Industriestaaten mit einer Liefer Sperre zu belegen. Durchführbar war eine solche Politik nur, weil sich alle Lieferanten genau an die gemeinsamen Absprachen hielten. (Solche Absprachen nennt man Kartelle.)

Der Anlaß für diese von den arabischen Ölstaaten angeführte Aktion war der gerade zu Ende gegangene Vierte Nahostkrieg. Die einseitige Pro-Israel-Politik der westlichen Staaten sollte bekämpft werden. Aber der eigentliche Grund war der Entschluß der öl exportierenden Staaten, den einzigen und begrenzten Reichtum ihrer Länder, das Erdöl, nicht mehr länger «unter Preis» zu verkaufen und sich einen Ausgleich zu schaffen für die seit Jahren gestiegenen Preise für Produkte aus den Industrieländern.

Die Industriestaaten, vor allem in Westeuropa, wurden an einer empfindlichen Stelle getroffen, nämlich bei ihrem hohen Energieverbrauch, der zu einem wesentlichen Teil mit importiertem Mineralöl gedeckt wird. Autofahrer, Heizölverbraucher, Industrielle, Politiker, Journalisten schimpften auf «die Araber» und «die Ölscheichs». Nebenbei: keineswegs alle OPEC-Staaten sind arabisch, und nur einige sind tatsächliche Scheichtümer.

Das Kartell der Ölkonzerne

Aber allmählich stellte sich heraus, daß es noch andere Akteure in dieser bedrohlichen Energiekrise gab. Zunächst fiel auf, daß die Benzin- und Heizölpreise weit mehr anstiegen, als es die erhöhten Rohölpreise erforderlich gemacht hätten. Dann ging es um die Lagerbestände und Lieferströme. War unsere Volkswirtschaft wirklich am Rande einer tödlichen Krise, oder hatten wir noch genug Reserven? Doch die großen Mineralölkonzerne schwiegen. Nicht einmal so starke Regierungen wie die der Bundesrepublik konnten die «Ölmultis» zur Offenlegung der wichtigsten Daten zwingen. Es erhob sich der Verdacht, daß die sieben großen Erdölkonzerne, die Dreiviertel der westeuropäischen Rohölimporte kontrollierten, in der Krise «mitspielten» und sie kräftig zu ihren Gunsten ausnutzten. Offenbar hatten auch die Ölkonzerne ihre Preise und ihre Lieferpolitik abgesprochen, also als Kartell gehandelt.

Der Verdacht wurde zur Gewißheit, als später die Ölkonzerne für die Jahre 1973 und 1974 Riesengewinne meldeten: Esso erzielte z. B. im ersten Quartal 1974 gegenüber dem ersten Quartal 1973 (also vor der Krise) um 39 Prozent höhere Gewinne (705 Millionen US-Dollar im Vierteljahr!), Gulf Oil um 76 Prozent und Texaco um 123 Prozent höhere Gewinne (Handelsblatt vom 25. 4. 1974).

Das Spiel mit dem Weltmarkt

Und nachträglich war «das Spiel» auch recht einfach zu erklären. 1971/72 hatte es auf dem Weltmarkt ein Überangebot an Erdöl gegeben, verbunden mit entsprechend niedrigen Preisen und Gewinnen. Außerdem waren die Gewinnungskosten für Erdöl in den USA unrentabel hoch im Vergleich zum Öl aus dem Nahen Osten. So war eine Verknappung des Öls sowie eine gleichzeitige Preiserhöhung für arabisches Rohöl durchaus im Interesse der amerikanischen Mineralölkonzerne. Aufgrund besonderer Abmachungen mit den arabischen Staaten und mit den amerikanischen Steuerbehörden werden ihre Zahlungen für das Rohöl als «Steuern» angesehen, die sie in den USA von der Steuerschuld abziehen können. Darüber hinaus konnten die Mineralölkonzerne hinter dem Nebelschleier der Araberschelte und der Krisenpanik auch die Verbraucherpreise so kräftig erhöhen, daß riesige Extragewinne für sie abfielen. Dabei gewöhnten sie die Verbraucher an ein stark erhöhtes Preisniveau, das dann nur wenig gesenkt wurde, als die Versorgung wieder normal lief.

In USA trieben es die fünf den Markt beherrschenden Ölkonzerne sogar soweit, daß sie das im eigenen Land geförderte Öl, dessen Preis von der Regierung gestoppt war, zu Spitzenpreisen nach Europa exportierten, während die Amerikaner an den Tankstellen kilometerlang Schlange stehen mußten, um ihre Benzinration zu bekommen. Aber auch die Tochterfirmen in Europa erhielten nur knappe Kontingente, weil man auf dem «freien» Markt, vor allem in Rotterdam, noch höhere Preise erzielen konnte.

Am meisten zu leiden hatten alle diejenigen Entwicklungsländer, die selbst kein Erdöl fördern. Sie mußten auf einmal ein Vielfaches an Devisen für Treibstoff und für solche Erdölprodukte wie Kunstdünger und Plastikmaterial zahlen. Von den OPEC-Staaten erhielten sie später beträchtliche Hilfe, aber nicht von den Konzernen.

Die Ölkonzerne jetzt noch mächtiger

Die Riesengewinne aus der Ölkrise investieren die Mineralölkonzerne jetzt in die Erschließung neuer Ölfelder und zusätzlicher Energiequellen: Ölschiefer, Erdgas, Atomenergie. Und damit rechtfertigen sie ihre Gewinne. Aber dadurch werden sie zu umfassenden, noch mächtigeren Energiekonzernen, und unsere Volkswirtschaften werden noch abhängiger von einigen wenigen «privaten» Unternehmen. Kein Wunder, daß man seit der «Ölkrise», die eigentlich nur eine Ölpreiskrise war, mit einem gewissen Gruseln von «den Multis, die die Welt regieren», spricht.

Finanzierung aus dem großen Topf

Dank ihrer Größe und der zentralen Finanzplanung können die Konzerne die sogenannte *wechselseitige Subventionierung* praktizieren. Das heißt: Fällt in einer Unternehmung eine große Investition an, so kann sie von anderen Unternehmen desselben Konzerns mitfinanziert werden. Nach einigen Jahren kann dann die subventionierte Firma ihrerseits zur Unterstützung der Mutter oder einer anderen Konzerntochter beitragen. Wenn der Gesamtkonzern im Jahr 500 bis 3000 Millionen DM (ausgewiesene) Gewinne macht, dann kann man nur ahnen, welche Finanzmassen bei Einschluß der stillen Reserven, Rücklagen und Abschreibungen der zentralen Investitionsplanung zur Verfügung stehen. So ist kaum noch überraschend, daß die Riesenkonzerne ihre Investitionen zu 70 bis 95 % aus eigenen Mitteln finanzieren (Piehl, S. 45). Diese *Eigenfinanzierung*, die dem Konzern Unabhängigkeit gewährt, ist mittleren und kleinen Unternehmen nur zu geringem Teil möglich. Sie bleiben überwiegend auf teure Kredite der Banken und andere Fremdmittel angewiesen.

Wie die Konzerne Gewinne verschleiben

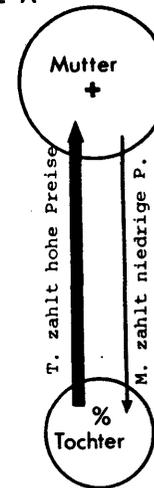
Für diese Finanzierungsmethode der wechselseitigen Subventionierung, aber auch für steuerpolitische Zwecke haben die Internationalen Konzerne die Technik der *Übertragungspreise* entwickelt. Sie beruht auf einem ganz einfachen Trick. Soll – im Fall A – ein bei einer Tochter entstandener Gewinn an die Mutter übertragen werden, so berechnet die Mutter bei Lieferungen an die Tochter überhöhte Preise und zahlt der Tochter zu niedrige Preise für deren Lieferungen an die Mutter. In beiden Richtungen entsteht dadurch bei der Mutter ein Gewinn (+) und bei der Tochter ein Verlust (./.). Der ursprünglich bei der Tochter erwirtschaftete Gewinn wird so in den Preisen zur Mutter übertragen.

Soll dagegen – im Fall B – bei der Tochter ein hoher Gewinn (+) entstehen, z. B. weil sie in ihrem Land Steuerfreiheit genießt, und bei der Mutter ein steuerpolitisch günstiger Verlust (./.), dann verfährt man umgekehrt: Die Tochter berechnet der Mutterfirma besonders hohe Preise und zahlt der Mutter für deren Zulieferungen extrem niedrige Preise.

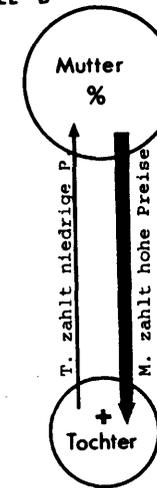
Diese konzerninternen Lieferungen können außerdem noch über eine zwischengeschaltete «Briefkastenfirma» in einer «Steueroase», d. h. einem besonders *steuergünstigen Land*, abgewickelt werden, so daß die Gewinne in dem Land hängenbleiben, wo sie am wenigsten versteuert werden müssen. Diese Gewinnverschiebungen über die Preise entziehen sich jeder Kontrolle von außen. Insofern eignen sie sich vorzüglich zur *Steuerflucht*.

Die versteckte Gewinnübertragung dient außerdem dazu, die immer kritischer werdende Öffentlichkeit der Entwicklungsländer über das Ausmaß ihrer Ausbeutung im unklaren zu lassen. In den Jahren 1961 bis 1970 sind nach offiziellen Statistiken rund 3 Milliarden Dollar von US-Konzernen in Lateinamerika investiert worden. Im selben Zeitraum sind rund 11 Milliarden Dollar – also fast das Vierfache! – als Dividenden und offizielle Gewinnübertragungen von Süd- nach Nordamerika zurückgeflossen. Das Ausmaß der über Preise verschleiert übertragenen Gewinne ist nicht bekannt.

FALL A



FALL B



Spiel mit den Währungen

Die Internationalität der heutigen Weltkonzerne bietet ihnen besondere Möglichkeiten zur Ausnutzung der Differenzen und Verschiebungen im internationalen Währungsgefüge. Wir haben oben (in Abschnitt 3.3) gesehen, daß sie Warenexport oder Kapitalexport je nach Währungssituation betreiben und im Rahmen längerfristiger Strategien deshalb auch Produktionen in andere Länder verlagern. Aber auch kurzfristig können sie auf Währungsunterschiede reagieren.

Steht in einem Land eine Abwertung bevor, so ziehen die Konzernzentralen von den dortigen Tochtergesellschaften alle flüssigen Mittel ab, und dort, wo eine Aufwertung zu erwarten ist, ziehen die Konzerne alle verfügbaren Mittel zusammen. (Das geschieht mittels der eben beschriebenen Übertragungspreise sowie durch Terminverschiebungen bei Rechnungen und Zahlungen.) Das sind dann die sogenannten *Spekulationsgelder*, die bei aufkommenden Währungskrisen plötzlich auftauchen und so die Krise verschärfen. Man hat geschätzt, daß die großen Weltkonzerne zusammen etwa 300 Milliarden Dollar flüssige Mittel (= kurzfristig verfügbares Geld) haben. Das ist mehr als das Doppelte der Summe aller Währungsreserven der westlichen Industrieländer. Wenn also die Internationalen Konzerne nur einen kleinen Teil ihrer flüssigen Mittel einsetzen, so bedeutet das bereits eine ernste Gefährdung des internationalen Währungsgefüges und eine Aushöhlung der nationalen Bemühungen um Währungsstabilität. Da die Konzerne sich natürlich keine Chancen zu hohen, mühelosen Extragewinnen entgehen lassen, kommt die nächste Währungskrise mit Sicherheit.

Die 50 größten Konzerne der Welt 1975

Rang	Unternehmen	Branche	Land	Umsatz in Mill. Dollar	Beschäft. in 1000
1	Exxon	Mineralöl	USA	44 865	137
2	General Motors	Auto	USA	35 725	681
3	Royal Dutch/Shell	Mineralöl	Holl./Engl.	32 105	161
4	Texaco	Mineralöl	USA	24 507	75
5	Ford Motor	Auto	USA	24 009	416
6	Mobil Oil	Mineralöl	USA	20 620	71
7	National Iranian Oil	Mineralöl	Iran	18 854	53
8	British Petroleum	Mineralöl	England	17 285	78
9	Standard Oil California	Mineralöl	USA	16 822	39
10	Unilever	Mischkonzern	Holl./Engl.	15 015	321
11	IBM	Elektro	USA	14 437	289
12	Gulf Oil	Mineralöl	USA	14 268	52
13	General Electric	Elektro	USA	13 399	375
14	Chrysler	Auto	USA	11 699	217
15	ITT	Mischkonzern	USA	11 367	376
16	Philipps	Elektro	Holland	10 746	397
17	Standard Oil Indiana	Mineralöl	USA	9 955	47
18	C. Française des Petr.	Mineralöl	Frankreich	9 145	44
19	Nippon Steel	Stahl	Japan	8 796	98
20	Thyssen	Stahl	BRD	8 764	141
21	Hoechst	Chemie	BRD	8 462	182
22	ENI	Mineralöl	Italien	8 334	100
23	Daimler-Benz	Auto	BRD	8 194	156
24	U.S. Steel	Stahl	USA	8 167	173
25	BASF	Chemie	BRD	8 152	111
26	Shell Oil	Mineralöl	USA	8 143	32
27	Renault	Auto	Frankreich	7 831	222
28	Siemens	Elektro	BRD	7 759	296
29	Volkswagen	Auto	BRD	7 680	177
30	Atlantic Richfield	Mineralöl	USA	7 307	28
31	Continental Oil	Mineralöl	USA	7 253	44
32	Bayer	Chemie	BRD	7 223	169
33	Du Pont	Chemie	USA	7 221	132
34	Toyota Motor	Auto	Japan	7 194	58
35	Elf	Mineralöl	Frankreich	7 165	23
36	Nestlé	Nahrung	Schweiz	7 080	135
37	Imperial Chem. Ind.	Chemie	England	6 884	195
38	Petrobras	Mineralöl	Brasilien	6 625	51
39	Western Electric	Elektro	USA	6 590	150
40	British American Tobacco	Tabak	England	6 145	150
41	Procter & Gamble	Chemie	USA	6 081	51

42	Hitachi	Elektro	Japan	5 916	146
43	Westinghouse	Elektro	USA	5 862	166
44	Mitsubishi	Stahl	Japan	5 693	111
45	Union Carbide	Chemie	USA	5 665	106
46	Tenneco	Mineralöl	USA	5 599	78
47	Nissan Motor	Auto	Japan	5 479	72
48	Goodyear	Reifen	USA	5 452	148
49	Montedison	Chemie	Italien	5 417	151
50	British Steel	Stahl	England	5 340	223

Weltumsatz ist die Summe aller in einem Jahr in der ganzen Welt erzielten Verkaufserlöse eines Unternehmens (hier ausgedrückt in US-Dollar). 16 der aufgeführten 50 Konzerne hatten 1975 einen Weltumsatz von jeweils über 10 Milliarden Dollar. In einem dieser Riesenkonzerne wird also ebensoviel produziert, wie in der ganzen Wirtschaft eines mittelgroßen Industriestaates (z. B. Dänemark oder Norwegen). Und der Jahresumsatz beispielsweise des ITT-Konzerns ist doppelt so groß wie die Wirtschaftsleistung (Bruttosozialprodukt) von Chile.

Zu welchen Branchen gehören wie viele der 50 größten Konzerne?

Mineralöl:	Stahl:
Auto:	Mischkonzerne:
Chemie:	Sonstige:
Elektro:	

Aus welchen Ländern kommen wie viele der 50 größten Konzerne?

USA:	England/Holland:
BRD:	Frankreich:
Japan:	Italien:
England:	Sonstige:

aus: Breidenstein a.a.O., S. 25 - 27

Schülerreferat: Verbrennungsmotor und Kohleverflüssigung - Zwei Beispiele für den Zusammenhang von Technik, Wirtschaft und Politik

Im Laufe des 18. und in den ersten Jahrzehnten des 19. Jahrhundert erweiterten sich die Anwendungsbereiche des Erdöls. Es wurden mehr Straßen gebaut, Rohre verlegt und Maschinen konstruiert. Bitumen, aus Öl gewonnen, war willkommenes Hilfsmittel. Die Nachfrage nach einer besseren Beleuchtung stieg. Die Arbeitszeiten wurden verlängert, um die Maschinen besser zu nutzen und die Produktion zu steigern. Außerdem wurden Arbeitsplatz und Wohnort voneinander getrennt und eine ausreichende Beleuchtung der Wege am frühen Morgen und am späten Abend wurde immer notwendiger. Die Petroleumlampe brachte einen großen Fortschritt.

Das Erdöl wurde sehr bald auch in Dampflokomotiven und Schiffen verbraucht. Sogar ölbefeuerte Dampfautos hat es gegeben, die allerdings die Konkurrenz mit den Benzinautos nicht lange aushielten, da sie zu schwer waren. Die Bezeichnung Chauffeur rührt daher, daß Fahrzeuge befeuert werden mußten.

Die Entwicklung des Dieselmotors

Ganz unabhängig von der Erschließung der neuen mächtigen Energiequelle Erdöl wurden neue Maschinen und Motoren entwickelt, die diese Energieart anwenden konnten.

Die Dampfmaschine war im Laufe des 19. Jhr. immer weiter entwickelt und technisch verbessert worden. Doch nur 1/7 der zugeführten Wärme wurde in mechanische Arbeit umgesetzt. Ein größeres Problem jedoch bestand darin, daß sie ungeheuer groß, teuer und aufwendig im Betrieb waren. Für die meisten Handwerker und Landwirte blieb der Anschaffungspreis eine unüberwindbare Hürde. Während des ganzen 19. Jhr. versuchten immer wieder Maschinenfabriken und Ingenieure, kleinere Motoren zu entwickeln.

In Deutschland wurde die weitere Entwicklung im wesentlichen von Nicolaus August Otto (1832-1891) mitbestimmt. Seine Gasmotoren waren bis 1867 so ausgereift, daß sie erheblich weniger Gas verbrauchten als die französische Konkurrenz. Auch die Firma KRUPP zeigte ihr Interesse an Gasmaschinen. Sie entwickelten eine brauchbare Konstruktion zur sinnvollen Verwendung der Hochofengichtgase gegen Ende des 19. Jhr.

Die theoretischen Vorüberlegungen spielten bei der Entwicklung des Dieselmotors eine weitaus größere Rolle als bei der Dampfmaschine. Finanzkräftige Unternehmen mußten die wirtschaftlichen Voraussetzungen für die Erprobungsphase schaffen und dafür sorgen, daß der technisch neuen Konstruktion der Durchbruch gesichert wurde.

Das neuentdeckte Erdöl fand im Dieselmotor seinen ihm entsprechenden Anwendungsbereich.

Kohleverflüssigung - synthetisches Benzin

Die Befreiung Deutschlands aus seiner Abhängigkeit von ausländischen Ölquellen war ein Traum vieler Erfinder und schien Mitte der 20er Jahre militärpolitisch unabdingbar. Bosch sollte mit den Wunderkräften der Hochdruck-Chemie Deutschlands Kohlevorräte in einen Strom von Benzin verwandeln. In Deutschland gab es einen steigenden Bedarf an Treibstoff, denn die heimliche Wiederaufrüstung hatte begonnen (1920). Die "Schwarze Reichswehr" brauchte eine sichere Quelle, aus der sie ihre Treibstoffe beziehen konnte. Die Motorisierungswelle verschlang große Mengen des verfügbaren Benzins und so bestand

die Aussicht, daß der Bedarf weiter wachsen würde. Öl sollte zum Objekt der internationalen Diplomatie und Machtpolitik werden! Bosch erwarb die Rechte des Bergius-Verfahrens zur Umwandlung von Kohle in Öl unter Hochdruck. Obwohl Bosch geplant hatte, die Entwicklung der inländischen Produktion durch die I.G.-Farben zu finanzieren, erwog er auch eine Kooperation mit der amerikanischen Gesellschaft Standard Oil.

Da man nur begrenzte Ölreserven vermutete, schlossen die Amerikaner mit der I.G. ein Abkommen zur gemeinsamen Entwicklung und Perfektionierung des Verfahrens (1927). Bosch war vorallem an finanzieller Unterstützung interessiert. Er gab die Anweisung zum Bau einer riesigen Anlage nach dem Bergius-Prinzip. Es sollten 100.000 Tonnen synthetisches Öl pro Jahr hergestellt werden. Standard Oil erklärte seine Bereitschaft zur Teilnahme an einem Gemeinschaftsprojekt, das der Erforschung und Entwicklung des Hydrierungsverfahrens (katalytisches Krackverfahren unter Wasserstoffatmosphäre) für Rohöl dienen sollte. Als Gegenleistung erhielt Standard Oil die Verwertungsrechte für die Vereinigten Staaten.

Die Standard Oil wußte schon damals, daß das Hydrierungsverfahren die wichtigste Entwicklung in der Ölindustrie war. In einem Gemeinschaftsprojekt wurden Hydrierungsverfahren für Rohöl entwickelt. Bei der Raffinierung von Erdöl wurden erstaunliche Ergebnisse erzielt. In der Vergangenheit benötigte man zwei Tonnen Erdöl für die Herstellung von einer Tonne Benzin, beim Hydrierungsverfahren nur noch eine Tonne Rohöl. Damit war eine enge Verbindung zu Standard Oil hergestellt und das Interesse an weiteren Verfahren geweckt.

Die Verbindung zwischen der I.G. und der Standard war kaum geschlossen, da erhielt sie schon die ersten schweren Schläge. Die Weltwirtschaftskrise und die Entdeckung riesiger Ölvorkommen in Texas ließen die Ölpreise drastisch stürzen und vernichteten die Hoffnung auf eine sofortige weltweite Entwicklung der Ölherstellung aus Kohle. (Es bedurfte des arabischen Ölboykotts im Jahre 1974, um das Interesse an der Ölgewinnung aus Kohle wiederzuerwecken).

Die Weltwirtschaftskrise und der Ölpreisverfall konnten Bosch nicht von seinem Öl-Hydrierungsprojekt abbringen.

Bosch nahm Verbindung mit Hitler auf, um dessen Engagement für das Öl-Synthese Projekt der I.G. zu erkunden. Während des Gesprächs entwickelte Hitler einen Plan, der zu Deutschlands Unabhängigkeit von Ölimporten führen sollte und den er mit Hilfe der I.G. ausführen wollte. Er wollte durch ein Programm der Selbstversorgung Deutschlands Rohstoffarmut beseitigen und die Grundlagen einer eigenständigen militärischen Macht schaffen. Die I.G. unterstützte Hitler offiziell durch Spenden für die Partei.

Das synthetische Öl der I.G. war auch als Rohstoff für Flugzeug-Benzin verwendbar und das Hydrierungsverfahren der I.G. nahm so eine zentrale Stellung ein. Es war möglich, Flugzeugbenzin und Schmierstoffe für die Luftfahrt aus einheimischen Quellen zu beziehen.

Am 14. Dezember 1933 unterzeichnete Bosch im Namen der I.G. zusammen mit Vertretern des Dritten Reiches den von Hitler persönlich befürworteten Vertrag. Danach sollte die I.G. ihre Anlage in Leuna ausbauen, so daß bis Ende 1937 eine Kapazität von 300.000 - 350.000 Tonnen pro Jahr erreicht würden. Als Gegenleistung versprach das Reich einen Garantiepreis. Dieses Abkommen war eine technologische Großtat moderner Machtpolitik.

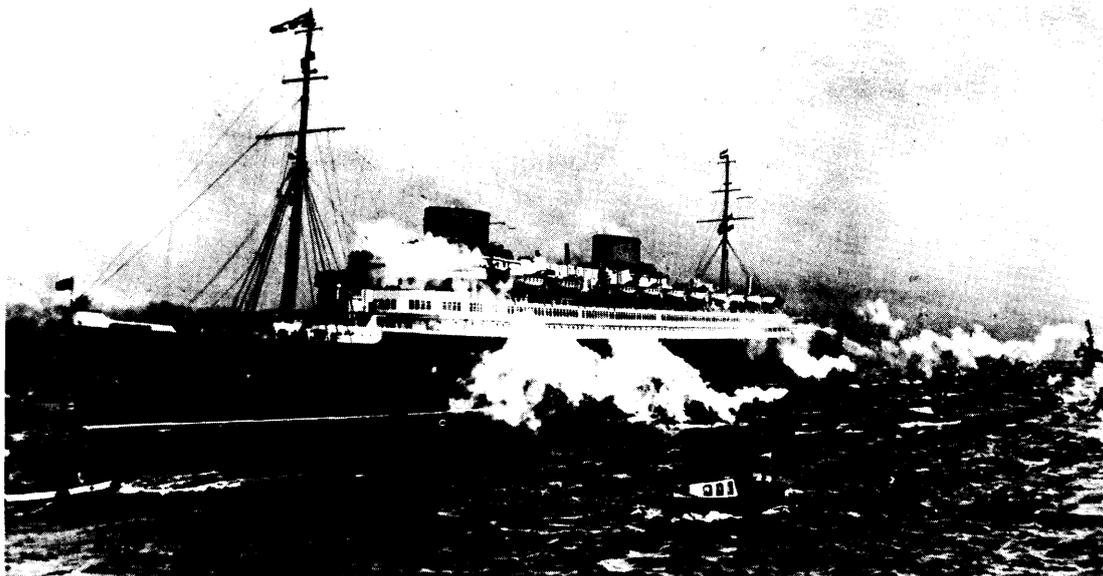
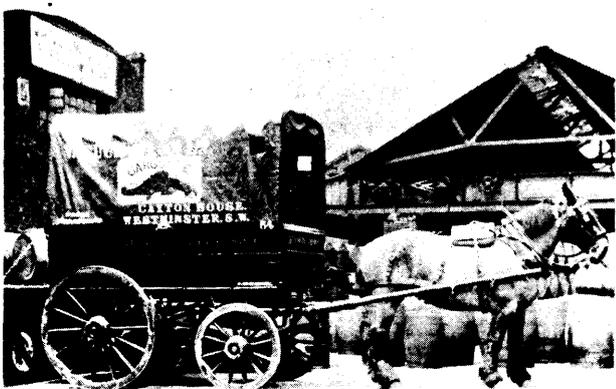
Quellen: Varchmin/Radkau, Kraft, Energie und Arbeit, München 1979
J. Barkin: Die unheilige Allianz der I.G. Farben, Frankfurt/M.,
New York 1979

Anmerkungen:

Carl BOSCH: geb. 1874, gest. 1940, Ingenieur, entwickelte 1910 ein technisches Verfahren zur Ammoniak-Gewinnung auf der Basis der von Fritz Haber entdeckten Hochdrucksynthese; seit 1925 Generaldirektor der IG Farben, seit 1935 Vorsitzender des Aufsichts- und Verwaltungsrates, 1931 Nobelpreis für Chemie

IG FARBEN: 1925 aus den Firmen BASF, Bayer, Hoechst, Agfa, Casella und Kalle entstandener deutscher Chemiekonzern; kontrollierte weitgehend den Welt-Chemiemarkt mit Hilfe von Kartellen, an denen Kuhlmann (Frankreich), ICI (Großbritannien), Montecatini (Italien), Aussiger Verein (Tschechoslovakei), Bottuta (Polen), Mitsui (Japan), Standard Oil, Du Pont, Dow Chemical (USA) beteiligt waren.
1945 durch Gesetz der Alliierten Militärregierung "entflochten", im wesentlichen Aufgliederung in die Firmen BASF, Hoechst und Bayer

STANDARD OIL: amerikanischer Konzern, begründet von J.D. Rockefeller, seit 1972 (Umbenennung) EXXON Corp., größter Mineralölkonzern der Welt



W A L T E R G R E I L I N G

Chemiker kämpfen für Deutschland

„Jeder Tropfen Treibstoff wiegt für die Entscheidung der Schlachten so schwer wie ein Tropfen Blut“, lautet ein anderer berühmter Ausspruch aus dem Weltkrieg. Gemeint ist damit: Ohne Treibstoff läuft kein Motor, und im Kriege spart Motorkraft Marschleistungen, und Marschleistungen sparen Menschenleben.

Der große Wandel in den Kräfteverhältnissen und Kriegsaussichten 1940 gegen 1918 zugunsten Deutschlands zeigt sich auch in der Ölversorgung. Der deutsche Bedarf an Treibstoffen und Schmieröl wird voll gedeckt aus Quellen, die dem Zugriff der englischen Blockade entzogen sind. England und Frankreich vermögen keine 5 v. H. ihres Bedarfs im eigenen Lande zu decken. Sie

müssen fast den ganzen Bedarf für ihre Kraftwagen, Flugzeuge und Schiffe mit Hilfe ihrer Tankerflotte über das Mittelmeer oder über den Atlantik einführen. Wenn es ihnen nicht gelingt, von neutralen Ländern noch Tankerflotte zu bekommen, sind sie kaum in der Lage, zwei Drittel ihres Friedensbedarfes heranzuschaffen.

Wenn Deutschlands Treibstoff- und Schmierölversorgung im Kriege gesichert dasteht, dann verdankt sie das im wesentlichen der Chemie, die Treibstoffe und Schmieröle aus der Kohle gewinnt. Die Wissenschaft hat hier geholfen, die Wirkung der englischen Blockade zunichte zu machen.

Berlin 1940
S. 48/49

WALTER GREILING

CHEMIE EROBERT DIE WELT

Die Treibstoffsynthese kann ebensowenig wie andere Zweige der chemischen Großtechnik als eine überwiegend militärischen Zwecken nutzbare Disziplin angesehen werden. Sie ist wie jede Technik und wie die Naturwissenschaft selbst neutral und über jeden Vorwurf, daß sie zu unfriedlicher Nutzenanwendung verlocke, erhaben. Wenn sie schon für kriegerische Zwecke eingesetzt wird, dann ist sie nicht Hilfsmittel eines Kriegführenden allein oder gar nur Hilfsmittel eines Angriffskrieges, sondern sie hilft Freund und Gegner, Angreifer und Verteidiger gleichermaßen. Wohl in keinem Fall kann man von einer chemischen Erfindung voraussagen, daß sie einer bestimmten Mächtegruppe ausschließlich zum Vorteil diene. Die Erfahrung zweier Weltkriege hat gelehrt, daß alle Voraussagen dieser Art in die Irre gehen können.

Düsseldorf 1950 S. 229/30

Mobil fordert Wende in der Energiepolitik

„Weg vom Öl“ nicht zu weit treiben / Noch mehr Raffineriekapazitäten werden stillgelegt

Frankfurt A. M. Der Anteil des Mineralöls am deutschen Primärenergieverbrauch ist im Zeitraum Januar bis März erstmals unter die 40-Prozent-Marke gerutscht, nachdem diese Quote vor der ersten Ölpreiskrise noch 55 Prozent betragen hatte. Für Mobil-Chef Herbert Lewinsky ist eine solche Entwicklung Anlaß zu der Frage, ob es vernünftig sei, die Politik „weg vom Öl“ noch länger durchzuhalten. Nach seiner Überzeugung ist man auf diesem Weg unter Umständen bereits zu weit gegangen. Vor dem Club Frankfurter Wirtschaftsjournalisten forderte er daher die Bundesregierung auf, so rasch wie möglich eine vierte Fortschreibung ihres Energieprogramms vorzulegen.

Unter anderem müßten bei einer derartigen Neuformulierung der Energiepolitik die verschiedenen Energieträger eine höhere Chancengleichheit gegeneinander eingeräumt bekommen. Als störend und volkswirtschaftlich unsinnig empfindet Lewinsky beispielsweise die hohen Subventionen für den Ausbau der Fernwärme sowie die Anschlußzwänge für die Verbraucher im Rahmen kommunaler Versorgungskonzepte. Dadurch werde das Mineralöl immer weiter aus dem Wärmemarkt herausgedrängt. Auch die vielen Steuer-Milliarden, die für den Erhalt des Steinkohlenbergbaus ausgegeben werden, hält Lewinsky nicht mehr unbedingt für gerechtfertigt.

Unabhängig davon, ob sich die Bonner diese Forderungen zu eigen machen oder nicht, läßt der Mobil-Chef keinen Zweifel daran, daß der Schrumpfungsprozess in der Mineralölindustrie weitergeht. Nachdem die Destillationskapazitäten seit 1978 bereits um 40 Millionen

auf inzwischen 114 Millionen Tonnen verringert wurden, ist ein neuerlicher Abbau auf 80 bis 90 Millionen schon programmiert. Nach dem Kalkül Lewinskys könnte eine solche Entwicklung die Bonner Energiepolitiker endlich auf den Plan rufen und sie dafür sorgen zu lassen, daß im Dienste einer höheren Versorgungssicherheit ein Mindestmaß an Raffineriekapazität nicht unterschritten werde.

Nichts wesentlich Neues gibt es laut Lewinsky in der Auseinandersetzung mit dem Bundeskartellamt in Sachen Aral. Nachdem die drei Partner Veba, Mobil und Wintershall gegen den Entscheid der Wettbewerbsbehörden, die Firma auszuspalten, Beschwerde eingelegt haben, bleibt ihnen nun bis 3. Juli Zeit, diese Einsprüche zu begründen. Lewinsky hofft, daß der Streit nicht

jahrelang vor dem Berliner Kammergericht und anschließend dem Bundesgerichtshof ausgetragen werde. Dies wäre für das Unternehmen Aral nur schädlich. Kein Geheimnis ist es in der Branche, daß sich Mobil unter gewissen Voraussetzungen einverstanden erklären würde, mit eigener Flagge auf dem deutschen Benzinmarkt zu segeln. Dafür müßten freilich die Veba und die BASF-Tochter Wintershall zu einem Entgegenkommen bereit sein. Die Hamburger wollen nämlich nicht nur eine ihrer Aral-Beteiligung (28 Prozent) entsprechende Zahl an Tankstellen, sondern für den Verzicht auf den populären Markennamen auch noch „Bares“ sehen. Dabei geht es nach einigermaßen zuverlässigen Spekulationen um ein Sümmchen von mindestens 100 Millionen Mark.

Frankfurter Rundschau, 5.5.84

Gesellschaften setzten 2,6 Pfennig je Liter zu

Köln (AP). Die Verluste der inländischen Mineralölindustrie sind im vergangenen Jahr erneut gestiegen. Wie aus dem am Mittwoch vorgelegten Jahresbericht des Energiewirtschaftlichen Instituts der Universität Köln zur Kosten- und Ertragslage der Mineralölbranche hervorgeht, setzten die Gesellschaften 1984 im Jahresdurchschnitt 31 Mark je Tonne oder 2,6 Pfennig je Liter Treibstoff oder Heizöl zu. (1983: 29 Mark je Tonne, 2,4 Pfennig je Liter).

Für den Verarbeitungsbereich und den Vertrieb ergaben sich nach Berechnungen des Kölner Instituts damit insgesamt Ver-

luste von knapp 3,2 Milliarden Mark. Zwischen 1980 und 1984 hätten die Gesellschaften insgesamt Verluste von 18,6 Milliarden Mark „erwirtschaftet“ und deutlich das in der inländischen Mineralölindustrie eingesetzte Eigenkapital von knapp 12,5 Milliarden Mark übertraffen.

Schwarze Zahlen bei der Mineralölverarbeitung und Vertrieb sind nach Einschätzung des Instituts auch weiterhin in Sicht. Die praktisch seit der ersten Ölkrise andauernde desolante Marktverfassung werde die inländische Branche zwingen, die „Ausdünnungs- und Rationalisierungsprozesse“ weiter voranzutreiben.

Hessisch Niedersächs. Allgemeine

Aus für Hamburger Esso: 450 Mitarbeiter betroffen

Ein Glied in der Kette des Raffineriesterbens

Hamburg (taz) — Am Dienstag nachmittag wurde offiziell, was schon seit Wochen als Gerücht durch die Medien kursiert: Während in Hamburg die Belegschaft der Moorburger Esso-Raffinerie von der Geschäftsleitung über die bevorstehende Einstellung der Rohölverarbeitung an der Elbe informiert wurde, wurde zur gleichen Zeit den Kollegen des Esso-Chemiewerks in Köln die Schließung von Teilen des Betriebs zum Jahresende verkündet. Die Summe der Arbeitsplatzverluste: In Hamburg müssen sich 450, in Köln 350 Beschäftigte von der Esso verabschieden.

Das bundesweite Raffineriesterben, das die Hansestadt mit der Schließung der BP-Raffinerie schon zu Beginn dieses Jahres erreichte, hat damit sein zweites Opfer in der Nord-Metropole gefordert. Aus der Sicht von Gewerkschaft und Betriebsrat eine Katastrophe: „Mit jedem Arbeitsplatz in der Raffinerie“, so der Hamburger Betriebsratsvertreter Bert-Uwe Klintwort, „gehen vier weitere im Umland bei Dienstleistungs- und Zulieferbetrieben verloren.“

In Köln sieht er ähnliche Konsequenzen: Dort seien weitere 50 Arbeitsplätze in der Binnenschiffahrt fällig, da der Transport von Rohstoffen für die Ethylen-Herstellung im Chemiewerk wegfallen. Da kann auch die Zusicherung der Hamburger Geschäftsleitung wenig trösten, von den 450 zu Entlassenden würden etwa 290 durch Frührentenregelungen oder Überleitungen in den vorzeitigen Ruhestand vor der Arbeitslosigkeit bewahrt. Dazu Klintwort: „Mindestens 160 Kollegen stehen

mit ungeklärtem Schicksal an der Front“. Auch der Senat bejammert inzwischen mit der von der Konzernleitung der Exxon in New York gefällten Entscheidung verbundenen Image-Verlust des Unternehmens Hamburg. Dies sei eine „Entscheidung gegen den Standort Hamburg, gegen die norddeutsche Region und die deutschen Standorte der internationalen Mineralölkonzerne überhaupt“. Noch wenige Tage zuvor hatte man hektische Aktivitäten in Richtung Bundesregierung und Quotenregelung mit dem Ziel der „Versorgungssicherheit der Bundesrepublik durch ausreichende Eigenproduktions-Anlagen“ demonstriert — vergeblich, wie nicht anders zu erwarten. O-Ton Betriebsrat: „Es besteht die Gefahr, daß die Bundesregierung das Ganze ein bißchen zu liberal sieht“.

Eine der spektakulärsten Schließungen der jüngsten Vergangenheit war schon die der Mobil-Raffinerie in Wilhelmshaven Anfang April, in der ursprünglich einmal 300 Mitarbeiter beschäftigt gewesen. Trotz der Bemühungen des Landes Niedersachsen und der Gründung

einer Auffanggesellschaft ist es bisher nicht gelungen, sie wieder zu reaktivieren. Weitere Schließungen stehen an. Im Juni hatte Esso-Vorstandschef Oehme auf der Bilanzpressekonferenz angekündigt, daß Anfang 1986 die Deurag-Merag Raffinerie bei Hannover, die Esso gemeinsam mit Shell betreibt, ebenfalls die Rohölverarbeitung einstellen werde. Von den derzeit 590 Arbeitsplätzen sollen 150 bestehen bleiben. Die derzeit schlechte Lage in der deutschen Rohölverarbeitung, so Oehme, wird sich solange nicht verbessern, wie weltweit Überkapazitäten bestehen. Deshalb müßten in der nahen Zukunft wahrscheinlich noch weitere Raffinerien dichtmachen. Den Niedergang der Raffinerien führt die Mineralölbranche in erster Linie auf den allgemein gesunkenen Mineralölbedarf zurück.

Ende 1979 waren in der Bundesrepublik noch 159,4 Millionen Tonnen Rohöl raffiniert und 129,5 Millionen Tonnen abgesetzt worden. Zur Zeit beträgt die Kapazität noch rund 105 Millionen Tonnen, während die Nachfrage 1984 auf 100,9 Millionen Tonnen gesunken ist. Mit den

noch bevorstehenden Schließungen dürfte die Kapazität voraussichtlich auf rund 90 Millionen Tonnen absacken. Doch den durch das Raffineriesterben bedingten sozialpolitischen Konsequenzen, die auf der Soll-Seite stehen, sind in puncto Umweltschutz gewichtige Argumente auf der Haben-Seite entgegenzuhalten.

So gehört die Esso-Raffinerie in Hamburg bisher zu den größten Luftverpesterern und Gift-Lieferanten der berüchtigten Deponien Georgswerder und Müggelburger Straße. Eines der gravierendsten Probleme nach der Schließung wird die Sanierung des hochverseuchten Betriebsgeländes sein, falls sich der Mineralölkonzern dieser Pflicht nicht durch irgendwelche Tricks — beispielsweise die Beibehaltung als Lagerfläche — entledigen kann. Während die Geschäftsleitung die Folgekosten auf etwa 50 Millionen Mark beziffert, schätzt die Hamburger GAL die Sanierungskosten auf eine Milliarde Mark.

Gabi Haas

taz, 21.8.1985

Energieversorgung - Bedarf / Verbrauch / Struktur

nach: NG - 350 (Hrsg.): Bericht Wiederaufarbeitung, Marburg 1982,
S. 319 - 322

"Für 1981 werden als vorläufiger Wert für den Primär-Energie-Verbrauch etwa 370 Mio t SKE angegeben (dieser Wert liegt in der gleichen Größe wie 1973). Der Rückgang gegenüber den 402,5 Mio t SKE im Jahre 1979 wird als erster Erfolg der eingeleiteten Energiesparmaßnahmen in Verbindung mit der Verschlechterung der Wirtschaftsentwicklung gesehen. Dieser Rückgang zeigt die wachsende Entkopplung von Bruttosozialprodukt und Primär-Energie-Verbrauch, da das Bruttosozialprodukt im gleichen Zeitraum etwa konstant blieb.

Betrachtet man die Aufteilung der Energieträger auf die End-Energie-Bereitstellung für die Verbrauchergruppen, ergibt sich folgende Aufteilung:

Aufteilung der Endenergieträger auf die Verbrauchssektoren
1978 in Mio t SKE (gerundete Werte)

	Industrie	Haushalte	Kleinverbr.	Verkehr	Summe	%
Steink. (ges.)	14,1	3,0	0,9	0,1	18,1	7,1
Braunk. (ges.)	0,6	2,2	0,1	---	2,9	1,1
sonstige feste Brennstoffe	0,7	0,3	---	0,1	1,1	0,4
Heizöl schwer	19,4	---	---	---	19,4	7,6
leicht	8,3	41,2	22,9	15,1	87,5	34,2
Mineralöl- Produkte	0,2	---	3,0	37,5	40,7	15,9
Gas	26,4	12,5	6,0	0,1	45,0	17,6
Strom	17,5	9,9	7,6	1,2	36,2	14,1
Fernwärme	1,4	2,3	1,7	---	5,4	2,1
Summe	88,6	71,4	42,2	54,0	256,2	100 % "

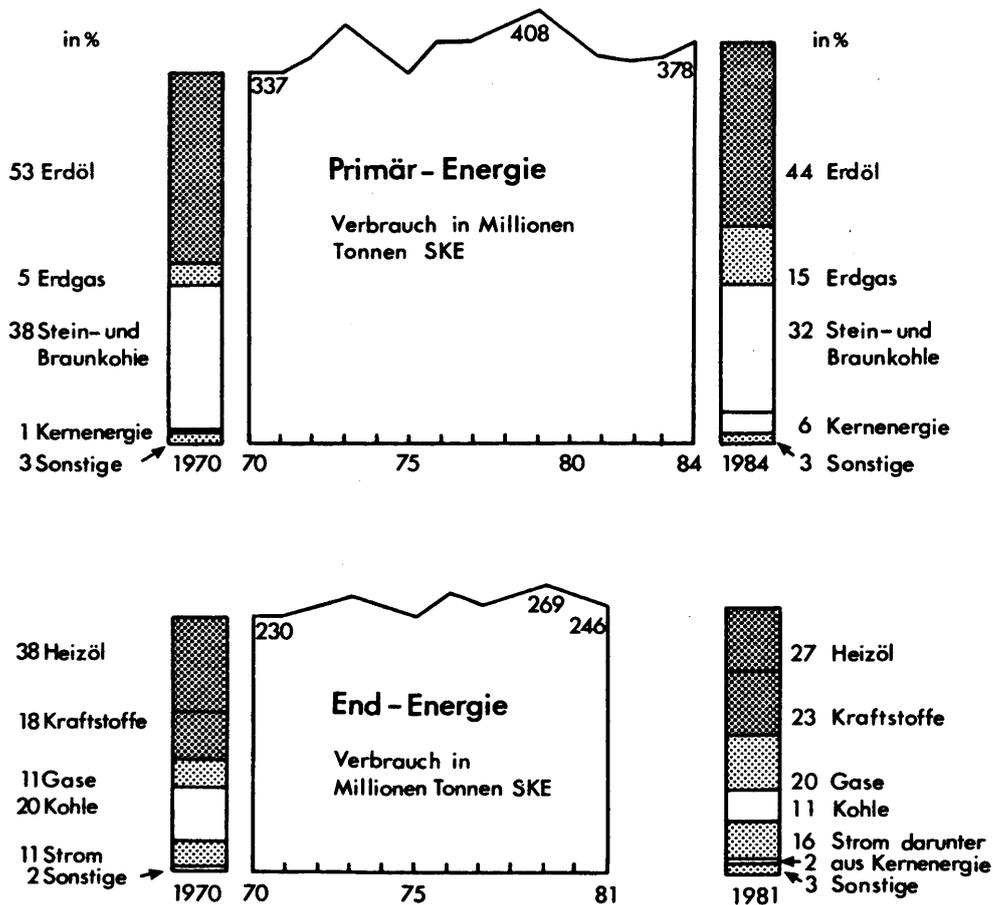
Für die Diskussion und Planung von Energiesparmaßnahmen ist es unbedingt notwendig, über obige Daten hinaus die S t r u k t u r des Energiebedarf zu kennen, damit qualitativ hochwertige Energieformen (Strom) ihrem spezifischen Bedarf zugeführt werden können und für den Bedarf an niederwertigen Energieformen ein angepaßtes Angebot gegenübergestellt werden kann (z.B. Wärme statt Strom für Heizzwecke).

Struktur des Endenergiebedarfs:

- 52 % Heizwärme (unter 100 °C)
- 20 % Prozeßwärme (über 100°C)
- 17,5% Fahrzeugantrieb durch Treibstoffe
- 0,5% " " durch Elektrizität x
- 6,0% Antrieb von Maschinen durch Elektrizität x
- 2,0% Prozeßstrom (Elektrolyt. Verfahren) x
- 1,0% Beleuchtung x
- 1,0% Elektronik und Information x
- x stromspezifischer Endenergiebedarf
- Summe: 10,5 %

"Vergleicht man diese Werte mit dem Endenergieverbrauch von 1978, so stellt man fest, daß dort 14,2 % der Endenergie in Form von Strom verbraucht wurde, also ein Drittel mehr, als der eigentliche stromspezifische Bedarf betrug. (Dabei bleibt sogar unberücksichtigt, daß der Verbrauch aufgrund von Energieverschwendung noch höher ist als der tatsächliche Bedarf)."

Energieverbrauch der BRD



Energieverbrauch zieht an

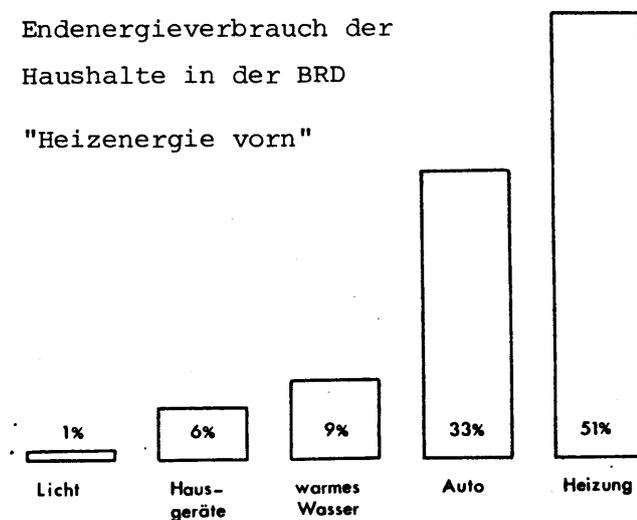
Schon 1983 ging die Periode sinkenden Energieverbrauchs zu Ende, die 1979 begonnen hatte. Aber erst 1984 brachte einen deutlichen Anstieg; die „Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen“ kommt nach vorläufiger Rechnung auf ein Plus von 3,5 Prozent gegenüber 1983. Damit liegt der Verbrauch an Primärenergie in der Bundesrepublik freilich immer noch 7,5 Prozent niedriger als 1979 – und dies, obgleich die reale Wirtschaftsleistung im Vergleich zu damals um über vier Prozent höher ist. Auch die Zusammensetzung der Energieträger hat sich in diesem Jahr fünf geändert. Der Rückzug des Öls setzte sich fort; statt damals 50,7 Prozent belief sich der Ölanteil 1984 nur noch auf 42 Prozent. Steinkohle und Braunkohle wurden hingegen mehr verfeuert.

Stromthemen

2. Jahrgang · Nr. 2/1985

Endenergieverbrauch der Haushalte in der BRD

"Heizenergie vorn"

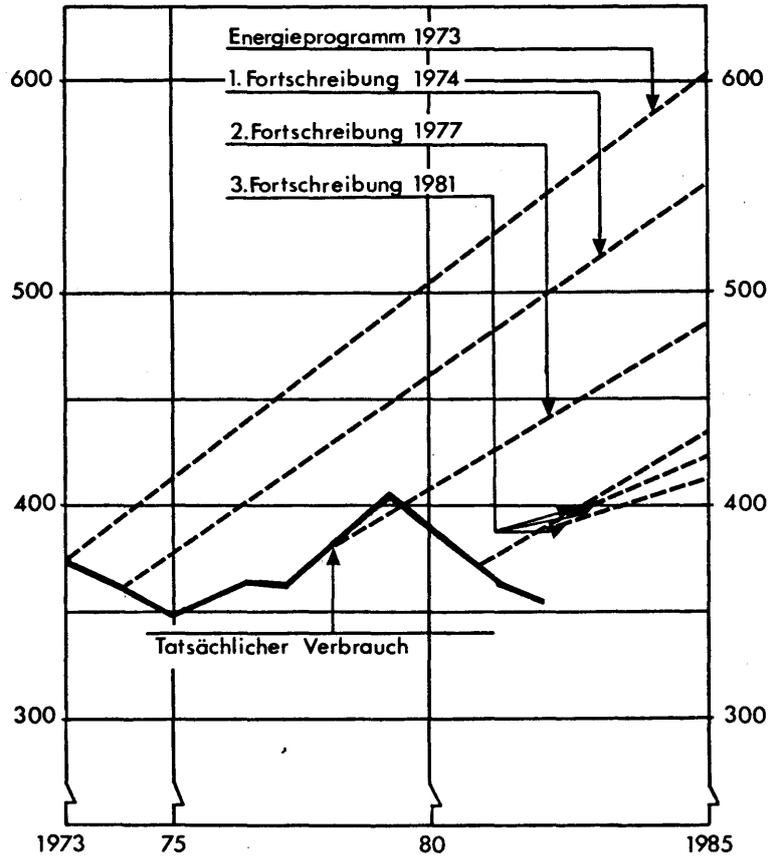


nach: Technik heute 1/1985, S.9

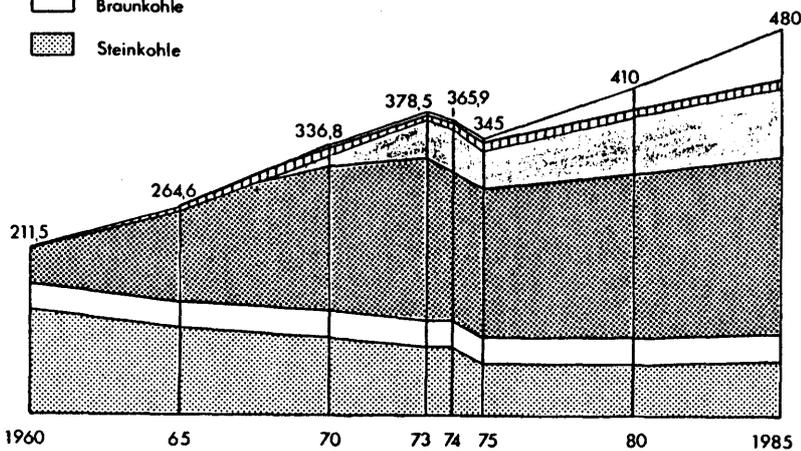
nach: A.v.Bülow: Der
Schnelle Brüter hat
keine Chance, in:

Der Spiegel H.10/1983
S. 84 ff.

Schrumpfende Prognosen



- Kernenergie
- Wasserkraft
- Naturgas
- Mineralöl
- Braunkohle
- Steinkohle



Die Tabelle wurde 1976 ver-
öffentlicht und deckt sehr deut-
lich die Problematik der Energie-
prognose auf.

Zwischen 1960 und 1973 wird
ein 4- bis 5prozentiger Anstieg
des Energieumsatzes festge-
stellt. Durch die Öllieferungskrise
1973 wird diese Entwicklung
brüsk gebremst. Dennoch wird
danach eine gleiche Steige-
rungsrate wie vorher angesetzt.
Ohne die Krise, also bei einer
Prognose des Jahres 1973, hätte
1985 etwa 15 Prozent mehr Ener-
gie verbraucht werden müssen
als die Prognose von 1976
ergibt. Die Grafik wirft daher
eine Reihe von Fragen auf und
enthüllt die Fragwürdigkeit von
rein statistischen Prognosen

Kohlendioxid-Heizdecke - Neue US-Studien

Die Erde wird im 21. Jahrhundert höhere Durchschnittstemperaturen haben. Sie werden verursacht von einer "Heizdecke", nämlich dem steigenden Kohlendioxidgehalt der Atmosphäre. Kohlendioxid (CO_2) läßt zwar die von der Sonne kommende energiereiche Strahlung durch, spiegelt jedoch die von der Erde abgegebene Wärmestrahlung wieder zur Oberfläche zurück. Der CO_2 -Gehalt der Lufthülle dürfte sich bis zum Jahr 2065 nahezu verdoppeln - von gegenwärtig 340 ppm auf etwa 600 ppm. Damit ginge ein Anstieg der Temperatur an der Oberfläche und in den unteren Luftschichten um 1,5 bis 4,5 Grad Celsius einher. Und es gibt angesichts der Wirtschafts- und Bevölkerungsentwicklung auf der Erde praktisch keine Möglichkeit, dies zu verhindern. Zu diesem Ergebnis kamen unabhängig voneinander jetzt drei amerikanische Forschergruppen, die im Auftrag von Regierung, Kongreß und der Umweltschutzbehörde EPA eingehende Untersuchungen durchführten und anhand mathematischer Modelle Klimaprognosen ausarbeiteten.

Welche Rolle Kohlendioxid in der Atmosphäre spielt, ist seit mehr als 100 Jahren bekannt. Seit 1958 werden die CO_2 -Konzentrationen systematisch und mit ständig verbesserten Methoden gemessen. Zwar ist Kohlendioxid von Natur aus in der Luft vorhanden. Jedoch steigt durch den Energieverbrauch, und das heißt in erster Linie die Nutzung fossiler Brennstoffe, der CO_2 -Spiegel in der Lufthülle in einem Maße an, daß mit einschneidenden Veränderungen der klimatischen Verhältnisse rund um den Erdball schon gegen Ende des nächsten Jahrhunderts gerechnet werden muß. Hinzu kommt, daß neben dem Kohlendioxid auch Gase wie Fluorchlorkohlenwasserstoffe, Stickoxide und Methan zu dem sogenannten Treibhauseffekt beitragen.

Es ist deshalb unrealistisch, anzunehmen, daß die Erwärmung durch energiepolitische Maßnahmen zu verhindern oder merklich zu verzögern ist. Stattdessen müssen Wissenschaftler und Politiker ihre Anstrengungen darauf richten, herauszufinden, wie sich Mensch und Gesellschaft den neuen Gegebenheiten anpassen können und wie sich die veränderten Klimabedingungen vermutlich auf landwirtschaftliche Produktion und Böden, auf die Wasserversorgung, den Meeresspiegel und wirtschaftliche Aktivitäten auswirken.

Die Prognosen seien, so wird betont, mit zu vielen Unsicherheitsfaktoren sowohl hinsichtlich der Klimaänderungen durch CO_2 als auch künftiger Entwicklungen in Wirtschaft und Gesellschaft behaftet, als daß sofortige politische Gegenmaßnahmen empfohlen oder gar gefordert werden könnten. Es wird darauf verwiesen, daß sich die Erdtemperatur in den letzten 1000 Jahren um zwei Grad Celsius, im Ablauf der letzten Millionen Jahre um 6 bis 7 Grad Celsius verändert habe. Gemessen an diesen Zeiträumen bedeuten die für das kommende Jahrhundert prognostizierten Veränderungen für unseren Planeten "größtenteils unbekanntes Territorium".

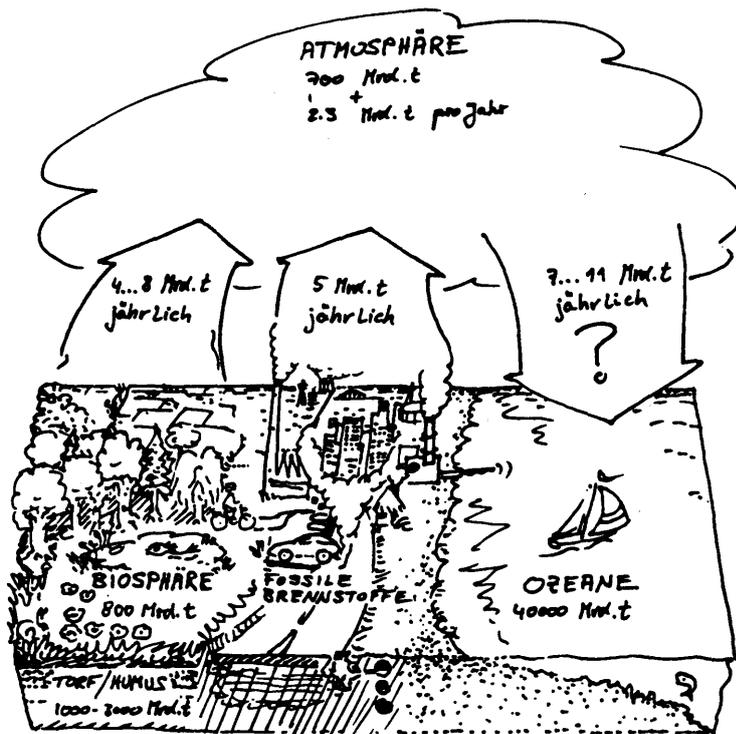
Man weiß noch nicht, wie eine Temperaturänderung um zwei Grad die Witterungsverhältnisse verändert, die wiederum den Wasserhaushalt, Landwirtschaft, das Leben in den einzelnen Regionen und letztlich die Weltpolitik beeinflussen.

Es ist zu vermuten, daß der Temperaturanstieg in den Polargebieten größer sein wird als anderswo. Temperaturerhöhungen um 3 bis 4 Grad hätten einen Anstieg des Meeresspiegels um ca. 70 cm zur Folge. In den mittleren Breiten wären trockenere Sommer zu erwarten. Niederschlag, Wasserversorgung und Landwirtschaft dürften in den einzelnen Regionen unterschiedlich beeinflußt werden. Jedoch ist weltweit gesehen, das Problem zum gegenwärtigen Zeitpunkt

schon deshalb nicht wirksam anzupacken, weil man sich bei den Prognosen nur auf Schätzungen stützen kann. Das gilt für die Entwicklung der Wirtschaft ebenso wie für die Brennstoffnutzung und den Energieverbrauch, für die Kohlendioxidanreicherung durch fossile Brennstoffe und die Menge des tatsächlich in der Luft verbleibenden CO_2 , von dem ja die Meere einen großen Teil, vielleicht die Hälfte, aufnehmen,² und für die Auswirkungen sowohl von CO_2 als auch der anderen "Treibhausgase" auf Atmosphäre und Klima.

Die für die EPA arbeitende Forschergruppe kam durch Modellrechnungen u.a. zu dem Schluß, daß beispielsweise eine weltweite Supersteuer auf fossile Brennstoffe, die den Preis vervierfachte, den bis zum Jahr 2040 erwarteten Temperaturanstieg um 2°C nur um fünf Jahre verzögern würde. Und eine bis zum Jahr 2100 angenommene Temperaturerhöhung um 5°C würde bestenfalls 15 Jahre hinausgeschoben, wenn vom Ende dieses Jahrhunderts an keine Kohle mehr verbraucht würde. Ein internationales Verbot der Verwendung von Kohle ist ohnehin utopisch. Die 1981 in Auftrag gegebene Studie sollte klären helfen, ob durch eine Änderung der Energiepolitik hinsichtlich der Verwendung fossiler Brennstoffe die CO_2 -Emissionen soweit unter Kontrolle gebracht werden könnten, daß die vorausgesagte Erwärmung zu verhindern wäre. Vorgeschlagen wird verstärkte Forschung, um geeignete nationale Strategien zur Anpassung zu entwickeln.

Die dritte Studiengruppe, bestehend aus Ingenieuren und Wirtschaftlern der Stanford-Universität und des Massachusetts Institute of Technology (MIT), hält allein schon im Hinblick auf "sauren Regen" und andere Beispiele eine weltweite gründliche Erörterung des Treibhauseffekts für dringend erforderlich. Sie räumt ein, daß wegen der unterschiedlichen Stadien der Industrialisierung, unterschiedliche Verfügbarkeit von Ressourcen, auch wegen unterschiedlicher Auffassungen über klimatologischen und wirtschaftlichen "Gewinn oder Verlust" ein Konsens auf globaler Basis nicht erreichbar sei -dennoch müsse das Problem international diskutiert und, wo immer möglich, auch angegangen werden.



alle Angaben nach G. M. Woodwell: „The Carbon dioxide question“

aus: technik heute Heft 8/1984, S. 12 ff.

CO₂ - Neurose – EIN ROLLENSPIEL (AUSZUG)

Von Sebastian Hellweger, Hans-Arno Mielsch, Peter Thormann

Man spricht von „Neurose“ oder „neurotischer Sichtweise“, wenn ein Individuum oder eine Gruppe aus einer „Fixen Idee“ heraus nur solche Informationen zur Kenntnis nimmt, die geeignet sind, diese Idee, diese Ansicht zu bestätigen. An neurotische Sichtweise, an tendenziöse Auswahl von Informationen kann man sich erinnert fühlen, wenn man die Schreckensmeldungen liest, die in letzter Zeit gehäuft über die Gefahren der Kohlendioxid-Freisetzung verbreitet werden. So hörte man: Schon in den nächsten 20 Jahren seien dramatische Klimaveränderungen zu erwarten, die ernsthaft die Zukunft der Erdbevölkerung gefährdeten. Reimer Lüst z. B., der Präsident der Max-Planck-Gesellschaft hält den CO₂-Effekt für problematischer als den schnellen Bräu-

ter, und selbst der ehemalige Bundeskanzler Schmidt hob den „Treibhauseffekt“ auf die Tagesordnung einer Kabinettssitzung. Dabei ist es keineswegs so, daß die mögliche Gefahr erst jetzt erkannt wurde. Schon seit Jahren warnt z. B. der Bonner Meteorologe Prof. Flohn vor den Klimaveränderungen als Folge der Eingriffe des Menschen in den Haushalt der Natur, und spätestens seit dem Bericht des Club of Rome zur Lage der Menschheit wird der CO₂-Gehalt der Luft als einer der begrenzenden Faktoren für ein ungehindertes Wachstum angesehen. Jahrelang pflegte man diese Hinweise auf mögliche Grenzen wirtschaftlichen Wachstums mit Argumenten abzutun. In den letzten 30 Jahren sei es nicht wär-

mer, sondern kälter geworden; eine Erhöhung der CO₂-Konzentration der Atmosphäre erhöhe auch die Photosynthesegeschwindigkeit und damit die Ernteerträge; zudem würde eine Erwärmung auch mehr Verdunstung, d. h. mehr Wolkenbildung und mehr heißersehnte Niederschläge für die Landwirtschaft zur Folge haben. Nun scheint man plötzlich daran interessiert zu sein, die Gefahren der Verbrennung fossiler Energieträger verstärkt in den Vordergrund zu stellen. Sollte vielleicht das Interesse einer breiten Öffentlichkeit einseitig auf diese Gefahren gelenkt werden, damit andere Gefahren ungehemmten Wachstums übersehen oder eher hingenommen werden? Welche Interessensgruppen stecken möglicherweise mit welcher „fixen Idee“ dahinter?

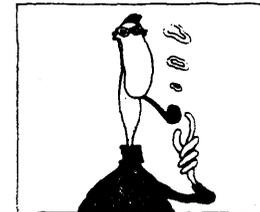
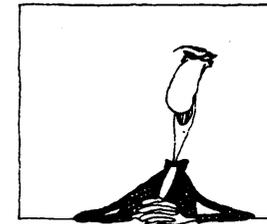
Beschreibung

Die Mitspieler simulieren in verteilten Rollen eine Veranstaltung „Journalisten fragen, Wissenschaftler antworten“. Drei spielen Journalisten, welche neun anderen, die als Wissenschaftler auftreten, eine Reihe von aufeinander aufbauenden Fragen stellen. Der Rest spielt zunächst Zuhörer, sollte dann aber nach der Befragung an der freien Diskussion teilnehmen. Ziel der Darbietung ist es, auf spielerische Weise eine Reihe von sich widersprechenden Daten und Behauptungen auf den Tisch zu bringen, um eine lebhaftere Diskussion anzuregen. Die Vorbereitungszeit für das Spiel ist nicht groß: In der Regel dürfte es genü-

gen, wenn die Akteure die Texte vorher kurz durchlesen, damit sie sie möglichst lebhaft vortragen können bzw. flüssig ablesen. Es ist selbstverständlich unbedingt erforderlich, daß die Journalisten und vor allem die Experten die jeweiligen Ausführungen verstanden haben: hierzu wird der Zeitaufwand verschieden groß sein, je nach Alter und Informationsstand aber auch, jenachdem, ob das simulierte Streitgespräch als motivierende Einführung oder als zusammenfassende Abschlußveranstaltung dient. Der Reiz der Expertenbefragung wird natürlich erhöht, wenn man die Akteure dazu bringen kann, möglichst in freier

Rede zu agieren und sich lediglich auf einen Spickzettel zu verlassen, auf dem die unbedingt anzusprechenden Aspekte und Fakten stichwortartig aufgelistet sind. Die Zuhörer, die meist die Mehrheit ausmachen, brauchen sich natürlich nicht vorzubereiten. Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß es wichtig und günstig sein kann, wenn man sie vorher darauf hinweist, daß sie unbedingt die Antworten der Experten verstehen müssen, daß man sie also ermuntert, die Referenten zu unterbrechen und immer wieder hartnäckig nachzufragen: dies bringt nicht nur viel Leben ins Spiel, sondern erhöht natürlich auch den Lerneffekt.

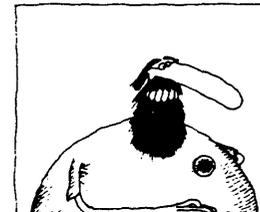
Valbinger (Wissenschaftsredakteur bei der „Frankfurter Allgemeinen“)



Dr. Schneider (Ökologe von der Universität Bremen)



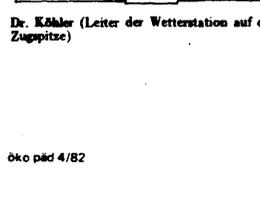
Holzmann (Journalist bei der „Frankfurter Rundschau“)



Dr. Müller (Wissenschaftsredakteur beim „Spiegel“)



Weisweiler (Mitarbeiter des Öko-Instituts in Freiburg)



Dr. Köhler (Leiter der Wetterstation auf der Zugspitze)

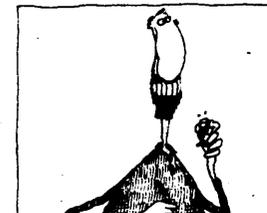
Die Mitspieler



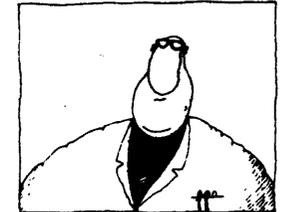
Dr. Müller (Wissenschaftsredakteur beim „Spiegel“)



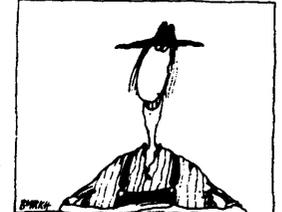
Dr. Schmidt (Mitarbeiter des Kernforschungsentrums Jülich, Abteilung „Zukünftige Energieversorgung“)



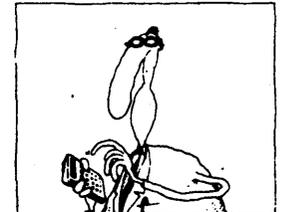
Geldler (Wissenschaftsredakteur beim „Der Spiegel“)



Professor Brunner (Wetterforscher)



Staber (Mitarbeiter einer landwirtschaftlichen Versuchsanstalt)



Dr. Feuerbach (Chemiker, Spezialgebiet: Luftuntersuchungen)



Krume (Zukunftsforscher)

Ziele

Es soll hier nicht darauf eingegangen werden, welche allgemeinen Lernziele durch den Einsatz kommunikativer Simulationsspiele im naturwissenschaftlichen Unterricht erreicht werden können. (Siehe dazu die in der Literaturliste aufgeführten Aufsätze.) Hier soll lediglich ein Eindruck ermittelt werden, welche naturwissenschaftlichen Fakten und Theorien, d. h. welche Ziele auf der kognitiven Seite angesteuert werden.

- Die Schüler erfahren eine Menge über Vorkommen, Eigenschaften, Zusammensetzung und Umwandlungen des Stoffes Kohlendioxid: CO_2 als Bestandteil der Luft, Verhalten des CO_2 -Moleküls gegenüber elektromagnetischer Strahlung, CO_2 -Bildung bei Verbrennungsprozessen und CO_2 -Verbrauch bei der Photosynthese (Kohlenstoffkreis-

lauf), Wasserlöslichkeit des CO_2 -Moleküls, Kohlensäure und Salzbildung, Aufbau des CO_2 -Moleküls, Isotope des Kohlenstoffs und Bedeutung des C_{14} -Isotops für die Ermittlung bestimmter CO_2 -Quellen usw.

- Sie lernen eine Theorie - den sog. Treibhauseffekt bei erhöhtem Kohlendioxidgehalt in der Luft - kennen, und sie erkennen in der simulierten Expertenbefragung und erleben es in der freien Diskussion, daß zu einem Verständnis aktueller Streitfragen und Probleme neben erdkundlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Kenntnissen auch und vor allem naturwissenschaftliches - biologisches, physikalisches, chemisches - Wissen erforderlich ist.

- Die Schüler sehen und erleben im

Agieren in einer bestimmten Rolle, wie naturwissenschaftliche Fakten und Meßdaten verschieden interpretiert, in ihrer Bedeutung übertrieben hervorgehoben und akzentuiert oder bagatellisiert bzw. gar verschwiegen werden, je nachdem, von welcher Theorie der jeweilige Akteur überzeugt ist.

- Und nicht zuletzt: Die Schüler diskutieren und hören, wie mächtige wirtschaftliche Interessengruppen große Anstrengungen unternehmen, eine für sie günstige Theorie zu fördern und für ihre Zwecke einzuspannen. Die Schüler erfahren im simulierten Streitgespräch, wie wichtig fundierte Kenntnisse, vor allem auch auf naturwissenschaftlichem Gebiet, sind, will man verhindern, daß man blind und ohnmächtig derartigen Manipulationen anheimfällt.

Literatur

Für die Erstellung der Spielmaterien

- Der Spiegel Nr. 25 (1979): „Hungersnot unter der Treibhausglocke“
- Flohn, Hermann: „Energieproblem und Klima im 21. Jahrhundert“; bild der wissenschaft, Heft 11 (1975), S. 81-88
- Frankfurter Rundschau vom 27.12.1977: „Auf dem Weg in eine kleine Eiszeit?“
- Ginsburg, Theo: „Drohende Klimaveränderung durch CO_2 “. In: Der Fischer Öko Almanach, Frankfurt 1980, S. 238-243
- Gribbin, John: „Fossil fuel; future shock?“. New Scientist vom 24.8.1978, S. 541-543
- Gribbin, John: „Woodman, spare that tree“. New Scientist vom 29.3.1979, S. 1016-1018
- Gribbin, John: „The politics of carbon dioxide“. New Scientist vom 9.4.1981, S. 82-84
- Maedows, Dennis: „Die Grenzen des Wachstums“. Stuttgart 1972
- New Scientist vom 31.1.1980, S. 317: „Carbon dioxide; now the good news?“
- New Scientist vom 5.3.1981, S. 604: „Sink found for some missing carbon dioxide“
- Öko-Mitteilungen Nr. 3 (1979), S. 9: „Wie gefährlich ist die Kohlekraft? Energiepolitiker entdecken das Risiko“
- Stern Nr. 28 (1977): „Gefahr durch schwarzes Gold“
- Woodwell, G. M.: „The carbon dioxide question“. Scientific American 238 (1978), S. 34-43

Ziele der kommunikativen Simulationsspiele

- Heilweger, Sebastian: „Chemieunterricht 5-10“. München 1981, S. 46-60
- Heilweger, Sebastian: „Über Spiele im naturwissenschaftlichen Unterricht“. chimica didactica 7 (1981), S. 95-102

Die ausführliche Beschreibung des Rollenspiels "CO₂-Neurose"

ist abgedruckt in:

öko-päd (Zeitschrift für Ökologie und Pädagogik), H. 4 1982, S.14 - 25

Er-fahrungen

Die ersten Einsätze erfolgten mit Lehrern auf einer Fortbildungstagung und mit Studenten in zwei Fachdidaktik-Seminaren. Bei allen drei Einsätzen kam es nach minimaler Vorbereitungszeit - bei diesem Adressatenkreis genügt es, wenn die Spielmaterialien kurz durchgelesen werden - zu einer lebendigen und offensichtlich viel Spaß bereitenden Interaktion. In den anschließenden Diskussionen, die deutlich lebhafter waren als nach einem Referat oder Vortrag, zeigte es sich immer wieder, daß bei vielen Teilnehmern nicht nur Interesse für die angesprochene Problematik geweckt wurde, sondern man auch sehr motiviert war, fachdidaktische Fragen zu reflektieren.

Ist es möglich, im Chemieunterricht einen Zusammenhang zwischen dem geforderten Faktenwissen und aktuellen, den Schüler und die Gesellschaft tangierenden Fragen herzustellen? Was heißt problemorientiertes Vorgehen, und wieviel Grundlagenwissen muß vorhanden sein, um aktuelle und meist sehr komplexe Themen verstehen und sinnvoll diskutieren zu können? Und nicht zuletzt: Wie sinnvoll ist der Einsatz kommunikativer Simulationsspiele im naturwissenschaftlichen Unterricht?

In der Schule wurde das Spiel in zwei neunten Klassen erprobt. In der einen Klasse fühlten sich die Schüler überfordert. Wir meinten nämlich, daß es als Vorbereitung genügen würde, wenn wir sicherstellten, daß die „Redakteure“ und vor allem die „Experten“ ihre jeweiligen Partien verstehen und dann recht lebendig vortragen können. Nun, die Expertenbefragung war dann auch recht lebhaft, in der anschließenden Diskussion wurde jedoch klar, daß nicht nur die Zuhörer die meisten Argumentationsstränge nicht verstanden haben, sondern daß auch die Akteure (Exper-

ten und Redakteure) recht hilflos wirkten, nicht zuletzt auch deswegen, weil sie - zu sehr wegen des eigenen Auftretts aufgeregt - die Darlegungen der Expertenkollegen nicht verstanden oder erst gar nicht hinhörten.

Diese Erfahrung hat uns veranlaßt, beim Einsatz in der anderen Klasse folgendermaßen vorzugehen: In der ersten Doppelstunde wurde die ganze Klasse mit dem Inhalt der Expertenbefragung vertraut gemacht, alle Fragen der Journalisten und die Antworten der Experten wurden erläutert. Dann erst wählten die Schüler frei unter den nun bekanntesten Rollen, wobei angeregt wurde, daß die Expertenpositionen jeweils von zwei Schülern vertreten werden sollten.

Nach dieser Einführung konnte sich die Klasse eine klare Vorstellung machen, was da in den nächsten beiden Doppelstunden veranstaltet werden sollte. Gespannte Erwartung kam auf, viele gingen mit Eifer an die Vorbereitung, einige studierten sogar alle Expertendarlegungen, um für die freie Diskussion gut gewappnet zu sein.

Diesmal blieb der Erfolg nicht aus: Nach der gut inszenierten Expertenbefragung schloß sich eine sehr lebhaft, über eine volle Stunde dauernde Diskussion an, wobei man sehr schnell auf die Frage kam und sich darauf konzentrierte: Wem nützt die Treibhausehypothese? Im Auswertungsgespräch kamen dann Äußerungen wie:

„Ich war erstaunt, daß ich mit meinem geringen Wissensstand so oft mitreden konnte.“

„Mir wurde zum erstenmal richtig bewußt, daß die Erde ja in Kreislaufen fährt, daß alles mit allem zusammenhängt, das fand ich richtig interessant.“

„Ich fand vor allem witzig zu erfahren, was man mit C_{14} -Messungen alles anfangen kann.“

„Mir war wichtig, daß ich gemerkt habe, daß man sich nicht so leicht vom Wortgeklingel der Experten einschüchtern lassen soll.“

Gefreut hat uns auch, daß einige Schüler noch nach Tagen und Wochen immer wieder auf das Thema zu sprechen kamen: Sie erzählten von Fernsehsendungen und brachten Ausschnitte aus Zeitungen mit. Irgendwie vermittelten sie den Eindruck, daß sie ernsthaft daran mitarbeiten und weiterarbeiten wollten, Klärung in die Frage zu bringen, herauszubekommen, wer denn nun eigentlich recht hat.

6. LITERATUR

A. Industrie-Materialien (in der Regel kostenlos zu beziehen)

ARAL AG (Hrsg.):

- Kraftstoff - Fibel, Bochum 1983²
- Öl-Fibel, Bochum 1981⁹
- Verkehrstaschenbuch 1983/84, Bochum 1983

Benzin- und Petroleumgesellschaft (BP) (Hrsg.):

- Von der Quelle bis zur Säule, Hamburg 1957
- Die Mineralöl-Story, Hamburg 1981
- Petrochemie und Polymere, Hamburg 1982
- Zahlen aus der Mineralölwirtschaft, Hamburg 1982

ESSO Chemie GmbH (Hrsg.): Oelchemie 81, Köln 1982

Mineralölwirtschaftsverband e.V. (MWV) (Hrsg.):

- Öl, ein Rohstoff und sein Markt, Hamburg 1981
- Mineralölzahlen 1984, Hamburg
- Mineralöl und Raffinerien, Hamburg 1983
- Aus der Sprache des Öls, Hamburg 1978⁵

Mobil Oil AG (Hrsg.): Erdöl, Erdgas - Suchen, Fördern,
Verarbeiten, Hamburg 1984

Deutsche Shell AG, Abt. Wirtschafts- und Energiepolitik (Hrsg.):
Unterrichtsmodell Energie, 4. Auflage, Hamburg 1981

B. Unterrichtsbezogene bzw. aufbereitete Materialien

G. Breidenstein: Internationale Konzerne,
Reinbek 1980³

Energie: Themenheft der Zeitschrift NiU - P/C (Heft 11/1980)

Energiepolitik: Themenheft von "Wochenschau für politische Erziehung,
Sozial- und Gemeinschaftskunde", Heft 1/80

Energieprobleme in Europa: Themenheft von "Wochenschau für politische
Erziehung, Sozial- und Gemeinschaftskunde", Heft 4/1980

G. Freise, A. Keßler, B. Nehring, G. Ströhlein: Rohstoff Öl,
Modell einer integrierten Unterrichtseinheit, Heidelberg 1973

B. Gust, F. Heidorn: Strom hilft sparen, Wegweiser durch den Energie-
dschungel, Soznet-Materialien für den Unterricht 11, Marburg 1983

HIBS - Materialien zum Chemieunterricht 4, Kohlenstoffverbindungen,
Frankfurt/M. 1977

- M. Kompast u.a.: Auto - Sicherheit, Umweltbelastung, Wirtschaftlichkeit; Soznat-Materialien für den Unterricht 17, Marburg 1985
- A. Kremer: Sparen von Heizenergie durch bauliche Maßnahmen; Soznat-Materialien für den Unterricht 9, Marburg 1984²
- Praxis der Naturwissenschaften Chemie: Themenheft Erdölchemie 6/83, Köln 1983
- J. Rommel: Erdöl und Erdölerzeugnisse im Experimentalunterricht, in: Der Chemieunterricht (Themenheft), Stuttgart 1970
- L. Stäudel: Saurer Regen, Soznat-Materialien für den Unterricht 10, Marburg 1984²

C. Weitere Literatur

- J. Borkin: Die unheilige Allianz der I.G. Farben, Frankfurt/M., New York 1979
- R. Brun (Hrsg.): Wachstum kostet immer mehr, Frankfurt/M. 1980
- Bundesministerium für Wirtschaft: Energieprogramm der Bundesregierung. Dritte Fortschreibung vom 4.11.1981; kostenlos erhältlich beim Bundesminister für Wirtschaft, Bonn
- M. Busse: Die Autodämmerung, Frankfurt/M. 1980
- B. Commoner: Energieumsatz und Wirtschaftskrise, Reinbek 1977
- E. Gabno: Das Erdöl - die Verwünschungen und die Wundertaten, in: E. Gabno: Die offenen Adern Lateinamerikas, S. 180 - 190, Wuppertal 1983³
- GLOBAL 2000: Der Bericht an den Präsidenten, Frankfurt/M. 1981²⁰
- H. Grabert: Erdöl und Erdgas - vor Jahrmillionen gespeicherte Sonnenenergie, in: technik heute 3/80, S. 22 ff.; 5/80, S. 32 ff.; 9/80, S. 47 ff.; 11/80, S. 33 ff.; 2/81, S. 19 ff.; 4/81, S. 29 ff.; 6/81, S. 20 ff.; Konstanz
- E.R. Koch, F. Vahrenholt: Die Lage der Nation, Hamburg 1983
- E.R. Koch: Die Lage der Nation 85/86, Hamburg 1985
- Umweltbundesamt (Hrsg.): Luftverschmutzung durch Schwefeldioxid - Ursachen, Wirkungen, Minderung, Berlin 1980
- Umwelt Lexikon (Hrsg.): Katalyse Umweltgruppe, Köln 1985
- Varchmin, Radkau: Kraft, Energie und Arbeit, München 1979

7. Erfahrungsbericht

Die Klasse bestand zu einem großen Teil aus Schülerinnen, deren Selbstvertrauen im Naturwissenschaftsunterricht so deformiert war, daß sie selbst 'richtige' Sachverhalte nur zögernd in den Unterricht einbrachten. Das sei doch etwas für die Jungen, da könne das eigene Wissen wohl kaum richtig sein.

Diese Lethargie wurde im Verlauf der Unterrichtseinheit zum Thema Erdöl teilweise abgebaut. Über das Interesse an ihrem Mofa haken einige Schülerinnen zum Beispiel mehrfach nach, ob das in der Schule durch Destillation gewonnene Benzin auch für ihr Zweirad zu verwenden sei. Sehr intensive Gespräche ergaben sich auch beim Aspekt 'Oktanzahl'. In diesem Zusammenhang setzten wir uns auch mit der Funktionsweise des Otto-Motors auseinander, was ursprünglich nicht vorgesehen war. Modelle dazu standen aus der Physik-Sammlung zur Verfügung.

Überhaupt lösten die KFZ-Betriebsstoffe bei vielen Schülerinnen ein deutliches Interesse aus und führte zu intensiven Beschäftigungsphasen. Der Grund ist vermutlich im hohen Motorisierungsgrad der Mädchen zu suchen.

Auch die experimentelle Arbeit mit den Substanzen aus der Alltagswelt (Benzine, Schmierstoffe) wirkte sich fördernd auf die Beteiligung aus. Dies um so mehr, als es für viele in der Klasse das erste Mal war, daß sie selbst praktische Versuche im Chemieunterricht anstellen durften, noch dazu mit zum Teil bekannten Stoffen, mit denen sie bereits außerschulisch Erfahrungen hatten. Daß diese Versuche nicht bei allen auf Anhieb klappten, störte nur wenig. Sie überhörten in solch intensiven Arbeitssituationen sogar das Pausenzeichen, welches ansonsten peinlich genau beachtet wurde.

Der zeitweise bei den meisten Schülern wahrnehmbare Spaß am Chemieunterricht wurde auch von anderen Kollegen bestätigt, die in dieser Klasse unterrichteten. Zum Teil wurden die Auseinandersetzungen mit den eben durchgeführten Versuchen noch in das nächste Fach mit hinübergenommen, besonders bei den Untersuchungen zu Flamm- und Brennpunkt und zur relativen Viskosität.

Dieses Verhalten korrespondiert mit der Tatsache, daß gerade die nicht mit 'chemischem Selbstvertrauen' ausgestatteten Schülerinnen sich nach den eigenen Experimentiererfahrungen relativ rege am Unterricht beteiligten. Die gewohnheitsgemäß 'guten' Jungen, die sich zum Teil auch privat mit Chemie

beschäftigen, gerieten dadurch in eine für sie ungewohnte Situation.

Diese Veränderung führte auch zu heftiger Kritik. Ein Schüler gestand zu, daß das Thema für die meisten interessant wäre, besonders für Mädchen. Er selbst fühlte sich aber unterfordert und nicht optimal auf den anvisierten Leistungskurs vorbereitet.

Das von den Schülern artikuliert Interesse endete jedoch häufig bereits vor den 'eigentlichen' chemisch-physikalischen Erklärungen. Zum Beispiel waren sie sehr interessiert zu erfahren, was die Oktanzahl besagt, wie ein Otto-Kraftstoff entsteht bzw. was er eigentlich ist. Es genügte ihnen jedoch, dabei die Zusammensetzung und die Gründe für die einzelnen Verfahrensschritte und deren prinzipielle technische Funktionsweise zu kennen. Auf der anderen Seite waren es gerade Schülerinnen, die im Zusammenhang mit dem Platforming-Verfahren -in ganzen Sätzen argumentierend- die Entsprechung zwischen makroskopischen Eigenschaften und jeweiliger Molekülstruktur entwickelten, z.B. bezüglich der Klopfestigkeit.

Aus der anfangs schwer motivierbaren Gruppe erklärten sich nach den ersten Stunden eine genügende Anzahl von Schüler zur Übernahme von Referatsthemen bereit. Die Schüler verwendeten für ihre Ausarbeitungen auch häufig zusätzliche, über die von mir bereitgestellte Literatur hinausgehende Quellen oder baten um weiteres Material. Allerdings realisierte wohl auch nur diese aktive Gruppe den Zusammenhang zwischen dem chemisch/technischen und dem gesellschaftlichen Bereich. Das betrifft besonders die Verbindungen zwischen der gezielten Entwicklung des katalytischen Crackens Mitte der zwanziger Jahre und den Autarkie-Bestrebungen im Dritten Reich. Mit Ausnahme der Anwendungsgeschichte des Erdöls wurden die wirtschaftlichen und ökologischen Inhalte von vielen Schülern als eigentlich nicht zum Thema gehörig betrachtet. Die 'Hobbychemiker' spielten dabei wieder eine besondere Rolle.

8. Stichpunkte zur Leistungsüberprüfung

- 1) Erläutern Sie die Bedeutung des Krackens
 - a) unter wirtschaftlichen
 - b) unter chemisch-technischen Gesichtspunkten

- 2) Nennen Sie Gründe für die Verwendung von Benzin- und Dieselmotoren als fast alleiniger Energieträger für Kraftfahrzeuge. Die Erläuterung soll technische, chemische und wirtschaftliche Argumente berücksichtigen.

- 3) Warum gibt es nicht "den Preis" für ein Erdölprodukt ?
(Handelsbeziehungen, internationale Konzerne, Koppelproduktion/Ausbeutesteuerung)

- 4) Was versteht man unter Klopfintensität ? Welche Art Kohlenwasserstoffe erhöhen bzw. welche vermindern sie ?

- 5) Durch welche Maßnahme wird beim geregelten Dreiwege-Katalysator die Emission von Kohlenwasserstoffen vermindert ?

- 6) Wie kann man feststellen, ob Erdöl ein Gemisch oder eine Verbindung ist?

- 7) Durch welche physikalisch-chemischen Größen lassen sich Erdöl (-produkte) klassifizieren ?