

GREENPEACE STUDIE

**Der verzögerte
Ausstieg.**

**Der FCKW-Verbrauch
der bundesdeutschen
Industrie 1990/91**

**W
K
G
L**

Inhalt	Seite
Verzeichnis der Tabellen	4
Abkürzungen	5
Vorwort	5
Einleitung: Der verzögerte Ausstieg	8
Kapitel I- FCKW: Am meisten braucht der Schaum	11
1. Wie Weichschaum aus der Form kommt: FCKW als Trennmittel	11
1.1. Autositze - FCKW-Hauptverbraucher beim Weichschaum	15
1.2. Der Schaum für Kopfstützen	24
1.3. Die Mittelarmlehnen	24
2. Feste Haut dank FCKW: Weicher Integralschaum	24
2.1. Hauptverbraucher Lenkrad	25
2.2. Schaltknöpfe und Wählhebel	29
2.3. Heckspoiler	30
3. FCKW auf weichen Sohlen: Halbharter Integralschaum	32
4. Ozongift in der Hartschaumzelle: Dämmung mit FCKW	37
4.1. PU-Dämmplatten für den Bausektor	38
4.2. PU-Ortschaum	42
5. Extrudiertes Polystyrol: Noch einmal FCKW im Baustoff	47
6. Großchemie und FCKW-Ersatz: Die Linie der Bequemlichkeit	49

Kapitel II - FCKW als Kältemittel: lokal gekühlt - global erhitzt	53
1. Kühlmöbel im Haushalt	53
2. Der hohe Kältemittelverbrauch der gewerblichen Kühlmöbel	55
3. Damit im Stau bloß keiner schwitzt: Autoklimaanlagen	57
4. Recycling und Entsorgung	61
5. FCKW-freie Kälte- und Dämmittel	63
Kapitel III - FCKW als Lösemittel: Nicht nur der Schmutz, auch die Ozonschicht schwindet	
1. Die Eigenschaften von FCKW-Lösemitteln	66
2. Haupttrends von Verwendung und Ersatz von FCKW 113 seit 1985	68
3. FCKW 113 in der deutschen Elektronikindustrie	69
3.1. Unterhaltungselektronik	69
3.2. Telekommunikation	69
3.3. EDV-Industrie	70
3.4. Meß-, Steuer- und Regelungselektronik - bei Hausgeräten	72
3.5. Automobilelektronik	73
3.6. Militär- und Luftfahrt elektronik	74
3.7. Halbleiter und Hybride	76
4. Alternativen zum FCKW-Lösemittel – Haupttrends	78
4.1. Waschen mit Alkohol	78
4.2. Kombiniertes Waschen mit Lösemittel und Wasser	79
4.3. Löt en in Schutzgas-Atmosphäre	79
4.4. Rückstandsarme Flußmittel ohne Waschen	80
5. Ausblick: Saubere Leiterplatten ohne FCKW	80

Kapitel IV - Das Löschmittel Halon: Was unten nützt, kann oben schaden	82
1. Die Hersteller von Halonlöschern in der Bundesrepublik	83
2. Der scharfe Verbrauchsrückgang und die bleibenden Vorräte	84
3. Bundeswehr und Halon	86
3.1. Verwendungszwecke im Militärbereich	86
3.2. Special: Waffensysteme und Halon	87
4. Halon in Auto-Feuerlöschgeräten	90
4.1. Der Auto-Feuerlöscher-Markt	91
4.2. 600 000 Ozon-Killer "an Bord"	92
4.3. Zum Halon-Ersatz bei Autolöschern	92
5. Die leidige Halon-Entsorgung	93
6. Ersatzstoffe für Halon-Löschmittel	94
Zusammenfassung: 40 000 Tonnen zu viel: Der FCKW-Verbrauch der bundesdeutschen Industrie 1990/91 in der Übersicht	95
Glossar	98

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1: Hauptanwendungen von FCKW in der Bundesrepublik 1991

Tabelle 2: Eigenfertigung und Fremdbezug kompletter Weichschaum-Sitzaustattungen der deutschen Autohersteller - 1990, in Stück

Tabelle 3: PU-Schaum und Trennmittel-FCKW für Autositze bei Autoherstellern und Schaumzulieferern - in Tonnen 1991 (Schätzung)

Tabelle 4: In- und ausländische Schuhproduktion deutscher Firmen nach Millionen Paarzahlen und Anteil von PU-Besohlungen

Tabelle 5: FCKW-Verbrauch für Trennmittel von PU-Sohlen für deutsche Schuhfirmen nach Branchen

Tabelle 6: Haushaltskühlmöbel-Produktion 1987 bis 1989 in Tausend

Tabelle 7: Werkseitig eingebaute Klimaanlage (KL) 1989 nach Herstellern

Tabelle 8: Durchschnittliche Füllmenge von FCKW 12 in Autoklimaanlagen nach Herstellern (Neuwagen Mitte 1990)

Tabelle 9: FCKW-113-Verbrauch in der Elektronik in Tonnen für 1985 und 1990 (Hochrechnung)

Tabelle 10: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen) - Unterhaltungselektronik (76 700 Besch.)

Tabelle 11: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen) - Telekommunikation (110 000 Besch.)

Tabelle 12: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen) - EDV - Computerindustrie (83 300 Besch.)

Tabelle 13: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen) - Meß-, Steuer- und Regelungselektronik (115 000 Besch.)

Tabelle 14: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen) - Autoelektronik (75 000 Besch.)

Tabelle 15: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen) - Militär- und Luftfahrtelektronik (55 000 Besch.)

Tabelle 16: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen) - Bauelemente und Hybride (40 000 Besch.)

Tabelle 17: Inländischer Halonverbrauch 1987 und 1990 in Tonnen (Angaben des BVFA und Schätzungen)

Tabelle 18: Halonvorrat in der Bundesrepublik 1991 in Tonnen (Auskünfte und Schätzungen)

Tabelle 19: Halon-Vorrat in Waffen und Liegenschaften der Bundeswehr 1991 in Tonnen (Schätzungen)

Tabelle 20: Halonvorrat in Kampffahrzeugen der Bundeswehr 1991

Tabelle 21: Halonvorrat in militärischem Fluggerät 1991

Tabelle 22: Halonvorrat (1301) in Marineschiffen 1991

Tabelle 23: Auto-Feuerlöscher (Inlandsproduktion 1989 in Stück)

Abkürzungen

(ohne Abkürzungen von Firmennamen, die jeweils im Text erläutert werden)

Abschn.	Abschnitt
Alu	Aluminium
Ant.	Anteil(e)
B., Besch.	Beschäftigte
Durchschn.	Durchschnitt
(E)DV	(Elektronische) Daten-Verarbeitung
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoff(e)
FKW	Fluorkohlenwasserstoff(e)
incl.	inclusive
IMC	In Mold Coating (in der Form Lackieren)
KL	Klimaanlage(n)
Lkw	Lastkraftwagen
ODP-Wert	Ozone Depletion Potential (Maß für das Ozonzerstörungspotential einer Substanz)
Pkw	Personenkraftwagen
PU	Polyurethan
PVC	Polyvinylchlorid
R	von "refrigerant" (Kältemittel) abgeleitete Typenbezeichnung für FCKW (in Verbindung mit 2 bis 4 Ziffern)
RIM	Reaction Injection Molding (Verfahren zur Herstellung von relativ hartem Integralschaum)
SMD-Technik	Surface Mount Technology (Oberflächentechnik bei der Leiterplattenbestückung)
sh.	siehe
s.u.	siehe unten
u.a.	und andere, unter anderem
USt	Umsatzsteuer
UV	Ultraviolett
XPS-Schaum	Extrudierter Polystyrol-Schaum
z.T.	zum Teil

VORWORT

Hamburg, 27.04.91

Sehr geehrte Leserin, sehr geehrter Leser,

Wir stellen ihnen hiermit eine Studie vor, die in unserem Auftrag die ÖKOLOGISCHEN BRIEFE in Frankfurt/M. zur Frage des aktuellen Standes der FCKW-Verwendung durchgeführt haben.

Sie mögen fragen: wozu? Ist das FCKW-Problem nicht längst gelöst? Genau das ist der Grund für unsere Studie. Denn das FCKW-Problem ist alles andere als gelöst. Immer noch werden FCKW auch von den beiden großen bundesdeutschen Herstellern Hoechst-AG und Kali-Chemie produziert, und immer noch werden sie im Umfang von Zehntausenden von Tonnen in der Bundesrepublik angewendet. Eine Verordnung, die – anderthalb Jahre nach der Vorankündigung – im Spätsommer in Kraft treten wird, setzt zwar Fristen für die Anwendung von FCKW und Halonen in verschiedenen Bereichen; doch lassen diese eine noch mehrjährige Anwendung der „harten“ FCKW, im Falle des H-FCKW F 22 sogar noch eine Anwendung bis zum Jahr 2000 und im Fall aller anderen teilhalogenierten, „weichen“ FCKW eine unbeschränkte Anwendung zu.

Ziel dieser Studie ist es, den derzeitigen aktuellen Stand der FCKW-Anwendung in den wichtigsten Sektoren zu dokumentieren. Dabei hat sich u.a. gezeigt, daß die Entwicklung in den verschiedenen Branchen äußerst unterschiedlich ist, insbesondere aber in den Sparten „Schaum“ und „Kälte“ so gut wie keine Bewegung festzustellen ist. Um hier Veränderungen mit dem Ziel des Ausstiegs noch vor den Fristen der Verordnung in die Wege zu leiten, veröffentlichen wir unsere Recherche-Ergebnisse, und wir werden es auch nicht bei der Veröffentlichung dieser Zahlen belassen.

Als besonders skandalös ist zu bewerten, daß gerade in denjenigen Anwendungsbereichen, wo ohne Schwierigkeiten auf FCKW verzichtet werden kann, deren Einsatz weiterhin an der Tagesordnung ist, und dies auch in so bedeutsamen Branchen wie der Autoindustrie.

Unsere Studie stellt bei den FCKW-Anwendern den Trend fest, lediglich von vollhalogenierten, „harten“ FCKW auf teilhalogenierte FCKW, die derzeit als Ersatzstoffe favorisiert werden, umzusteigen. „Verzögerter Ausstieg“ ist auch im Sinne des Austausches eines FCKW durch einen anderen zu verstehen. Diese Stoffe sind aber schon heute ein bedeutendes Problem, für die weitere Zukunft über 1995 hinaus (für den europäischen

bzw. internationalen Bereich über 1997 und 2000 hinaus) werden sie zum Hauptproblem. Diese Stoffe sind nirgends reguliert und werden auf breiter Basis als Ersatz für vollhalogenierte FCKW erforscht, getestet und auch bereits eingesetzt, etwa F 22.

Diese Studie ist nur ein Anfang, und sie kann nicht den Anspruch erheben, das vollständige Ausmaß des FCKW-Anwendungsprobleme zu dokumentieren. Wir werden die Untersuchung weiterführen, erweitern insbesondere um die Frage des Einsatzes der teilhalogenierten FCKW „aus der zweiten Reihe“. Für weitergehende Anfragen stehen wir hier in Hamburg, aber auch die Autoren der ÖKOLOGISCHEN BRIEFE in Frankfurt/M. gern zur Verfügung.

Wolfgang Lohbeck

-Leiter der FCKW-Kampagne-

Greenpeace e.V., Hamburg

Der verzögerte Ausstieg

Daß Fluor-Chlor-Kohlen-Wasserstoffe (FCKW) die Hauptzersetzer der Ozonschicht sind, ist bekannt. Ebenso kennt man die Firmennamen ihrer inländischen Produzenten Hoechst AG und Kali-Chemie AG. Viel weniger weiß die Öffentlichkeit, wer die Ozonkiller heutzutage - im Jahre 1991 - überhaupt verwendet und wofür. Zwar stimmt es, daß es ohne Herstellung von FCKW keine Anwendung gäbe. Aber auch der umgekehrte Fall ist richtig: Ohne Anwender gäbe es keine Produktion von FCKW.

Diese industriellen Anwender mit ihrem Verbrauch von jährlich mindestens 40 000 Tonnen FCKW nimmt unsere Studie aufs Korn. Wir fragen: Für welche Zwecke werden FCKW noch eingesetzt, in welchen Mengen und von welchen Unternehmen? Und: Gibt es keine Alternativen?

Nachdem FCKW als Treibgas aus den Spraydosen weitgehend verschwunden ist, denken viele, daß der heimische Kühlschrank - oder die möglicherweise vorhandene Autoklimaanlage - die letzten Winkel sind, aus denen die FCKW noch zu vertreiben sind. Das ist nicht ganz falsch. Auf Haushaltskühlmöbel und Pkw-Klimatisierung entfallen 1991 immerhin über acht Prozent des inländischen Gesamtverbrauchs von FCKW. Und wer ans Auto denkt, hat auch so unrecht nicht: über 11 Prozent werden fürs Automobil verbraucht - die Pkw-Klimaanlagen eingeschlossen.

Tabelle 1: Hauptanwendungen von FCKW in der Bundesrepublik 1991

Anwendungsgebiet	Menge in Tonnen	Anteil am Gesamtverbrauch
Schaumstoffe	22 000	55%
Kältemittel	8 500	21%
Lösemittel	7 500	19%
Löschmittel	1 000	2,5%
Sonstige	1 000	2,5%
Summe	40 000	100%

Mit 22 000 Jahrestonnen entfallen 55 Prozent des Inlandsverbrauchs auf den Bereich des Kunststoffschaums. Vor allem der Bausektor nimmt gewaltige FCKW-Mengen auf. Dämmstoffe aus FCKW-gefülltem Hartschaum schlucken mit Abstand die größte Menge FCKW.

Die Kälte- und Klimatechnik, mit 8 500 Tonnen zweitgrößte Anwendungsbranche von FCKW, ist bei der Suche nach Ersatzstoffen einen Schritt weiter. Die öffentliche Debatte um das verbrauchernahe Kühlschrank-Kältemittel bleibt selbst bei der großtechnischen

Anwendung von FCKW nicht ohne Wirkung. Alte und neue Kältemittel ohne Ozonschicht-Schädigung bekommen dadurch eine Chance.

Bei Lösemitteln für Reinigungszwecke ist der Verbrauch immer noch groß, aber er ist stark rückläufig. Gegenwärtig werden in diesem drittgrößten FCKW-Anwendungsfeld noch 7 500 Tonnen jährlich verbraucht. Vor allem die Elektronik, die um ihr modernes Image bangt, bemüht sich neuerdings, die Zeichen der Zeit zu erkennen, und setzt Zug um Zug alternative Stoffe ein.

Den vierten FCKW-Teilmarkt bildet das Feuerlöschmittel Halon. Von diesem für die Ozonschicht gefährlichsten aller FCKW - er hat das drei- bis Zehnfache Zerstörungspotential der "harten" FCKW 11 oder 12 - wurden 1990 im Inland noch 1 000 Tonnen abgesetzt. Erfreulich ist, daß unter dem Druck gesetzgeberischer Verbotspläne immer mehr Anwender auf andere Brandschutzmittel wie Kohlendioxid üübergehen. Halonlöschgeräte - das ist 1991 ein geschrumpfter Markt, dem keine Träne nachzuweinen ist.

Die unterschiedliche Entwicklung auf den verschiedenen Teilmärkten zeigt, daß der geforderte rasche FCKW-Ausstieg möglich ist und daß er unter bestimmten Bedingungen auch in Gang kommt.

Je näher am Endverbraucher - und damit je stärker im öffentlichen Bewußtsein - FCKW-behandelte Produkte sind, umso mehr müssen sich ihre Hersteller um umweltverträglichere Alternativen bemühen. Das ist das Körnchen Wahrheit in dem Satz vom "König Kunden". Gerade die Autoindustrie, aber auch die Konsumelektronik bemüht sich heute sehr, den Absatzstörer FCKW und das mit ihm verbundene negative Image loszuwerden. Als finanzstarke Branchen mit großem wirtschaftlichem Potential können sie von der trägen und umstellungsunwilligen Chemieindustrie geeignete Ersatzstoffe einfordern und auch bekommen.

Anders bei den Branchen, die weder im Rampenlicht der Öffentlichkeit stehen noch auf die Großchemie Druck ausüben können oder wollen. Der mehr als zögerliche Ausstieg aus der FCKW-Verwendung bei den Bau-Dämmstoffen wird erklärlich, wenn man sich die Anwender genauer ansieht: Einmal stellt die Großchemie FCKW-haltige Dämmschäume selbst als verkaufsfähige Endprodukte her. Wo dies nicht der Fall ist, präpariert sie die Vorprodukte der Dämmstoffe schon so weit für die vielen kleinen und mittelgroßen Verarbeiter, daß sie sie nur noch "zusammenrühren" müssen. Technisch von ihr abhängig sind die Verarbeiter letztlich nur Ausführorgane der Großchemie und damit nicht fähig, ihr gegenüber eigene Forderungen nach Ersatzstoffen zu entwickeln. Daß heute über die Hälfte des FCKW-Verbrauchs auf Kunststoffschäume entfällt, liegt entscheidend daran, daß in diesem Bereich die Chemische Industrie weitgehend unter sich ist und das Sagen hat. Entwickel- und anwendbare Alternativen werden dadurch nach wie vor nicht vorangetrieben.

Betrachtet man die längst verfügbaren oder denkbaren Alternativen zur FCKW-Anwendung, so muß auch mit Blick auf die im FCKW-Ersatz fortgeschritteneren Branchen festgestellt werden, daß sie den Ausstieg verspätet begonnen und verzögert haben. Die über viele Jahre vorgebrachten Argumente, mangels Ersatzstoffen sei der Ausstieg "so schnell" nicht möglich, sind seit langem widerlegt. Der Schaden für die natürlichen Lebensgrundlagen ist unverantwortbar. 40 000 Tonnen FCKW in der Industrie der Bundesrepublik sind 40 000 Tonnen zu viel.

Die Spezialstudien, die der vorliegenden Untersuchung zugrunde liegen, wurden zwischen Juli 1990 und März 1991 von der Rechercheabteilung der "Ökologischen Briefe" im Auftrag des Greenpeace e.V., Hamburg, erstellt und für die vorliegende Veröffentlichung weitgehend aktualisiert. Sie repräsentiert somit im Wesentlichen den Stand vom März 1991.

Seit der Studie des Umweltbundesamtes "Verzicht aus Verantwortung" (Berlin 1989), die erstmals den FCKW-Verbrauch in der Bundesrepublik erfaßte und in der Hauptsache mit Stand von 1986 wiedergab, wurden keine neueren Untersuchungen zu Verbrauch und Anwendungen von FCKW in der Bundesrepublik vorgelegt. Auch die Enquete-Kommission "Schutz der Erdatmosphäre", die die FCKW-Problematik weit bekannt machte, mußte sich auf die inzwischen längst überholten Angaben für 1986 stützen. Mit der vorliegenden Studie werden somit die aktuellsten und detailliertesten Angaben für die Anwendung von FCKW in den verschiedenen Industriebranchen der Bundesrepublik vorgestellt, die zugleich erstmals erkennen lassen, wie sich die Industrie ihren verzögerten Ausstieg aus der FCKW-Anwendung vorstellt und welche Veränderungen sich in den letzten Jahren vollzogen haben.

Die vorliegende Veröffentlichung und die ihr vorausgehenden Spezialstudien stützen sich neben einer Auswertung der öffentlich zugänglichen Literatur und Statistik hauptsächlich auf direkte Auskünfte aus den betroffenen Unternehmen und Verbänden. Selbstverständlich gehen in die Ergebnisse der Untersuchung oft Schätzungen ein, da in den Unternehmen und Betrieben nur in den seltensten Fällen die FCKW-Verbräuche statistisch genau erfaßt werden. Schätzungen werden als solche ausgewiesen. Auf Quellenangaben wird im Einzelnen verzichtet.

Verfasser der vorliegenden Studie sind Dr. Winfried Schwarz und Dr. André, Leisewitz.

Kapitel I - FCKW: Am meisten braucht der Schaum

Nachdem FCKW als Treibgas für Spraydosen bis auf wenige Ausnahmen aus dem Verkehr gezogen ist (auch darauf könnte verzichtet werden), bildet die Verschäumung von Kunststoffen sein größtes Anwendungsfeld. Auf Weich-, Integral- und Hartschäume entfallen gegenwärtig mit 22 000 Tonnen etwa 55 Prozent des inländischen FCKW-Verbrauchs.

1. Wie Weichschaum aus der Form kommt: FCKW als Trennmittel

Zusammenfassung: Sitze in öffentlichen Verkehrsmitteln, in Flugzeugen und vor allem im Auto haben schon seit langem keine Federkern-Polsterung mehr. Sie sind kaltgeformte Weichschaumteile aus Polyurethan. Für kaltgeformten Weichschaum wird im Unterschied zu heißgeformtem und nichtgeformtem (Blockschaum) noch in großem Umfang FCKW benutzt - vor allem als Trennmittel. Zusammen mit dem - technisch längst überflüssigen - Verbrauch bei leichtem Blockweichschaum entfallen auf kaltgeformten Weichschaum pro Jahr 2 500 Tonnen FCKW. Für den größten Einzelposten mit 1 000 Tonnen ist die Autoindustrie verantwortlich.

Nach dem "Stand der Technik" gibt es keinen Grund mehr, FCKW als Treibmittel für Polyurethan-Weichschaum (PU-Weichschaum) anzuwenden. Nur bei den leichtesten, besser: billigsten, Gewichtsklassen (Raumgewicht unter 20 Kilogramm pro Kubikmeter) ist wegen der hohen Reaktionstemperatur der Zusatz von FCKW als Treibmittel noch üblich, weil er den heißwerdenden Reaktionsschaum kühlt. Anwendungsfälle für derartigen leichten - aber grundsätzlich ersetzbaren - Weichschaum sind Billigmöbel und Verpackungsmaterial für zerbrechliche Güter. Hierfür gibt es genügend Ersatzstoffe. Der übliche superelastische Weichschaum ("Schaumgummi") hat gewöhnlich Raumdichten von 20 Kilogramm pro Kubikmeter aufwärts.

PU-Weichschaum macht etwa ein Drittel des gesamten Polyurethan-Marktes aus. Vom Weichschaum wiederum entfällt über die Hälfte auf Blockschaum, der vor allem bei Sitzmöbeln, Matratzen usw. verwendet wird. Dabei wird FCKW nicht benötigt. Neben dem - zur Weiterverarbeitung zuzuschneidenden - Blockschaum gibt es auch Weichschaum, der bei der Herstellung schon eine Form bekommt: Formschaum. Dieser läßt sich im Heißverfahren produzieren; auch Heiß-Formschaum braucht kein FCKW. An Bedeutung hat in den letzten 20 Jahren aber immer mehr der Kalt-Formschaum gewonnen, weil er sich sehr leicht herstellen läßt: Bei relativ niedrigen Reaktionstemperaturen (unter 100 Grad Celsius) entstehen in Formwerkzeugen aus Aluminium oder Kunststoff fertigeformte Schaumteile, die überwiegend für Fahrzeugsitze Verwendung finden. Hier spielt FCKW eine doppelte Rolle.

Die Großen der Polyurethan-Chemie

In der Welt-Rangliste der Massenkunststoffe nimmt Polyurethan (PU) mit 5 Millionen Jahrestonnen Platz Sechs ein. Weltmarkt-führer ist die Bayer AG, weltweit Zweiter DOW Chemical. Um die Plätze Drei und Vier streiten sich BASF und die britische ICI.

Bayer hat bei den Polyurethan-Ausgangsstoffen einen Weltmarktanteil von einem Drittel. Neben seinen außereuropäischen Werken in USA und Fernost produziert Bayer im Wesentlichen in den deutschen Werken Dormagen, Brunsbüttel und Uerdingen. Die Isocyanate (B-Komponente) bei Bayer haben den Handelsnamen Desmodur. Die Polyole (A-Komponente) heißen Desmophen. Je nach Zusammensetzung und Verwendungszweck werden fertige Systeme hergestellt, die z.B. beim Weichschaum Bayfit, beim Integralschaum Bayflex, bei der Kühlgeräteisolierung Baytherm und bei Hartschaum für den Baubereich Baymer heißen.

Die BASF produziert die PU-Komponenten Isocyanate und Polyole in Antwerpen. Das PU-Systemgeschäft betreibt die Tochterfirma Elastogran (Lemförde und Olching). Vergleichbar Bayer stellt sie für alle möglichen PU-Anwendungszwecke Systeme her: Integralschaum heißt Elastoflex, Ortschaum heißt Elastopor usw.

DOW Chemical hat ein deutsches Systemhaus in Ahlen - vor allem für Dämmplatten. Die Produktion von Isocyanaten findet im Werk Delfziyl (Niederlande), die von Polyolen im Werk Terneuzen (ebenfalls Niederlande) statt. Das deutsche Werk Stade soll noch 1991 in die Lage kommen, Isocyanate zu produzieren.

ICI unterhält PU-Systemhäuser in Löhne und Deggendorf. Die Komponenten Isocyanate und Polyole werden vor allem im niederländischen Rozenburg produziert.

Erstens wurde FCKW lange Zeit als Aufschäummittel benutzt, um die Bildung der Schaumzellen, die durch Kohlendioxid-Gas entstehen, zu verstärken. Die Gasbläschen bilden offene Zellen im Polyurethan, der dadurch erst zum Schaum wird. Heutzutage wird bei kaltgeformtem Weichschaum auf FCKW-Zusatz zum Treibmittel Kohlendioxid, das ohnehin entsteht, weitgehend verzichtet. "Stand der Technik" ist FCKW als Weichschaum-Treibgas nicht mehr.

Zweitens wurde und wird FCKW im Trennmittel eingesetzt. Zwar versichern alle befragten Schaumhersteller, bis Ende 1991 den FCKW-Ausstieg zu schaffen; angesichts des gegenwärtigen Standes ist aber zu bezweifeln, ob diese optimistischen Ankündigungen eingehalten werden können.

FCKW-haltige Trennmittel bei der Schaumherstellung

Polyurethan hat gegenüber anderen Kunststoffen den Vorteil, daß er nicht im Chemiebetrieb entsteht - dort werden die Ausgangsstoffe hergestellt -, sondern daß die eigentliche chemische

Reaktion der Ausgangsstoffe zu PU-Schaum mit relativ einfacher Technik beim Anwender durchgeführt werden kann. Zur Reaktion werden die flüssigen Ausgangsstoffe in Formwerkzeuge "geschossen" und vermischt, wo sie zu zelligem Schaum hochsteigen. Weil der ausgehärtete Schaum in der Form festkleben würde, wird diese vorher mit einem Trennmittel besprüht, damit das Schaumteil nach der Reaktion rückstandsfrei entnommen werden kann. Trennaktive Substanzen sind Wachse, Fette oder Öle - wie wenn eine Kuchenform vor dem Backen mit Fett eingeschmiert wird. Der FCKW-Einsatz im Trennmittel bietet sich wegen der sehr hohen Flüchtigkeit (niedriger Siedepunkt!) von FCKW an. Denn sie führt zur schnellen Verdunstung des Trennmittels und somit zur schnellen Trocknung des Schaums, was dessen rückstandsfreie Herauslösung im Minutentakt ermöglicht. Nicht das Abtrennen des Schaums von der Form ist die Aufgabe des FCKW. Er ist vielmehr als schnellflüchtiges Lösemittel wirksam, in dem die Trennschichten wie Wachse oder Öle gelöst sind. Der Anteil von FCKW 11 im konventionellen Trennmittel betrug vor drei Jahren noch 55 Prozent, mittlerweile ist er auf 40 Prozent gesenkt worden. Weitere Bestandteile des Lösemittels sind zum Beispiel 5 Prozent 1.1.1-Trichlorethan und 30 Prozent Benzine.

Bei Anwendung von FCKW im Trennmittel, das vor der chemischen Reaktion der schaubildenden Komponenten (Polyole und Isocyanate) auf die Form aufgetragen wird, lassen sich Schaum und Form bislang am besten, d.h. am kostengünstigsten, voneinander lösen. Bei den in Erprobung und z. T. in Anwendung befindlichen wäßrigen Lösungen bzw. "wäßrigen Wachsen" gelingt dies schwerer. Komplexere Formwerkzeuge sind nach der Entfernung des Schaums oft noch mit Schaumresten behaftet, so daß zusätzlicher Reinigungsaufwand erforderlich wird. Um bei wäßrigen Lösungen einen vergleichbar schnellen Verdunstungseffekt wie durch FCKW zu erzielen, müssen die Aluminium-Formen auf bis zu 90 Grad Celsius erhitzt werden, damit das Wasser verdampft.

Ein genereller Mangel heutiger wäßriger Trennmittel besteht in der unerwünschten chemischen Reaktion von Isocyanaten mit dem Wasser. Dies führt auf der Formoberfläche allmählich zum Aufbau einer störenden Schicht aus Poly-Harnstoff. Spätestens alle vierzehn Tage muß diese Schicht durch verschiedene Maßnahmen (z.B. Sandstrahlen) entfernt werden.

Eine schnelle Verdunstung des Trennmittels kann auch durch Lösung der trennaktiven Substanzen in Benzin erreicht werden. Dies ist die in den USA übliche - wenngleich gegenüber wäßrigen Systemen weniger umweltgerechte - Methode. Das verdunstete Benzin kann aufgefangen und abgefackelt werden. Bei Benzin als Trennmittel muß die Anlage explosiongeschützt werden, was sich wiederum - wegen der hohen Kosten - nur finanzstarke Unternehmen leisten können. (Opel ist in Rüsselsheim zu diesem Verfahren übergegangen.)

Der Trennmittel-Markt

Während die Ausgangsstoffe für die Schaumbildung - Isocyanate und Polyester-/Polyether-Polyole - von großen Chemieunternehmen stammen (Bayer, BASF, ICI), werden die Trennmittel gesondert zusammengestellt und geliefert. Die vier bedeutendsten Trennmittelformulierer sind:

ACMOS, Bremen (Familienunternehmen)
Klüber Chemie, Maisach/Gernlinden (Freudenberg-Gruppe)
Dexter, Sandhausen (früher: Teroson) (US-Unternehmen)
Chemtrend, München (US-Unternehmen, das in Dänemark produziert)

Alle vier Firmen liefern FCKW-haltige Trennmittel, liefern aber auch die wäßrigen Trennsysteme und Konzentrate (High Solids).

Die dritte Alternative zu FCKW-haltigen Trennmitteln sind die sogenannten High Solids. Sie finden dort Anwendung, wo wäßrige Mittel nicht das mit FCKW gewohnte Tempo beim Entformen zulassen: bei geometrisch komplizierteren Schaumprofilen.

High Solids

High Solids sind in der Regel mittelsiedende Isoparaffine ("dickflüssiges Benzin"), also Kohlenwasserstoff-Konzentrate. Gegenüber Benzin verdunsten sie etwas langsamer, ein Nachteil, der dadurch ausgeglichen wird, daß nur ein Fünftel der Benzinmenge auf die Form aufgetragen werden muß. Außerdem ist der Flammpunkt höher als bei Benzin, wodurch der Explosionsschutz weniger aufwendig wird. Solche organischen Lösemittel-Konzentrate oder "High Solids" sind den gegenwärtigen wäßrigen Mitteln in der Trennwirkung noch überlegen. Sie haben allerdings die gleichen ökologischen Nachteile wie Benzin und sind auf gesundheitliche Risiken noch wenig erforscht.

Bei einfacheren Schaumformen genügen allerdings die vorhandenen wäßrigen Trennmittel zur Ablösung des Schaums, bzw. muß FCKW-haltiges Trennmittel nicht nach jedem einzelnen Arbeitsgang aufgetragen werden.

Wo Schaumhersteller von FCKW-freier Produktion reden, meinen sie normalerweise den Verzicht auf FCKW als Treibmittel, das in der Tat nur noch selten eingesetzt wird. Erst in zweiter Linie kommen ihnen die Trennmittel in Erinnerung. Wo ohne FCKW-haltige Trennmittel Formschaum hergestellt wird, handelt es sich entweder um Teilbereiche bei den Herstellern - um Anlagen, welche die geometrisch einfacheren Teile produzieren, die sich leicht wäßrig trennen lassen. Oder um Anlagen für schwierigere geometrische Schaumformen, wo Benzine oder High Solids den FCKW ersetzen. Der größte Teil der komplizierteren Formen wird allerdings auch heute noch mit FCKW getrennt.

Die FCKW des Trennmittels bleiben nicht im Schaum, sondern entweichen sofort. Wegen ihrer Eigenschaft, sich schnell zu verflüchtigen, werden sie ja gerade eingesetzt.

1986 wurden rund 62 000 Tonnen PU-Formschaum in der Bundesrepublik produziert; dafür wurden 2 900 Tonnen FCKW 11 als Treibmittel und 2 000 Tonnen FCKW 11 als Trennmittel eingesetzt. Die Produktionsmenge von Formschaum ist seitdem zwar gestiegen, allerdings ist die FCKW-Menge dafür zurückgegangen. Vor allem wird viel weniger Treibmittel - etwa noch 1 000 Tonnen - verbraucht. Dagegen wird FCKW zum Trennen von Kaltformschaum noch zu mindestens 1 500 Tonnen verwendet.

Der größte Teil davon wird fürs Automobil benutzt. Auch 1991 sind es noch fast 1 000 Tonnen FCKW 11, die im Trennmittel für Autoschaumstoff - vor allem für Sitze und Lehnen - verbraucht werden.

1.1. Autositze - FCKW-Hauptverbraucher beim Weichschaum

Allein für Autositze aus PU-Weichschaum mit einem Gesamtgewicht von 40 000 Tonnen werden 1991 noch über 850 Tonnen FCKW 11 verbraucht.

Ein Autositz besteht aus einem Metallgerüst, je einem Schaumteil für den Sitz und für die Lehne sowie aus dem Bezugsstoff. Bei der Sitzfertigung wird der geformte Schaum mit dem Stoff (in der Regel Textil) überzogen und vernäht. Der Schaum für eine komplette Sitzeausstattung aus Vorder- und Rücksitzen wiegt bei einem Pkw aus deutscher Fertigung im Mittel zehn Kilogramm - bei VW weniger, bei BMW mehr. (Bei Lkws, die keinen Rücksitz haben, sind es nur 6 Kilogramm.)

Zwischen Sitzfertigung und Schaumherstellung besteht ein Unterschied. Eine eigene Sitzfertigung oder zumindest einen Sitzfertiger, der die fertigen Sitze ans Montageband liefert, haben bis auf Porsche alle inländischen Automobilhersteller. Eine eigene Schäumerei unterhalten dagegen nur BMW (in Landshut), Audi (in Ingolstadt), Ford (in Köln und Saarlouis) und Mercedes (in Wörth für Lkw), außerdem noch VW eine Schäumerei für Kopfstützen (in Wolfsburg). Die eigene Schäumkapazität der Autohersteller liegt weit unter ihrem Bedarf. Ein großer Teil des Sitzeschaums muß von Zulieferern zugekauft werden. Von den jährlich für die inländische Produktion benötigten 4 Millionen Sitzegarnituren wird - aufs Gesamtgewicht bezogen - ein Drittel von den Autoherstellern selber geschäumt, zwei Drittel kommen von Zulieferern.

1990 betrug die deutsche Jahresproduktion an Fahrzeugen 5,1 Millionen Stück. Mercedes verwendet für seine 580 000 Pkw keine Schaumsitze, sondern eine Federkernpolsterung; Opel und Ford stellen jeweils 300 000 Fahrzeuge nicht im Inland, sondern in Belgien her.

Von den 5,1 Millionen statistisch erfaßten "deutschen" Fahrzeugen erhalten daher in der Bundesrepublik nur 4 Millionen eine Sitzausstattung aus PU-Weichschaum.

Von den 4 Millionen Sitzausstattungen (Gesamtgewicht 40 000 Tonnen PU-Schaum) schäumen die Autohersteller fast genau ein Drittel selber. Die übrigen zwei Drittel liefern selbständige Schaumproduzenten - vor allem die Firmen Fehrer, Naue, Metzeler und Dunlopillo. Dabei wird die Schaum-Selbstversorgungsquote durch VW so stark nach unten gedrückt, weil dieser Hersteller von fast einem Drittel aller im Inland gefertigten Pkws zwar eine Sitzfertigung unterhält, aber den gesamten Sitze-Schaum einkauft.

Tabelle 2: Eigenfertigung und Fremdbezug kompletter Weichschaum-Sitzausstattungen der deutschen Autohersteller - 1990, in Stück

Unternehmen	Gesamtbedarf	Eigenschäumung	Fremdbezug
Ford	600 000	530 000	70 000
Mercedes	200 000	180 000	20 000
Volkswagen	1 600 000	-	1 600 000
Audi	420 000	350 000*	70 000
Opel	650 000	-	650 000
BMW	500 000	250 000*	250 000
Porsche	30 000	-	30 000
Summe:	4 000 000	1 310 000	2 690 000

Anmerkung: Unter Fremdbezug sind auch die von der Firma Keiper-Recaro gefertigten Sportsitze aufgeführt. Darum hat Mercedes Zulieferer-Sitze aus PU-Schaum auch in Pkws, wenngleich der Hauptteil des Sitzschaums bei Mercedes in Lkws geht.

* Die Zahlen bei BMW und Audi sind so zu verstehen: Beide Unternehmen schäumen nicht ganze Garnituren aus Sitz- und Lehnenschaum, sondern nur den Sitzschaum ohne Lehne, die sie zukaufen. Die in Wirklichkeit 500 000 geschäumten Sitzpolster bei BMW sind somit jeweils nur "halbe" Sitzgarnituren, die in der Tabelle zu 250 000 ganzen Sitzgarnituren umgerechnet sind. Ebenso ist es bei Audi, wo in Wirklichkeit 700 000 Sitzpolster ohne Lehnen geschäumt werden, die als 350 000 "ganze" Ausstattungen zählen. (Die 300 000 Sitzpolster, die Audi an VW liefert, brauchen nicht gesondert aufgeführt zu werden. Sie sind für VW Fremdbezug.)

Die interne Schaumproduktion der Automobilhersteller

Seit Umweltschutz zum Wettbewerbsargument geworden ist, rufen die Autohersteller nach wäßrigen Trennmitteln. Tatsächlich setzen sie solche bereits in großem Ausmaß auf ihren eigenen Schäumereien ein. Allerdings ist zu beachten, daß wegen ihrer niedrigen Schäumkapazitäten zwei Drittel des Schaums von Firmen stammt, bei denen Schäumen nicht nebenher betrieben wird, sondern das Hauptgeschäft ist. Hinter dieser Arbeitsteilung steckt Methode, die Methode der Verlagerung: Die Autohersteller konzentrieren sich selbst auf die einfachen Schaumteile, während sie die geometrisch komplizierteren Schäume außer Haus produzieren lassen. Üblich ist es zum Beispiel, nur das Sitzpolster zu schäumen, nicht aber die

- kompliziertere - Lehne. Bei einfachen Schaumformen läßt sich FCKW nun mal am ehesten durch wäßrige Trennmittel ersetzen. Und so kommt es, daß die Schaumbetriebe der Autohersteller beim FCKW-Ersatz weiter sind als die zuliefernden Spezialunternehmen aus der Schaumbranche. Der Vorsprung ist nur ein scheinbarer.

Wie sieht es nun bei den einzelnen Automobilunternehmen aus?

1. Ford hat 1989 in Köln (Montage des Fiesta und Scorpio) seine alte Formschaumanlage, die mit FCKW 11 als Treib- und Trennmittel arbeitete, durch eine neue Anlage ersetzt, die nur wäßrige Trennmittel verwendet (Tageskapazität: 2 000 komplette Sitzausstattungen). Die Schaumteile werden nach einem Schaum-System von BASF/Elastogran hergestellt, wobei als Treibmittel das Kohlendioxid der Luft ausreicht. Das Trennmittel stammt von Klüber-Chemie. Obwohl Ford als einziger Hersteller das Verfahren der Direkthinterschäumung des Bezugsstoffs der Sitze und Lehnen (statt Schäumen mit anschließender Vernähung) anwendet, ist infolge der wäßrigen Trennmittel der Arbeitsaufwand sowohl für den Auftrag als auch für das Reinigen der Formen überdurchschnittlich hoch. Dem Verdampfen des Wassers muß durch Erwärmung der Formwerkzeuge nachgeholfen werden. Die Entscheidung für dieses Verfahren sei, so einige Branchenkenner, "aus politischen, nicht nur wirtschaftlichen Gründen" gefällt worden. Umso besser für Ford! Der Fremdbezug von über zehn Prozent der Eigenkapazität bei Ford ist zum einen durch Recaro-Sportsitze bedingt, zum andern dadurch, daß bestimmte Schaumteile für den Scorpio zugekauft werden müssen. Dafür gilt die Garantie "FCKW-frei" nicht.

Im Werk Saarlouis, wo die Modelle Escort und Orion montiert werden, ging im August 1990 ebenfalls eine FCKW-freie Schaumanlage (Tageskapazität von 1 350 Sitze-Ausstattungen) in Betrieb, die nach dem gleichen System wie in Köln arbeitet.

2. Opel hat seit Anfang 1991 in Rüsselsheim eine von der kanadischen Firma Woodbridge betriebene neue Schäumenanlage für Sitze- und Lehnenpolster in Betrieb, die nach Auskunft der Woodbridge-Geschäftsleitung auch bei Trennmitteln FCKW-frei, nämlich mit Benzinen, arbeitet. Durch die neue Anlage entfällt der Fremdbezug vom klassischen Opel-Zulieferer Dunlopillo, der ebenfalls zum Trennen Benzine einsetzt.

Die Anlage soll Zug um Zug sowohl den Schaumbedarf für die Rüsselsheimer Modelle (Vectra, Omega) decken, als auch in großem Umfang Schaum nach Antwerpen liefern, wo die US-Firma Johnson Control für Opel Sitze fertigt. Im Antwerpener Opel-Werk findet ein Drittel der "deutschen" Pkw-Produktion von Opel statt - vor allem Montage des Kadett, aber auch des Vectra.

Das Werk Bochum, wo der Kadett in einer Stückzahl von 300 000 montiert wird, bekommt seine Sitze fast ausschließlich von der Firma Naue fertig angeliefert. Naue, an sich ein Schaumhersteller, unterhält seit kurzem in Bochum eine Sitzfertigung für das Opel-Band mit

einer Tageskapazität von 1 300 Ausstattungen. Naue ist bei den Schaum-Trennmitteln nach eigenen Angaben im "Übergang" von FCKW-haltigen zu wäßrigen Medien, testet aber auch High Solids.

3. Mercedes hat seine Pkw-Sitzfertigung in Sindelfingen und verwendet vorwiegend die klassische Polsterung mit Federkern und Naturstoffen. Der Schaum für die Nutzfahrzeug-Sitze wird im Werk Wörth nach langen Erprobungen seit Frühjahr 1991 nur mit wäßrigen Trennmitteln (Lieferant: ACMOS) behandelt. Mercedes schäumt ebenfalls sowohl Sitze als auch Lehnen. Allerdings sind Schaumformen für Lkw-Autositze relativ einfach.

4. Audi unterhält auf dem Ingolstädter Werksgelände die zentrale Sitzfertigung für den VW/Audi-Konzern. Die Produktionszahl beträgt 2,1 Mio "Schäumlinge" jährlich, wobei unter einem Schäumling nicht eine ganze Autoausstattung, sondern jeweils nur ein einzelnes Sitzpolster für Fahrer-, Beifahrer- und Rücksitz verstanden wird. Lehnenschaum wird zugekauft. Mit den 2,1 Millionen Schäumlingen können 700 000 Pkws versorgt werden. Da Audi selber nur etwa 380 000 eigene Pkws ausrustet, wird der Überschuß an die Muttergesellschaft VW geliefert.

Die Trennmittel sind erst seit Mitte 1990 FCKW-frei, und zwar auf zwei von drei Anlagen. Statt FCKW werden auf diesen "Vorzeige-Anlagen" (Ausdruck eines Trennmittel-Wettbewerbers) mit einer Kapazität für etwa 60 Prozent des Schaums wäßrige Wachse von der Firma Klüber-Chemie eingesetzt. Der Rest wird noch konventionell, d.h. FCKW-haltig, getrennt.

5. Volkswagen. Die über 1,6 Millionen Pkws von VW, die in den Werken Wolfsburg (Polo, Golf, Jetta), Emden (Passat) und Karmann-Osnabrück (Corrado) hergestellt werden, sind wegen der geringen VW-Eigenkapazität bis auf die Audi-Lieferungen auf selbständige Schaum- bzw. Sitzelieferanten angewiesen. Außer den Sportsitzen, die ohnehin alle Auto-Hersteller außerhalb (von Keiper-Recaro) produzieren lassen, kauft VW auch für seine normalen Sitze Formschaum, und zwar hauptsächlich von Fehrer in Kitzingen bzw. dessen Zweigwerk in Braunschweig, von Naue in Espelkamp und von Dunlopillo in Hanau. Bis auf Dunlopillo (wo mit Benzin getrennt wird) können gegenwärtig die Schaumhersteller Naue und Fehrer - nach eigenen Angaben - bislang auf FCKW im Trennmittel noch nicht verzichten. Gewisse Prüfwerte der Autoindustrie seien beim Stand der Technik nicht anders einzuhalten. Fehrer's Trennmittel kommen von Dexter, aber auch von Chemtrend. Dunlopillo bezieht seine Benzin-Trennmittel von Chemtrend und von ACMOS. Naue wird vor allem von ACMOS beliefert.

6. BMW hat seine Schaum-Anlage im Kunststoffwerk Landshut. Die Kapazität der Landshuter Schäumerei ist auf den BMW-Gesamtbedarf an Normalsitzen ausgelegt, allerdings nur für die Schäume der Sitze, nicht der Lehnen. Den Lehnen-Schaum liefern die

Firmen Naue und Fehrer. Zehn Prozent der BMW-Sitze (Sportsitze einschließlich Recaro-Sportsitze) erhalten ihren Schaum nicht aus Landshut.

Bis Mitte 1991 sollen nach BMW-Angaben die Trennmittel im Landshuter Werk nicht mehr FCKW-haltig sein. Drei von sechs Anlagen arbeiten schon mit wäßrigen Trennmitteln, und zwar dort, wo relativ einfache Formen geschäumt werden. Die Hälfte des Schaums wird FCKW-frei getrennt. Das Hauptproblem für den Ersatz durch wäßrige Mittel ist die Verunreinigung der Werkzeuge nach jedem Schäumvorgang durch Rückstände von trennaktiven Substanzen wie Wachs. Zum Teil wird versucht, die Formen durch Ultraschall zu reinigen. Das Trennmittel kommt von Dexter.

FCKW und Schaum: Beispiel BMW

BMW ist bei den Trennmitteln zur Hälfte FCKW-frei, zur anderen Hälfte noch nicht. 1990 wurden für seine rund 440 000 Sitzpolster (ohne Lehnen) à 5,75 Kilogramm 2531 Tonnen Schaum (Werksangabe) verbraucht, und dafür 60 Tonnen FCKW 11 benötigt. Das bedeutet 2,37 Gewichtsprozent FCKW oder 23,7 Kilogramm FCKW pro Tonne Sitzschaum.

Zum Vergleich 1983: Damals wurden nur 1230 Tonnen Schaum produziert, aber 189 Tonnen FCKW 11 eingesetzt, das als Treib- und Trennmittel diente, also 153 Kilogramm pro Tonne Schaum.

7. Porsche hat keine eigene Sitzfertigung und keine Schäumerei für seine jährlich 30 000 Automobile. Die Wagen werden ausschließlich mit Sportsitzen der Firma Keiper-Recaro bestückt, und der Schaum dafür stammt ausschließlich von Metzeler in Memmingen. Im Sommer 1990 führte Metzeler dem Porsche-Labor in Weißach Schaumteile für die ersten völlig FCKW-frei getrennten Sportsitze vor. Damals benutzte Metzeler - nach eigenen Angaben - nur noch zu 40 Prozent FCKW-haltige Trennmittel, ansonsten wäßrige, was wohl mehr den Trend als den Istzustand ausdrückte.

Metzeler beliefert außer Porsche noch BMW und Audi bzw. deren externe Sitzhersteller im süddeutschen Raum.

Sportsitze

Der größte unabhängige Fahrzeugsitze-Hersteller ist Keiper-Recaro aus Remscheid, der auch Fluggastsitze produziert. Das Unternehmen mit fünf Zweigwerken in der Bundesrepublik und Tochterunternehmen in den USA, in Italien, Spanien, Großbritannien, Brasilien und Mexiko beschäftigt im Inland 4 100 Personen und erzielt einen Umsatz von über 700 Millionen Mark. Recaro liefert seine patentierten Sitze an alle bundesdeutschen Autohersteller. Recaro-Sitze sind die Seriensitze von Porsche. Sämtliche anderen Automobilhersteller bieten für eine Vielzahl ihrer Modelle Recaro-Sitze zum Aufpreis von ca. 1 200 Mark als Sonderausstattung an.

Keiper-Recaro hat keine eigene Schaumteileproduktion, sondern baut (in Kirchheim/Teck) als Monteur die Sitze zusammen. Keipers Schaumteile-Lieferanten sind im Wesentlichen dieselben vier Unternehmen, die auch direkt die Automobilhersteller beliefern.

Die externe Sitzschaumproduktion

Die vier größten Autositz-Schaumhersteller sind:

F.S.Fehrer, Gummihaar- und Schaumpolsterfabrik GmbH & Co. KG in Kitzingen. 1 300 Besch., Umsatz: 160 Millionen. Zweigwerke in Großlangheim und Braunschweig.

E.A.H. Naue GmbH & Co. KG Gummihaar- und Schaumstoffwerke in Espelkamp. Zweigwerke: Frellstedt b. Helmstedt; Waghäusel; Mallerysdorf, Bochum. 1 650 Besch., Umsatz 190 Millionen.

Metzeler Schaum GmbH in Memmingen. 1 400 Besch., Umsatz: 250 Millionen DM.

Dunlopillo GmbH in Hanau. Teil der Dunlop GmbH mit 1 500 Besch. und 280 Millionen Umsatz. Großaktionär: BTR (European Holdings) BV, Bergen op Zoom (Niederlande). Als einziges (und kleinstes) der vier großen Schäumunternehmen trennt Dunlopillo ausschließlich mit benzinhaltigen Trennmitteln.

Die Schaumzulieferer haben den Substitutionsprozeß von FCKW nach eigenen - in der Regel optimistisch gehaltenen - Angaben zur Hälfte durchgeführt. Daraus ergäbe sich, daß sie - wie BMW - pro Tonne PU-Schaum etwa 24 Kilogramm FCKW 11 im Trennmittel benötigen. Allerdings neigen die Hersteller bei ihren Informationen nach außen dazu, die Tendenz stärker zu betonen als den aktuellen Stand. Für Frühjahr 1991 ist davon auszugehen, daß die externen Formschaum-Hersteller ihren Zwei-Drittel-Anteil am Sitzschaum-Bedarf der Autoindustrie noch zu fast 60 Prozent mit FCKW-11-haltigen Trennmitteln produzieren und selbst zum Aufschäumen ab und zu FCKW-Treibgas zusetzen. Daher ist ihr FCKW-Anteil höher als bei den internen Schäumereien der Autohersteller.

Der Grund liegt in den Qualitätsauflagen der Automobilindustrie selbst. Von ihren Zulieferern verlangen die Autohersteller eine so hohe Schaumqualität, wie sie sie selber auf ihren eigenen Anlagen gar nicht erbringen können. Insider teilen mit, daß der Schaum aus den Eigenanlagen der Autohersteller zum Beispiel Löcher oder schmierige Oberflächen aufweist, die die Wareneingangskontrolle bei Lieferungen von außen niemals durchgehen ließe. Daraus folgt eine geringe Risikofreudigkeit der externen Schaumproduzenten in Bezug auf FCKW-Ersatz.

Kapitel I – FCKW: Am meisten braucht der Schaum

Die von der Autoindustrie mehr oder weniger abhängigen Schaumzulieferer wollen lieber mit dem bewährten Verfahren im Geschäft bleiben, als infolge riskanten FCKW-Ersatzes - zumal er von der Autoindustrie nicht vehement verlangt wird - auf ihren Schaumteilen sitzenbleiben.

Aus solchen Abhängigkeitsverhältnissen erklärt sich, daß bei den Schaumzulieferern pro Tonne PU-Sitzschaum nicht 2,4 Gewichtsprozent FCKW 11 benötigt werden - wie das bei der BMW-Schäumerei der Fall ist -, sondern über 3 Prozent.

Tabelle 3: PU-Schaum und Trennmittel-FCKW für Autositze bei Autoherstellern und Schaumzulieferern - in Tonnen 1991 (Schätzung)

Unternehmen	PU-Weichformschaum	FCKW 11-Verbrauch
Audi	3 500	85
BMW	2 500	60
Mercedes	1 800	5
Ford	5 400	-
<i>Zwischensumme:</i>	<i>13 200</i>	<i>150</i>
Fehrer	9 000	290
Naue	7 000	225
Metzeler	6 000	190
Woodbridge	3 000	-
Dunlopillo	1 800	-
<i>Zwischensumme:</i>	<i>26 800</i>	<i>705</i>
Gesamtmenge:	40 000	855

Erläuterungen: Bei den Eigenanlagen der Autohersteller wurde ein FCKW-Gewichtsanteil von 2,4 Prozent, bei der Produktion der Zulieferer ein Gewichtsanteil von 3,2 Prozent - ohne Rücksicht auf Besonderheiten - unterstellt. Ford ist durch wäßrige, Woodbridge und Dunlopillo sind durch benzinhaltige Trennmittel FCKW-frei. Mercedes produziert erst seit Frühjahr 1991 ohne FCKW. Daher schlagen noch gewisse Mengen statistisch für 1991 zu Buche.

Im Jahre 1991 werden für die Herstellung von kaltgeformtem Weichschaum für Autositze für die inländische Autoproduktion noch 850 Tonnen FCKW 11 verbraucht. Ganz ohne FCKW - wäßrig - werden nur die Schäume von Ford und Mercedes behandelt (7 200 Tonnen PU-Schaum) sowie - benzinhaltig - diejenigen der Zulieferer Woodbridge und Dunlopillo (4 800 Tonnen PU-Schaum).

Wäßrig trennen oder mit High Solids?

Es ist Mitte 1991 noch nicht entschieden, ob anstelle FCKW-haltiger Trennmittel tatsächlich ausschließlich wäßrige Systeme treten werden. Bislang war dies zwar weitgehend unumstritten. Allerdings zeigen sich - gerade bei den vollsubstituierten Betrieben von Ford und Mercedes - Qualitätsmängel beim Schaum, von denen zur Zeit noch nicht klar ist, ob es sich um bloß vorübergehende Umstellungsprobleme handelt oder um prinzipielle Defizite. Mit Benzinen entstehen viele jener Mängel nicht. Doch wird sich Benzin nicht durchsetzen. Eine größere Chance wird den High Solids eingeräumt. In der Tat fahren die selbständigen Hersteller von Qualitätsschaum in Bezug auf den FCKW-Ersatz gegenwärtig zweigleisig: Sie probieren wäßrige Trennmittel aus und zugleich jene Kohlenwasserstoff-Konzentrate. Allerdings sollte die Weiterentwicklung der zweifellos umweltfreundlicheren wäßrigen Systeme in den nächsten Jahren nicht abgebrochen werden. Die High Solids könnten sich in der Zwischenzeit für hohe Qualitätsanforderungen als Übergangslösung bewähren, bis die wäßrigen Trennmittel genügend ausgereift sind.

1.2. Der Schaum für Kopfstützen

Obwohl Kopfstützen im Automobil ein Teil der Sitze (serienmäßig der Vordersitze) sind und grundsätzlich genauso wie Sitze hergestellt werden, nämlich aus Weich-Formschaum, Metallteilen und Bezugstoff, werden sie nur in Ausnahmen (Ford und BMW) auch zusammen mit ihnen geschäumt.

VW produziert in Wolfsburg jährlich etwa 1,5 Millionen Paare der sogenannten "Einheitskopfstütze" und stellt den Schaum dafür auch selber her. Diese Kopfstützen, die pro Paar 400 Gramm wiegen, werden in die Modelle Polo, Golf, Jetta und Passat sowie Audi 80 eingebaut.

Audi erhält für den Audi 80 die VW-Einheitskopfstütze. Die restlichen Rahmen-Kopfstützen (Audi 90, 100 und 200) werden von der Butz GmbH (Langenfeld) geliefert: 280 000 Paare jährlich.

Porsche baut Recaro-Sportsitze ein, bei denen die Kopfstützen kein Extra-Teil, sondern integriert sind.

BMW produziert den Schaum seiner Kopfstützen in der Landshuter Schäumerei mit; das sind - ohne die Sportsitze - etwa 450 000 Paare für Vordersitze. Dazu kommen noch 100 000 Paare für den Fond der Siebener-Reihe und als Sonderausstattung für andere Modelle. Gesamtmenge: 550 000 Paare zu je 500 Gramm Schaumgewicht.

Mercedes kauft die Schaumteile für seine Kopfstützen von den Schaumfabrikanten Naue, Fehrer und Näher (Näher, eine Textilfirma, liefert bereits bezogene Schäume, und zwar nur für Lkw). Der Gesamtbedarf für Mercedes an Kopfstützen für Pkw (vorne und hinten) beträgt 780 000 Paare (Schaumgewicht je Paar: 500 Gramm). Für Lkw werden weitere 180 000 Paare gebraucht.

Ford produziert den Kopfstützen -Schaum für die 300 000 Fiesta und Scorpio in Köln FCKW-frei auf den Eigenanlagen. Die 300 000 Paare für den Escort/Orion in Saarlouis werden zugekauft. Gesamtzahl: 600 000 Paare zu je 400 Gramm in den beiden deutschen Werken.

Opel kauft die 650 000 Kopfstützen -Paare (400 Gramm pro Paar) für die Rüsselsheimer und Bochumer Montage von der Firma Butz, die auch Audi beliefert.

Ein Zulieferer: Butz GmbH

Butz GmbH in Langenfeld führt mit Bayer Gespräche über den FCKW-Ausstieg, doch sind die Produktionsbedingungen nach eigenen Angaben "wie bei VW". Die Umstellung auf wäßrige Trennmittel soll 1991 erfolgen. (Diese Jahreszahl wird oft genannt, weil FCKW 11 ab 1992 verboten ist. Andererseits wird auch auf Übergangsbestimmungen für Altanlagen hingewiesen, die bis 1994 in Betrieb sein dürfen). Von der kleinen Butz GmbH werden etwa 1 Million Kopfstützenpaare - vor allem für Opel und für Audi - hergestellt. Dazu sind 500 Tonnen PU-Weichschaum erforderlich, die mit etwa 15 Tonnen FCKW für Trennzwecke behandelt werden.

Die Trennmittelanwendung bei den Kopfstützen entspricht weitgehend derjenigen bei den Autositzen. Von den aufgezählten 4,5 Millionen Paaren werden allerdings fast zwei Drittel auf Eigenanlagen der Autohersteller geschäumt, nur etwa 1,8 Millionen Paare werden zugekauft. Der Grund für die hohe Eigenversorgung der Autohersteller liegt darin, daß Kopfstützen relativ einfach herzustellen sind. Wegen der Einfachheit der Form kommen auch die Nachteile der gegenwärtigen wäßrigen Trennmittel kaum zur Geltung. Die Umstellung auf wäßrige Trennmittel ist allerdings zu hundert Prozent erst bei Ford in Köln vollzogen. Alle übrigen Hersteller - VW, BMW, Butz, Naue, Fehrer, Näher - sind in der Umstellung auf wäßrige Trennmittel begriffen. Das heißt, daß sie etwa zur Hälfte noch mit FCKW trennen.

Für die 4,5 Millionen Kopfstützenpaare mit einem Schaumgewicht von insgesamt 2000 Tonnen werden etwa 50 Tonnen FCKW 11 verbraucht.

Als Alternative zu FCKW sind nirgendwo Benzine als Lösemittel bekanntgeworden. Von VW, Butz, Fehrer und Naue ist bekannt, daß sie seit langem mit wäßrigen Trennmitteln (Trennmittel-Lieferant für VW ist Dexter) experimentieren, aber auch Versuche mit High

Solids durchgeführt haben. Der Trend geht gegenwärtig eindeutig noch zu wäßrigen Trennmitteln.

1.3. Die Mittelarmlehnen

Das dritte Weichschaum-Formteil von einiger Bedeutung im Pkw ist die klappbare Armlehne im Fond. Solche Mittelarmlehnen sind allerdings nur in Wagen von der Mittelklasse aufwärts in Serie installiert: Bei VW im Passat und Corrado, bei Audi vom Audi 90 aufwärts, bei Opel im Vectra und Omega, bei Ford im Scorpio, bei BMW im Fünfer und Siebener und bei Mercedes in allen Modellen (außer Kombis).

Serienmäßig und als Sonderausstattung wurden von allen Herstellern zusammen im Jahre 1990 rund 2 Millionen Armlehnen in die Rücksitze eingebaut. Von diesen werden eine Million, nämlich diejenigen von Ford, Opel und Mercedes, weitestgehend ohne FCKW getrennt, da sie auf Eigenanlagen (Mercedes, Ford) bzw. Benzin-Anlagen (Opel) hergestellt werden. Die andere Million (VW, Audi, BMW) wird zugekauft und ist zur Hälfte noch mit FCKW behandelt.

Bei einem Schaumgewicht von 500 Gramm pro Armlehne werden jährlich 500 Tonnen Armlehnen FCKW-haltig getrennt. Für Mittelarmlehnen werden etwa 15 Tonnen FCKW eingesetzt.

2. Feste Haut dank FCKW: Weicher Integralschaum

Zusammenfassung: Elastische Armlehnen moderner Bürostühle und Lenkräder, das sind die bekanntesten Produkte aus weichem PU-Integralschaum: Schaumstoff, der außen verdichtet und innen weich ist. Zwischen 2 000 und 2 500 Tonnen FCKW gehen in die Herstellung solcher Produkte ein. Auch hier ist der größte Einzelverbraucher mit fast 1 000 Tonnen jährlich das Auto (Lenkrad, Schaltknopf, Heckspoiler, Zierleisten, Tür-Armlehnen usw.).

Schäume, bei denen eine feste Außenhaut "integraler" Bestandteil des Schaumstoffs ist, der zugleich einen weichen Innenkern hat, werden Integralschäume genannt. In einem einzigen Arbeitsgang werden aus ein und derselben Stoffmischung PU-Formartikel geschäumt, die innen zellig-weich und außen glatt-fest sind. Für das Umschäumen moderner Lenkräder - mengenmäßig wichtigstes Integralschaumteil - ist in die Spritzform eine lederimitierende Oberflächenstruktur eingearbeitet, die sich auf die Außenhaut überträgt. Das erzeugt die Griffigkeit, die dem PU-Integralschaum zum Durchbruch bei der Lenkradummantelung verholfen hat. Nachteil des weichen Integralschaums: Das gleichzeitige "Innen: weich" und "Außen: fest" entsteht nur mithilfe von FCKW. Bildlich ausgedrückt: FCKW, das der

Reaktion als Treibgas zugeführt wird, "preßt" den Schaum von innen an die Wandung der Form und verdichtet so die Außenzone des Schaumteils.

Formartikel aus Integralschaum haben ein relativ kompliziertes Profil. Daher sind für die Ablösung aus der Form wirksame Trennmittel notwendig. Während es beim Treibmittel noch keinen Ersatz für FCKW gibt, werden die Trennmittel zurzeit von FCKW-Lösemitteln auf High-Solids (siehe Kasten "High Solids" im Abschnitt über Weichschaum) umgestellt.

Integralschaumbildung mit FCKW

Wie alle PU-Schäume wird auch Integralschaum durch Reaktion der beiden flüssigen Komponenten Polyol und Diisocyanat erzeugt. Die Schaumzellen bilden sich durch die Gasbläschen, die sich im Innern des heißen, flüssigen Kunststoffes ausdehnen. An der kühlen Wandung des Formwerkzeugs kommt es dagegen nur zu sehr kleinen Gasbläschen, weil sich dort das schaumbildende Treibgas verflüssigt (kondensiert).

Am Ende der Reaktion hat der Integralschaum innen große Poren und außen praktisch keine. Dieser Effekt kommt nur durch FCKW, nicht durch das ohnehin entstehende Kohlendioxid-Treibgas zustande. Dieses bildet zwar wie beim normalen Weichschaum Bläschen und damit Zellen. Da es aber an der Wandung nicht kondensiert, wird die Außenzone des Schaumteils nicht dicht.

Der Integralschaum-Hersteller bezieht den FCKW als "fertig eingerührte" Beimischung im Polyol-Behälter. Die Isocyanate kommen in einem anderen Behälter an. Portionsweise werden die beiden Komponenten in einem abgestimmten Verhältnis maschinell vermischt und in die Reaktionsform "geschossen".

Auch beim FCKW-getriebenen und -getrennten PU-Integralschaum war und ist das Haupteinsatzfeld das Automobil. Heute findet sich im Auto FCKW-getriebener Integralschaum vor allem in drei Formen: beim Lenkrad, beim Schalthebelknopf und bei Heckspoilern.

2.1. Hauptverbraucher Lenkrad

Für die Lenkradumschäumung mit PU-Integralschaumstoff werden 1991 in der Bundesrepublik rund 550 Tonnen FCKW verbraucht.

Während beim Trennmittel der Ersatz von FCKW durch organische Konzentrate (High Solids) nahezu abgeschlossen ist, ist das Treibmittel eine hundertprozentige Domäne für FCKW 11 und 22.

Einen technisch zwingenden Grund für Integralschaum-Lenkräder gibt es nicht. Mercedes-Benz macht höchst zweifelhafte Sicherheitsargumente geltend: "Feinporig umschäumte Lenkräder haben sich wegen des damit zu erzielenden hohen Insassenschutzes im Falle eines Unfalles gut bewährt. Wir bieten daher auch keine nicht umschäumten - dies gilt auch für das als Sonderzubehör lieferbare Lederlenkrad - Lenkräder an. Leider war es bisher noch nicht möglich, das FCKW-haltige Treibmittel zu substituieren." (Schreiben vom 11.06.90).

Über die zusätzliche Sicherheit, die weiche Lenkräder bei Autounfällen bieten, mag man streiten, zumal Mercedes ja noch den aus dem Lenkrad schnellenden Luftsack als Aufprallschutz anbietet. Nur so viel: PU-Integralschaum ist längst nicht der einzig denkbare Stoff, um Lenkräder weich zu ummanteln.

Lenkräder für den Serieneinbau bei den Automobilfirmen werden in der Bundesrepublik von zwei selbständigen Herstellern produziert, die als Zulieferer tätig sind. VW, Audi, Mercedes-Benz, BMW, Porsche und Ford kaufen dort ein. Ford bezieht außerdem auch Lenkräder aus England. Opel kauft seine Lenkräder vollständig von einem General-Motors-Werk in Spanien.

Die beiden großen deutschen Lenkradhersteller sind die Petri AG und die Kolbenschmidt Lenkradwerk GmbH - beide in Aschaffenburg. Die Jahresproduktion von Petri beträgt 4 Millionen Stück, diejenige von Kolbenschmidt (KS) 2,4 Millionen.

Einbindung eines Zulieferers

Kolbenschmidt gehört mehrheitlich der Metallgesellschaft AG, an der seit kurzem Daimler-Benz eine zehnpromtente Beteiligung erworben hat. Kolbenschmidt besitzt seit 1987 auch eine Kunststoff- und Lenkradfabrik in Barcelona: K.S. ESPANA S.A.

Die deutsche Lenkradproduktion in Höhe von 6,4 Mio. Stück jährlich (Petri und KS zusammen) übertrifft den Inlandsverbrauch für die Kfz-Erstausrüstung von etwa 4 Mio Stück erheblich - nicht nur, weil Opel als Abnehmer entfällt. Ein gutes Drittel der Lenkradproduktion wird exportiert: Die Petri AG erzielte 1989 etwa 111 Millionen Mark ihres Lenkradumsatzes von 334 Millionen Mark aus dem Export. Bei KS dürfte die Exportquote ähnlich hoch liegen.

Der FCKW-Verbrauch für inländische Lenkräder

Ein Lenkrad hat ein durchschnittliches Schaumgewicht von einem Kilogramm. Da als Treibmittel zehn Gewichtsprozent FCKW eingesetzt werden, finden pro Lenkrad 100 Gramm FCKW Anwendung. Anders als das Trennmittel, das sofort verfliegt, ist die Ausgasung des

Treibmittels je nach Geschlossenheit der Schaumoberfläche behindert und dauert bis zu drei Tagen. Das Treibmittel emittiert folglich noch in der Fabrik. Da weder von Petri noch von KS Rückgewinnungsanlagen bekannt sind, muß von einem unbehinderten Aufstieg der FCKW in die Atmosphäre ausgegangen werden.

Für die 6,4 Mio. Lenkräder, die in der Bundesrepublik im Vorjahr, 1990, umschäumt wurden, wurde Schaum im Gewicht von 6 400 Tonnen erzeugt. Dafür wurden 640 Tonnen FCKW als Treibmittel eingesetzt.

Zum Treibmittel beim Lenkrad kam bis Anfang 1991 noch der FCKW-Trennmittelverbrauch. Die Firma Petri ist nach eigenen Angaben bei Trennmitteln, die früher zu 40 Prozent aus FCKW 11 bestanden, seit 1990, die Firma KS seit 1991 ausgestiegen. Die neuen Trennmittel sind nicht wäßrig (letztere haben sich nach Technikeraussagen nicht bewährt), sondern organische Konzentrate, also High Solids, bei denen die trennaktiven Substanzen wie Wachs, Fett, Öl in Isoparaffinen gelöst sind.

Bayer, Hoechst und Lenkradschaum

Beide Lenkradhersteller beziehen ihre Ausgangsstoffe als fertig zubereitete Schaumsysteme von der Otto Bock Kunststoff GmbH & Co. in Duderstadt (580 Beschäftigte). Dieser Systemformulierer kauft die Schaumrohstoffe (Isocyanate und Polyole) ausschließlich von der Bayer AG und die FCKW (die in das Polyol eingerührt werden) ausschließlich von der Hoechst AG. Deutsche Lenkräder können mit Recht als Bayer/Hoechst-Produkte gelten.

Problematische Alternativen

Die grundsätzliche Alternative, nämlich auf PU-Umschäumung der Lenkräder zu verzichten und problemlose Stoffe zu suchen, wird bei Herstellern, Autoproduzenten und den Systemanbietern der Chemieindustrie kaum diskutiert. Ein Sprecher der Großchemie: "Dann käme nur PVC infrage, das ist ja auch nicht wünschenswert."

Die stoffliche Alternative "Holzlenkrad", das gegenwärtig nur im Zubehörhandel von 350 DM aufwärts als Austauschteil zu erwerben ist, ist eine fragwürdige Angelegenheit. Die meisten Modelle werden nämlich aus Mahagoniholz und anderen Edelhölzern gefertigt, die aus den tropischen Regenwäldern stammen.

Bei den Trennmitteln (1986 noch 240 Jahrestonnen FCKW 11) haben die inländischen Lenkradfirmen nach eigener Auskunft den Totalausstieg seit Frühjahr 1991 vollzogen.

Bei den 640 Tonnen Treibmittel ist das 1991 nicht so einfach. Die Bemühungen der BASF AG konzentrierten sich lange Zeit auf Verfahren, welche die annähernd gleichen Qualitätsmerkmale des Integralschaums mit Pentan als Treibmittel erzielen sollen. Ihre Tochterfirma Elastogran Maschinenbau hat ein derartiges Verfahren auf der Kunststoffmesse 1989 auch schon der Öffentlichkeit präsentiert. Dennoch fand es bisher wegen der hohen Explosionsgefahr durch Pentan noch keine Anwender.

Darum wird der ab 1992 verbotene FCKW 11 lediglich durch einen anderen FCKW ausgetauscht, der noch bis zum Jahr 2000 erlaubt ist. Dieser bequemste, von Hoechst und Bayer forcierte, Weg zielt auf den teilhalogenierten FCKW 22. Dieser FCKW (in seinem Molekül ist noch ein Wasserstoffatom enthalten, das bei "vollhalogeniertem" FCKW durch ein Chloratom ersetzt ist) hat nach weitverbreiteter Auffassung, gemessen an FCKW 11, nur 5 Prozent der Zerstörungswirkung gegenüber der Ozonschicht (ODP-Wert); sein Beitrag zum Treibhauseffekt ist allerdings gleich groß.

Im Juni 1990 begann Petri mit der Lieferung der ersten Lenkräder, die mit FCKW 22 geschäumt waren - zunächst an VW. Die Schäumkapazität mit FCKW 22 betrug Mitte 1990 zehn Prozent der Gesamtleistung der Petri AG. Das Planziel des Unternehmens ist die vollständige Umstellung der Anlagen bis Ende 1991 auf den Ersatz-FCKW. Bis Mitte 1991 sind etwa 40 Prozent der Lenkradschäumung von Petri und Kolbenschmidt auf FCKW 22 umgestellt.

Statt zehn Gewichtsprozent FCKW 11 erfordert die Anwendung von FCKW 22 nur drei bis vier Gewichtsprozent Treibmittel. Folglich sinkt der Gesamtverbrauch 1991. Er dürfte 450 Tonnen FCKW 11 und 100 Tonnen FCKW 22 betragen. Gesamtmenge: 550 Tonnen FCKW.

Die technischen Probleme bei der Umstellung auf FCKW 22 hängen mit dem anderen Schrumpfverhalten des Schaumteils, mit dem gegenüber FCKW 11 höheren Druck und mit dem Umstand zusammen, daß FCKW 22 bei Raumtemperatur nicht wie FCKW 11 flüssig, sondern gasförmig vorliegt (Siedepunkt: - 40 Grad Celsius). All dies erfordert Veränderungen an den Werkzeugen bzw. Zusatzgeräte an den Maschinen, die schlichtweg Geld kosten. Eine Umrüstung der Produktionsaggregate auf Pentan wäre machbar, aber wegen der hohen Sicherheitsvorkehrungen umfangreicher und teurer.

In Zukunft kann vielleicht auch eine ganz andere - FCKW-freie - Technik für "integralen" Weichschaum zum Zuge kommen. Zu denken ist etwa an IMC, d.h. "In Mold Coating", zu deutsch: In der Form Lackieren. Bei diesem in der Entwicklung befindlichen Verfahren kann der weiche Schaumkern mit Kohlendioxid aufgetrieben werden. Die feste Außenhaut erhält das Schaumteil dadurch, daß in die Reaktionsform vorher eine Lackschicht eingebracht wird, die den Schaum anschließend überzieht. Hier gibt es noch eine Menge technischer Fragen zu lösen, unter anderen die der ausreichenden Elastizität des Lackes.

2.2. Schaltknöpfe und Wählhebel

Für Schaltknöpfe und Automatik-Wählhebel aus PU-Integralschaum werden jährlich über 50 Tonnen FCKW 11 eingesetzt.

Vergleichbar den Lenkrädern sind Schaltknöpfe in der Masse ebenfalls Integralschaumteile, die zur Serienausstattung gehören. Die Automobilhersteller kaufen sie bei selbständigen Firmen zu. Auch bei diesen - mit 100 Gramm Durchschnittsgewicht allerdings erheblich leichteren - Formartikeln hatte sich FCKW 11 als Treib- und als Trennmittel durchgesetzt. Dies, obwohl nicht alle Autohersteller so wie Mercedes-Benz auch den Schaltknopf als "Sicherheitsteil" behandeln, das besonders weich sein müsse.

So baut Ford seit August 1990 in den Escort serienmäßig FCKW-frei gefertigte Schaltknöpfe ein. Diese Teile werden in sogenannter RIM-Technik hergestellt (RIM = Reaction Injection Molding), wobei ein relativ kompakter Schaum entsteht, dessen innerer Kern nicht so weich wie bei FCKW-geschäumtem Integralschaum ist. Der Lieferant für Ford ist die Firma Rehau, die vorher schon RIM-Umschäumungen für Automatik-Hebel der Ford-Modelle Sierra und Scorpio lieferte. Der Schaum stammt von BASF/Elastogran. Das Material ist härter als konventioneller PU-Integralschaum. Es findet sonst bei Teilen wie Stoßfängern Verwendung.

Was die Schaltknöpfe betrifft, so suchen Bayer und Hoechst, wie beim Lenkrad, vorrangig nach Systemen und Verfahren, die FCKW nicht vermeiden, sondern mit einem weniger ozonschichtschädigenden FCKW-Typ auskommen: Ersatz von FCKW 11 durch FCKW 22. Die Substitution von FCKW 11 durch FCKW 22 beim Treibmittel und von FCKW 11 durch High Solids steckt allerdings erst in den Anfängen. Wahrscheinlich deshalb, weil es sich beim Schaltknopf nicht um ein so auffälliges Produkt handelt.

Der FCKW-Verbrauch für Schaltknöpfe

Der mit Abstand größte Hersteller von Schaltknöpfen ist die Firma FHS Stahlverformung GmbH in Dassel (Umsatz 110 Millionen Mark, 880 Beschäftigte, davon 680 in Dassel). Spezialisiert auf äußere Getriebebeschaltungen hat das Unternehmen auch die Umschäumung der Schalthebel mit Knöpfen übernommen. (FHS war bis 30.5.90 eine Tochter von United Steel, ist aber seit 1.6.90 an die Trustor-Components (TC) in Schweden verkauft worden, welche die FHS über TC Automotive, Niederlande, hält.) TC bezeichnet sich als Europas größten Hersteller von Auto-Schaltanlagen.

Die Jahreskapazität von FHS liegt bei über 4 Millionen Schaltknöpfen. Die Firma "plant", beim Treibmittel von FCKW 11 auf FCKW 22 umzusteigen, was aller Erfahrung nach heißt, daß noch nahezu vollständig mit FCKW 11 geschäumt und getrennt wird. Immerhin gibt es Versuche, beim Trennmittel FCKW-frei zu werden (Lieferant: ACMOS). Gegenwärtig liegt

der Anteil von FCKW 11-Treibmittel am Schaumgewicht bei 7,4 Prozent. Der Anteil des Trennmittel-FCKW beträgt ca. 3,6 Prozent. Zusammen: 11 Prozent.

FHS beliefert nahezu vollständig VW, Audi, Opel (teils zusammen mit der äußeren Getriebeschaltung) und zum Teil Porsche. Allein für die genannten deutschen Hersteller produziert FHS ca. 3,3 Mio. Schaltknöpfe. Dazu kommen noch mindestens 0,7 Mio. für den Export. Die 4 Mio. Stück haben ein Schaumgewicht von 400 Tonnen. Dafür werden – bei 11 Gewichtsprozenten FCKW 11 als Treib- und Trennmittel – etwa 40 Tonnen FCKW verbraucht.

Außer FHS ist noch die Firmengruppe Lisa Dräxlmeier GmbH im bayerischen Vilsbiburg von Bedeutung, die die ELDRÄ Kunststofftechnik GmbH mit ihrem Werk im benachbarten Geisenhausen unterhält. Von Dräxlmeier stammen alle Schaltknöpfe und Wählhebel für BMW sowie etwa 500 000 Stück für Mercedes. (Die restlichen Mercedes-Knöpfe kommen von der Phoenix AG.) Dräxlmeier ist beim Treibmittel erst am Anfang des Umstiegs auf FCKW 22. Beim Trennmittel ist die Firma zur Hälfte FCKW-frei.

Dräxlmeier stellt jährlich Schaltknöpfe mit einem Schaumgewicht von 100 Tonnen her. Der FCKW-Verbrauch beträgt etwa 10 Tonnen.

Außer diesen marktbedeutsamen Unternehmen produzieren noch die Phoenix AG (im hessischen Sterbfritz) und die kleine Firma Haas in Reichenschwand kleinere Mengen Schaltknöpfe bzw. Wählhebel.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß es keinen einsichtigen Grund dafür gibt, Schaltknöpfe überhaupt aus FCKW- Schaltknöpfe. Dazu kommen noch mindestens 0,7 Mio. für den Export. Die 4 Millionen Stück haben ein Schaumgewicht von 400 Tonnen. Dafür werden - bei 11 Gewichtsprozent FCKW 11 als Treib- und Trennmittel - etwa 40 Tonnen FCKW verbraucht.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß es keinen einsichtigen Grund dafür gibt, Schaltknöpfe überhaupt aus FCKW-getriebenem Integralschaum zu fertigen, ob dafür FCKW 11 oder FCKW 22 benutzt wird. Die Firma Ford beweist praktisch, daß es dafür genügend andere Möglichkeiten gibt. Immerhin handelt es sich um 50 überflüssige Jahrestonnen FCKW.

2.3. Heckspoiler

Heckspoiler wurden Ende der siebziger Jahre als aerodynamisches Zubehör modern: Die nach hinten abfließende Luft soll durch Druck auf den Spoiler den bei Geschwindigkeiten über 120 kmh wesentlich werdenden Heckauftrieb vermindern und somit die Bodenhaftung erhöhen. Das kann eine stabilere Straßenlage und zugleich eine Kraftstoffersparnis bewirken. Die gegenwärtige Formgebung der Karosserie ist allerdings auch ohne Spoiler aerodynamisch geformt, so daß die Extra-Verwendung von Heckspoilern und sonstigem "Sportzubehör" wie

Frontspoiler, Heckschürzen, Alu-Räder usw. eher psychologisch begründet werden muß. Werbespruch: "Audi Coupé. Die elegante Form, regelmäßig Sport zu treiben".

Als Material für Heckspoiler hatte sich bis vor wenigen Jahren FCKW-getriebener PU-Integralschaum durchgesetzt - und zwar als "schwarze Schwarte" auf dem Kofferraum. Grund dafür war eine TÜV-Bestimmung vom Ende der siebziger Jahre, die aus "Sicherheitsgründen" weiches und elastisches Material für derartige Extras vorschrieb. Seit Mitte der achtziger Jahre spielt die Elastizität des Materials eine immer geringere Rolle, so daß andere Werkstoffe wie Aluminium, glasfaserverstärktes Kunstharz, Thermoplaste, PU-RIM in den Vordergrund traten, die ohnehin für aerodynamische Zwecke geeigneter sind. Für die Gegenwart läßt sich feststellen, daß wegen veränderten Karosseriedesigns Heckspoiler insgesamt "out" sind und die noch verwendeten kaum mehr aus PU-Integralschaum hergestellt werden.

Der Markt für Heckspoiler schrumpft. Alle drei Teilmärkte sind betroffen: Die werkseitig montierten Heckspoiler, diejenigen für den Ersatzbedarf und diejenigen für die nachträgliche Ausstattung.

1. Heckspoiler ab Werk. 1991 gibt es werkseitig von VW, BMW, Audi, Mercedes und Porsche keine Heckspoiler aus Integralschaum mehr. (Bei Mercedes gab es sie noch nie.) Porsche hat gerade das 5 Kilogramm schwere Integralschaum-Monster am Heck des 944er Modells (Produzent: YMOS AG, mit FCKW 22) abgeschafft.

Marktschrumpfung: Der Fall BMW 325 i

Typisch für die Markttendenz ist BMW: 1990 wurden auf BMW-Fahrzeuge noch rund 150 000 Heckspoiler à 1,5 Kilogramm Schaumgewicht - FCKW-getrieben - montiert. Serienmäßig hatten die 100 000 Exemplare des BMW 325 i eine in der Wagenfarbe lackierte Schaumlippe auf dem Kofferraumdeckel. Das Ende 1990 angelaufene Folgemodell hat keinen Heckspoiler mehr. Der Produzent des Heckspoilers, die KTL Kunststoff-Technik in Lemförde, hat 1991 die Spoilerproduktion eingestellt und spart damit 20 Tonnen FCKW ein. Das Werk Diepholz der EKT Elastogran Kunststoff-Technik (zu BASF gehörig) führt nun in kleinem Maßstab die "Auslaufserie" für die ausgelaufenen BMW-Dreier fort. Der EKT kommt dieser Kleinauftrag gerade recht, da sie für den ebenfalls 1990 ausgelaufenen Audi Avant jährlich 20 000 schwarze Heckspoiler hergestellt hatte. Der neue Audi Avant kommt Mitte 1991 ohne Heckspoiler auf den Markt, so daß das EKT-Spoiler-Geschäft schrumpft. Es ist im Übrigen nicht bekanntgeworden, daß die BASF-eigene EKT ihre Schäumenanlagen mittlerweile FCKW-frei gemacht hätte. Das wäre bei den geringen Produktionsmengen verwunderlich.

Werkseitig montierte Heckspoiler aus PU-Integral gibt es nur noch etwa 20 000 Stück bei Ford und etwa 30 000 Stück für den Opel Kadett. Die Ford-Spoiler stammen vom Werk

Sterbfritz der Phoenix AG, die beschwört, den Schaum ausschließlich mit Kohlendioxid zu treiben; er werde anschließend grundiert und lackiert, so daß die bei FCKW-Verzicht so empfindliche Außenhaut genügend gefestigt sei. Die Heckspoiler für den Kadett GT werden allerdings noch ganz traditionell gefertigt. Der Opel-Zulieferer Irmscher läßt sie bei der Firma Wacker in Kolbermoor schäumen läßt. Für die 50 Tonnen Schaum fallen etwa 6 Tonnen FCKW an.

2. Heckspoiler als Ersatzteil. Während der FCKW-getriebene PU-Heckspoiler "ab Werk" gegen Null tendiert, ist er logischerweise auf dem Ersatzteil-Markt für ältere Modelle noch relativ stark vertreten. Wer nach einem Auffahrunfall das Autoheck reparieren läßt, will auch den ramponierten Spoiler austauschen. Solche Ersatz-Spoiler werden heute noch genauso produziert wie vor einigen Jahren. Selbst Phoenix - als Beispiel - stellt die Ersatz-Spoiler für ältere Fordmodelle originalgetreu mit FCKW her.

3. Nachrüst-Heckspoiler. Schließlich gibt es noch Heckspoiler, die auf Kundenwunsch nachträglich dort aufmontiert werden, wo ab Werk noch keiner war. Hier ist der - kleine - Markt der vielen Möglichkeiten. Viele kleine Integral-Schäumer möchten gerne ihre vorhandenen Kapazitäten bis zum Verbot von FCKW 11 wenigstens teilweise noch abnutzen. Darum sind Nachrüstspoiler vor allem aus PU-Integral und garantiert mit FCKW 11 geschäumt. Ob die Kleinschäumer nun Wayand (Idar-Oberstein), Foha (Hörsching in Österreich), Ajas (Hennef), Wellwood (Krefeld), Pfeba (Eislingen) oder Wacker (Kolbermoor) heißen, sicher ist nur: Ihr Absatz ist nicht bedeutend, und ihre Anlagen arbeiten mit FCKW.

Heckspoiler aus PU-Integralschaum spielen 1991 in der werkseitigen Montage kaum mehr eine Rolle. Dieser Markt ist fast nur noch so groß wie jeweils der Ersatzteilmarkt und der Markt für Nachrüstspoiler im freien Zubehörhandel. 1989/1990 war das noch anders. Damals wurden jährlich etwa eine halbe Million Heckspoiler aus PU-Integralschaum hergestellt, wofür etwa 100 Tonnen FCKW 11 verbraucht wurden. Gegenwärtig sind es nach Schätzungen nur noch etwa 150 000 Stück im Jahr, für die noch etwa 30 Tonnen FCKW - überwiegend FCKW 11 - zum Einsatz kommen. Hier liegt einmal der erfreuliche Fall vor, daß die veränderte Mode hilft, ein FCKW-Problem zu beseitigen.

3. FCKW auf weichen Sohlen: Halbharter Integralschaum

Zusammenfassung: Die deutsche Schuhindustrie nimmt als Material für Sohlen unter anderem auch Polyurethan. Besonders Sport-, Kinder- und Arbeitsschuhe erhalten Besohlungen aus halbhartem PU-Integralschaum, bei dem FCKW weniger als Aufschäummittel, sondern hauptsächlich als Trennmittel eingesetzt wird: pro Jahr 750 Tonnen.

Nach einer Auskunft der Bayer AG werden weltweit sieben Prozent aller Schuhsohlen aus Polyurethan hergestellt. Bayer teilt gleichzeitig mit, selbst ab 1. Juli 1991 weltweit nur noch FCKW-freie PU-Systeme für Schuhsohlen auszuliefern. Darüber ist der Leser vielleicht genauso überrascht wie über die Meldung des ICI-Konzerns, daß er dem viertgrößten deutschen Schuhhersteller Romika seit 1991 nur noch FCKW-freie Schaumsysteme verkauft. Die Überraschung dürfte sich allerdings weniger auf den angekündigten FCKW-Ausstieg, sondern eher darauf beziehen, daß der Leser bislang FCKW in Schuhsohlen nicht vermutet hat.

FCKW in PU-Schuhsohlen

Von den PU-Sohlen enthielten bisher etwa zwanzig Prozent FCKW als Treibmittel - achtzig Prozent nicht. Nur der halbharte Integralschaum auf Basis von Polyether-Polyolen brauchte FCKW 11, während der halbharte Integralschaum auf Basis von Polyester-Polyolen schon seit Jahren ohne FCKW geschäumt wird. Und gerade bundesdeutsche Schuh- und Schuhsohlenhersteller sind - sieht man von Romikas Freizeitschuhen ab - bei PU-Sohlen ausgesprochene Anhänger von Polyester-Material.

Polyester-Schäume ergeben elastischere Sohlen, die sich auch weniger schnell ablaufen (abriebfest). Sie werden deshalb von den großen deutschen Verarbeitern von PU-Sohlen favorisiert. Denn der Hauptverbrauch geht in die Sportschuhe von adidas und Puma, gefolgt von Arbeitsschuhen und Kinderschuhen. Der große Sohlenbedarf der mehr oder weniger eleganten Straßenschuhe und Sandalen für "Damen" und "Herren" wird nur minimal durch PU-Sohlen gedeckt. Leder, PVC, Gummi, EVA (Ethyl-Vinylacetat) und anderes Material dominiert. Die PU-Sohle kommt nur im "Bequemschuh-Bereich" vor.

Integralschaum halbhart

Der Schaum für Schuhsohlen wird halbharter Integralschaum genannt, um ihn vom weicheren Integralschaum, wie er bei Lenkrädern usw. verwendet wird, zu unterscheiden. Der Unterschied in der Schaumdichte zwischen Kern und Randzone ist nicht so stark ausgeprägt. Das Material ist homogener und die Haut dicker; dadurch wird die Sohle nach außen abriebfester. Produziert wird nach dem gleichen Verfahren wie bei Weichintegral.

Bedeutet Romikas Umstellung auf neue Polyether-Systeme also die Lösung der FCKW-Frage in diesem Bereich? Keinesfalls. Denn eine Sache ist das Treibmittel, eine andere, auch bei Schuhsohlen, das Trennmittel. Mit dem Trennmittel ergibt sich aber das eigentliche FCKW-Problem, da der Unterschied zwischen Polyester und Polyether beim Trennen keine Rolle spielt. 1990 wurden praktisch noch alle PU-Sohlen mit FCKW-haltigem Trennmittel entformt. Der Verbrauch pro 100 Gramm Schaum (das ist das mittlere Gewicht einer einzelnen PU-Sohle) lag bei 10 Gramm FCKW. (Die Polyether-Sohlen brauchten zum Aufschäumen außerdem lediglich noch 6 Gramm FCKW.)

Konventionelle Trennmittel für Schuhsohlen haben einen FCKW-Anteil von bis zu 90 Prozent. Die Taktzeiten in der Schuhsohlenproduktion sind extrem kurz: Leichtflüchtiger FCKW im Trennmittel trocknet die Schaumsohle am schnellsten und ist daher besonders günstig.

Tabelle 4: In- und ausländische Schuhproduktion deutscher Firmen 1990 nach Millionen Paarzahlen und Anteil von PU-Besohlungen *

Schuhhersteller	Jahres-Paarzahl insgesamt in Mio.	PU-Sohlen Paare in Mio.	Anteil PU an Gesamt
Sportschuhe:			
adidas, Herzogenaurach	40	16	40%
Puma, Herzogenaurach	15	6	40%
Branche	55	22	40%
Schutzschuhe:			
Otterbeck, Mülheim/Ruhr	1,3	1,1	90%
Lupos, Hückelhoven	1,5	1,2	80%
Steitz, Kirchheimbolanden	1,2	1,0	80%
van Elten, Uedem/Ndrh.	0,8	0,6	75%
andere	2,2	1,7	75%
Branche	7,0	5,6	80%
Kinderschuhe:			
Elefanten, Kleve	7	5	70%
Ricosta, Donaueschingen	2	1,4	70%
Däumling, Dahn/Pfalz	1	0,7	70%
andere	3	2	70%
Branche	13	9,1	70%
PU-Sohlen für Freizeit- und Straßenschuhe:			
Romika, Trier	7	7	(100%)
andere Schuhfirmen	5	5	(100%)
Formsohlen-Zulieferer	5	5	(100%)
Summe	17	17	(100%)

Summe der PU-Besohlungen:

53,7

* In der Tabelle sind die Damen-, Herren- und Heim- und Freizeitschuhhersteller (Salamander, ara, Gabor, Schuhunion, Birkenstock) nicht enthalten, da sie bis auf Romika fast überhaupt nicht selber schäumen. Am Schluß werden nur die für sie verwendeten reinen PU-Besohlungen aufgeführt.

Der Anteil von PU-Sohlen an sämtlichen Besohlungen ist je nach Schuhtyp unterschiedlich groß. Bei Sportschuhen beträgt er rund 40 Prozent, bei Arbeits- und Sicherheitsschuhen 80 Prozent, bei Kinderschuhen etwa 70 Prozent. Bei Damen- und Herrenschuhen und Freizeitschuhen ist er sehr gering. In diesem Bereich schäumen die Schuhfirmen kaum selber. Sie kleben die PU-Formsohle, die sie von selbständigen Formsohlen-Herstellern kaufen, nur an den Schaft. So verfährt etwa der große Straßenschuhproduzent Salamander bei Bequemschuhen.

Wo kommen "deutsche" Schuhsohlen her?

Mit der "deutschen" Schuhproduktion ist es kompliziert. Denn nicht einmal ein Viertel der im Inland verkauften 300 Millionen Paar Schuhe wird auch im Inland hergestellt. Am allerwenigsten die Sportschuhe, deren Sohlen im Auftrag deutscher Firmen meist fernab in Malaysia, Indonesien, Taiwan, Korea oder China geschäumt werden. Auch viele andere Import-PU-Sohlen - aus Ungarn, Jugoslawien oder Portugal - werden nicht von ausländischen Firmen auf den deutschen Markt gebracht. Vielmehr sind es Firmen mit deutschem Stammsitz, die wegen der niedrigen Löhne im Ausland fertigen lassen, das fertige Produkt aber unter ihrer Marke weltweit verkaufen, auch hierzulande. Daher zählen wir zur "deutschen Produktion" nicht nur die Herstellung in inländischen Betrieben (bei adidas ganze zehn Prozent, bei Puma gar keine), sondern wir ermitteln die FCKW-Menge, die von deutschen Schuhfirmen für PU-Besohlungen verbraucht wird, egal an welchem Standort.

Wenn der Anteil der PU-Besohlungen weltweit bei sieben Prozent liegt, so liegt er bei Schuhsohlen unter "deutscher Regie" sehr viel höher. Um wieviel, läßt sich mangels statistischer Daten nicht sagen. Aber 53,7 Millionen Paar PU-Sohlen jährlich sind eine enorme Menge, immerhin 6,5 Prozent der weltweit gefertigten PU-Sohlen, und das liegt wesentlich an den beiden großen Sportschuhfirmen adidas und Puma.

Auch die - ebenfalls vorrangig im Ausland gefertigten - Kinderschuhe haben einen großen Anteil von "PU-Laufsohlen". Bei Arbeits- und Sicherheitsschuhen, die noch eine Domäne kleiner inländischer Betriebe sind, werden fast ausschließlich PU-Sohlen verwendet. Schließlich gibt es reine Formsohlenhersteller für die großen Straßen- und Hausschuhfirmen. Sie liefern PU-Formsohlen an diverse Schuhfabriken, denen sie mit ihren Produktionsstätten zum Teil ins Ausland gefolgt sind. Die wichtigsten Formsohlenschäumer sind:

- Alsa GmbH in Steinau, (330 Besch.);
- Regra Kunststofftechnik in Pirmasens (90 Besch.);
- ASV Stübbe in Vlotho (280 Besch.).

Zum Stand der Trennmittelumstellung

Zumindest in der Bundesrepublik müssen die Trennmittel bis Ende 1991 FCKW 11-frei sein. Hört man sich bei den Arbeitsschuh-Herstellern um, dann befinden sie sich Anfang 1991 erst im Versuchsstadium. Ersatzstoff für FCKW-haltige Mittel sind durchweg High-Solids, also organische Konzentrate. Davon wird nur ein Zehntel der früheren Menge benötigt, und allenthalben wird berichtet, daß der präzise Auftrag von nur einem Gramm statt früher zehn große Schwierigkeiten bereitet - zumal im Halb-Minuten-Takt geschäumt wird. Gleiche Klagen kommen von den speziellen Formsohlenherstellern. Selbst bei Romika läuft die Umstellung zäh. Nur das einzige inländische Werk von adidas - im mittelfränkischen Thüngfeld - behauptet, vom FCKW bereits ganz weg zu sein.

Trennmittelhersteller für PU-Sohlen

Air Products Chemicals and PURA, Hamburg
ACMOS, Bremen
Keck Chemie GmbH, Pirmasens
Böttler KG, Teltge

Alle vier großen Trennmittelhersteller liefern außer FCKW-haltigen Mitteln auch High Solids.

Für die inländische PU-Sohlenproduktion insgesamt steht in der ersten Hälfte 1991 der Ersatz FCKW-haltiger Trennmittel durch High Solids - einschließlich Romika - bestenfalls bei 40 Prozent.

Die Masse der "deutschen" PU-Sohlen - besonders für Sport- und Kinderschuhe - wird im Ausland hergestellt, wo es noch keine Regelung für den FCKW-Ausstieg gibt. Von massenhafter Anwendung von High Solids kann dort nicht die Rede sein, sofern sie überhaupt schon irgendwo eingesetzt werden. Eher ist "FCKW-frei" bei manchen Auftragsfertigern für Sportschuhsohlen in Fernost so zu verstehen, daß sie dort aus Kostengründen noch nicht FCKW verwenden, sondern zu allen möglichen Flüssigkeiten (Fahrzeugbenzin) greifen, sofern sie nur einen Trenneffekt zeigen. Bekanntlich tobt gerade auf dem Sportartikelmarkt der Konkurrenzkampf. Die ausländische Produktion von PU-Besohlungen wird Anfang 1991 zu mindestens 90 Prozent mit FCKW-haltigen Trennmitteln bewerkstelligt.

Von den 54 Millionen "deutschen" Schuhpaaren mit PU-Besohlung werden etwa 20 Millionen unter inländischen Bedingungen gefertigt, 34 Millionen unter ausländischen. Insgesamt sind es 42 Millionen Sohlenpaare aus halbhartem PU-Integralschaum, die noch mit FCKW behandelt werden. Nach Expertenschätzung ergibt sich folgende Aufteilung:

Tabelle 5: FCKW-Verbrauch für Trennmittel von PU-Sohlen für deutsche Schuhfirmen nach Branchen - 1991

Schuhbranche	PU-Besohlungen in Millionen Paaren	Trennmittel-FCKW in Tonnen
Sportschuhe	22,0	375
Schutzschuhe	5,6	80
Kinderschuhe	9,1	140
Freizeit- und Straßenschuhe	17,0	160
Summe	53,7	755

Pro Sohlenpaar werden beim konventionellen Verfahren in die Form 20 Gramm Trennmittel gesprüht, die 18 Gramm FCKW 11 enthalten. Bei 42 Millionen Paar PU-Sohlen sind das jährlich über 750 Tonnen FCKW 11.

Die absehbare Lösung des FCKW-Problems bei PU-Schuhsohlen liegt im Ersatz der FCKW-haltigen Trennmittel durch High Solids. Diese Maßnahme führt, wenn sie im Inland greift, aber nur zu einer Verminderung des durch deutsche Schuhfirmen veranlaßten FCKW-Verbrauchs von 750 Tonnen auf etwa 600 Tonnen, da der größte Teil unter unreglementierten Produktionsbedingungen im Ausland verwendet wird. Ungelöst bleibt damit der FCKW-Verbrauch in den ausländischen Produktionsstätten - in eigenen Auslandsbetrieben oder bei beauftragten Fremdfirmen.

Das Ozonloch schert sich nicht um die nationale Herkunft der zerstörerischen Gase.

4. Ozongift in der Hartschaumzelle: Dämmung mit FCKW

Zusammenfassung: Fast 90 Prozent der Baudämmstoffe sind Mineralfasern und FCKW-freies expandiertes Polystyrol ("Styropor"). Allerdings hat FCKW-getriebener Hartschaum am Wärmedämmmarkt einen Anteil von etwa sieben Prozent. Er wird als werkseitig produzierte Platten, als Ortschaum und als Rohrisolierungsmaterial hergestellt - zum größten Teil aus Polyurethan, für bestimmte Anwendungen aus extrudiertem Polystyrol. Hartschaum für Bauzwecke ist der größte Einzelverbraucher von FCKW. Zusammen mit Rohrisolierschalen für Heißwasserleitungen und Dämmschäumen für Kühlmöbel werden für Hartschaum jährlich 16 500 Tonnen FCKW eingesetzt, über 40 Prozent des gesamten Inlandsverbrauchs.

PU-Hartschaum ist derzeit der Stoff mit dem besten Dämmvermögen. Diese Eigenschaft verdankt er dem als Zellgas in seinen Poren eingeschlossenen FCKW. Erst FCKW hat dem bis etwa 1960 technisch uninteressanten PU-Hartschaum einen Markt eröffnet. Dank

seiner guten Dämmwirkung kann Hartschaum in geringer Dicke ausgelegt werden und somit Platz sparen. Alle anderen Dämmstoffe müssen für den gleichen Dämmeffekt dicker sein.

Die Problematik des Hartschaums stellt sich folglich dort, wo unbedingt Platz gespart werden soll, d.h. wo es um Millimeter bei der Dämmschicht geht. Obwohl im Baubereich die Platzfrage nicht so vorrangig steht, ist paradoxerweise gerade dort das mengenmäßig größte Einsatzgebiet von FCKW-gefülltem PU-Hartschaum.

Der hohe Dämmwert von PU-Hartschaum

Wie Weich- und Integralschaum entsteht auch PU-Hartschaum durch Reaktion der Komponenten Isocyanate und Polyole. Beim Hartschaum kommen nur Polyether-Polyole infrage. Als Treibmittel wird FCKW 11 verwendet, der im Schaum Zellen erzeugt. Anders als bei Weich- und Integralschaum bleibt der FCKW zu 90 Prozent als Zellgas in den selbsterzeugten Poren eingeschlossen. Auf der geringen Wärmeleitfähigkeit des großmolekularen FCKW 11 in den Schaumzellen beruht das hohe Dämmvermögen FCKW-getriebener Hartschäume. Der Wärmedurchgangswert, genannt Lambda-Wert, beträgt nur zwischen 0,020 und 0,030 - gemessen am Lambdawert 1,000 von normalen Bausteinen. Ohne FCKW kommt PU-Hartschaum allerdings auch schon auf den Wert 0,035.

4.1. PU-Dämmplatten für den Bausektor

Auf Wärmedämmplatten entfallen jährlich rund 30 000 Tonnen PU-Hartschaum. Davon wird ein Drittel für industrielle Bauzwecke verwendet - meist für sogenannte Sandwichplatten, die beidseitig mit Stahl beschichtet sind. Die Metallbeschichtung dient nicht nur dem Schutz vor Ausgasung der FCKW, sondern vor allem dazu, die Platten als selbsttragende Bauelemente einzusetzen.

Bezeichnenderweise sind die beiden mit Abstand führenden Hersteller von industriellen Sandwichplatten, die Hoesch Siegerlandwerke (Kreuztal) und die Thyssen Bausysteme (Dinslaken), nicht Tochterunternehmen von Chemie-, sondern von Stahlkonzernen. Beide setzen in der laufenden Produktion noch voll FCKW 11 als Treibmittel ein. Als Lieferant der Schaum-Rohstoffe wird vor allem die Bayer AG genannt.

Einen gewissen Marktanteil haben in diesem Bereich auch noch die Schnellbaupaneele der Romakowski GmbH & Co. (Buttenwiesen). Das Unternehmen gibt an, im Jahre 1991 die FCKW-Menge im Schaum zu halbieren und 1992 auf neuen Anlagen FCKW-frei zu produzieren. Romakowski verwendet auch ein Bayer-System.

Die anderen zwei Drittel des PU-Dämmplatten-Hartschaums entfallen auf Platten für den allgemeinen Hochbau: Sie sind entweder aus Schaumblöcken geschnitten oder werden als Lamine hergestellt, d.h. mit einer flexiblen oder starren Deckschicht versehen. Die Deckschichten dienen als Schutz vor mechanischer Beanspruchung und vor Ausgasung, zum Teil auch als Versteifung; sie erhöhen das Dämmvermögen. Flexible Deckschichten sind zum Beispiel Bitumenpapier, Bitumen-Dachbahnen, Glasvlies, Aluminiumfolien, Karton. Starre (nichtmetallische) Deckschichten sind Gipskartonplatten oder Spanplatten.

Sowohl die 10 000 Tonnen industrieller Dämmplatten als auch die 20 000 Tonnen Dämmplatten für den allgemeinen Hochbau sind bis auf wenige Ausnahmen, die kaum ins Gewicht fallen, durchweg noch mit konventionellem FCKW 11 geschäumt.

Die größten inländischen FCKW-Verbraucher bei PU-Dämmplatten (Schätzungen für 1991)

Hoesch Siegerlandwerke GmbH, Kreuztal-Eichen (500 Besch.):
800 Tonnen

Thyssen Bausysteme GmbH, Dinslaken (335 Besch.)
700 Tonnen

Romakowski GmbH & Co., Buttenwiesen (100 Besch.)
300 Tonnen

Puren Schaumstoff GmbH, Überlingen/Bodensee (95 Besch.)
400 Tonnen

Paul Bauder GmbH & Co., Stuttgart (400 Besch.)
400 Tonnen

Correcta GmbH, Bad Wildungen (320 Besch., gehört zur Metzeler Schaum GmbH, die wiederum dem britischen Konzern British Vita gehört)
500 Tonnen

Endele Kunststoff GmbH, Obermarchtal (50 Besch.) mit Polytec Isolierelemente GmbH, Birgel (50 Besch.)
200 Tonnen

Zu beachten ist, daß die genannten Firmen alle auch ein FCKW-freies Produkt im Angebot (Bauder, Puren) oder in der Entwicklung (Endele/Polytec, Correcta) haben. Die Hauptmasse ihrer Dämmplatten ist allerdings FCKW-geschäumt.

Die restliche FCKW 11-Menge wird von rund 25 kleineren Verarbeitern verbraucht. Darunter befinden sich eht Siegmund GmbH in Bad Honnef, H. Hützen/Thanex GmbH & Co. KG in Viersen, Aprithan-Schaumstoff GmbH in Abtsgmünd, ARA-Werk Krämer GmbH & Co. in Unterensingen, Bauelemente GmbH F.J.Linzmeier in Riedlingen, Karl Bachl Ziegel- und Betonwerke in Röhrnbach, Hörmann KG in Steinhagen, Hapri Leichtbauplatten-Werk in Hamburg.

Bei Dämmplatten, die zu 100 Prozent FCKW 11 als Treibmittel und Zellgas haben, beträgt der FCKW 11-Anteil zwischen 18 und 25 Gewichtsprozent - im Durchschnitt 22 Prozent. Vom FCKW entweichen beim Herstellungsprozeß - beim "Einrühren" - zehn Prozent der eingesetzten Menge. Das sind 2 von 22 Gewichtsprozent FCKW 11, die direkt in die Atmosphäre abgehen.

Auf die gesamte jährlich verarbeitete Menge von 30 000 Tonnen PU-Hartschaumplatten bezogen werden 6 600 Tonnen FCKW 11 verbraucht, wovon 600 Tonnen direkt in die Atmosphäre entweichen. Da allerdings mittlerweile manche größere Hersteller mit geringeren FCKW-Mengen als früher arbeiten, kommt eine um zehn Prozent verminderte Gesamtmenge FCKW 11 der Wirklichkeit näher: Der jährliche Gesamtverbrauch von FCKW 11 liegt bei 6 000 Tonnen, wovon 600 Tonnen direkt in die Atmosphäre emittiert werden.

Andere Zellgase im Hartschaum

FCKW-freie PU-Dämmplatten wurden Anfang 1991 erst von zwei Firmen angeboten; allerdings hatten weitere Firmen entsprechende Platten in der Entwicklung bzw. vor der Marktzulassung. Die beiden Firmen mit FCKW-freien Produkten im Angebot waren die mit 45 Beschäftigten mittelständische Thanex-Polyurethan-Chemie in Viersen (THANOZON) und die Paul Bauder GmbH & Co. in Stuttgart (Bauder PUR M) mit 400 Beschäftigten.

Beide erhielten 1990 vom zuständigen Institut für Bautechnik in Berlin die bauaufsichtliche (Einzel-)Zulassung.

Während die Firma Thanex, die als Treibmittel ein Pentan-Luft-Gemisch (Verhältnis 30/70) einsetzt, als Vorreiter vom Rest der Branche bekämpft wurde (und in wirtschaftliche Bedrängnis geriet), war Bauder erfolgreicher: Dieses relativ große Stuttgarter Bauchemie- und Dachbahnenwerk mit Zweigwerken in Bochum und Leonding/Österreich kooperierte mit dem Rohstoffhersteller DOW und brachte FCKW-freie, nur mit Kohlendioxid geschäumte Bodendämmplatten zur Unterlegung von Fußbodenheizungen auf den Markt. Nach Auskunft von Bauder machen die FCKW-freien Dämmplatten rund zehn Prozent des Dämmplattenumsatzes aus. Der geringe Verkaufserfolg hänge mit dem höheren Preis zusammen, den kaum private Abnehmer, sondern nur Kommunen zu zahlen bereit seien.

Auch die als einer der Marktführer bei Dämmplatten für den Hochbau geltende Firma Puren Schaumstoff GmbH in Überlingen hat eine FCKW-freie Dämmplatte entwickelt, die sie ab April 1991 - zusätzlich zu dem üblichen Plattenangebot - als "™KOPUR" auf den Markt bringt.

Die bautechnische Zulassung

Mit dem Zulassungswesen hat es seine Besonderheiten. Das Institut für Bautechnik in Berlin orientiert sich bei neuen Produkten an der DIN-Norm 18 164 vom Juni 1979. Demgemäß gelten als PU-Dämmstoffe nur solche, die "unter Mitwirkung von Halogenkohlenwasserstoffen als Treibmittel ... erzeugt werden." Diese Vorschrift muß eingehalten werden, selbst wenn Dämmwerte, Formbeständigkeit usw. auch anders erzielt werden könnten.

Da die DIN-Normen ausdrücklich Halogenkohlenwasserstoffe als Treibmittel vorschreiben (Stand Anfang 1991), weil bislang die guten Dämmwerte nur damit erzielbar waren, konnte das Berliner Prüfinstitut für FCKW-freie Dämmstoffe nur "Einzelzulassungen", d.h. Ausnahmeerlaubnisse erteilen.

Die DIN-Normen schützen somit im Interesse der Branchenmehrheit die branchenüblichen Herstellverfahren und blockieren den FCKW-Ausstieg. Diese Möglichkeit der Branchenmehrheit, sich hinter DIN-Normen zu verschanzen, ist eine der Erklärungen für das Zurückbleiben der Dämmplattenhersteller in der FCKW-Frage: Zwar behaupten viele Hersteller, mit FCKW-freien Dämmplatten zu experimentieren bzw. ihre Produktpalette demnächst mit einer FCKW-freien Variante zu ergänzen, die sich "in der Prüfung" befinde; dies ist insofern glaubhaft, weil alle Hersteller wissen, daß sie spätestens 1995 umstellen müssen.

Dennoch ist bisher kaum etwas effektiv geschehen. Im Unterschied zu den Kühlmöbelherstellern ist noch nicht einmal die Reduktion des FCKW 11-Einsatzes um die Hälfte branchenweit durchgesetzt, die bekanntlich nur mit einem Verlust des Dämmwertes um 5 bis 10 Prozent verbunden ist (Lambda statt 0,020 nunmehr 0,022). Solche FCKW-reduzierten Dämmplatten sind Einzelfälle.

Gerade im Bauwesen, wo die Platzfrage im Unterschied zum Kühlschrank nur eine untergeordnete Rolle spielt, wäre die erforderliche minimale Erhöhung der Plattendicke (um den gleichen Dämmwert wie mit 100 Prozent FCKW 11 zu erzielen) völlig unproblematisch.

Damit sind die wenigen Dämmplatten ohne FCKW 11, die sich Anfang 1991 auf dem Markt bzw. kurz vor der Markteinführung befinden, auch schon aufgezählt. Die Industrie-Platten-Hersteller Hoesch und Thyssen haben FCKW-Mengen-Halbierungen, Einsatz von Pentan oder Kohlendioxid bislang nur im Erprobungsstatus. Verwiesen wird immer wieder darauf, daß Materialtests bis zu achtzehn Monate dauern.

Die spezifischen Dämmwerte sind in allen drei Fällen (Thanex, Bauder, Puren) etwas geringer (0,030 bis 0,035 Lambdawert) als bei FCKW-Einsatz (0,020 bis 0,025 Lambdawert). Dieses Manko kann aber durch gasundurchlässige Deckschichten ausgeglichen werden.

Eine vierte FCKW-Alternative kommt von Petrocarbona. Das Unternehmen gehört zum belgischen Recticel-Konzern, der im saarländischen Bexbach ein Weichschaumwerk unterhält. Ab Frühjahr 1991 produziert Recticel in Belgien Dämmplatten, die mit dem selbstentwickelten Stoff LBL (Low Blowing Liquid) getrieben sind. Mit LBL können Lambdawerte von 0,025 erreicht werden. Die Zusammensetzung des Stoffes ist Firmengeheimnis; nach verlässlichen Auskünften handelt es sich um 1,2-Chlorpropan. Bekanntgegeben wurde der Ozonschicht-Zerstörungs-Wert. Er beträgt angeblich nur 0,003 -

gemessen an 1,0 von FCKW 11. Der Beitrag zum Treibhauseffekt betrage 0,01 - gemessen an 1,0 von FCKW 11. In der Bundesrepublik gibt es für das über Petrocarbona angebotene Produkt noch keine bautechnische Zulassung.

Verschanzt hinter veralteten DIN-Normen und angewiesen auf Neuentwicklungen bei der Großchemie (Bayer, BASF, ICI, DOW) ist die Branche der Plattenschäumer die rückständigste in Bezug auf den FCKW-Ersatz überhaupt geblieben. Möglicherweise wird die Umstellung befördert, wenn ab Spätsommer 1991 die - wenig absatzfördernde - Kennzeichnungspflicht: "Enthält ozonabbauenden FCKW" eingeführt wird. Außerdem sieht die ab 1. August 1991 gültige FCKW-Halon-Verbotsverordnung ein Verbot aller vollhalogenierten FCKW, wozu FCKW 11 gehört, ab 1995 vor.

4.2. PU-Ortschaum

Ortschaum wird - wie der Name sagt - "vor Ort", d.h. an der Baustelle zur Reaktion gebracht und verarbeitet. Auch er wird technisch durch eine DIN-Norm standardisiert, welche die "Mitwirkung von Halogenkohlenwasserstoffen als Treibmittel" vorschreibt. FCKW wird darin allerdings nicht ausdrücklich genannt, auch wird der Anteil der "Mitwirkung" nicht reglementiert. Zu unterscheiden sind

- a) Gießschaum, der zu 95 Prozent für industrielle Zwecke wie z.B. zum Dämmen von Behältern und Anlagen eingesetzt wird;
- b) Spritzschaum, der hauptsächlich zur Dämmung und Abdichtung von Flachdächern im Hochbau benutzt wird;
- c) Montageschaum in Dosen für den Heimwerker und Handwerkerbereich, der weniger der Wärmedämmung dient als dem Füllen von Hohlräumen, Fugen und Ritzen usw. Montageschaum fällt nicht unter die genannte DIN-Norm.

Zu a). An Gießschaum für industrielle Zwecke werden zur Zeit pro Jahr etwa 2 500 bis 3 000 Tonnen Polyurethan verbraucht, und zwar im Wesentlichen von 13 Firmen, darunter vier mit größeren Verschäumungsmengen:

Rheinhold & Mahla GmbH (München)

KAEFER Isoliertechnik GmbH & Co. KG (Bremen)

F. Willich GmbH + Co. (Dortmund)

Grünzweig + Hartmann Montage GmbH (Ludwigshafen).

Alle Firmen betreiben das Gießschäumen nur als Nebengeschäft, das maximal mit fünf Prozent zum Gesamtumsatz beiträgt.

Der Haupt-Rohstoffhersteller für Gießschaum ist die Bayer AG, die die verarbeitungsfähigen Komponenten (einschließlich des FCKW) vor allem über das Systemhaus Lackfa GmbH zu den Anwendern bringt.

Größte inländische Einzelverbraucher von FCKW 11 beim Gießschaum (Schätzungen für 1991) Gesamtverbrauch: 450 Tonnen FCKW 11

Wichtigstes Systemhaus ist die Lackfa Isolierstoff GmbH, Rellingen mit einer Verarbeitung von über 300 Tonnen FCKW, der mit dem Schaumsystem an die Gießschäumer geliefert wird.

Geschätzter FCKW-Verbrauch der Verarbeiter:

KAEFER Isoliertechnik GmbH & Co. KG, Bremen (2 700 Besch.):	ca. 65 Tonnen
G + H Montage GmbH, Ludwigshafen (285 Besch.):	ca. 65 Tonnen
Rheinhold & Mahla GmbH, München (3 000 Besch.):	ca. 65 Tonnen
F.Willich GmbH & Co., Dortmund (1 700 Besch.):	ca. 65 Tonnen

Die restlichen 200 Tonnen verteilen sich auf 14 weitere Verarbeiter aus dem Bereich der Wärme-, Kälte-, Schall- und Rohrleitungsisolierung. Darunter: Bohle & Cie. GmbH, Köln-Mülheim (200 B); Ernst Bohle GmbH, Gummersbach (760 Besch.); THC. Cronemeyer GmbH, Dortmund; GFI Gesellschaft für Isolierungen mbH, Dortmund; Heinrich Grosse GmbH & Co. KG Dämmtechnik, Lünen-Brambauer; IIG Industrieisolierungen GmbH (150 Besch.), Gelsenkirchen-Buer; ISO-GE Isoliertechnik GmbH, Friedberg; Isolierschäum Nord GmbH, Ellerbek bei Hamburg; Otto Kienzle GmbH & Co. Isoliertechnik (650 Besch., 5 Niederlassungen), Pforzheim; H.Rosendaal GmbH + Co. techn. Dämmungen (120 Besch.), Essen-Kray.

Der FCKW-Anteil beim Gießschaum ist gegenüber Dämmplatten geringer, da der Gießschaum eine höhere Rohdichte hat, nämlich zwischen 50 und 60 Kilogramm pro Kubikmeter. Der Gewichtsanteil von FCKW 11 am Schaum bewegt sich beim Einsatz zwischen 15 und 20 Prozent. Dabei entweichen etwa 2 bis 3 Gewichtsprozent, so daß im Schaum knapp 15 Prozent FCKW 11 verbleiben.

Nur wenige Gießschäumer setzen bereits FCKW-freie Systeme ein. Zu diesen Ausnahmen gehört die Grünzweig + Hartmann AG, ein Unternehmen der französischen Grundstoffindustriegruppe Compagnie de St. Gobain. Ihr Hartschaumbereich ist in der G+H Montage GmbH (285 Beschäftigte) zusammengefaßt. G+H Montage hat nach eigenen

Auskünften auch Systeme im Programm, die nur mit Kohlendioxid getrieben werden. In der Behälter- und Anlagenisolierung der Brauerei Beck in Bremen (Gär- und Lagertanks) und an einer Chemie-Anlage von Hoffmann La Roche wurde kürzlich erstmals in großem Maßstab solcher FCKW-freier Ortschaum eingesetzt.

Der jährliche FCKW 11-Verbrauch beim Gießschäumen (Stand 1991) beträgt etwa 450 Tonnen, wovon 50 Tonnen unmittelbar in die Atmosphäre abgegeben werden.

Zu b) Spritzschaum. Das Anwendungsgebiet für

maschinell aufgespritzten Schaum sind vor allem Flachdächer, weshalb auch von Dachspritzschaum gesprochen wird. Auf das Dach wird mit mobilen Schaumanlagen eine Schaumdecke von rund 3 Zentimetern aufgetragen und mit UV-Schutzlack versehen. Sie ist trittfest, aber als Parkdeck nicht geeignet. (Dafür wird kein Spritzschaum verwendet.)

Eine größere Firma schafft es beim Schaumauftrag bis zu einer Tagesleistung von 3 000 Quadratmetern, die etwa 3,6 Tonnen wiegen. Derartige Außenarbeiten sind allerdings jahreszeitlich und vom Wetter abhängig, so daß maximal 100 Arbeitstage infrage kommen.

Der Markt wird von den Firmen unterschiedlich eingeschätzt. Die Rede ist von Mengen zwischen 2 500 und 3 000 Jahrestonnen Polyurethan. Den bundesdeutschen Markt teilen sich etwa 11 Firmen, die alle nur jeweils um die 20 Beschäftigte haben. In der Saison wird die Beschäftigtenzahl erhöht. Die Marktführer, sofern man bei der Branchenstruktur von Marktführern sprechen kann, sind von der verarbeiteten Tonnage her:

ZARB Chemo-Technische Isoliersysteme GmbH, Waiblingen (20 Besch.)

DIF Dillinger Isolier & Flachdach GmbH, Dillingen (15 Besch.)

S. Finimento GmbH, Wennigsen (20 Besch.)

Polytechnik GmbH Ges. für Polyurethan- und Elastomeranwendung, Offstein/Worms (20 Besch.)

Alltherm GmbH + Partner, Stuttgart (20 Besch.).

Obwohl mehrere konzerngebundene Systemhäuser Dachspritzschäume zubereiten - die Produkte sind Elastopor von Elastogran, ic-Spritzschaum von DOW-Ahlen, Lamoltan von Lackfa, Resifoam von Resina/Shell - ,ist das mit Abstand führende Systemhaus die Bayer-Tochter Rhein-Chemie Rheinau GmbH mit dem System BAYMER DS. Die Rhein-Chemie, die eigenständig den UV-Schutzlack produziert, beliefert alle fünf obengenannten Firmen.

Die Rohdichte beträgt bei Dachspritzschaum im Durchschnitt 60 Kilogramm pro Kubikmeter. Das Treibmittel hat einen Gewichtsanteil von 23 Prozent, wovon etwa 10 Prozent direkt entweichen; das sind etwa 2 Gewichtsprozent.

Für die 2 500 Tonnen Dachspritzschaum werden 1991 noch 575 Tonnen FCKW 11 verbraucht, wovon 50 Tonnen beim Verarbeiten entweichen.

Verbrauch von FCKW 11 beim Dachspritzschaum 1991 (Schätzung)

Wichtigstes Systemhaus: Rhein-Chemie Rheinau GmbH, Mannheim (570 Besch.)

450 Tonnen FCKW 11 (Die Bayer-Tochter Rhein-Chemie hat ein FCKW-freies Produkt im Angebot.)

Die Verarbeiter des Spritzschaums sind so klein, daß sich eine weitere Verbrauchsaufgliederung nicht lohnt. Zu den bereits genannten Firmen kommen noch: Gregusch Kunststoffverarbeitungs GmbH & Co. KG, Seesen; V.Hardtke GmbH, Oyten; Walter Hardtke Hartschaumtechnik GmbH, Berlin; HOSPAR GmbH Theo Hoppe, Krefeld; PSK Polyurethan-Systeme Maisel OHG, Ködnitz.

Zu c) Montageschaum. Hier handelt es sich um Schaum in Sprühdosen für den Do-it-Yourself-Bereich. Der Zwei-Komponentenschaum für Handwerker spielt eine untergeordnete Rolle gegenüber dem Ein-Komponentenschaum für den Heimwerkerbereich. Die Ein-Komponentenschäume nutzen zur Reaktion und zum Aushärten die Feuchtigkeit bzw. das Wasser der Luft; in ihren Mischungen ist ein Isocyanat-Überschuß enthalten. Gegenüber sonstigem Ortschaum besitzt Montageschaum viel mehr offene Zellen, um die Feuchtigkeit aufnehmen zu können. Das Treibmittel dient sowohl zur Zellbildung als auch zur Beförderung des Schaums aus der Dose und wird zu großem Teil sofort freigesetzt. Montageschaum wird sehr hart und deshalb vor allem zu Befestigungszwecken (für Türzargen usw.) und zum Ausfüllen von Hohlräumen eingesetzt, weniger zum Dämmen.

Die Verkaufszahlen lagen 1990 bei etwa 8 Millionen Dosen - mit einem Durchschnittsgewicht von 0,75 Kilogramm. Auf dem Markt werden mehr als 50 Handelsmarken angeboten. Allerdings gibt es in der Bundesrepublik nur drei relevante Abfüller, die verschiedene Etiketten auf die Dosen kleben. Es handelt sich um: HAGO-Chemie in München, ARA-Werk in Unterensingen, Henkel KGaA, Düsseldorf.

Die HAGO-Chemotechnik GmbH (Sitz München) ist nur Auftrags-Abfüller für andere. ARA und Henkel verkaufen auch unter eigenen Handelsnamen - ARAPURAN bzw. ASSIL. (Beim Montageschaum ist übrigens nicht Bayer der Haupt-Rohstoffhersteller, sondern es sind die BASF und ICI.)

Jene drei Abfüller teilen sich im Wesentlichen auch den deutschen Export, der etwa ein Drittel bis zur Hälfte jener 8 Millionen Dosen beträgt. Allerdings werden mehr Dosen importiert als ausgeführt. Sie kommen insbesondere aus der Schweiz (FOMO-polypac), Belgien und Dänemark.

FCKW 22-Verbrauch der inländischen Abfüller von Montageschaum (Schätzung für 1991) Gesamtverbrauch: 1 500 Tonnen

Henkel KGaA, Düsseldorf: Abfüllung "Assil" bei den Sichel-Werken, Hannover (400 Besch.):
300 Tonnen

ARA-Werk Krämer GmbH & Co., Unterensingen/Württ. (85 Besch.):
300 Tonnen

HAGO-Chemotechnik GmbH & Co. KG, München: Abfüllwerk: Pursan Chemotechnik
GmbH & Co. KG, Landsberg (85 Besch.)
400 Tonnen

Büsing & Fasch GmbH & Co., Oldenburg:
5 Tonnen

Etwa 300 Tonnen FCKW 22 werden mit den Dosen importiert.

1988 gab es auf dem deutschen Markt noch keine einzige Dose ohne die Treibmittel FCKW 11 oder 12. Ein Jahr später sprachen die meisten Hersteller schon von bevorstehender Umrüstung. Und seit dem 1.4.1990 wird aufgrund einer Vereinbarung unter den Anbietern Montageschaum in Dosen nur noch mit dem Treibmittel FCKW 22 hergestellt, jenem teilhalogenierten FCKW, der einen Ozonschicht-Zerstörungs-Wert von 5 Prozent von FCKW 11/12 aufweist. Da dieses Treibmittel besser löst, ist gegenüber FCKW 11/12 etwa 20 Prozent weniger davon erforderlich. Die Bezeichnungen "ozonschonend" oder gar UWF ("umweltfreundlich" - Firma PCI Augsburg) sind allerdings irreführend, ebenso "schadstoffarm". Ab Spätsommer 1991 muß auf der Dose mit FCKW 22 stehen: "Enthält ozonabbauenden FCKW".

Die von der Marktbedeutung her zehn wichtigsten Anbieter (nicht Abfüller) von Montageschaum 1990/91

Arapuran Montage- und Dichtschaum, ARA-Werk, Unterensingen

Assil-Schaum, Henkel, Düsseldorf

Kompaktal PU-Schaum, Kompakta-Werke, Traunreut

Knauf Dämm + Montageschaum, Knauf Westdeutsche Gipswerke, Iphofen (Abfüller: FOMO-polypac, Schweiz)

Lugato Bauschaum, Lugato Chemie, Hamburg (Abfüller: FOMO-polypac)

PCI-Egapor UWF, PCI Polychemie GmbH, Augsburg

quick-mix Montageschaum, Hans Sievert KG, Osnabrück

Terostat Montageschaum, Teroson Heidelberg

Ultrament Montageschaum, Ultrament-Chemie, Essen (Abfüller: FOMO-polypac)

plenty-more Montage- + Füllschaum, Büsing & Fasch, Oldenburg.

Ab dem 1.1.1993 ist auch dieses Treibmittel für Montageschäume verboten. Dann sind nur noch FCKW-freie Aerosole erlaubt. Bisher - 1991 - ist noch keine Alternative zu FCKW 22 im Gebrauch. Die Branche wartet auf den chlorfreien FKW 134a. Montageschaum braucht zur Reaktion mit der Luftfeuchtigkeit bislang FCKW, um schnell zu härten. Bei Kohlendioxid als einzigem Aufschäummittel bliebe die ausgebrachte Menge zu lange flüssig und würde verlaufen.

Wieviel Treibgas nach dem Aufschäumen in den Schaumzellen exakt verbleibt, ist nach der Umstellung auf FCKW 22 nicht einmal der Firma Henkel bekannt. Bei R11/12 konnte FCKW noch nach Jahren im Schaum nachgewiesen werden. Bei FCKW 22 dauert die Ausgasung möglicherweise nicht weniger lang.

Der Treibmittelanteil (FCKW 22) am Füllgewicht beträgt zwischen 20 und 30 Prozent - im Durchschnitt 25 Prozent. Bei einem Verbrauch von 6 000 Tonnen jährlich versprühter Dosenfüllungen zwischen 1 500 Tonnen FCKW 22 in die Luft.

5. Extrudiertes Polystyrol: Noch einmal FCKW im Baustoff

Zusammenfassung: Das Anwendungsgebiet von Dämmplatten aus extrudiertem Polystyrol (XPS) ist die außenliegende Wärmedämmung erdberührter Gebäudeflächen (Perimeterdämmung). Die Herstellung solcher Dämmplatten wird von den Chemiekonzernen BASF und DOW beherrscht, die dafür jährlich insgesamt etwa 4 000 Tonnen FCKW (FCKW 142 b) verbrauchen.

Den deutschen Markt für Wärmedämmplatten aus XPS (Inlandsverbrauch 400 000 Kubikmeter) teilen sich die BASF AG und die DOW Chemical jeweils fast zur Hälfte. Daneben hat einen geringen Marktanteil die Firma Gefinex in Steinhagen, die zum norwegischen Chemieunternehmen Jackon gehört.

Derartige Wärmedämmplatten haben bis zu 98 Prozent geschlossene Zellen, die FCKW enthalten. Ihre technischen Vorzüge gegenüber anderen Materialien sind: geringe Feuchtigkeitsaufnahme, hohe Druckfestigkeit, geringe Temperaturempfindlichkeit und sehr gute Wärmedämmwerte. Das Material ist der einzige in Deutschland zugelassene Dämmstoff für den Naßbereich (Dämmung erdberührter Außenwände). Bis 1989 wurde als Treibmittel und Zellgas ausschließlich FCKW 12 eingesetzt. Dabei verblieben zwei Drittel im Schaum, ein Drittel entwich bei der Herstellung. Mitte 1990 wurde allgemein auf das Treibmittel FCKW 142 b umgestellt. Dieses wiederum wird nur in Frankreich hergestellt, und zwar von Atochem und von einem französischen Solvay-Werk.

Im Unterschied zu PU-Hartschaum, der auch in Kühlmöbeln angewandt wird, wird extrudiertes Polystyrol erstens nur als Baumaterial eingesetzt, und zweitens wird es direkt von der Chemieindustrie produziert. Die Weiterverarbeiter sind in diesem Falle keine Schäumer, sondern Bauunternehmen, die die fertigen Platten kaufen und verwenden. Seit Mitte der sechziger Jahre ist XPS auf dem deutschen Markt.

DOW Chemical

DOWs Handelsname für XPS ist STYROFOAM. Je nach Anwendungsform heißen die Artikel PERIMATE, ROOFMATE, FLOORMATE oder WALLMATE. DOW hat in allen Produktionsstätten für den deutschen Markt beim Treibmittel von FCKW 12 auf FCKW 142b umgestellt. Dessen Ozonschicht-Zerstörungs-Wert beträgt 6 Prozent von FCKW 12. Die Produktionsstätten für XPS-Platten sind zum größeren Teil das niederländische Werk Terneuzen, das den norddeutschen Markt beliefert. Für den süddeutschen Markt produzieren die Werke im badischen Rheinmünster (DOW Rheinmünster GmbH) und im französischen Drusenheim, das gegenüber Rheinmünster auf der anderen Rheinseite liegt. Der Vertrieb von Dämmplatten wird über selbständige Baustoffhändler geregelt.

Verbräuche von FCKW 142 b bei Dämmplatten aus extrudiertem Polystyrol (Schätzung für 1991)

BASF Aktiengesellschaft, Ludwigshafen:

1 900 Tonnen

Dow Chemical Handels- und Vertriebsgesellschaft mbH, Frankfurt
(Produktionswerke in Terneuzen, Drusenheim und Rheinmünster)

1 900 Tonnen

Gefinex-Jackon GmbH, Steinhagen:

50 Tonnen

BASF AG

Die BASF produziert ihr Polystyrol im Stammwerk Ludwigshafen, und zwar sowohl das mit Pentan geschäumte Polystyrol EPS ("Styropor") als auch das XPS, das mit FCKW geschäumt wird. Dessen Handelsname ist STYRODUR. Das Styrodur wird über die bereits erwähnte Baustoffirma Grünzweig und Hartmann, Mannheim, vertrieben, die zum französischen Grundstoff-Konzern Compagnie de St. Gobain gehört. Wie DOW hat die BASF auf den FCKW 142 b umgestellt.

Gefinex Jackon, Steinhagen

Der Außenseiter auf dem Markt für Polystyrol Extruderschaum (27 Beschäftigte) war immerhin derjenige, der zuerst - schon 1987 - die Umstellung des Treibmittels von FCKW 12

auf FCKW 142 b bewerkstelligte. DOW und BASF mußten ihren ursprünglichen Umstellungsplan beschleunigen. Das kleine Unternehmen, das der norwegischen Jackson a.s. gehört, vertreibt seine Produkte unter dem Handelsnamen JACKODUR, bis vor kurzem mit der zweifelhaften Bezeichnung "ozonfreundlich".

FCKW-Jahresverbrauch bei XPS

Die inländische Jahresproduktion (einschließlich jener in DOWs Auslandswerken) beträgt zur Zeit etwa 800 000 Kubikmeter Dämmschaum, wovon die Hälfte exportiert wird. Der Inlandsverbrauch liegt bei 400 000 Kubikmetern. Die Rohdichte beträgt im Durchschnitt 35 Kilogramm pro Kubikmeter, was einem Schaumgewicht der Jahresproduktion von 28 000 Tonnen entspricht.

Der im Schaum enthaltene FCKW hat einen Gewichtsanteil von 9 Prozent - vor und nach der Mitte 1990 erfolgten Treibgasumstellung auf FCKW 142 b. Der bei der Herstellung entweichende FCKW-Gewichtsanteil beträgt zusätzlich 5 Gewichtsprozente. So kommen bei der Herstellung auf 1 000 Kilogramm Schaum 140 Kilogramm FCKW: 90 Kilogramm, die im Schaum bleiben und 50 Kilogramm, die entweichen.

Insgesamt werden jährlich 3 920 Tonnen FCKW 142 b für die Herstellung von extrudiertem Polystyrolschaum verbraucht. Davon entweichen 1 400 Tonnen bei der Herstellung, 1 260 Tonnen bleiben jährlich als Schaumbestandteil im Inland, weitere 1 260 Tonnen werden mit dem Schaum exportiert.

FCKW-Reservoir im XPS-Hartschaum

Da XPS-Schaum in der Bundesrepublik seit Mitte der sechziger Jahre eingesetzt wird, dürfte sich die bis 1990 eingeschlossene FCKW 12-Menge auf etwa 13 000 Tonnen angereichert haben. Entsorgungs- und Recyclingkonzepte liegen dafür nicht vor. Grund: Die Industrie steht aufgrund der langen Nutzungszeit von XPS-Schaumplatten nicht unter unmittelbarem Handlungszwang.

6. Großchemie und FCKW-Ersatz: Die Linie der Bequemlichkeit

Beim Polyurethan- und Polystyrolschaum tritt die chemische Großindustrie nicht nur als Produzent des Aufschäummittels FCKW, sondern zugleich als Hersteller der schaubildenden Rohstoffe bzw. der verarbeitungsfähigen Systeme auf. Beim Hartschaum sind die Endverarbeiter in der Regel kleine Bauchemieunternehmen, die man mit triftigen Gründen als "Ausführgane" der Großchemie bezeichnen kann. Auch Weich- und Integralschäumer sind mit Chemiebetrieben gut vergleichbar.

Insofern trägt die Hauptverantwortung den gegenwärtigen - verschleppten - Stand des FCKW-Ausstiegs beim Kunststoffschäum die Chemieindustrie selbst. Dort, wo sich die Chemieindustrie nur als Zulieferer für andere Großindustrien betätigt (Elektronik, Automobilindustrie, Haushaltsgeräteindustrie), zeigt sich ein fortgeschrittenerer Stand der FCKW-Substitution als in dem von der Chemischen Industrie selbst beherrschten Schaumsektor. Diese Herrschaft ist beim Hartschaum am weitesten ausgeprägt, weiter als beim Weich- und Integralschaum, wo noch die einflußreiche Autoindustrie mitzureden hat.

Die "drop in"-Logik der Chemieindustrie

Der Dominanz der Großchemie beim Produkt Schaum entsprechend ist die in Diskussion und Entwicklung befindliche technische Alternative zum Schäumen mit FCKW wiederum das Schäumen mit FCKW: Es soll möglichst ein chemischer Ersatzstoff her, der die Umwelt weniger schädigt als die bisherigen FCKW, aber möglichst bequem in die vorhandenen Produktionsverfahren und -aggregate paßt ("drop in"). Das ergibt folgende Logik:

Erstens soll der Einsatz der vollhalogenierten FCKW 11 und 12 möglichst bis zu ihrem endgültigen Verbot hingehalten werden. Die Halbierung der Einsatzmenge nach dem Muster der Kühlschrankproduzenten wird wohl bis 1993 auch auf den Bau-Dämmstoffbereich angewandt werden. Dabei geht es um eine Maßnahme, die den PU-Produzenten nicht wehtut, da diese Halbierung keine technischen und wirtschaftlichen Nachteile mit sich bringt. Im Gegenteil: Es kann sogar infolgedessen mehr Polyurethan als bisher verkauft werden (dickere Dämmschicht!).

Die ISOPA (European Isoocyanate Producers Association), die Vereinigung der sieben größten in Europa tätigen PU-Rohstoffhersteller, hat sich "selbstverpflichtet", die FCKW-Menge im "Schaum" bis Ende 1993 auf 35 Prozent des Standes von 1986 zu senken. Da "Schaum" zum größten Teil der mittlerweile ohnehin FCKW-frei hergestellte Block-Weichschaum ist, muß gegenüber 1990 faktisch nichts in der FCKW-Frage verändert werden.

Zweitens: Wo teilhalogenierte FCKW ohne größere Umstellungsprobleme bei Produktion und Produkt eingesetzt werden können, wird die Umstellung gefördert. Das trifft auf FCKW 22 statt FCKW 11 beim Integralschaum und beim Montageschaum zu und auf den Ersatz von FCKW 12 durch FCKW 142 b beim XPS-Hartschaum. Der von der Chemischen Industrie favorisierte Nachfolge-FCKW für den im Hartschaumsektor dominierenden FCKW 11, nämlich der chemisch-physikalisch ähnliche teilhalogenierte FCKW 123 (ODP-Wert 0,01 von FCKW 11), wird zur Zeit schon in großtechnischen Pilotanlagen erprobt - in der Bundesrepublik bei Solvay. Dieser FCKW hat für die Chemieindustrie (Solvay und Hoechst) den zusätzlichen Vorteil, daß sie die Produktionsanlagen des vollhalogenierten FCKW 113, der ab 1992 verboten ist, nicht stilllegen muß, sondern mit nur leichten Modifikationen weiterfahren kann. Denn FCKW 113 ist ein günstiger Ausgangsstoff für den teilhalogenierten FCKW 123 (sowie für das chlorfreie Kältemittel 134 a).

An die Linie des von der Chemischen Industrie befürworteten bequemen Umstiegs von einem verbotenen Halogen-Kohlenwasserstoff auf einen erlaubten als Aufschäummittel ist die nationale Gesetzgebung gut angepaßt. Selbst die von der Chemieindustrie in der Öffentlichkeit hart bekämpfte FCKW-Halon-Verbotsverordnung befördert den abgestuften Umstieg und bleibt mit ihren jeweiligen Ausstiegsfristen im Rahmen dessen, was die Chemische Industrie ohnehin betreibt.

Andererseits wirkt die staatliche Auflagenpolitik insofern beschleunigend auf eine Abkehr von "harten" FCKWs, als ohne gesetzliche Maßnahmen alles beim Alten bliebe.

"Softe" Umweltschädigung mit anderen FCKW oder andere Technologien

Die universell einsetzbaren FCKW haben in der Nachkriegszeit viele andere Verfahren verdrängt. FCKW verhalf zahlreichen Schaumstofftypen überhaupt erst zu einem Absatzmarkt. Der mit FCKW behandelte Weichschaum verdrängte bei Sitzen und Polstern die Federkerntechnik. FCKW-getriebene Integralschäume dominieren bei Lenkrädern von Autos und Armlehnen von Bürostühlen. FCKW-gefüllter Hartschaum verdrängte in einzelnen Bereichen ökologisch unbedenkliche Dämmaterialien. Um auf Kältemittel vorzugreifen: Dort trat FCKW in vielen Fällen an die Stelle der hochentwickelten Ammoniakanwendung. Das Ozonloch zeigt, daß der Einsatz des einfachen Allroundstoffes FCKW mit unkalkulierten Folgen verbunden und an Grenzen gestoßen ist. Die Chemieindustrie reagiert auf diese Situation nicht mit einer Abkehr vom bisherigen Verfahren oder gar Produkt, sondern nur mit einer Verfeinerung des FCKW-Angebots auf einer niedrigeren Stufe der Umweltschädigung.

Gegenüber der FCKW-Perfektionierung werden aber Stimmen laut, die auf ungenutzte Möglichkeiten völlig FCKW- und FKW-freier Techniken und Erzeugnisse verweisen.

Bei der Dämmtechnik, dem größten FCKW-Verbrauchsgebiet, sind die Stoffe mit dem besten Dämmwert nicht immer die technisch beste Lösung. Es ist zwar richtig, daß PU-Hartschäume mit FCKW-Zellgas das höchste Dämmvermögen unter den vorhandenen Materialien aufweisen. Doch ein geringerer Dämmwert kann durch dickeren Dämmstoff ausgeglichen werden. Es geht da nur um Millimeter, statt 25 eben 28! Und in aller Regel spielt die Platzfrage weder beim Neubau noch bei der Altbausanierung eine so entscheidende Rolle, daß der gleiche Zweck nicht auch mit Styropor, mit Mineralfasern oder mit anderem Material erreicht werden könnte.

Das gilt selbstverständlich auch für Dachspritzschäume und für Ortschäume, bei denen Kohlendioxid zur Aufschäumung genügt, sofern überhaupt die Verwendung von PU-Hartschaum sinnvoll ist. Auch Montageschäume, die ohnehin nicht vorrangig der Wärmedämmung dienen, sondern der Hohlraumverfüllung, sind, wenn schon PU dafür verwendet werden soll, ohne FCKW möglich.

Die herrschende Forschungsorientierung an einer Perfektionierung der FCKW ist allerdings nicht allein den FCKW-Herstellern anzulasten - im vorliegenden Falle der Hoechst AG und Solvay. Verantwortlich sind für diesen Weg, der zur Blindheit gegenüber einer Fülle - ausgelassener - Chancen alternativer Techniken und Produkte führt, in hohem Maße auch die Großunternehmen der Polyurethan-Chemie, in unserem Land in erster Linie die Bayer AG und die BASF AG, beide große FCKW-Verarbeiter. Im Interesse einer ungehemmten Ausweitung des lukrativen Polyurethan-Geschäfts halten sie an der Strategie der FCKW-Perfektionierung fest. Jene beiden Unternehmen der Großchemie sind bei der anstehenden Lösung der Entsorgungsproblematik der FCKW genauso in die Pflicht zu nehmen wie deren unmittelbaren Produzenten und Anwender.

II - FCKW als Kältemittel: lokal gekühlt - global erhitzt

Zusammenfassung: FCKW dienen der Gebäudeklimatisierung von Kühlhäusern, EDV-Räumen, Büros und Produktionshallen, sie dienen vielfältigen industriellen Anwendungen von der chemischen Prozeßkühlung über die Kältetrocknung von Druckluftwerkzeugen bis zum Klimatunnel in der Autoindustrie. Soweit handelt es sich um ortsfeste kältetechnische Anlagen, die jährlich fast 4 000 Tonnen FCKW verbrauchen. Vorrangig werfen wir im Folgenden einen Blick auf die beweglichen Kälteanlagen: auf Kühlmöbel und auf Autoklimaanlagen, für die jährlich fast 5 000 Tonnen FCKW als Kältemittel (ohne die FCKW in den Dämmstoffen) eingesetzt werden.

1. Kühlmöbel im Haushalt

Haushaltskühlmöbel sind zu 80 Prozent Kühlschränke und zu 20 Prozent Haushaltsgefrierschränke und -truhen. Ihre Jahresproduktion ist gegenüber 1989 auf mindestens 3,8 Millionen Stück im Jahre 1990 gestiegen.

Tabelle 6: Haushaltskühlmöbel-Produktion 1987 bis 1989 in Tausend

	1987	1988	1989
Kühlschränke	2 233	2 574	2 823
Gefrierschränke und -truhen	787	837	791
Summe in Stück	3 020	3 411	3 614

Haushaltskühlmöbel verwenden FCKW in zweierlei Weise. Erstens als Kältemittel und zweitens als Zellgas im Dämmschaum. Das Kältemittel der gegenwärtig produzierten Kühlgeräte ist FCKW 12, das Treib- und Zellgas für den PU-Hartschaum ist FCKW 11. Bei neuproduzierten Kühlschränken ist die FCKW 11-Menge pro Kühlgerät doppelt so groß wie die FCKW 12-Menge, früher betrug sie das Vierfache.

Kälteerzeugung mit FCKW

Moderne Haushaltskühlgeräte sind Kompressorgeräte: Der Kompressor bringt gasförmiges Kältemittel auf höheren Druck. Unter Wärmeabgabe erfolgt die Verflüssigung des Kältemittels. Bei anschließender Expansion geht das flüssige Kältemittel unter Wärmeaufnahme (Kälteerzeugung) im Verdampfer wieder in gasförmigen Zustand über. Der Kompressor (Verdichter) saugt es wieder auf. Der eindeutige Marktführer bei Kompressoren für Kühlgeräte-Verdichter ist die Firma Danfoss GmbH in Flensburg mit 1 700 Beschäftigten (Tochterunternehmen einer dänischen Firma).

Bislang ist keine Alternative für FCKW 12 als Kältemittel auf dem Markt. Die Kühlschranksindustrie favorisiert als neues Kältemittel FCKW 134 a, dessen Produktion in den USA (Du Pont) und in Großbritannien (ICI) gerade angelaufen ist.

Der größere Teil des FCKW ist FCKW 11 als Treibmittel im PU-Dämmschaum. Da der Schaum nach der Reaktion sehr hart wird, kann er zugleich als tragendes Konstruktionselement für die Schrankwände und -türen dienen. Daher die Bezeichnung Konstruktionsschaum. Das Dämmvermögen des mit FCKW 11 gefüllten, geschlossenzelligen Schaums wird durch die äußere Deckschicht aus Blech und die innere Deckschicht aus Kunststoff zusätzlich erhöht.

Kühlschränke und Gefriergeräte haben sehr unterschiedliche Größen und Nutzinhalte. Im gewichteten Durchschnitt braucht ein Haushaltskühlschrank bzw. -gefriergerät des Jahres 1989 etwa 150 Gramm Kältemittel FCKW 12 und 600 Gramm Schaumgas FCKW 11. Im Jahre 1990 hatten alle relevanten westeuropäischen Hersteller die FCKW 11-Menge im Schaum halbiert bzw. die Halbierung abgeschlossen, wodurch das spezifische Dämmvermögen nur um fünf bis sieben Prozent abnahm, was durch Erhöhung der durchschnittlichen Schaumdicke um fünf bis sieben Prozent (von etwa 40 auf 43 Millimeter) ohne merkliche Einbuße am Nutzvolumen ausgeglichen werden konnte. (Um FCKW total aus dem Schaum zu nehmen, müßte die Schaumdicke allerdings auf über 50 Millimeter erhöht werden, wodurch der Nutzinhalt um zehn Prozent von 150 auf 135 Liter abnähme.)

Die inländischen Hersteller von Haushaltskühl- und Gefriergeräten - Geschätzte FCKW-Verbräuche 1991

1. Bosch-Siemens-Hausgeräte GmbH, München. Produktionswerk Giengen (Marken: Siemens, Bosch, Neff, Constructa)

250 Tonnen FCKW 12 - 500 Tonnen FCKW 11

2. Liebherr Hausgeräte GmbH. Produktionswerk Ochsenhausen

110 Tonnen FCKW 22 - 220 Tonnen FCKW 11

3. Bauknecht Hausgeräte GmbH, Stuttgart. Produktionswerk Calw

110 Tonnen FCKW 22 - 220 Tonnen FCKW 11

4. AEG AG, Nürnberg. Produktionswerk Kassel

80 Tonnen FCKW 12 - 160 Tonnen FCKW 11

Die Daten des "Durchschnittskühlgerätes" betragen für 1990/91 somit 150 Gramm FCKW 12 und 300 Gramm FCKW 11.

Bei einer Produktion von 3,8 Millionen Stück wurden 1990 folglich 560 Tonnen FCKW 12 eingefüllt und 1 140 Tonnen FCKW 11 in den Konstruktionsschaum eingetrieben. Der

effektive FCKW-11-Verbrauch ist höher, da bei der Fertigung etwa 4 Prozent FCKW 11 emittieren - etwa 40 Tonnen.

Die jährlichen Nachfüllmengen für Kältemittelverluste bei Betrieb, Wartung und Reparatur sind nicht sehr groß, sie betragen etwa 1,3 Prozent des Kältemittelbestandes. Die jährliche Nachfüllmenge für FCKW-12-Verluste bei Haushaltskühlgeräten beträgt 90 Tonnen.

FCKW-Verbrauch von Haushaltskühlmöbeln

An FCKW 12 werden 560 Tonnen für Neufüllung und 90 Tonnen für Nachfüllung verbraucht. Bei FCKW 11 kommen 1 180 Tonnen zum Aufschäumen zum Einsatz, wovon 40 Tonnen bei der Fertigung entweichen.

Nur eine Anmerkung zum FCKW-Reservoir in Haushaltskühlschränken: In den Haushalten der Bundesrepublik standen 1989 insgesamt 28 Millionen Kühlschränke und 18,5 Millionen Gefriergeräte (Erst- und Zweitgeräte zusammengefaßt). In diesen 46,5 Millionen Haushaltskühlgeräten beträgt die aufgehäufte Menge von

- FCKW 12: 6 900 Tonnen
- FCKW 11: 27 700 Tonnen.

2. Der hohe Kältemittelverbrauch der gewerblichen Kühlmöbel

Das Spektrum der unter gewerblichen Kühlmöbeln zusammengefaßten Einrichtungen ist weitläufig. Damit ist sowohl die steckerfertige Biertheke in der Gastwirtschaft als auch das durch Rohrleitungen weitläufig vernetzte System von Bedienungstheken, verglasten Tiefkühlschränken und offenen Verkaufsinselfür Tiefkühlkost in der Lebensmittelabteilung eines Warenhauses gemeint.

Die Jahresproduktion von gewerblichen Kühlmöbeln betrug 1990 etwa 150 000 Stück. Der Marktführer mit einem Inlandsmarktanteil von über 50 Prozent bei den größeren Kühl- und Tiefkühlmöbeln ist die Linde AG. Linde produziert ihre Kühl- und Tiefkühlmöbel in ihrem Werk in Mainz-Kostheim. Speziell für Ladeneinrichtungen wird das Linde-Werk in Bad Hersfeld betrieben. Der Unternehmensbereich Kältetechnik beschäftigt 3 860 Personen an vier Standorten.

Der Zweitgrößte im Markt - mit gehörigem Abstand - ist BBC York in Mannheim, spezialisiert auf Ladeneinrichtungen.

Neben diesen Marktführern gibt es - vor allem im Bereich kleinerer Kühlmöbel (Biertheke!) - eine Reihe mittelständischer Anbieter.

Das Kältemittel ist bei Linde seit 1990 ausschließlich FCKW 22. (Im mittleren Leistungsbereich ist FCKW 22 energetisch günstiger als FCKW 12, der im Kleinbereich energiesparender ist.) FCKW 12 hat Linde schon 1988 eliminiert, FCKW 502 (Gemisch aus FCKW 22 und FCKW 115) schied 1990 aus. BBC York ist gegenwärtig dabei, FCKW 502 zu ersetzen. Bei den sonstigen Anbietern - etwa steckerfertiger Truhen und Theken im kleinen Leistungsbereich - ist FCKW 12 noch weit in Gebrauch. Die Kältemittel sind ausschließlich FCKW, auch im Falle von Möbeln, die durch Rohrleitungen verbunden sind, durch die das Kältemittel zirkuliert. Solesysteme (FCKW-freie Trägerflüssigkeiten, die an zentraler Stelle abgekühlt werden) sind nicht in Gebrauch.

Der Dämmstoff Polyurethan wird noch ausschließlich mit FCKW 11 geschäumt. Linde hat wie die Kühlschrankhersteller 1990 die Halbierung des Treib- und Zellgases vollzogen. Was die Importwaren betrifft, so ist bei den gewerblichen Kühlmöbeln aus dem südlichen Europa noch keine Mengenreduzierung erfolgt.

Es gibt keine brauchbare Statistik über den FCKW-Verbrauch bei gewerblichen Kühlmöbeln, zumal die Kältemittelmenge pro Kühlmöbel von 300 Gramm bis zu mehreren hundert Kilogramm reicht. Allerdings liegen fundierte Schätzungen vor:

Denen zufolge beträgt die Kältemittelmenge etwas über das Dreifache der Menge sämtlicher Haushaltskühlmöbel, insgesamt also etwa 1 700 Tonnen. Davon sind etwa 400 Tonnen FCKW 12 und 1 300 Tonnen FCKW 22.

Der Grund für die gegenüber den 3,8 Millionen Haushaltskühlschränken relativ und absolut viel größere Kältemittelmenge in den bloß 150 000 gewerblichen Kältemöbeln liegt darin, daß die Kühlleistung beim gewerblichem Kühlmöbel weit höher sein muß. Das liegt unter anderem daran, daß gewerbliche Kühlmöbel schlechter isoliert (Verglasungen zwecks Sicht auf die Ware) oder nach oben völlig offen sind, um den Zugriff des Kunden im SB-Markt zu erleichtern.

FCKW-Verbrauch bei Herstellern gewerblicher Kühlmöbel (Schätzung für 1991):

1. Linde AG, Wiesbaden, Kälte- und Einrichtungstechnik
Produktionswerk Tiefkühlmöbel: Mainz-Kostheim
800 Tonnen FCKW 22 - 350 Tonnen FCKW 11

2..Brown Boveri-York Kälte- und Klimatechnik GmbH, Mannheim
BBC-York produziert nicht in Deutschland. Die Produktion findet gemeinsam mit dem französischen Marktführer Bonnet bei Bordeaux statt.

Zum FCKW 11 im PU-Dämmstoff. Von Fachleuten wird die Menge an FCKW 11 für den PU-Hartschaum in den 150 000 gewerblichen Kühlmöbeln auf 60 Prozent der in sämtlichen Haushaltskühlschränken enthaltenen Menge beziffert. Das sind etwa 700 Tonnen FCKW 11, die jährlich als Treibmittel und Zellgas für die PU-Dämmung von gewerblichen Kühlmöbeln verbraucht werden.

Die Emissionen bei der Schäumung betragen rund zehn Prozent, also 70 Tonnen FCKW 11.

Die jährlichen Emissionen beim Kältemittel gehen auf Freisetzungen bei Betrieb, Wartung und Reparatur zurück. Fachleute schätzen diese Mengen auf fünf Prozent aus dem Kältemittelbestand. Das entspricht jährlich etwa 900 Tonnen - zur Hälfte FCKW 12 und zur Hälfte FCKW 22.

Aus diesen Angaben ergibt sich folgende Aussage über den jährlichen FCKW-Verbrauch für gewerbliche Kühlmöbel:

Als Kältemittel werden 850 Tonnen FCKW 12 und 1 750 Tonnen FCKW 22 verbraucht. Für das Aufschäumen werden jährlich 770 Tonnen FCKW 11 benötigt.

3. Damit im Stau bloß keiner schwitzt: Autoklimaanlagen

1 500 Tonnen oder 3,5 Prozent des jährlichen Gesamtverbrauchs von FCKW (in Form von FCKW 12) entfallen auf Kältemittel für Pkw. Das ist das Zweieinhalbfache der Menge an FCKW-Kältemittel, die jährlich in heimische Kühlschränke gefüllt wird. Dadurch ist das Automobil, nicht der Kühlschrank, der bei weitem größte Einzelverbraucher von FCKW-Kältemitteln.

Zunahme der Auto-Klimatisierung

1989 wurden etwa 14 Prozent der in deutschen Fabriken neuproduzierten Pkw (ohne Busse und Lkw-Fahrerhäuser) mit einer Klimaanlage ausgerüstet. Das waren bei 4,890 Millionen Neuwagen (einschließlich der 325 000 im belgischen FORD-Werk Genk hergestellten deutschen Fahrzeugtypen) fast 700 000 Anlagen, die werkseitig eingebaut und befüllt wurden. Nicht berücksichtigt sind hier die nachträglich eingebauten Kfz-Klimaanlagen, deren Markt auf 25 000 Stück geschätzt wird.

Die meisten klimatisierten Neuwagen, nämlich fast 580 000, gingen in den Export. Von den 2,913 Millionen exportierten fabrikneuen Pkw und Kombis (einschließlich Ford-Belgien) hatten 571 847 oder 19,7 Prozent eine Klimaanlage. Dagegen wurden in neu zugelassene Wagen im Inland (1,977 Millionen Stück) von deutschen Herstellern nur 116 000

Klimaanlagen (Anteil: 5,9 Prozent) installiert. Vor allem in Nordamerika und Japan sind Autoklimaanlagen üblich.

Nach dem Grundsatz "Je teurer der Wagen, desto wahrscheinlicher eine Klimaanlage" sind die "Klimaanlagen-freudigsten" Firmen die Hersteller der gehobenen Wagenklassen. Bei Mercedes, BMW und Porsche sind Klimaanlagen als Sonderausstattung in sämtlichen Modellen zu haben. (Serienmäßig haben eine Klimaanlage die rund 24 000 Stück Mercedes 560 SE, die rund 9 000 Stück BMW 750i und 850i sowie rund 7 000 Porsche 944 und 928.) Jeweils 40 Prozent der Mercedes- und BMW-Fahrzeuge verlassen das Werk mit einer Klimaanlage, bei Porsche sind es gar zwischen 80 und 90 Prozent.

Andererseits die Massenhersteller Opel und Ford. Ford bietet Klimaanlagen gar nicht in Serie an und als Sonderausstattung nur für einige Modelle seiner teureren Reihen Sierra und Scorpio. (In Fiesta, Orion, und Escort sind Klimaanlagen werkseitig nicht möglich.) Auch Opel bietet für sein Massenmodell Kadett keine Klimaanlage als Zusatzausstattung an. Sie gibt es 1991 nur beim Vectra und Omega, da der Senator mit Serien-Klimatisierung ausgelaufen ist. Der Grund für die Zurückhaltung bei Opel und Ford liegt neben der Bedienung des Massenmarkts darin, daß diese beiden US-Tochterfirmen auf den westeuropäischen Markt orientiert sind und nicht nach Nordamerika und Japan liefern.

Auch VW rüstet in nennenswertem Maße nur Exportfahrzeuge mit Klimaanlagen aus. Von den 620 000 Inlandswagen des Jahres 1989 hatten 9 710 eine Klimaanlage; das waren 1,5 Prozent. Von den 900 000 Stück für den Export waren immerhin 112 769 oder 12,5 Prozent klimatisiert. Etwas anders ist es bei der VW-Tochter Audi, die Wagen der gehobeneren Klasse produziert. Die Klimatisierungsquote beträgt bei Audi immerhin 22,6 Prozent von insgesamt 421 000 Pkw.

Tabelle 7: Werkseitig eingebaute Klimaanlagen (KL) 1989 nach Herstellern *

	Gesamtzahl	Ant.an Pkw-Eigen- Produktion	KL-Inland	KL-Export
Porsche:	25 000	85,0%	5 000	20 000
Audi:	95 314	22,6%	16 424	78 890
VW:	122 479	7,9%	9 710	112 769
Opel:	20 303	2,0%	7 315	12 988
Ford:	11 300	1,2%	3 100	8 200
BMW:	194 500	38,0%	30 500	164 000
Mercedes:	219 000	40,0%	44 000	175 000
Summe:	687 896	14,1%	116 049	571 847

* bei Porsche und BMW die Verteilung auf Inland und Export geschätzt.

Die Zahl der klimatisierten Pkw wuchs in den Jahren 1983 bis 1989 von 400 000 auf 700 000. Und sie dürfte weiter wachsen, je mehr mit der aerodynamischen Formgebung die Fensterglasfläche und damit die Sonneneinstrahlung zunimmt. Zitat Klimaanlagewerbung Mercedes: "Moderne PKW-Konstruktionen zeichnen sich durch besondere Windschlüpfrigkeit aus. Diese wird u.a. durch schräggestellte Scheiben und größere Glasflächen erreicht. Die Folge: Bei starker Sonneneinstrahlung wird der Fahrzeug-Innenraum stark aufgeheizt." Noch entscheidender für die Zunahme: Die Komfortansprüche ans Automobil werden immer höher, während die Preise der Klimaanlage in den letzten Jahren zurückgingen.

1 500 Tonnen FCKW-Jahresverbrauch

FCKW 12 wird in der Bundesrepublik als Kältemittel für Autoklimaanlagen in zwei Formen verbraucht. Erstens für die Befüllung bei den fabrikneuen Automobilen, von denen die meisten exportiert werden. Zweitens für das Nach- und Wiederbefüllen von bereits installierten Anlagen im Inland.

Die Füllmenge pro Klimaanlage konnte in den letzten 5 Jahren reduziert werden. 1985 wurden durchschnittlich noch 1,5 Kilogramm Kältemittel benötigt, Mitte 1990 im Durchschnitt nicht mehr als 1,386 Kilogramm. Allerdings gibt es Unterschiede: BMW-Klimaanlagen brauchen am meisten Kältemittel, nämlich 1 945 Gramm. Diejenigen von Mercedes reichen von 1 200 bis 1 500 Gramm (letztere in der S-Klasse). Bei den übrigen Herstellern sind es rund 1 000 Gramm.

Für die Befüllung von fast 700 000 fabrikneuen Klimaanlage mit durchschnittlich 1,39 Kilogramm Kältemittel wurden 1989 (und wurden mindestens auch 1990) über 950 Tonnen FCKW 12 gebraucht.

Tabelle 8: Durchschnittliche Füllmenge von FCKW 12 in Autoklimaanlagen nach Herstellern (Neuwagen Mitte 1990)

Porsche:	1 000 Gramm
Audi:	1 100 Gramm
VW:	1 000 Gramm
Opel:	1 000 Gramm
Ford:	850 Gramm
BMW:	1 945 Gramm
Mercedes:	1 350 Gramm (1 200 bis 1 500 Gramm)

Gew. Durchschn.: 1 386 Gramm. (Gesamtmenge: 953 484 Kilogramm)

Fast 70 Prozent der Füllmenge entfallen auf die beiden Hersteller Mercedes-Benz und BMW, die jeweils 293 Tonnen (Mercedes) bzw. 378 Tonnen (BMW) brauchen. Beide Hersteller haben nicht nur die meisten, sondern auch die größten Klimaanlage. BMW hat mit 1 945 Gramm Füllmenge die weitaus größte, gefolgt von der S-Klasse von Mercedes mit 1 500 Gramm.

Zu den 950 Tonnen Kältemittel für neue Klimaanlage kommen die Nachfüllmengen für die alten hinzu: Kältemittelverlust während der Lebensdauer des Autos tritt ein, weil es sich bei den Anlagen nicht um hermetisch abgekapselte ruhende Kreislaufsysteme handelt. Sie sind am Motor befestigt, der den Kompressor antreibt; daher ist das Klimasystem erheblichen Erschütterungen ausgesetzt. Das macht flexible Leitungen und Anschlüsse erforderlich, die mit den Vibrationen des Motors zunehmend kältemitteldurchlässig werden, zumal die Schlauchleitungen unter einem Druck von 2 bar stehen. Emissionsverluste treten auch bei jeder Öffnung des Kreislaufs bei Wartungen und Reparaturen auf, auch wenn nicht jedesmal vollständige Entleerung und Wiederauffüllung stattfinden. Und schließlich verschmutzt das Kältemittel nach einer gewissen Zeit (z.B. mit Öl) und muß gegen neues ausgetauscht werden.

Herstellerangaben zufolge werden in der Bundesrepublik die Klimaanlage im Laufe einer zehnjähriger Pkw-Lebensdauer zwei bis drei Mal wiederbefüllt. Anders gesagt: Im Durchschnitt entweicht das Zweieinhalbfache der Füllmenge in die Atmosphäre, jedes klimatisierte Auto setzt über 3 Kilogramm FCKW frei. Das erfordert für die rund 1,5 Millionen klimatisierten Fahrzeuge hierzulande (knapp 5 Prozent des Bestands - Import-Autos eingeschlossen) die beträchtliche jährliche Nachfüllmenge von 544 Tonnen Kältemittel.

Der jährliche Gesamtverbrauch von FCKW 12 für neue und alte Pkw-Klimaanlagen zusammen beträgt somit rund 1 500 Tonnen.

Problematische Alternativen

Konsequentes Recycling des Kältemittels und Verbesserungen beim Abdichten seines Kreislaufs können künftig die Nachfüllmenge reduzieren. Vor allem Mercedes-Benz wirbt damit, daß seit Ende 1990 alle Niederlassungen mit Geräten ausgestattet sind, welche FCKW "absaugen, reinigen und regenerieren". Auf diese Weise soll der Betrieb von "Altanlagen" auch noch über 1995 (das verordnete Ausstiegsjahr) hinaus gerettet werden. Gleichzeitig verweist das Unternehmen auf seinen hohen technischen Aufwand, um "nahezu diffusionsdichte" Kältemittelschläuche zum Einsatz zu bringen.

Mercedes-Benz hat derartige Anstrengungen in der Tat nötig, kommt doch aus diesem Hause annähernd die Hälfte der im Inland verbleibenden Autoklimaanlagen. Allerdings ist nicht bekanntgeworden, daß Mercedes auch in seinen ausländischen Niederlassungen (vier Mal so viele Klimaanlage gehen bekanntlich in den Export) Kältemittel-Recycling betreiben will.

Was BMW betrifft, so ist auch dort von FCKW-Recycling durch die Niederlassungen die Rede. Doch verbindliche Zeitangaben für deren Vollaussattung liegen nicht vor. Ohnehin ist zu befürchten, daß die durch technische Maßnahmen für Altanlagen eingesparte Menge an FCKW 12 nicht einmal so groß sein wird wie der Mehrbedarf durch die jährlich wachsende Zahl von Neuanlagen.

Eine effektivere Lösung liegt (sofern Klimaanlage überhaupt für nötig erachtet werden) in einem anderen Kältemittel. Die deutsche Autoindustrie favorisiert wie ihre ausländische Konkurrenz als Ersatzstoff den Fluor-Kohlenwasserstoff 134a, der kein Chlor enthält und "nur" etwa 20 Prozent des Beitrags von FCKW 12 zum Treibhauseffekt aufweist.

Mercedes-Benz warb im Frühjahr 1991 großformatig damit, daß die neue - ökologisch selbst in der Fachpresse sehr umstrittene - S-Klasse erstmalig FCKW-frei klimatisiert sei. BMW konterte dagegen in ähnlichen Anzeigen, daß auch seine oberste Nobelreihe zügig ohne FCKW klimatisiert werde. Obwohl die weltweit vierzehn größten FCKW-Produzenten 1987 umfangreiche toxikologische Testprogramme für den neuen Stoff 134a vereinbart hatten, die bis 1993 dauern sollten, haben der US-Konzern Du Pont und die britische ICI vorfristig Produktion und Lieferung aufgenommen. Hinter den Kulissen kam es zu scharfer Kritik der deutschen, französischen und japanischen FCKW-Produzenten an ihren "schnelleren" Wettbewerbern aus USA und Großbritannien. Hoechst ist erst ab 1993 lieferfähig.

Da FKW 134a nicht in die alten Klimageräte gefüllt werden darf (weil die Kompressoren u.a. mit dem herkömmlichen Schmieröl nicht verträglich sind), ist die Konstruktion neuer Klimaanlage erforderlich. Darüber hinaus werden die mit alten Klimaanlage ausgestatteten Autos noch bis über das Jahr 2 000 hinaus ihre ozonschädigende Fracht umherfahren und allmählich emittieren. Eine staatliche Maßnahme dagegen - z.B. eine gesetzliche Pflicht zum Klimaanlage-Austausch - ist bisher nicht ins Auge gefaßt. Es gibt keine Garantie dafür, daß die insgesamt 2 200 Tonnen FCKW 12, die sich zur Zeit in 1,5 Millionen inländischen klimatisierten Autos befinden, nicht doch irgendwann in die Atmosphäre entwichen sein werden.

4. Recycling und Entsorgung

Es ist inzwischen Stand der Technik - freilich nicht der Entsorgungspraxis -, bei den rund 3 Millionen jährlich zu verschrottenden Haushaltskühlmöbeln Kältemittel und Öl abzusaugen; hierfür gibt es Abpumpstationen und mobile Absauggeräte.

Seit Ende 1986 bietet die Hoechst AG, die in der Bundesrepublik über ein großes Händlernetz mit ihren FRIGEN-Sorten den Kältemittelmarkt beherrscht (weit vor FREON von Du Pont und KALTRON von der Kali-Chemie), die Rücknahme gebrauchter FCKW-Kältemittel an, wobei die Rücknahme über die Kältemittel-Händler zu erfolgen hat. Dazu gehören die Niederlassungen von Gerling, Holz & Co., Christof Fischer GmbH, Messer Griesheim GmbH, Frigotechnik Handels-GmbH, Robert Schiessl GmbH - um nur die größten zu nennen. Dieses Angebot wird inzwischen nicht nur für Kältemittel aus gewerblichen Kühlmöbeln, sondern auch in zunehmendem Ausmaß für die Haushaltskühlgeräte-Entsorgung genutzt.

Im Mai 1990 haben sich die FCKW-Hersteller Hoechst und Kali-Chemie gegenüber der Bundesregierung verpflichtet, FCKW und Kälteöle aus dem Kühlkreislauf und aus Dämm-Materialien zurückzunehmen. Hinsichtlich der FCKW erstreckt sich die Verpflichtung auf verunreinigte Kältemittel und auf Zellgase, die nach FCKW-Typen getrennt gesammelt und angeliefert werden müssen. Sie gilt nicht für FCKW mit "untypischen Verunreinigungen". Was unter entsprechenden untypischen Verunreinigungen zu verstehen ist, wird in der Selbstverpflichtung jedoch nicht genauer bestimmt, bleibt mithin in der Definitionsmacht der Hersteller. Die Verpflichtung gilt nur bis Ende 1994, d.h. bis zur Einstellung der entsprechenden FCKW-Produktion.

Was mit den zurückgenommenen FCKW geschieht, ist nicht ganz eindeutig. Nach Angaben von Hoechst erfolgt die Aufarbeitung durch Abfilterung des festen Anteils und Einspeisung des dampfförmigen FCKW in die FCKW-Produktionsanlage. In der Produktions- und Absatzstatistik für vollhalogenierte FCKW zeigt Hoechst folgende Recycling-Mengen an (in Jahrestonnen): 1987: 31, 1988: 150, 1989: 350, 1990: 500. Ende 1990 wurde in der Fachpresse demgegenüber berichtet, daß bei Hoechst die mit etwa 500 Tonnen bezifferten Rückgabemengen bisher nur zwischengelagert und nicht recycelt worden seien.

Während die Entsorgung von FCKW aus dem Kältekreislauf schon seit längerem praktiziert wird, befindet sich die Rückgewinnung von FCKW 11 aus dem PU-Hartschaum von Kühlmöbeln noch ganz im Anfangsstadium. Erstmals 1988 wurde eine FCKW-11-Entgasungs- und -Rückgewinnungsanlage von der Firma Bresch Kälte- und Wärmetechnik GmbH (Neumünster) vorgestellt. Die Firma ist 1990 nach Weiterentwicklung des Verfahrens vom RWE-Konzern aufgekauft worden. Inzwischen gibt es verschiedene Entsorgungsverfahren, unter denen das bekannteste von der Firma Adelman GmbH (Karlstadt bei Würzburg) stammt, zugleich das erste TÜV-geprüfte Verfahren.

Die Pilotanlage wurde Anfang 1990 bei der Städtereinigung West in Hannover in Betrieb genommen. Nach TÜV-Angaben erreicht die Anlage einen Abscheidegrad von etwa 99 Prozent; der FCKW-Restgehalt im PU-Schaum liegt bei 0,1 Gramm pro Kilogramm. Der Durchsatz der Anlage wurde vom Hersteller mit maximal 250 Kühlschränken pro Tag angegeben.

FCKW-Rückgewinnung aus dem Hartschaum

Die in grobe Stücke gebrochene PU-Hartschaumisolation der Kühlschränke wird bei diesem Verfahren zerkleinert und in einem Hochdruckverdichter komprimiert. Dabei wird der FCKW 11 freigesetzt und kondensiert und kann anschließend an den Hersteller zurückgegeben werden. Das zurückbleibende PU-Schaum-Granulat soll als Schüttisolierung, Füllstoff oder für die Isolierung von Turnhallenböden Verwendung finden.

Im Februar 1991 waren vier dieser Anlagen im Bundesgebiet in Betrieb (in Hannover, Siegburg, Bretten und Augsburg; eine fünfte Anlage steht in der Schweiz). Die Anlagen sind nach Herstellerangaben auch für die Aufarbeitung von Schäumen aus dem Bauschutt- und Verpackungsbereich geeignet.

Wohin mit dem zurückgenommenen FCKW?

Die im Geschäft mit der Entsorgungstechnik engagierten Firmen machen geltend, daß mit diesen Rückgewinnungsverfahren eine praktikable Alternative zur vom Umweltbundesamt favorisierten "thermischen Verwertung" des gesamten FCKW-gefüllten PU-Isolierschaums in Müllverbrennungsanlagen oder Hochtemperatur-Verbrennungsanlagen verfügbar ist. Die Sache bleibt dennoch problematisch, weil zu beantworten ist, was mit dem zurückgewonnenen FCKW geschehen soll. Daß damit die Produktionsmenge unter dem Strich reduziert wird - Einsatz von zurückgewonnenem statt neuproduziertem FCKW - ist nur wenig tröstlich und bietet ab 1995 keinen Ausweg.

Die Entsorgungstechniker schlagen daher das Verbrennen der aus dem Schaum zurückgewonnenen FCKW oder ihre thermische Zerlegung in Salzsäure und Fluorwasserstoff als weiterverwertbare Zwischenprodukte vor. Bleibt jedoch die Frage hochgiftiger Verbrennungsprodukte, u.a. Phosgen. Ohnehin sind derartige Anlagen noch nicht über das Planungsstadium hinausgekommen.

5. FCKW-freie Kälte- und Dämmittel

Nirgendwo sonst wird an FCKW-Alternativen so eifrig geforscht und gebastelt wie bei Kältemitteln für Kühlmöbel. Das mag damit zusammenhängen, daß von den ökologischen Erfindergeistern keiner eine PU-Schäumenanlage zu Hause hat, wohl aber jeder einen Kühlschrank. Dabei bilden die exotischen FCKW-Alternativen wie Öl aus Geranien die Ausnahme. Weit verbreitet ist die Rückkehr zu Ammoniak, das in Campingkühlschränken längst mit ausgefeilter Technologie eingesetzt wird. Sein Nachteil ist außer der Giftigkeit und eventuellen Brennbarkeit, die bei hermetisch verlöteten Kältekreisläufen aber von untergeordneter Bedeutung sind, gegenwärtig noch der höhere Energieverbrauch. In Entwicklung befinden sich neben anderen Kältesystemen auch leichte Kohlenwasserstoffe

wie Propan und Butan, die den FCKW in Energieaufwand und Kälteleistung möglicherweise ebenbürtig sind. Die Großindustrie lehnt sie dennoch wegen ihrer Explosionsgefahr - durch elektrischen Kurzschluß im Kompressor u. dgl. - bisher ab. Gleichwohl sollten sich die Kühlmöbelhersteller neben FKW 134a auch für andere Ersatzstoffe öffnen.

Bei Fahrzeugklimaanlagen ist der FCKW-Ersatz durch Zeolith-Wasser-Systeme denkbar und wird erprobt. (Durch Verdampfen von Wasser aus den mikroskopisch kleinen Hohlräumen des Zeolith-Minerals kann Kälte erzeugt werden.)

Bei Großkälteanlagen zur industriellen Nutzung, die bisher zur Hälfte jeweils mit FCKW 22 oder mit Ammoniak betrieben werden, scheint Ammoniak vor einer Renaissance zu stehen. Dieses wirksame Kältemittel könnte auch den im hohen Leistungsbereich bei der Gebäudeklimatisierung üblichen FCKW 11 zurückdrängen. Sicherheitsfragen wegen der Giftigkeit eventuell austretenden Ammoniaks können Solesysteme lösen: Da in der Klimatechnik die indirekte Kühlung mit Wasser als Kälteüberträger, das weitab vom Ort der Kälteleistung heruntergekühlt wird, Stand der Technik ist, dürften Kühlsätze aus Ammoniak und Wasser bald eine Marktausweitung erfahren. Dieses weltweit älteste Kältemittel (seit 1874) ist zugleich das modernste. Seinen angeblichen Nachteil, den unangenehmen Geruch, kann man auch als Vorteil sehen: Schon kleinste Undichtigkeiten im Leitungssystem werden viel schneller wahrgenommen - und abgestellt - als bei geruchlosem FCKW. Wird eine Ammoniak-Anlage nicht elektrisch, sondern direkt mit Heizöl oder Abwärme betrieben, ist sie bereits heute schon energetisch günstiger.

Bei Ford in Köln ist man jedenfalls froh, den Ammoniak-betriebenen Klimatunnel von Ende der sechziger Jahre nicht wie die anderen Autohersteller durch einen mit FCKW-Kältemittel ausgetauscht zu haben. Der geplante neue Klimakanal soll nun wiederum auf Ammoniak-Basis arbeiten.

Bei der Kühlmöbeldämmung war die Halbierung der FCKW 11-Menge im Hartschaum ein sinnvoller Schritt. Seit zwei Jahren ist allerdings nichts Spektakuläres mehr geschehen. Anfang 1990 verkündete Bosch-Siemens Hausgeräte zwar - zum Ärger der Konkurrenz - in fast allen bundesdeutschen Tageszeitungen, endlich die Alternative zu FCKW gefunden zu haben, mit der ab Sommer 1990 die Kühlschrankschrankwände aufgeschäumt werden sollten. Doch obwohl das Unternehmen tatsächlich mit der Produktion anfang, ist die Sache doch ein Flop geblieben. Der firmenintern "UPT" (unpolares Treibmittel) genannte Stoff ist ein Fluorkohlenstoff (C5F12, also vollfluoriertes Pentan) ohne Chlor. Doch wegen seines gegenüber FCKW 11 zehnfachen Beitrags zum Treibhauseffekt ist er - von den ungeklärten gesundheitlichen Folgen abgesehen - keine ökologisch vertretbare Alternative.

Während sich die Forschungs- und Entwicklungsabteilungen der Industrie weiterhin bemühen, dem FCKW ebenbürtige neue Zellgase oder auch völlig andere Dämmstoffe (zum Beispiel in Vakuumtechnik) zu finden, sind viele Umweltschützer durchaus bereit, die nur mit

Kohlendioxid geschäumten dickeren Kühlschrankschichten in Kauf zu nehmen, auch wenn das Kühlmöbel dann statt 150 Liter nur noch 135 Liter Nutzinhalt faßt. Manche fragen auch, ob es nicht auch dem "Normalverbraucher" zuzumuten ist, die Lebensmittel in seinem Kühlschrank ein bißchen enger zusammenzurücken - wenigstens solange, bis die Industrie einen besseren Dämmstoff gefunden hat.

III - FCKW als Lösemittel: Nicht nur der Schmutz, auch die Ozonschicht schwindet

Zusammenfassung: FCKW 113 löst Schmutz sehr mild und schonend. Daher hat er sich in zwei Bereichen ausgebreitet. Erstens dort, wo feinindustrielle Verfahren hohe Sauberkeitsansprüche stellen: neben der Mikroelektronik in der Feinmechanik, der Optik, der Brillenindustrie, bei Büromaschinen und in der Elektrotechnik. Der jährliche Gesamtverbrauch liegt hier 1991 bei 5 000 Tonnen. Zweitens wird FCKW 113 in der Chemischreinigung eingesetzt, mit einem geschätzten Verbrauch von 2 000 bis 3 000 Tonnen pro Jahr. Statt des üblichen, auch nicht gerade umweltfreundlichen Reinigungsmittels Per ist er für Kleidung bestimmt, die mit dem Buchstaben "F" gekennzeichnet ist. Von besonderem Interesse ist der FCKW-Verbrauch in der Elektronik; denn sie ist der größte Einzelverbraucher von FCKW 113.

FCKW-Reinigung in der Elektronik

Die Reinigungstechniken für elektronische Baugruppen befinden sich zur Zeit im Umbruch. Bis vor wenigen Jahren wurde jede zweite bestückte Leiterplatte nach dem Lötprozeß noch mit einem Gemisch aus FCKW 113 und Alkohol gewaschen. Entfernt wurden Reste von Flußmittel, das zwecks Lötbarkeit der Kontaktstellen vorher aufgetragen worden war. Eine sehr weit verbreitete Formulierung war zum Beispiel: 65 Prozent FCKW 113 und 35 Prozent Isopropylalkohol. Dabei löste der unpolare FCKW 113 das unpolare Kolophoniumharz, während der polare Alkohol die polaren Säuren löste. Denn aus Kolophonium und rostverhindernden organischen Säuren besteht im Wesentlichen ein Flußmittel.

1. Die Eigenschaften von FCKW-Lösemitteln

FCKW 113 hatte sich bei dieser Oberflächenbehandlung durchgesetzt, weil er relativ milde ist, ein gutes Lösevermögen aufweist, nicht explodiert, weil er mit andern organischen Lösemitteln mischbar ist und vor allem, weil sein hoher Dampfdruck eine sehr schnelle und fast fleckenfreie Trocknung gewährleistet. FCKW galt als das Standardmittel, um bei elektronischen Baugruppen die erforderliche Kontaktreinheit herzustellen und um Rostfreiheit zu gewährleisten.

Der FCKW-113-Einsatz ist - wegen der von ihm ausgehenden Schädigung der Ozonschicht - grundsätzlich ab dem 1.1.1993 gesetzlich verboten. Die FCKW-Hersteller rüsten ihre Produktionsanlagen auf die neuen Stoffe FCKW 123 und FKW 134a um. Die anwendende Industrie muß sich bei Neu- bzw. Ersatzbeschaffungen von Reinigungsanlagen dringend um Alternativen kümmern, um jenen Termin einhalten zu können. In der Tat hat sie viel zu spät auf die längst bekannten Umweltfolgen des FCKW-Einsatzes reagiert.

Löten, Flußmittel und Reinigung in der Elektronik

In der Mikroelektronik werden separat gefertigte elektronische Bauteile auf einer - ebenfalls separat gefertigten - Leiterplatte durch Bestücken zu einer funktionsfähigen Baugruppe vereinigt. Die Verbindung der elektronischen Bauteile mit den Leiterbahnen der Platte wird grundsätzlich durch Löten bewerkstelligt - ein Prozeß, bei dem die Metall-Kontakte der Bauteile mit den leitfähigen Kupferbahnen der Platte durch eine Blei-Zinn-Legierung vereinigt werden.

Bedingung der Funktionstüchtigkeit fertiger Baugruppen ist ihre Korrosionsfreiheit, was voraussetzt, daß die Lötkontakte beim Lötvorgang absolut frei von Oxidation sind. Daher muß vor dem Löten die Lötstelle mit einem sogenannten Flußmittel (auch Fluxmittel genannt) benetzt werden, welches Oxidationen an den Kontakten (sie kommen schon durch kurzfristige Berührung mit Luftsauerstoff in Gang) erstens entfernt und zweitens während des Lötens abwehrt.

Die meisten Fluxmittel bestehen aus in organischer Flüssigkeit wie Alkohol gelöstem Kolophonium, d.h. aus einem Harz, das als klebriges Material gut an den Lötstellen haftet. Der Vorteil von reinem Kolophonium liegt darin, daß sein Rückstand auf der gelöteten Leiterplatte keine Korrosion herbeiführt. Sein Nachteil liegt in seiner geringen chemischen "Aktivität" gegenüber Oxidation an der Lötstelle. Dem Kolophonium werden daher sogenannte Aktivatoren zugegeben: Das sind meist organische Säuren (Karbonsäuren), die entweder halogenhaltig (hoher Aktivierungseffekt) oder halogenfrei (milder Aktivierungseffekt) sind. Je stärker der Aktivator wirkt, desto größer ist aber die Korrosionsgefahr, die von seinem Rückstand auf der Leiterplatte ausgeht. Anders: Je höher aktiviert das Fluxmittel ist, desto eher müssen seine Rückstände von der Leiterplatte abgewaschen werden.

Halogenhaltige Aktivatoren erhöhen die Lötbarkeit, oder besser: Sie erlauben auch bei schlechtem Material noch eine gute Verbindung. Sie müssen aber unbedingt abgewaschen werden, weil ihre rückständigen Säuren und Salze hochkorrosiv wirken.

Kolophonium und Aktivator bilden zusammen den Feststoff, d.h. den nicht-flüchtigen Anteil im Flußmittel. Ab etwa 25 Prozent Feststoff spricht man von "feststoffreichen" Flußmitteln, unterhalb von 5 Prozent von "feststoffarmen".

Wird eine Leiterplatte konventionell bestückt, dann werden die Bauteile zwar auf ihrer Oberseite montiert, aber die Kontaktdrähte werden durch Löcher in der Platte durchgesteckt und "von unten" verlötet (durch Wellenlöten), so daß sowohl das Benetzen mit dem Flußmittel als auch mit dem flüssigen Lot auf diejenige Seite der Leiterplatte beschränkt bleibt, wo sich die elektronischen Bauteile nicht befinden.

Wird eine Leiterplatte in Oberflächentechnik (Surface Mount Technology) bestückt (Anteil gegenwärtig rund ein Drittel), befinden sich Flußmittel, Lötmittel und elektronische Bauelemente auf derselben Seite. Bei dieser Technik (SMD-Technik) kann oft kein Wellenlöten praktiziert werden, bei dem sich die Blei-Zinn-Welle über die ganze bestückte Seite der Platine - einschließlich der empfindlichen Bauteile - ergießt. Hier wird häufiger das Reflow-Löten (Aufschmelzlöten) angewandt, wo das Flußmittel zusammen mit dem Lot in Form einer Lotpaste auf die Kontaktstellen aufgetragen und danach in einem Ofen bei Temperaturen bis etwa 200° Celsius verschmolzen wird.

Beiden Bestückungstechniken, konventioneller Durchstecktechnik und Oberflächenmontage, ist gemeinsam, daß nach dem Lötprozeß noch Rückstände von Flußmittel auf der Leiterplatte vorhanden sind, die je nach dem Grad ihrer Korrosivität darauf verbleiben können oder abgewaschen werden müssen.

Insbesondere bei hoher Luftfeuchtigkeit und großen Temperaturschwankungen (sei es unter extremen Wetterbedingungen oder unter der Motorhaube) wächst die Gefahr, daß Flußmittelreste chemisch und elektrisch die elektronische Baugruppe unbrauchbar machen.

2. Haupttrends von Verwendung und Ersatz von FCKW 113 seit 1985

Nach unserer Erhebung ist der Verbrauch von FCKW 113 als Reinigungsmittel in der elektronischen Industrie Ende 1990 auf etwa 40 Prozent des Jahresverbrauchs von 1985 zurückgegangen. Die zwei wichtigsten Gründe des Rückgangs: Erstens wird 1990 gegenüber 1985, als noch die Hälfte aller elektronischen Baugruppen von Flußmittelresten gereinigt wurde, nunmehr in drei Vierteln der Fälle auf eine Nachreinigung verzichtet. Zweitens wird für das restliche Viertel, das gewaschen wird, nur noch zu 70 bis 75 Prozent FCKW-haltiges Lösemittel eingesetzt: 25 bis 30 Prozent jenes restlichen Viertels werden mit einem anderen Reinigungsmittel abgewaschen. So ist insgesamt der FCKW-Verbrauch gesunken, obwohl die Stückzahl elektronischer Baugruppen in den letzten fünf Jahren bedeutend angestiegen ist. Befördert wurde die Verringerung des Verbrauchs durch bessere Abdichtung der FCKW-Reinigungsanlagen einschließlich Lösemittelrückgewinnung.

Tabelle 9: FCKW-113-Verbrauch in der Elektronik in Tonnen für 1985 und 1990 (Hochrechnung)

Elektronikbranche	hochgerechneter FCKW-Verbrauch		Stand 1990 in v.H. von 1985
	1985	1990	
Unterhaltungselektronik	258	17	6
Telekommunikation	972	100	10
EDV - Computerindustrie	508	164	32
Meß- und Regelelektronik	1 464	393	27
Autoelektronik	1 257	700	56
Militär- u. Luftfahrt	937	684	73
Bauelemente u. Hybride	400	270	67
Gesamte Elektronik	5 796	2 328	40

Anmerkung: Die Hochrechnung beruht auf Daten aus Betrieben, die 28 Prozent der Elektronik-Beschäftigten repräsentieren.

Die Tabelle 9 macht große Unterschiede zwischen den einzelnen Branchen der Elektronik deutlich, die die globale Reduktionsziffer "40 Prozent" noch verdeckt: Die Spannweite des Rückgangs bewegt sich zwischen Verbrauchsverminderungen von auf 6 Prozent bis auf lediglich 73 Prozent des Ausgangswerts.

3. FCKW 113 in der deutschen Elektronikindustrie

Innerhalb der Elektroindustrie, in der 1,1 Millionen Menschen beschäftigt sind, zählen zur Elektronik diejenigen Branchen, in denen elektronische Bauelemente (Mikrochips) für das Funktionieren des Produktes wesentlich sind. Die so abgegrenzte Elektronikindustrie umfaßt etwa die Hälfte der Beschäftigten der Elektroindustrie insgesamt.

3.1. Unterhaltungselektronik

**Tabelle 10: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen)
- Unterhaltungselektronik (76 700 Besch.)**

Unternehmen/Betrieb	Beschäftigte	1985	1990
Metz-Werke, Fürth	1 300	0	0
Grundig (5 Werke)	11 400	70	5
Loewe Opta, Kronach	1 600	0	0
Nokia, Bochum	2 000	0	0
Becker Autoradio	1 000	÷5	0
Philips Komsumelektronik	10 000	18	1
- Philips Werk Krefeld	700	0	0
	27 300 (36 %)	93	6

Es erfolgte eine FCKW-Reduktion auf 6 Tonnen oder 6,5 Prozent.

In der Branche für Audio- und Videoprodukte mit dem Schwerpunkt Fernseher und Videorecorder sowie Autoradios ging der FCKW-Verbrauch in erster Linie durch Verzicht auf Reinigungen infolge Verwendung feststoffarmer Flußmittel zurück. Bei Grundig spielte zusätzlich die Einführung von Schutzgaslötens eine gewisse Rolle. Becker Autoradio, ein bedeutender Zulieferer von Mercedes Benz, hat dagegen ein recht seltenes FCKW-Ersatzverfahren: Das Unternehmen setzt wäßrige Flußmittel ein, die mit wäßriger Lösung abgespült werden.

3.2. Telekommunikation

In der Telekommunikation, die zu 50 Prozent Vermittlungssysteme und zu je 25 Prozent Übertragungsnetze und Endgeräte (Telefone, Faxgeräte usw.) produziert, ist der Hauptweg des FCKW-Ersatzes die Nichtreinigung infolge Schutzgaslötens: Telenorma, Merk, SEL, Philips. Im Siemens-Konzern gibt es nicht diese einheitliche Tendenz. Beim FCKW-Ersatz spielt der Reinigungsverzicht eine geringere Rolle als andere Waschmedien.

**Tabelle 11: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen)
- Telekommunikation (110 000 Besch.)**

Unternehmen/Betrieb	Beschäftigte	1985	1990
Telenorma (5 Werke)	15 300	150	2
- Fr. Merk, München	1 200	12	0
Krone, Bad Hersfeld	1 300	50	5
SEL Nachrichtentechnik	16 000	100	1
- SEL Werk Gunzenhausen	1 000	15	0
PKI Telekomm. (3 Werke)	5 500	35	5
Siemens, Werk Durach	500	10	3
Siemens, Werk Peißenberg	500	10	0
	39 100 (36 %)	355	17

Es erfolgte eine FCKW-Reduktion auf 17 Tonnen oder 5 Prozent

Siemens Werk Durach (500 Besch.)

Das kleine nachrichtentechnische Werk in Durach gehört zum Siemens-Bereich "Öffentliche Kommunikationsnetze", der einen Jahresumsatz von über 8 Milliarden Mark erzielt. In Durach wurden 1986 noch 10 Tonnen FCKW 113 verbraucht, gegenwärtig sind es noch 3 Tonnen, die bis September 1991 ganz ersetzt sein sollen. Als Ersatz-Reinigungsmittel wird nach dem Abbruch der Erprobung von Citrus-Terpenen ("zu unwirtschaftlich wegen der aufwendigen Maßnahmen zum Explosionsschutz") auf wäßrig-alkalische Reinigung umgestellt. Das heißt: Alkalische Verseifung der kolophoniumhaltigen Flußmittelrückstände und anschließende Wasserabspülung. Eine Wasseraufbereitungsanlage ist vorhanden.

3.3. EDV-Industrie

**Tabelle 12: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen)
- EDV - Computerindustrie (83 300 Besch.)**

Unternehmen/Betrieb	Beschäftigte	1985	1990
IBM (4 Werke)	30 000	220	70
SNI, Werk Paderborn	8 500	32	8
SNI, Werk Augsburg	4 500	10	2
DEC, Werk Kaufbeuren	500	20	11
PKI, Werk Siegen	1 500	÷10	0
Mannesmann-Kienzle, VS	4 500	8	6
	49 500 (59 %)	300	97

Es erfolgte eine FCKW-Reduktion auf 97 Tonnen oder 32 Prozent.

FCKW 113 kommt bei den großen Computerbetrieben zwar in recht großen Mengen zum Einsatz, aber kaum mehr bei der Reinigung bestückter Leiterplatten. Es sind vielmehr Spezialkomponenten mit extrem hohen Ansprüchen an die Oberflächenreinheit, für die FCKW benutzt wird. Allerdings ist der Umstellungsprozeß - und zwar vor allem auf andere Reinigungsmedien, nicht auf den Reinigungsverzicht - in diesem Bereich voll im Gange.

FCKW-Ersatz bei IBM

IBM Deutschland will in der ersten Hälfte 1992 ganz auf FCKW verzichten. Halbleiter-Chips, elektronische Baugruppen usw. werden bereits FCKW-frei hergestellt. Das FCKW-Problem bei IBM ist die Fertigung von Magnetplatten, vor allem im Mainzer Werk. In diesem Bereich der empfindlichsten Oberflächen ist der FCKW-Verbrauch erst zur Hälfte ersetzt worden. Bei der großen Produktionsmenge des Marktführers IBM wurden auf diesem Sektor 1990 noch 70 Tonnen FCKW verbraucht.

Das bedeutet für die inländischen Fertigungsstätten gegenüber 1986 eine Reduzierung um 70 Prozent (Verbrauch 1986: 220 Tonnen). In einem gemeinsamen Projekt mit Henkel, woran auch Bosch und Daimler-Benz beteiligt sind, werden wäßrige Reinigungsmedien erprobt, die das Ausstiegsdatum 1992 ermöglichen sollen. Zur Zeit ist der Stand im "Ersatzprogramm FCKW": 60 Prozent Reinigung mit FCKW, 40 Prozent mit wäßriger Lösung.

Das Werk Paderborn der Siemens-Nixdorf AG (SNI) verzichtet 1991 aufgrund niedrigeren Flußmittel-Auftrags auf die Reinigung von Elektronik-Moduln. Im Siemens-Nixdorf-Großrechnerwerk Augsburg gibt es nur noch ein FCKW-Bad - speziell für die Fertigung von hochkompakten Multi-Chip-Moduln, einer Siemens-Entwicklung mit einer Tagesproduktion von 10 Stück. Überall sonst im Werk wird zur Reinigung bestückter Flachbaugruppen Isopropanol (mit Lösemittelredestillation, die 80 Prozent Wiedergewinnung ermöglicht) eingesetzt, außerdem gibt es zwei Anlagen mit Schutzgaslötten. Das letzte FCKW-Bad soll im Februar 1992 abgeschafft werden. Digital Equipment GmbH (DEC), Werk Kaufbeuren, hat zur Reinigung von Magnetplattenspeichern für DV-Anlagen seit 1987 ein FCKW-Ausstiegs-Programm festgelegt, das 1991 abgeschlossen sein soll. In einem Projekt mit Henkel wird an wäßrigen Reinigungsmedien gearbeitet, die den Reinheitsanforderungen der Aluminium-Magnetplatten für Computer und ihrer hohen Oberflächenempfindlichkeit gerecht werden. 1988 wurden noch 20 Tonnen FCKW verbraucht, 1990 sind es noch 11 Tonnen. Die Reduzierung von Neuware-Verbrauch erfolgte durch eine Verringerung der Emissionen infolge besserer Abdichtung der Ultraschallreinigungsanlage und durch Lösemittelrückgewinnung.

3.4. Meß-, Steuer- und Regelungselektronik - bei Hausgeräten

Die Branche der Meß- und Regelungselektronik (Industrieelektronik) ist sehr vielgestaltig; sie reicht von automatischen Industrierobotern über Werkzeugmaschinensteuerung bis zur Feinstmeßtechnik. Wir greifen nur exemplarisch den kleinen Bereich der Steuerungschaltung von Elektrohaushaltsgeräten heraus.

**Tabelle 13: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen)
- Meß-, Steuer- und Regelungselektronik (115 000 Besch.)**

Unternehmen/Betrieb	Beschäftigte	1985	1990
Diehl Schaltgeräte	1 000	34	10
Seuffer, Calw	160	1,2	0,5
Pantel, Erlangen	280	3,5	0,2
AKO-Werke, Wangen	1 680	1,5	0
TEG, Gräfenberg	250	0,8	0
	3 210 (2,8 %)	41	10,7

Es erfolgte eine FCKW-Reduktion auf 10,7 Tonnen oder 26 Prozent.

Beispiel: Bosch-Siemens-Hausgeräte GmbH (BSH), Werk Traunreut

Das Herde-Werk der BSH in Traunreut (3 100 Besch.) kauft die Schaltausrüstung von drei Firmen zu. Das sind erstens das Diehl Schaltgerätekwerk in Nürnberg, zweitens die Seuffer GmbH & Co. in Calw und drittens die Pantel Elektronik in Erlangen.

1. Diehl Schaltgerätekwerk Nürnberg, Donaustraße (1 000 Besch.)

In diesem Betrieb werden bestückte Leiterplatten grundsätzlich nicht mehr mit FCKW gereinigt, sondern mit Isopropanol. FCKW 113 wird jedoch noch zum Reinigen von NE-Metallteilen (Messing) und kleinen mechanischen Komponenten wie Zahnrädchen für Schaltuhren u. ä. eingesetzt. Die FCKW-Anlagen sind von 6 auf 1 reduziert worden. Es ist geplant, von Isopropanol auf das kombinierte Waschverfahren (Lösemittel plus Wasser) von Du Pont umzusteigen.

2. Seuffer in Calw (160 Besch.)

Dieses kleine Unternehmen hat seinen FCKW-Jahresbrauch seit 1986 von 1,2 auf 0,5 Tonnen (und die Zahl der Anlagen von 4 auf 2) gesenkt. Das Unternehmen am Neckar ist mit der Erprobung von Plasma-Gas-Trockenreinigung zugange (MOC Plasma Elektronik, Ammerbuch), nachdem der Umstieg auf wäßrige Reinigung zu große Schwierigkeiten brachte.

3. Pantel Elektronik in Erlangen (280 Besch.)

Dieser Betrieb hat seinen FCKW-Verbrauch von 3,5 Tonnen sogar auf 0,2 Tonnen reduziert. Bei Pantel - übrigens auch Zulieferant von Miele - wurde der Schaumfluxer durch einen Sprühfluxer ersetzt, der eine so dünne Flußmittelschicht aufträgt, daß sie nach dem Löten auf der Baugruppe bleiben kann. Die FCKW-Anlage steht praktisch still und wird nur eingesetzt, wenn im Falle schwerer Lötbarkeit der alte Schaumfluxer eingesetzt werden muß, der insbesondere die Lötrahmen mit einer dicken Harzschicht überzieht.

3.5. Automobilelektronik

Die Automobilindustrie legt an elektronische Baugruppen extrem hohe Reinheitsmaßstäbe an. Da die Elektronik nicht in einem klimatisierten Innenraum plaziert ist (wie etwa Großrechner), sondern unter der Motorhaube, wo große Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen herrschen, wird trotz des von der Autoindustrie vorgeschriebenen Schutzlacks über der verlöteten Baugruppe aus jedem nicht entfernten Säure- oder Salzurückstand eine mögliche Rostquelle, die die Funktionsfähigkeit der Elektronik zerstören und Unfälle auslösen kann. Daher die hohe Reinlichkeit in der Kfz-Elektronik, die bis vor vier Jahren nur ein Mittel kannte: Waschen mit FCKW.

**Tabelle 14: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen)
- Autoelektronik (75 000 Besch.)**

Unternehmen/Betrieb	Beschäftigte	1985	1990
Bosch Kfz-Elektronik	22 500	350	15
- Bosch, Werk Salzgitter	2 400	130	1
VDO, Werk Frankfurt	2 400	÷60	50
Siemens, Werk Regensburg	1 500	10	3,5
MOTO METER, Leonberg	1 200	21	9
TEG, Nürnberg	600	20	16
TEG, Ingolstadt	600	30	24
Pierburg, Neuss	2 000	5	4,5
	30 800 (41%)	496	122

Es erfolgte eine FCKW-Reduktion auf 122 Tonnen oder 25 Prozent.

Bei Autoelektronik fällt in der Regel der Name Bosch, der mit weitem Abstand größter elektromechanischer und elektronischer Kraftfahrzeugausrüster ist: In 26 inländischen Betriebsstätten arbeiten über 55 000 Personen (ohne Blaupunkt) an Bosch-Automobil-Produkten, deren Palette von elektrischen Zündkerzen und Scheibenwischmotoren bis zu Dickschicht-Hybriden für die elektronische Anti-Schlupf-Regelung reicht. Nach eigenen Angaben erzielt Bosch fast 50 % des Umsatzes mit Produkten, deren wesentliche Funktionen mit Elektronik verwirklicht sind. Demgemäß sind etwa 50 Prozent der Beschäftigten im Kfz-

Bereich - 22 500 Personen - mit Elektronik befaßt. Mit weitem Abstand folgt als zweitgrößter Autoelektroniker die VDO AG (10 000 inländische Beschäftigte), die, ausgehend vom Tachometer, vor allem durch ihre elektronischen Anzeige- und Meßsysteme im Automobil vertreten ist.

Die Robert Bosch GmbH hat gegenüber der kleineren und weniger investitionskräftigen Konkurrenz einen Vorsprung von mindestens zwei Jahren beim FCKW-Ersatz. Nur Bosch zu sehen, ergäbe ein völlig falsches Bild von der Autoelektronik. Die übrigen Unternehmen erfüllen die von der Autoindustrie gestellten hohen Reinheitsanforderungen fast durchweg noch mit FCKW. Sehr konventionell geht es noch beim KALTRON-Großverbraucher VDO zu. Wenig umgestellt hat bislang auch das mit 6 200 Beschäftigten recht große AEG-Unternehmen Telefunken electronic GmbH (TEG), das im Nürnberger Dickschicht-Werk und im Ingolstädter Baugruppen-Werk den Verbrauch von FCKW 113 (FREON) für die Kfz-elektronischen Schaltungen nur wenig gesenkt hat.

Bosch: Schutzgaslötten ohne FCKW

Bosch war bis Mitte der achtziger Jahre ein Großverbraucher von FCKW. So startete das 1985 errichtete Werk für ABS-Steuerung und Katalysator-Regelung in Salzgitter mit einem Jahresverbrauch von 130 Tonnen. Von diesem hohen Ausgangsniveau aus sind die in der zweiten Hälfte der achtziger Jahre unternommenen Anstrengungen zu erklären, vom FCKW wegzukommen. Der Verzicht auf Nachreinigung nach dem Löten geht auf eine Eigenentwicklung zurück, wobei die Bauteile in einer Atmosphäre aus Stickstoff zusammengefügt werden, so daß nur noch geringe Flußmittelzusätze erforderlich sind. Die Lizenz für das Schutzgaslötten verkaufte Bosch an den Wertheimer Anlagenbauer Seho (Seitz & Hohnerlein GmbH), der die Lötanlagen unter dem Handelsnamen "Nitrogenius" anbietet. Mittlerweile sind in der Bundesrepublik etwa 100 Anlagen nach dem Bosch-Prinzip in Betrieb.

Die oben stehende Tabelle 14, die Bosch ganz, aber die übrigen Produzenten nur zum Teil erfaßt, gibt somit ein zu günstiges Bild vom FCKW-Ersatz in der Kfz-Elektronik. Realistisch ist nicht FCKW-Reduktion auf 25 Prozent, sondern auf etwa 55 Prozent (mit Bosch).

3.6. Militär- und Luftfahrtelektronik

Daß bei der Militär- und Luftfahrtelektronik der geringste Verbrauchsrückgang stattgefunden hat, war zu erwarten. Dabei ist selbst dieser Rückgang weniger eine Folge der Zunahme FCKW-freier Reinigung als vielmehr geringerer Emissionsverluste der FCKW-Anlagen selbst. Nichtreinigung entfällt als FCKW-Ersatz, weil in diesem Bereich Waschen eine Sicherheitsvorschrift ist. Nicht vorgeschrieben ist allerdings das Waschmedium. Nach wie vor werden hier FCKW eingesetzt, obwohl gleichwertige Mittel ohne Schädigung der Ozonschicht zur Verfügung stehen.

**Tabelle 15: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen)
- Militär- und Luftfahrtelektronik (55 000 Besch.)**

Unternehmen/Betrieb	Beschäftigte	1985	1990
Diehl, Werk Röthenbach	230	36	36
Honeywell, Werk Maintal	1 200	30	14
TST, Werk Wedel	1 800	5	1
TST, Werk Eiweiler	670	8	8
SEL, Werk Mannheim	1 200	10	6
	5 100 (9,3 %)	89	65

Es erfolgte eine FCKW-Reduktion auf 65 Tonnen oder 73 Prozent.

Das kleine Werk des Diehl-Konzerns für Luftfahrt und Elektronik in Röthenbach (230 Besch.) verbraucht pro Jahr über 30 Tonnen FCKW 113 u.a. für die elektronische Regelung der Scheibenheizung des Airbus und der Enteisungsanlage des TORNADO, für die Steuerung der Boden-Luft-Rakete PATRIOT und für elektronische Geräte im Panzer Leopard 2. Auf elektronischen Geräten, die direkt unter der Innenhaut eines Flugzeugs angebracht sind, bildet sich aufgrund der extremen Temperaturbelastung Kondenswasser, das zu Schimmel und Pilzen auf den Baugruppen führen kann, sofern sie nicht total sauber sind. Dies gilt als einer der Gründe für den hohen FCKW-Verbrauch von 2 000 Liter im Monat oder 36 Tonnen pro Jahr.

Auch die Telefunken System Technik (TST) hat in ihrem Werk Eiweiler (670 Besch.) den FCKW-Verbrauch nicht gesenkt. In diesem Betrieb, wo so sensible Produkte wie Aufschlagszünder usw. für den Hauptstandort der TST in Ulm gefertigt werden, steht der FCKW-Verbrauch 1986 bis heute unvermindert auf 8 Tonnen pro Jahr - allerdings bei gestiegener Produktion. FCKW wird als Reinigungsmittel für die Leiterplatten und für "Wickelgüter" (Spulen) eingesetzt.

Der SEL-Unternehmensbereich Verteidigung und Luftfahrt (2 000 Besch.) ist der einzige Bereich des Unternehmens mit nennenswertem FCKW-Verbrauch. Nach Unternehmensangaben wird bei SEL für die zivile Telekommunikation kein FCKW mehr eingesetzt. Im Fertigungswerk Mannheim (1 200 Besch.), wo Funkgeräte für die Bundeswehr, Bord- und Bodengeräte für die Funknavigation von Flugzeugen und Radargeräte produziert werden, ist das noch anders. Der Jahresverbrauch von FCKW 113 beträgt zur Zeit 6 Tonnen. Zwei Anlagen wurden seit 1986 stillgelegt, wodurch der FCKW-Verbrauch um 40 Prozent gesenkt werden konnte. Eingeführt wurde 1989 eine Schutzgas-Lötanlage mit feststoffarmem Flußmittel. Als Ursache des fortgesetzten FCKW-Reinigungs werden die Anforderungen nach dem MIL-Standard genannt, die für elektronische Geräte, die mit einem Schutzlack versehen

werden müssen, Waschen vorschreiben. Als Übergangslösung ist für den "Waschbereich" der Umstieg von FCKW auf Alkohole geplant.

Reinigungsvorschriften nach MIL-Standard

Die höchsten Reinheitsanforderungen an verlötete elektronische Baugruppen werden in der zivilen und militärischen Luftfahrt sowie im militärischen Bereich außerhalb der Luftfahrt gestellt. Dies leuchtet ein: Flugzeuge sind extremen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen ausgesetzt, und der verunreinigungsbedingte Ausfall eines elektronischen Bauteils hoch über den Wolken hat weit ernsthaftere Folgen als das Versagen einer Schaltung im Fernsehgerät oder in der Spülmaschine. Daß das Militär an die Zuverlässigkeit und Präzision seiner Waffen maximale Anforderungen stellt, ist ebenfalls nicht verwunderlich. Daher gibt es für elektronische Produkte in diesem Bereich strenge Reinheitsvorschriften bezüglich der ionischen Kontamination durch Flußmittelreste. Es geht um den sogenannten MIL-Standard, genauer um die "Militärische Spezifikation P-28809 A vom 5.Oktober 1981", die aus den USA über die NATO an die Beschaffungsbehörden der Bundeswehr gelangt ist und die Lieferanten von Militärelektronik, so der Eindruck, entweder zur Verzweiflung oder zur FCKW-Anwendung treibt.

Ionische Verunreinigungen durch Flußmittelrückstände dürfen den Grenzwert von 1,5 Millionstel Gramm (1,5 Mikrogramm) pro Quadratzentimeter nicht übersteigen, und daran orientieren sich nicht nur Militärbehörden, sondern auch die zivile Luftfahrt. Wenn allerdings Elektronikfirmen die Beibehaltung von FCKW damit begründen, daß der MIL-Standard eine Reinigung mit FCKW erzwingt, dann irren sie.

In der Tat schreibt der MIL-Standard eine Reinigung mit Lösemitteln vor - und zwar deutlich: "Flachbaugruppen sind innerhalb einer Stunde nach dem Löten mit Lösemitteln, Kombinationen von Lösemitteln oder anderen Lösungen zu reinigen, mit denen polare und nichtpolare Verunreinigungen abgewaschen werden können" (3.5.3.3). Insofern darf das reinigungsfreie Schutzgaslöten für militärische Zwecke nicht angewandt werden, obwohl damit Reinheitsgrade unter jenem Grenzwert möglich sind.

Allerdings heißt es genauso eindeutig im Punkt 6.4: "Die Auswahl geeigneter Reinigungsverfahren zur Flußmittelentfernung bleibt dem Lieferanten überlassen. Die mit dem jeweiligen Reinigungsverfahren erzielten Ergebnisse müssen den Anforderungen nach 3.5.3.3 entsprechen. Es können sowohl polare wie auch nichtpolare Lösemittel zur Erzielung eines guten Reinigungsergebnisses erforderlich sein." Von FCKW ist also nicht ausdrücklich die Rede. Es kann genauso gut Isopropanol, Waschbenzin, ja sogar Wasser eingesetzt werden oder eine Kombination von organischem Lösemittel mit Wasser.

3.7. Halbleiter und Hybride

Halbleiter - Speicherchips, Logikchips, Prozessoren - sind die entscheidenden "Bauelemente" elektronischer Systeme. Von den deutschen Herstellern kommen in unserer Tabelle die AEG-Tochter EUROSIL electronic in Eching (optoelektronische Bauelemente) und die Philips-Tochter Valvo in Hamburg (Silizium-Halbleiter) vor.

Tabelle 16: FCKW-Verbrauch in ausgewählten Unternehmen (in Tonnen) - Bauelemente und Hybride (40 000 Besch.)

Unternehmen/Betrieb	Beschäftigte	1985	1990
Valvo, Hamburg	2 000	7	2
EUROSIL, Eching	300	7	6
Siemens, M-Hofmannstr.	500	10	10
Philips, Werk Krefeld	600	10	5
	3 400 (8,5 %)	34	23

Es erfolgte eine FCKW-Reduktion auf 23 Tonnen oder 67 Prozent.

Hybride sind eine Zwischenform zwischen bestückter Leiterplatte und Bauelement, anders gesagt: Sie sind auf metallbedruckten Keramikplatten aufgelötete miniaturisierte Schaltungen, die wiederum auf konventionelle Leiterplatten montiert werden können. Mit gewissem Recht werden Hybride nicht als bestückte Leiterplatten angesehen, sondern wie Chips zum Produktbereich Halbleiter/Bauelemente gezählt. Wenn wir uns auf diese Zuordnung einlassen, können wir noch zwei Betriebe folgen lassen, die für das FCKW-Problem nicht unbedeutend sind.

Reinigungsmittel aus Orangenschalen

Das Siemens-Werk für Hybride, München-Hofmannstraße, erprobt innerhalb des Konzerns den Ersatz von FCKW 113 durch die halbwäßrige Reinigung mit Citrusterpene. Die aus Orangenschalen in Florida gewonnenen Terpene lösen die Kolophonium-haltigen Flußmittelrückstände, und destilliertes Wasser, das im Kreislauf gefahren wird, wäscht die ionischen Verunreinigungen ab. Produziert werden in diesem Münchener Werk hochsensible Schichtschaltungen und Relais (darunter auch Komponenten für die Medizintechnik wie Herzschrittmacher), die nach dem Löten einen hohen Reinheitsgrad verlangen, der bisher nur mit FCKW 113 erzielbar gewesen ist. Die Reinigungswirkung durch Citrusterpene sei, so der Siemens-Verantwortliche, besser als durch FCKW. Sobald der Anlagenbauer fertig sei (erwartete Lieferung Ende 1991), könne mit der Serienproduktion begonnen und können die jährlich 10 Tonnen FCKW ersetzt werden.

Der Dickschichtbereich im Philips-Apparatewerk Krefeld (600 Beschäftigte) reinigt Hybride für die Kfz-Elektronik serienmäßig mit Citrus-Terpenen. Der Jahresverbrauch an FCKW beträgt noch 5 Tonnen - gegenüber 10 Tonnen im Jahre 1986. Die Beseitigung der in der Lötpaste neben dem aufzuschmelzenden Metall (Reflowlöten) befindlichen Flußmittelreste ist schwierig und wird weit häufiger als bei konventionell bestückten Leiterplatten mit FCKW bewerkstelligt. Allerdings ist der Krefelder Dickschichtbereich auch der experimentierfreudigste Elektronikbetrieb bei Philips: Es ist das einzige Werk in der Bundesrepublik, das gegenwärtig schon den serienmäßigen Einsatz von Citrus-Terpenen angefangen hat. Es handelt sich um das gleiche Verfahren und das gleiche Handelsprodukt

wie bei Siemens, nämlich um Bioact von alpha-grillo (s.u.). Die Reinigungswirkung ist nach Werksauskunft von Philips-Krefeld besser als bei FCKW 113. Auch die - von anderen Versuchsanwendern immer wieder genannten - Probleme mit dem lästigen Geruch des Reinigungsmittels seien durch die Geschlossenheit der Anlage kaum mehr von Bedeutung, zumindest wenn nichts "verkleckert" werde.

4. Alternativen zum FCKW-Lösemittel - Haupttrends

Als eine Schlußfolgerung aus dem - zwar nicht statistisch repräsentativen, aber den Trend durchaus erfassenden - Branchen- und Firmenüberblick ist festzuhalten, daß es für die weitere Zurückdrängung von FCKW 113 aus der elektronischen Reinigung nicht ausreicht, für die gleichen Verunreinigungen bloß andere, umweltfreundlichere Reinigungsmedien zu suchen. Vielmehr müssen auch andere Lötverfahren ohne Nachreinigung entwickelt und verbreitet werden sowie neue, dem umweltfreundlicheren Reinigungsmedium gerechtere Flußmittel für den Bereich, wo unbedingt gewaschen werden muß.

Als alternative Techniken zur FCKW-Reinigung werden (außer Waschen von wasserlöslichen Flußmitteln oder verseiftem Kolophonium mit Wasser, was praktisch keine Rolle spielt) angeboten:

1. Waschen mit Alkohol.
2. Kombiniertes Waschen (halbwäßrig) mit organischen Lösemitteln (für das Kolophonium) und mit Wasser (für die Aktivatoren).
3. Schutzgas-Lötanlagen ohne Waschen.
4. Rückstandsarme Flußmittel ohne Waschen.

4.1. Waschen mit Alkohol

Alkohol ist ein gutes Reinigungsmittel für Kolophonium-Flußmittel. Es wirkt auf die polaren und unpolaren Bestandteile von Flußmitteln. Der große technische Nachteil von Alkohol ist seine Entflammbarkeit (Flammpunkt 14 Grad Celsius). Sein Einsatz erfordert explosionsgeschützte ("exgeschützte") Anlagen zu Aufpreisen. Solche Anlagen werden von einigen Firmen angeboten und sind ähnlich aufgebaut wie die bisher angebotenen Ultraschall-Anlagen für FCKW, so daß der Umstieg leichtfällt.

Bisher gingen zwar nur wenige Firmen auf dieses Verfahren ein. Allerdings finden sich unter den wenigen Firmen auch sehr große Unternehmen. Insbesondere die Siemens AG reinigt schon seit Anfang der achtziger Jahre (unabhängig von und vor der Ozonloch-Debatte) in großem Maßstab mit Isopropanol.

4.2. Kombiniertes Waschen mit Lösemittel und Wasser

Damit sind Verfahren gemeint, welche die kolophonium-haltigen Flußmittelrückstände mit organischen Lösemitteln und die Aktivatoren mit Wasser entfernen. Auf den Markt ist 1990 als erstes Reinigungsmittel "Axarel 38" von Du Pont gebracht worden. Das Lösemittel ist ein halogenfreier Kohlenwasserstoff. Nach Aussagen von Anwendern ist die Reinigungswirkung besser als diejenige von FCKW-haltigem Medium.

Ein solches halbwäßriges System ist auch das Waschen mit Citrus-Terpenen, das gegenwärtig bei Siemens und Philips (siehe oben) erprobt wird. Bioact EC-7 lautet der Handelsname des einzigen Lieferanten "alpha-grillo Lötssysteme GmbH" aus Duisburg für ein entsprechendes Terpen. (Alpha-grillo ist ein Ableger der US-Firma Alpha Metals und der größte Flußmittelhersteller in Deutschland; an zweiter Stelle folgt Multicore/Stannol in Wuppertal.) Terpene sind u.a. in Orangenschalen enthalten und als Naturprodukte biologisch abbaubar. Weil das Ausgangsmaterial natürlich vorkommt und nachwächst, ist dieses Reinigungsmittel im Gespräch. Mit den synthetischen Lösemitteln auf Mineralölbasis teilen sie den Nachteil der Explosionsgefahr infolge eines niedrigen Flammpunkts (wenngleich er höher als die 14 Grad Celsius von Alkohol liegt) von 47 Grad Celsius. Dazu kommt, daß sie nach der Anwendung nicht völlig verdunsten und daß ihre toxikologischen Folgen (anders als bei synthetischen Terpenen) noch nicht ganz erforscht sind.

Nach Angaben von alpha-grillo sind bei den Citrus-Terpenen der "zweiten Generation" die früheren Geruchs- und Abwasserprobleme gelöst. Auch gibt es eine Schweizer Firma namens ROAG, welche die in Konkurs gegangene Anlagenfirma OSL ersetzt. Die Versuche mit Bioact werden fortgesetzt. Die Weiterverbreitung des Mittels macht die Branche offenbar von der Bewährung bei Siemens abhängig. Siemens hat bekanntlich den technologischen Vorteil, nicht nur von FCKW-Anlagen, sondern auch von technisch verwandten Alkohol-Anlagen auf die kombinierte Reinigung überzuwechseln.

4.3. Löten in Schutzgas-Atmosphäre

Eine Schutzhülle von Stickstoff, der die Aufgabe hat, den für die Lötstellen-Oxidation verantwortlichen Luftsauerstoff fernzuhalten - das ist das Prinzip der von Bosch entwickelten Wellenlötmaschinen, die seit 1988 im Markt eingeführt werden. Die Flußmittelzugabe aus Adipinsäure und Alkohol ist wegen des Gasschutzes sehr gering und hat nur 0,5 bis 1,5 Gewichtsprozent halogenfreien Feststoff in der Lösung. Die auf diese Weise gelöteten Platinen erreichen daher einen Sauberkeitsgrad, der an den gewaschener Platinen herankommt. Anwender sprechen von einer Restverunreinigung von 3 bis 8 Mikrogramm pro Quadratcentimeter. Die Anlagenhersteller behaupten, daß sogar die MIL-Spezifikation unterboten und Werte unter 0,9 Mikrogramm pro Quadratcentimeter erzielt werden können. Der MIL-Standard verlangt weniger als 1,5 Mikrogramm pro Quadratcentimeter.

Zur Zeit sind etwa 100 Anlagen verkauft. Es besteht der Eindruck, daß sich dieses Verfahren als eine der FCKW-Alternativen durchsetzt. Von der Bundespost wird gegen das Schutzgaslöten ohne Nachreinigung kein Einwand erhoben, so daß es sich außer in der Autoelektronik auch in der Telekommunikation durchsetzen kann. Der MIL-Standard läßt dagegen, wie erwähnt, nur Verfahren mit Reinigung zu.

Eine Einschränkung: Für Reflow-Löten, das in der SMD-Technik weit verbreitet ist, sind Schutzgas-Lötanlagen erst in der Einführung.

4.4. Rückstandsarme Flußmittel ohne Waschen

Seit etwa fünf Jahren sind "rückstandsarme" oder "rückstandsfreie" Flußmittel mit 1,5 bis 5 Gewichtsprozent Feststoff (Kolophonium plus Aktivatorsäure) eingeführt. Zur Erinnerung: Konventionelle Flußmittel haben Feststoffgehalte zwischen 25 und 50 Prozent.

Beim Einsatz dieser Produkte war es zunächst das Ziel, auch in Fällen, in denen nicht gewaschen wird, die Leiterplatten möglichst sauber zu halten. Später kam das Motiv des Umweltschutzes dazu, nachdem erkannt wurde, daß auf diese Weise nicht nur Geld gespart, sondern auch eine Lösung der FCKW-Reinigungsproblematik gefunden werden kann.

Je nach Oberflächenbeschaffenheit der Leiterplatten schwimmen die an sich schon geringen Rückstände mehr oder weniger stark ab, so daß man auch ohne Waschen auf Restverunreinigungen von 3 bis 8 Mikrogramm pro Quadratzentimeter kommen kann. Der Reinheitsgrad entspricht fast dem gewaschener Platinen.

Bei noch steigender Tendenz wird der Anteil der rückstandsarmen Flußmittel zum Löten von Leiterplatten für den deutschen Markt von Experten zur Zeit auf 70 bis 75 Prozent geschätzt.

5. Ausblick: Saubere Leiterplatten ohne FCKW

Zur Lösung des FCKW-Problems zeichnet sich ein starker Trend zum Einsatz rückstandsarmer Flußmittel (1,5 bis 5 Prozent Feststoff) ab. Dazu gehört auch das Schutzgaslöten mit der noch geringeren Feststoffkonzentration im Flußmittel von 0,5 Prozent. In diesen Fällen unterbleibt eine Nachreinigung. Sicherlich ist der Anteil von zur Zeit 75 Prozent "Nichtreinigung" bei elektronischen Baugruppen noch auszuweiten. Vom ökologischen (und in diesem Fall auch vom betriebswirtschaftlichen) Standpunkt wäre eine weitere Ausweitung der - abwasser- und abluftfreien - "Nichtreinigung" nur zu begrüßen.

In Fällen, in denen weiter gewaschen wird oder werden muß, ist noch kein klarer Trend abzusehen, welches Medium FCKW 113 effektiv ersetzen wird. Rein wäßrige Reinigungssysteme scheinen sich - anders als in den USA, wo sie bereits jetzt eine so große Rolle spielen, daß ihre spezifische Entsorgungsproblematik schon diskutiert wird -, in Deutschland nicht durchsetzen zu können. Reinigungsmittel auf Mineralölbasis, möglicherweise in Kombination mit Wasser, haben größere Aussichten. Allerdings beanspruchen wäßrige Reinigungssysteme in der Regel mehr Platz, verlangen eine funktionierende Abwasserbehandlung und sind aus diesen Gründen nicht ohne weiteres in jede bestehende Fertigungslinie und Fertigungsstätte integrierbar.

Fazit: Wer im Jahre 1991 noch mit FCKW 113 reinigt, wendet ein technisch überholtes Mittel an. Die deutsche elektronische Industrie ist zwar stolz darauf, der dynamischste und modernste Industriebereich zu sein; aber sie hat - von Ausnahmen abgesehen - drei bis vier Jahre verschlafen, um den FCKW-Ersatz zu vollziehen. Über 2 000 Tonnen FCKW, die das Ozonloch vergrößern, läßt sie noch immer jährlich in die Atmosphäre ab.

Kapitel IV - Das Löschmittel Halon: Was unten nützt, kann oben schaden

Zusammenfassung: Dank ihrer angeblich unübertroffenen Löschleistung haben sich Halone in den letzten Jahren vor allem beim Brandschutz in technisch sensiblen Bereichen verbreitet - in EDV-Räumen, in Lagerräumen, in der Luftfahrt, beim Militär und bei Luxusautomobilen. Die im Vorfeld der FCKW-Halon-Verbotsverordnung geführten Debatten um ein Verbot von Halon als Löschmittel ab 1992 haben bereits 1991 den inländischen Markt fast zum Erliegen gebracht, auf dem 1990 noch 1 000 Tonnen verkauft wurden.

Halone sind halogenierte Kohlenwasserstoffe, die Fluor und Brom bzw. Fluor, Chlor und Brom enthalten. Sie werden mit wenigen Ausnahmen fast nur im Brandschutz eingesetzt, und zwar ab 1969 mit steigender Tendenz in mobilen und stationären Feuerlöschanlagen.

Mit Halonen lassen sich Brände schnell und wirksam löschen, ohne daß es zu den gefürchteten Sekundärschäden durch das Löschmittel kommt. Die Halone verdampfen rückstandslos in die Atmosphäre. Dort allerdings ist ihr Schaden umso gravierender: Ihre Zerstörungskraft gegenüber der Ozonschicht ist drei- bis zehnmals größer als diejenige der "harten" FCKW 11 oder 12.

Nachdem die heute verwendeten Halone Anfang der 60er Jahre in den USA hauptsächlich für militärische Zwecke entwickelt worden waren, fanden sie zunehmend Eingang auch in zivilen Bereichen.

In der Bundesrepublik Deutschland hat das Löschmittel Halon erst spät einen festen Platz im Brandschutz erhalten. Der Einsatz von Halon war nie unverzichtbar, abgesehen vielleicht vom Triebwerksschutz in der Luftfahrt. Selbst für die dem Löschmittel Halon speziell zugeordneten Anwendungsgebiete wie EDV-Räume oder Lager mit brennbaren Flüssigkeiten stand und steht eine ausgefeilte Technik von CO₂-Feuerlöschanlagen zur Verfügung.

Halon 1301, das kein Chlor enthält, wird vorwiegend in ortsfesten Brandschutzsystemen für geschlossene Räume verwendet. Im Brandfall wird der Raum mit Halon durchflutet, bis die Luft eine ausreichend hohe Halon-Konzentration (etwa 5 Prozent) aufweist, um das Feuer zu "ersticken". Anwendungsgebiete sind in erster Linie Elektro- und Elektronikräume, Lager brennbarer Flüssigkeiten, Maschinenräume von Schiffen. Auch Flugzeug-Triebwerkslöschanlagen arbeiten mit Halon 1301, das in den Freiraum zwischen der Triebwerksoberfläche und ihrer Verkleidung geflutet wird.

Halon 1211 wird vorwiegend in tragbaren und fahrbaren Feuerlöschern und in Bereichen eingesetzt, wo es nicht direkt auf Menschen einwirkt. Halon 1211 hat eine höhere Human-

toxizität, und es verflüchtigt sich schwerer als Halon 1301. Der relativ hohe Siedepunkt von Halon 1211 (-4,0 Grad Celsius) läßt kurzfristig einen gezielten Flüssigkeitsstrahl zu. Daher wird es nicht zum Raumbefluten, sondern zum direkten Objektschutz eingesetzt.

Halon 2402 ist in der Bundesrepublik Deutschland und in westeuropäischen Ländern als Feuerlöschmittel nicht zugelassen. In den neuen Bundesländern wird es aber im zivilen und im militärischen Bereich angewandt. Bis vor kurzem wurde es noch im Chemiewerk Nünchritz für den DDR-Bedarf produziert.

Halon 1301 ist zehnmal, Halon 2402 ist sechsmal und Halon 1211 ist dreimal ozonschichtschädigender als FCKW 11.

1. Die Hersteller von Halonlöschern in der Bundesrepublik

In der Bundesrepublik haben nur die Halone 1301 und 1211 wirtschaftliche Bedeutung. Ihre Produktionsmenge betrug 1986 etwa 4 000 Tonnen (je zur Hälfte Halon 1301 und 1211). Davon wurden etwa zwei Drittel exportiert. Der einzige inländische Hersteller ist die (zum belgischen Solvay-Konzern gehörende) Kali-Chemie AG. In Europa gibt es sonst nur noch zwei weitere bedeutende Halonhersteller: für Halon 1301 und 1211 die französische Atochem und für Halon 1301 die britische ICI.

Die Halone der Kali-Chemie AG für den Inlandsverbrauch gehen an die führenden Produzenten von Feuerlöscheinrichtungen, die ihre Produktpalette aus Schaum-, Pulver-, CO₂- und Wasser-Löschanlagen durch chemische Löschanlagen und -geräte mit Halon ergänzen.

Die drei größten Anlagen- und Gerätehersteller für den stationären und mobilen Brandschutz sind:

Total Walther Feuerschutz GmbH (TWF). Werke in Köln (stationäre Anlagen) und in Ladenburg (mobile Anlagen). Vor kurzem von Krupp an die australische Firma Warmold und die US-Firma Tyco verkauft. 1500 Beschäftigte.

Preussag AG Minimax (Minimax). Werke in Bad Oldesloe, Bad Urach und Dettingen/Erms. Halon-Löschgeräte-Produktion im Hauptwerk Bad Urach. Innerhalb des Preussag-Konzerns ist Minimax der Geschäftsbereich Feuerschutz. 1800 Beschäftigte.

Gloria-Werke GmbH & Co. (Gloria). Werk in Wadersloh. Bei Halonlöschern spezialisiert auf tragbare Geräte im Bereich 2, 4 und 6 Kilogramm Füllgewicht. 550 Beschäftigte.

Kapitel IV – Das Löschmittel Halon: Was unten nützt, kann oben schaden

Minimax ist zusammen mit TWF Marktführer bei stationären Löschanlagen mit einem Anteil von je 30 Prozent. Bei mobilen Löschern, insbesondere bei Autolöschern, ist Gloria Marktführer vor Minimax und TWF.

Halonlöschgeräte für Waffenträger der Bundeswehr (Panzer, Kampfflugzeuge) werden zum größten Teil von der DEUGRA (Deutsche Graviner) - Gesellschaft für Brandschutzsysteme mbH in Ratingen geliefert und gewartet (sh. Abschn. 3.2).

2. Der scharfe Verbrauchsrückgang und die bleibenden Vorräte

Anfang 1991 steht der Inlandsmarkt für Halonlöscher vor dem Zusammenbruch. Bereits 1990 hatte er sich gegenüber dem Jahre 1987 nahezu halbiert. Aus Tabelle 17 geht eine Verminderung von 1 150 auf 615 Tonnen hervor, die vor allem dem Rückgang bei Neuanlagen geschuldet ist. Auch die Nachfüllmenge für installierte Anlagen ist rückläufig, weil Löschübungen mit Halon mittlerweile - selbst bei der Bundeswehr - eingestellt wurden und auch das früher übliche Probefluten bei stationären Anlagen von den Feuerversicherungen nicht mehr verlangt wird. Für 1991 bewegen sich die Verkaufszahlen im zivilen Bereich - nach Herstellerangaben - sogar "gegen Null". Relativ stabil bleiben bislang nur der Halonlöscher-Export und der militärische Bereich.

Tabelle 17: Inländischer Halonverbrauch 1987 und 1990 in Tonnen (Angaben des BVFA und Schätzungen) *

Halontyp	1987		1990	
	1211	1301	1211	1301
Füllen neuer Geräte	650	130	350	15
Nachfüllen	200	80	130	60
Bundeswehr	65	25	45	15
Halon 1211 und 1301:	1 150		615	

* In den Zahlen ist der in Geräten exportierte Anteil von ca. 200 Tonnen jährlich nicht enthalten. BVFA = Bundesverband Feuerlöschgeräte und -anlagen.

Im Mai 1990 hatte das Bundeskabinett den Entwurf einer "FCKW-Halon-Verbots-Verordnung" vorgelegt, der den Produktionsstopp für Halon-Handfeuerlöscher (Halon 1211) für den 1.1.1992 und für stationäre Halonlöschanlagen (Halon 1301) für den 1.1.1996 vorsah. Diese Maßnahme beschleunigte massiv den ohnehin rückläufigen Markttrend.

Im September 1990 reagierte von den drei großen Löschanlagenbauern als erster Total Walther Feuerschutz mit dem Rückzug aus dem Halon-Lösch-Geschäft (Halon 1211 und 1301): Keine Neuanlagen mehr und Übertragung der Nachfüllung bestehender TWF-Halon-

Kapitel IV – Das Löschmittel Halon: Was unten nützt, kann oben schaden

Anlagen an eine Fremdfirma. (Neufüllmenge von Halon 1211 bei TWF in Ladenburg 1990: 50 Tonnen; im Jahr davor waren es noch 130 Tonnen gewesen.)

Unter enormen Druck geriet auch die Handlöscherproduktion bei Gloria und Minimax, als im Spätsommer 1990 Mercedes-Benz den jährlichen Bezug von 80 000 Autolöschern "2 kg Halon" (160 Tonnen Halon 1211) bei diesen beiden Unternehmen stornierte und stattdessen "leistungsgesteigerte" Pulverlöscher kaufte.

Im März 1991 hat der Bundesrat die FCKW-Halon-Verbots-Verordnung in Bezug auf Halone verschärft. Auch Halon 1301 darf ab 1.1.1992 als Löschmittel in der Bundesrepublik nicht mehr produziert und verkauft werden. Die Verwendung von Halon in bereits installierten Anlagen ist bis 1.1.1994 einzustellen - mit anderen Worten: Das Halon muß aus den Löschern raus. Auch die Kali-Chemie darf im Inland Halon-Löschmittel nicht mehr produzieren, obwohl deren Produktionsmenge 1990 exportbedingt noch über 3 300 Tonnen betrug. Strenggenommen verbietet die Verordnung nur Produktion und Vertrieb von Halon zur Brandbekämpfung, nicht von Halon für andere Zwecke. Andere Zwecke, wie Halon als Kältemittel, spielen aber nur eine so geringe Rolle, daß die Kali-Chemie ihre Halonproduktion aus wirtschaftlichen Erwägungen Ende 1991 einstellen wird.

Das Aus der "Halon-Ära" scheint für die Bundesrepublik greifbar nahe. Auch Gloria trägt sich mit der Überlegung, vorfristig aussteigen. Minimax möchte nach verschiedenen Informationen zumindest sein Exportgeschäft bis zum Verbot aufrechterhalten. Das Unternehmen verfügt überdies über ausländische Produktionsgesellschaften, die evtl. auch 1992 noch mit französischem oder britischem Halon die Auslandsmärkte weiterbedienen könnten.

Doch ein völliges Aus für Halon 1211 und 1301 gibt es auch bei einem Verwendungsverbot am 1.1.1994 nicht. Erstens sind da die Ausnahmeregelungen, die auf Antrag den Haloneinsatz zulassen, wo er zum "Schutz von Leben und Gesundheit des Menschen zwingend erforderlich" ist. Hier wird die Bundeswehr auf ihre Sonderrolle bei "Leib- und Lebensfragen" pochen. Ebenso die Lufthansa und diverse andere hochsicherheitsempfindliche Bereiche. Doch ein völliges Aus für Halon ist schon aus einem anderen Grund nicht möglich: Niemand weiß zur Zeit, wohin mit dem Stoff. Denn es gibt in ganz Europa keine einzige Entsorgungseinrichtung für eine effektive Vernichtung von Halonen. Und der Halonvorrat ist groß.

Im folgenden werden exemplarisch zwei Bereiche des Haloneinsatzes näher vorgestellt. Erstens die Bundeswehr, seit Jahrzehnten ein Großverbraucher und Altlastenproduzent, der bislang wenig Verzicht geübt hat. Zweitens der Markt für Halon-Autolöcher, der nach jahrelangen Großverbräuchen praktisch auf Null gesunken ist, aber noch hohe Altlasten hinterläßt.

Tabelle 18: Halonvorrat in der Bundesrepublik 1991 in Tonnen (Auskünfte und Schätzungen)

Bundeswehr	780
Stationierungstreitkräfte	800
Autolöcher	1 200
Industrie und Gewerbe	
- Raumschutz (1301)	3 600
- Objektschutz (1211)	3 600
Feuerwehren	1 000
Summe	ca. 11 000

Der angehäuften Halon-Vorrat in der Bundesrepublik beträgt gegenwärtig etwa 11 000 Tonnen.

3. Bundeswehr und Halon

Im Bereich der Bundeswehr werden 780 Tonnen Halon bevorratet (700 Tonnen Halon 1211 und 80 Tonnen Halon 1301). Der Jahresverbrauch beträgt gegenwärtig 60 Tonnen (45 Tonnen Halon 1211 und 15 Tonnen Halon 1301).

Da die in der (alten) Bundesrepublik Deutschland stationierten Gaststreitkräfte aus anderen NATO-Staaten mit Personal und Gerät einen ähnlichen Umfang erreichen wie die Bundeswehr, können diese Zahlen verdoppelt werden, um den gesamten militärischen Vorrat und Verbrauch in der (alten) Bundesrepublik abzuschätzen: Rund 1 600 Tonnen Halon sind im Militärbereich bevorratet, jährlich werden 120 Tonnen verbraucht, d.h. in die Atmosphäre freigelassen. Mit einem Anteil von rund 20 Prozent schlägt das Militär als großer Einzelverbraucher und -bevorrater von Halonen zu Buche.

3.1. Verwendungszwecke im Militärbereich

Der Einsatz von Halon hat für das Militär gegenüber anderen Löschmitteln einen erheblichen Vorteil: Es kann auch in Räumen eingesetzt werden, die vom Personal nicht verlassen werden dürfen. Egal ob in einem Panzer oder in einer verbunkerten Befehlszentrale: Mit Halon kann ein Brand gelöscht werden - und die Mannschaft bleibt kriegsbereit.

In den Waffensystemen selber stecken etwa 40 Prozent der Halone. Davon wiederum entfällt der größte Posten auf die Panzer, die mit 262 Tonnen Halon ausgerüstet sind. Ein einziger moderner Kampfpanzer LEOPARD hat 36 Kilogramm Halon an Bord (siehe Kasten "Halon im Leopard"). Daran gemessen nehmen Schiffe und Flugzeuge nur geringe Halonmengen mit in die Luft bzw. auf See.

Tabelle 19: Halon-Vorrat in Waffen und Liegenschaften der Bundeswehr 1991 in Tonnen (Schätzungen)

	Halon 1211	Halon 1301
Panzer	253	9
Fluggerät	2	10
Schiffe	-	16
Feuerwehren	300	
Liegenschaften	145	45
Summe:	700	80

Die Mehrheit der Halon-Löschmittel wird für den Brandschutz von Liegenschaften bevorratet. Die Bundeswehr der alten Bundesländer nutzt insgesamt 7 000 Liegenschaften auf einer Gesamtfläche von 235 000 Hektar (Größe des Saarlandes). Sie nutzt 400 000 Bauwerke aller Art, die im Brandfall geschützt werden müssen. Dafür dienen in erster Linie die Feuerwehren.

Allein die Flugplatzfeuerwehren auf 64 Luftwaffen-, Marineflieger- und Heeresflugplätzen sind mit Vorräten von jeweils zwischen 2 000 und 5 000 Kilogramm Halon 1211 - einer Gesamtmenge von über 200 Tonnen - ausgerüstet. Auf Flugplätzen ist die Gefahr von Treibstoffbränden sehr groß.

Eine weitere große Menge von Halon 1211 (etwa 145 Tonnen) steckt in Löschbehältern zwischen 6 und 50 Kilogramm bei Liegenschaften wie Flugzeughallen, Garagen, Kasernen, Werkstätten und sonstigen Gebäuden.

Zum Brandschutz der Elektronik von Gefechtsleitstellen, verbunkerten Aufklärungs- und Einsatzzentralen, Rechenzentren und von Fernmeldeanlagen werden rund 45 Tonnen Halon 1301 in stationären Flutungsanlagen bevorratet.

3.2. Special: Waffensysteme und Halon

Bei Waffensystemen entfällt der Hauptverbrauch auf die gepanzerten Kettenfahrzeuge. Die 15 000 gepanzerten Kettenfahrzeuge haben im Motorraum eine Feuerlöschanlage mit Halon 1211 der Firma DEUGRA.

Landfahrzeuge

Halon im LEOPARD

Eine Deugra-Feuerlöschanlage besteht beim Standard-Kampfpanzer der Bundeswehr, dem Leopard 1 und Leopard 2 (und seinen Varianten) - Stückzahl 6 060 - aus vier Behältern mit je 5,5 Kilogramm Halon 1211. Deren Düsen sind in den Triebwerksraum gerichtet. Die seit 1985 gebauten Varianten der Kampfpanzer (650 Stück) haben zusätzlich eine Brandunterdrückungsanlage im Mannschaftsraum mit 4 x 3,5 Kilogramm Halon 1301. So verfügt der gegenwärtig bei Krauss-Maffei in München und Krupp MaK in Kiel gebaute Kampfpanzer LEOPARD 2 über 4 x 5,5 Kilogramm Halon 1211 für den Motorraum und 4 x 3,5 Kilogramm Halon 1301 für den Mannschaftsraum. Pro Panzer sind das 36 Kilogramm Halon. Der Ozon-Zerstörungs-Wert dieser Ladung beträgt 186 Tonnen FCKW 11-Äquivalente.

Tabelle 20: Halonvorrat in Kampffahrzeugen der Bundeswehr 1991

6 060 schwere Leopard-Panzer

133,3 Tonnen Halon 1211 und 9,1 Tonnen Halon 1301.

8 500 sonstige Kettenpanzer (Marder, M 113)

93,5 Tonnen Halon 1211.

1 500 gepanzerte Radfahrzeuge (Luchs, Fuchs)

16,3 Tonnen Halon 1211

Ungepanzerte Radfahrzeuge

10 Tonnen Halon 1211.

Summe: 253 Tonnen Halon 1211, 9,1 Tonnen Halon 1301

Militärische Löschfahrzeuge

Ungepanzerte Radfahrzeuge mit Halon an Bord sind auch die 112 Löschfahrzeuge (vor allem auf Flugplätzen) DB UNIMOG, die außer mit 1 000 Liter Wasser mit 50 Kilogramm Löschpulver zum Schäumen und 50 Kilogramm Halon ausgestattet sind. Das Fahrzeug wird "Pilotenrettungsfahrzeug" genannt, da es auf Flughäfen und Außenlandeplätzen stationiert ist.

Militärisches Fluggerät

Gegenüber dem Landgerät haben Flugzeuge und Hubschrauber vergleichsweise geringe Halonmengen. Bei militärischen (und zivilen) Flugzeugen wird ausschließlich Halon als Löschmittel bevorratet. Die eine Form sind die Handlöschgeräte im Cockpit und in der

Kapitel IV – Das Löschmittel Halon: Was unten nützt, kann oben schaden

Kabine. Wichtiger sind die Halonanlagen, deren Strahl direkt auf das Triebwerk gerichtet ist. Der Strahl zielt nicht in die Brennkammer, sondern in den Zwischenraum zwischen Triebwerk und dessen Außenverkleidung. Dort sollen austretende Flammen mittels Sensoren entdeckt und durch Auslösen der Halonanlage sofort gelöscht werden. Die Halonkonzentration in der Umgebungsluft muß zwischen fünf und neun Prozent des Gasvolumens erreichen, um den Sauerstoff quasi "von der Flamme zu nehmen". Für Triebwerksanlagen wird ausschließlich Halon 1301 verwendet.

Tabelle 21: Halonvorrat in militärischem Fluggerät 1991

748 Kampfflugzeuge:	7 Tonnen Halon 1301
804 Hubschrauber:	1,6 Tonnen Halon 1301, 1 Tonne Halon 1211
158 Transportflugzeuge:	1 Tonne Halon 1301 und 1 Tonne Halon 1211.
Summe:	9,6 Tonnen Halon 1301, 2 Tonnen Halon 1211

Halon im TORNADO

Beim in der Bundeswehr mit 320 Stück meistverbreiteten Kampfflugzeug, dem TORNADO, sind für jedes der beiden Triebwerke zwei Kilogramm Halon eingesetzt. Die Löschkonzentration soll 9 Volumenprozent betragen. Im Bereich außerhalb der Triebwerke sind es weitere 2,7 Kilogramm. Dazu kommen noch 1 Kilogramm für die Hilfsgasturbine und 1 Kilogramm für das Cockpit. Pro TORNADO sind das 8,7 Kilogramm Halon 1301. Insgesamt führen alle 320 TORNADOS zusammen knapp 2,8 Tonnen Halon 1301 an Bord mit.

Sämtliche Feuerlöschanlagen in den Panzern der Bundeswehr und in den Kampfflugzeugen TORNADO und ALPHA JET stammen von der erwähnten Firma Deugra. Von dort kauft sie der Panzer- oder Fluggerätbauer zwecks Installation. Turnusmäßig - früher alle fünf, mittlerweile alle zehn Jahre - werden die Löschbehälter mit Halon ausgebaut und an die Firma Deugra zur Überprüfung, Reparatur und evtl. Neubefüllung geliefert. Bei knapp 15 000 Panzer-Löschanlagen hat Deugra jährlich mindestens 1 500 Anlagen des Bundeswehrheeres zu testen und ggf. aufzufüllen.

Die DEUGRA - Gesellschaft für Brandschutzsysteme mbH (Ratingen) beschäftigt etwa 70 Mitarbeiter bei einem Umsatz von ca. 30 Millionen Mark. Mit den Halonfeuerlöschanlagen von DEUGRA, die zur britischen Gravier-Gruppe gehört (DEUGRA = Deutsche Gravier), sind alle deutschen gepanzerten Fahrzeuge ausgestattet, ebenso Fahrzeuge anderer Nationen. Die LEOPARD 2 der Niederlande haben eine DEUGRA-Motorraum-Feuerlöschanlage, außerdem werden die LEOPARD 2 der Bundeswehr seit 1985 zusätzlich zur Feuerlöschanlage mit einer Brandunterdrückungsanlage für den Kampfraum ausgestattet. Auch die Schweizer LEOPARD 2 haben diese Schutzmaßnahmen.

Marineschiffe

Bei Schiffen richtet sich die bevorratete Halon-Menge nach der Größe des zu beflutenden Maschinenraums. (Brände an Deck werden mit Schaum und Pulver gelöscht.) Eine Löschwirkung tritt im Brandfall ein, wenn in der Luft des Maschinenraums mindestens eine Halonkonzentration von 5 Prozent erreicht ist. Verwendet wird ausschließlich Halon 1301 - wegen der geringeren Humantoxizität gegenüber 1211. Vorteil: Während des Löschvorgangs kann weitergearbeitet werden.

Halon-Übungen

Die Bundeswehr führt, wie oben angemerkt, keine Feuerlöschübungen mit Halon mehr durch - mit einer Ausnahme: Immer noch werden jährlich 490 Kilogramm im Rahmen der Schiffssicherungsausbildung an der Technischen Marineschule in Neustadt/Holstein verspritzt. Auf Flugplätzen der US-Luftwaffe in der Bundesrepublik finden allerdings noch immer größere Feuerlöschübungen mit Halon statt.

Je nach Schiffsgröße unterscheiden sich die Volumina der Maschinenräume und folglich die Halonmengen an Bord.

Tabelle 22: Halonvorrat (1301) in Marineschiffen 1991

14 Zerstörer und Fregatten:	2,4 Tonnen
125 Mittlere Kampfschiffe und U-Boote:	9,0 Tonnen
100 Sonstige Marineschiffe:	5,0 Tonnen
Summe	16,4 Tonnen

Der Hauptlieferant von Halon-Feuerlöschanlagen für Schiffe ist die Firma Noske-Kaeser GmbH in Hamburg. Dieses Unternehmen mit rund 570 Beschäftigten, dessen Geschäftsschwerpunkt Kälte- und Klimaanlageanlagen für Marineschiffe sind, ist auch der deutsche Spezialist für Feuerschutz auf Schiffen. Noske-Kaeser ist ein 100-prozentiges Tochterunternehmen der Blohm + Voss AG, die ihrerseits zum Thyssen-Konzern gehört.

4. Halon in Auto-Feuerlöschgeräten

Bis Mitte 1990 wurden jährlich etwa 250 Tonnen Halon 1211 für die Produktion von neuen Auto-Feuerlöschern verbraucht. Über 600 000 Löschgeräte à 2 Kilogramm bzw. 1 200 Tonnen Halon werden gegenwärtig in den Automobilen auf deutschen Straßen mitgeführt.

4.1. Der Auto-Feuerlöscher-Markt

Handfeuerlöscher fürs Automobil werden in der Bundesrepublik Deutschland im Wesentlichen von drei bereits erwähnten Unternehmen hergestellt:

Gloria-Werke, Wadersloh.

Total Walther Feuerschutz GmbH, Ladenburg.

Minimax GmbH, Bad Urach.

Autofeuerlöscher sind Handlöschgeräte mit 1 oder 2 Kilogramm Füllgewicht. 485 000 Stück dieser Gewichtsklassen wurden 1989 im Inland produziert, davon 363 000 Pulverlöscher. 122 000, d.h. ein Viertel, waren Halonlöscher mit 2 Kilogramm Inhalt (Halonlöscher gibt es nicht mit 1 Kilogramm).

Tabelle 23: Auto-Feuerlöscher (Inlandsproduktion 1989 in Stück)

Pulverlöscher 1 Kilogramm:	146 478
Pulverlöscher 2 Kilogramm:	216 617
Halonlöscher 2 Kilogramm:	121 840

Summe:	484 935
--------	---------

Die Marktaufteilung sah bei Halonlöschern 1989 etwa so aus:

Gloria: 60 Prozent

Minimax: 35 Prozent

Total: 5 Prozent

Diese drei Firmen haben 1989 ca. 244 Tonnen Halon in neue Autolöscher gefüllt. Der Abnehmermarkt war ebenfalls überschaubar. Es gab bis Mitte 1990 nämlich einen Automobilhersteller, der stets zwei Drittel der gesamten Jahresproduktion kaufte: Dieser Großabnehmer von 80 000 Gloria- und Minimax-Geräten (Total entfiel hier als Lieferant) war Mercedes-Benz.

Als einziger deutscher Hersteller bot Mercedes bis vor kurzem als Sonderausstattung ab Werk einen "Feuerlöscher montiert 2 kg Halon" für alle seine Pkw-Modelle an. Und serienmäßig rüstete er ab Werk alle 560er-Modelle (SE, SEL und SEC) damit aus, von denen 1989 über 24 000 Exemplare (1990: knapp 20 000) gebaut wurden. Als Sonderausstattung auf Kundenwunsch waren es etwa 55 000 Stück - zum Aufpreis von 188,10 Mark (incl. USt.). Das heißt: Ungefähr jeder zehnte Mercedes-Käufer bestellte freiwillig einen Halonlöscher (von Gloria oder von Minimax) mit dem Auto mit. (24 000 weitere Käufer hatten ihn in ihrem 560er ohnehin drin.)

Außer den 80 000, die jährlich unter den Fahrersitz eines Mercedes montiert wurden, gingen weitere 40 000 Halonlöscher über den Auto-Zubehörhandel an beliebige Kunden. Beim nachträglichen Kauf sind die Geräte etwas teurer: So kostete das Modell von Gloria mit dem verheißungsvollen Namen "Nürburg" Mitte 1990 rund 192 Mark - ohne Einbau. Es lag hauptsächlich an Mercedes, daß Halonlöscher auf einen so großen Marktanteil (zwischen 20 und 25 Prozent) bei Autolöschern kamen. Jährlich - zuletzt 1989 - wurden 244 Tonnen Halon für die Befüllung neuer Auto-Feuerlöscher verbraucht.

4.2. 600 000 Ozon-Killer "an Bord"

Wenn man von einer Ausrüstungsrate von 8 Prozent ausgeht, befinden sich in den über 32 Millionen bundesdeutschen Kraftfahrzeugen etwa 2,5 Millionen Handfeuerlöscher (Pulver und Halon), davon über 600 000 Stück (gleich 25 Prozent) mit je zwei Kilogramm Halon 1211. Zwei Drittel davon sind in Mercedes-Modellen einmontiert. Folglich werden gegenwärtig über 1 200 Tonnen Halon 1211 in den Automobilen auf deutschen Straßen mitgeführt.

Über den Jahresverbrauch von Halon für das Nachfüllen von Autolöschern liegen keine Angaben vor. Ebenso wenig ist die Emissionsmenge bekannt, die beim Löschen von Bränden bzw. beim Neubefüllen der Geräte - z.B. in den Service-Stationen von Gloria oder Minimax - entsteht. Diese Menge ist in den 244 Tonnen Jahresverbrauch nicht enthalten.

4.3. Zum Halon-Ersatz bei Autolöschern

Seit der Debatte um die "FCKW-Halon-Verbots-Verordnung" vom Mai 1990, die die Produktionseinstellung von Halon 1211 für den 1.1.92 festlegte, wurde sowohl von den Herstellern Gloria und Minimax als auch seitens Mercedes-Benz über Halon-Ersatz sowie über seine Rückholung nachgedacht. (Der Eindruck drängt sich in der Tat auf, daß es vor dem Mai 1990 keine Überlegungen in dieser Richtung gab.)

In der Materialprüfung bei Mercedes liefen Tests mit Pulverlöschern von Gloria und Minimax, die nur 1,4 Kilogramm Löschmaterial enthalten, aber bei gleicher Abmessung wie die 2-Kilogramm-Halonlöscher in die üblichen Montagevorrichtungen unter den Fahrersitz passen. Seit Spätsommer 1990 werden ausschließlich die neuen 1,4-Kilogramm-Pulverlöscher werkseitig in Neuwagen eingebaut. Seitdem spielen Halon-Autolöscher keine nennenswerte Rolle im Neugeschäft mehr.

5. Die leidige Halon-Entsorgung

Was aber geschieht mit den Halonlöschern, die sich zur Zeit in den Automobilen befinden? Angesichts der mindestens 600 000 Geräte, die - übrigens nicht nur im Mercedes - herumgefahren werden, ist es nicht damit getan, daß das Stuttgarter Unternehmen seit kurzem seine Neuwagen mit Pulverlöschern ausrüstet.

Bekanntlich gestattet die Verbots-Verordnung die Verwendung, wenn auch nicht das Nachfüllen, von Halonlöschern auch nach ihrem Produktionsverbot noch bis zum 1.1.1994. Ab 1992 gibt es auch eine Rücknahmepflicht. Streitpunkt ist allerdings immer noch: Wer steht in der Rücknahmepflicht: die Kali-Chemie als Hersteller des Stoffs, Gloria und Minimax als Vertreiber des Stoffs oder Mercedes-Benz als größter Anwender?

"Großbevorrater" Mercedes-Benz wird jedenfalls, anders als beim Klimaanlage-Kältemittel, keine eigenen Entsorgungseinrichtungen aufbauen, sondern bestenfalls die Halonlöcher entgegennehmen und weiterleiten. Aber an wen?

Gloria und Minimax können mit den zurückgenommenen Halonen ebensowenig etwas anfangen, da sie sie nicht mehr im Inland verkaufen dürfen. Bleibt der Verkauf ins Ausland, zu Deutsch: "Mülltourismus", oder die Rückgabe an die Kali-Chemie.

Auch die Kali-Chemie hat kein Interesse am Altstoff. Das Produktionsverbot ab 1992 schließt ein Recycling-Verbot ein. Auch Wiederaufbereitung wäre Produktion. Es bleibt nur die Entsorgung durch Vernichtung. Eine geeignete Vernichtungsanlage, etwa durch Hochtemperatur-Verbrennung, gibt es aber nirgendwo. Zwischenlagern? Auch das geht - strenggenommen - nicht. Gemäß der Abfallgesetzgebung wird ein Zwischenlager nur genehmigt, wenn es ein Entsorgungskonzept gibt. Gerade das aber fehlt.

Was hier auf den ersten Blick als bürokratisches Durcheinander des Gesetzgebers erscheint, ist in Wirklichkeit etwas anderes. Es ist die Rache dafür, daß die "Halon-Industrie" jahrzehntelang ausschließlich an Produktion und Verkauf ihres Löschmittels gedacht hat, aber zwanzig Jahre lang keinen Gedanken daran verschwendet hat, was aus dem ständig wachsenden Halonberg einmal werden soll.

Grundsätzlich mußte damit gerechnet werden, daß einmal produzierte Halone irgendwann einmal frei werden und in die Atmosphäre gelangen - wenn nicht beim bestimmungsgemäßen Einsatz zum Brandlöschern oder durch Verluste bei der Handhabung, dann spätestens bei Außerdienststellung der betreffenden Anlage.

Die Gefahr ist groß, daß die 11 000 Tonnen Halon 1211 und 1301 in den Löschanlagen und -geräten der Bundesrepublik (dazu kommen noch die bedeutenden Mengen Halon 2402 aus der ehemaligen DDR) von deren Besitzern "schwarz" entsorgt werden.

Irreführend sind in diesem Zusammenhang die Anzeigen und Broschüren der Total Walther Feuerschutz GmbH mit dem Titel "TOTAL für den Umweltschutz". Darin fordert das Unternehmen seine Kunden aus dem mittelständischen Gewerbe auf, bis 30.6.91 ihre Halon-Löschgeräte (es geht hier nicht um Autolöcher) zur "Entsorgung" zu den Service-Stationen zu bringen. Dort haben die Kunden eine Entsorgungsgebühr zu zahlen und können gleichzeitig einen neuen Pulver- oder Schaumlöcher kaufen. Gratis gibt es nichts, und angeblich eilt es sogar, weil die Entsorgungspreise nach dem 30.6.91 von der Kali-Chemie erhöht würden. Die Sache ist deshalb unseriös, weil hier suggeriert wird, daß es bereits so etwas wie eine effektive Halon-Entsorgung gibt. Dies ist aber aufgrund der jahrzehntelangen Kurzsichtigkeit der Industrie - auch der Total Walther Feuerschutz GmbH - nicht der Fall.

6. Ersatzstoffe für Halon-Löschmittel

Brandschutzexperten sind der Auffassung, daß eine Kombination baulicher, technischer und organisatorischer Maßnahmen (integraler Brandschutz) sowie die Verwendung moderner Löschmethoden (CO₂-Anlagen, Wasser mit hohem Druck) wesentlich höhere Sicherheit gegen Brandrisiken bietet als die derzeit verwendeten Halonlöschanlagen. Bis auf wenige Ausnahmen sind Halonanlagen ersetzbar.

Die Ausnahme ergibt sich, wenn eine schnelle Löschwirkung bei Aufrechterhaltung der vollen Einsatzkraft des Personals gefordert ist. Diese Forderung bleibt jedoch weitgehend auf die Luftfahrt beschränkt, und - worauf schon aus anderen guten Gründen verzichtet werden kann - auf den militärischen Bereich: In Panzern, Kampfflugzeugen und Bunkern sollen die Soldaten nach dem Willen der Militärs kampffähig bleiben, selbst wenn es ringsum brennt.

Auf eine derartige Ausnahmeregelung für militärische Zwecke hoffen einige Hersteller von Halon-Feuerlöschanlagen. Die Begründung lautet: Nur Halon gewährleiste optimalen Personenschutz bei Feuer.

Soweit es die Anforderungen im Bereich der zivilen Luftfahrt betrifft, sind neue Brandschutzingenieure gefordert, nicht alte Halon-Verkäufer.

Zusammenfassung: 40 000 Tonnen zuviel: Der FCKW-Verbrauch der bundesdeutschen Industrie 1990/91 in der Übersicht

In den vorhergehenden Abschnitten wurden die wichtigsten Bereiche vorgestellt, in denen FCKW in der Industrie der Bundesrepublik heute zur Anwendung kommen.

Zum Abschluß werden diese Angaben in einer Gesamtübersicht für 1990/91 zusammengefaßt. Ihr können entnommen werden:

- die Hauptanwendungsbereiche und der jeweilige Jahresverbrauch mit Untergliederung nach wichtigen Produkten. Etwa 4 440 Tonnen FCKW - also mehr als 11 Prozent der Gesamtsumme - entfallen z.B. auf das Auto, über 5 000 Tonnen auf Kühlmöbel, usw.;
- die in den einzelnen Bereichen eingesetzten FCKW-Typen;
- deren technische Hauptverwendung in den jeweiligen Anwendungsbereichen (Trennen, Schäumen, Kühlen, Reinigen, Wärmedämmen, Löschen);
- die von der Industrie gegenwärtig favorisierten Alternativen.

Der inländische Gesamtverbrauch lag 1990/91 bei mindestens 40 000 Tonnen FCKW. Diese Gesamtschätzung beruht, darauf soll noch einmal verwiesen werden, in hohem Maße auf Eigenangaben der Industrieunternehmen. Sie gilt auch nur für die hier erfaßten und ausgewiesenen Anwendungsbereiche. Schon aus diesen beiden Gründen ist davon auszugehen, daß es sich hier um eine durchaus unvollständige Erfassung und um eine maßvolle Schätzung handelt. Der reale Verbrauch an FCKW in der Industrie der Bundesrepublik lag mit Sicherheit noch höher - und damit auch das Maß an von ihr allein zu verantwortender Umweltzerstörung, für die es keinerlei Rechtfertigung geben kann.

Jährlicher FCKW-Verbrauch der deutschen Industrie 1990/91

	Jahresverbrauch 1990/91 in Tonnen
Schaumstoff (FCKW als Treibgas und Trennmittel)	22 000
- Weichschaum	2 500
<i>davon fürs Auto (Sitze, Kopfstützen usw.)</i>	<i>1 000</i>
- Integralschaum - weich	2 250
<i>davon fürs Auto (Lenkrad, Schaltknöpfe usw.)</i>	<i>1 000</i>
- Integralschaum - halbhart für Schuhsohlen	750
- Hartschaum	16 500
<i>davon PU-Bau-Dämmplatten u. Rohrisolierung</i>	<i>6 600</i>
<i>davon PU-Dachspritzschaum</i>	<i>500</i>
<i>davon PU-Ortschaum/Gießschaum</i>	<i>450</i>
<i>davon PU-Montageschaum</i>	<i>1 500</i>
<i>davon PU-Dämmung Haushaltskühlmöbel</i>	<i>1 180</i>
<i>davon PU-Dämmung gewerbliche Kühlmöbel</i>	<i>770</i>
<i>davon Dämmstoffe aus extrudiertem Polystyrol</i>	<i>3 900</i>
<i>davon sonstige Schäume (Polyethylen)</i>	<i>500</i>
Kälte- und Klimatechnik (FCKW als Kältemittel)	8 500
- Stationäre Anlagen (Raumklima, Industriekälte usw.)	3 750
<i>davon Haushaltskühlmöbel</i>	<i>650</i>
<i>davon Gewerbliche Kühlmöbel</i>	<i>2 600</i>
- Mobile Kälteanlagen	750
- PKW-Klimaanlagen	1 500
Lösemittel (Textil- und Oberflächenbehandlung)	7 500
- Chemisch-Reinigung	2 500
- Oberflächenreinigung	5 000
darunter Elektronik:	2 400
<i>davon Unterhaltungselektronik</i>	<i>17</i>
<i>davon Telekommunikation</i>	<i>100</i>
<i>davon EDV - Computerindustrie</i>	<i>164</i>
<i>davon Meß- und Regelelektronik</i>	<i>393</i>
<i>davon Autoelektronik</i>	<i>700</i>
<i>davon Militär u. Luftfahrt</i>	<i>684</i>
<i>davon Bauelemente u. Hybride</i>	<i>270</i>
Brandschutz (FCKW als Feuerlöschmittel)	1 000
- Auto-Feuerlöschgeräte (bis Mitte 1990)	240
- Militär (Waffen und Liegenschaften) und Luftfahrt	120
- Sonstiges (EDV-Raumschutz usw.)	660
Sonstige Anwendungen (Aerosole usw.)	1 000
Inländischer Gesamtverbrauch	40 000

Jahresverbrauch nach Haupt-Produktgruppen bzw. Branchen

FCKW-Typ	Hauptverwendung	Haupt-Alternativen seitens der Industrie
Schaumstoff (FCKW als Treibgas und Trennmittel)		
FCKW 11	Form-Trennmittel	wäßrig, High Solids
FCKW 11/ 22	Treibgas	FCKW 22
FCKW 11	Zellgas	Kohlendioxid, FCKW 123
FCKW 22	Treibgas/Aerosol	FCKW-freie Treibgase
FCKW 11	Zellgas	FCKW 123, FCKW 142 b
FCKW 12/22	Zellgas	Stickstoff, Butan u.a.
Kälte- und Klimatechnik (FCKW als Kältemittel)		
FCKW 11/12/22	Kältemittel	Ammoniak, FCKW 22/123
FCKW 22/12	Kältemittel	FCKW 22, Ammoniak
FCKW 12	Kältemittel	FKW 134 a
Lösemittel (Textil- und Oberflächenbehandlung)		
FCKW 113	Lösemittel	Kohlenwasserstoffe
FCKW 113	Entfernung von Flußmittelresten auf bestückten Leiterplatten nach dem Löten	Verfahren ohne Reinigung (Schutzgas) Waschen mit halogenfreien organischen Lösemitteln - z.T. mit Wasser.
FCKW 113	Oberflächenreinigung	wäßrig, organisch
Brandschutz (FCKW als Feuerlöschmittel)		
Halon 1211	Löschmittel	Kohlendioxid
Halon 1211, 1301	Löschmittel	Kohlendioxid, Ausnahmen
Halon 1301	Löschmittel	Kohlendioxid

Glossar

(Fachausdrücke, die im Text ausführlich erläutert werden, bleiben unberücksichtigt)

Abfüller	Unternehmen, die aus Ausgangsstoffen reaktionsfertige Ortsschäume herstellen, auch im Auftrag anderer Anbieter.
Aktivator	Sh. Kasten Lösemittel-3.
Blockschaum	Weichschaum, der zur Verarbeitung zugeschnitten werden muß.
Citrusterpene	Sh. Kasten Lösemittel-17.
Dämmwert	Maß für Wärmedämmvermögen von Hartschäumen (sh. Lambda-Wert).
Extruderschaum	Sh. XPS-Schaum.
FCKW	Fluorchlorkohlenwasserstoffe sind Kohlenstoffverbindungen, die meist vollständig durch Chlor und/oder Fluor substituiert sind, manchmal auch Wasserstoff und/oder Brom enthalten. Terminologie nach DIN 8962. Anwendung als Treibmittel, Kältemittel, Zellgas für Wärmedämmung, als Feuerlöschmittel u.a. Unbrennbare, chemisch beständige und mehrheitlich wenig toxische Gase. Seit Anfang der siebziger Jahre wird ihr inzwischen nachgewiesenes ozonschichtschädigendes Potential in der Stratosphäre beschrieben, das zur Zerstörung des Ozon-Mantels ("Ozon-Loch") und damit des lebenswichtigen UV-Strahlenschutzschirms führt.
FCKW-Halon-Verbotsverordnung	Verordnung zum Verbot von bestimmten die Ozonschicht abbauenden Halogenkohlenwasserstoffen (FCKW-Halon-Verbots-Verordnung),

feststoffarm, -reich Flußmittel, Fluxmittel Formschaum	Beschluß der Bundesregierung vom 30.5.1990, sh. BT-Drs.11/8166 vom 22.10.1990, Anlage 2. Sh. Kasten Lösemittel-3. Sh. Kasten Lösemittel-3. In einer Form aufgeschäumter Weichschaum.
Gießschaum	Ortschaum für industrielle Anlagendämmung.
Halon(e)	Halogenkohlen(wasser)stoffe, die als Feuerlöschmittel Verwendung finden; ihr ODP-Wert beträgt das drei bis Zehnfache von FCKW 11.
Hartschaum	In der Regel FCKW-getriebener, geschlossenzelliger ("harter") Schaumstoff für Dämmzwecke aus Polyurethan.
High Solids	Sh. Kasten Schaum-6.
Integralschaum Isocyanate	Sh. Kasten Schaum-23. Ausgangsstoff für Schaumstoffbildung.
Lambda-Wert	Wärmedurchgangswert als Maß des Dämmvermögens eines Stoffes. Der Lambda-Wert von normalem Baustein beträgt 1.
MIL-Standard Montageschaum	Sh. Kasten Lösemittel-14. Ortschaum in Spritzdosen für Hohlraumverfüllung.
Ortschaum	"Vor Ort" aufgeschäumter Hartschaum.
Ozonzerstörendes Potential	Maß für die relative Ozonwirksamkeit chlor- und bromhaltiger Verbindungen. FCKW 11 als Bezugsgröße hat den Wert 1. Sh. auch ODP.
Polyole	Sehr reaktionsfähiger Ausgangsstoff für Schaumbildung.
Polystyrol	Massen-Kunststoff, der auch gut im Spritzguß durch Extrudieren verarbeitet werden kann.
Polyurethan	Meistverbreiteter Kunststoff für Schaumstoffe. PU-Schäume bilden sich aus Polyolen und

	Isocyanaten.
Reflowlöt Reservoir	Sh. Kasten Lösemittel-4. Kumulierte, nicht freigesetzte FCKW-Menge im Dämm- und Konstruktionsschaum.
Rohdichte	Schaumdichte, gemessen in Gewichtseinheiten pro Volumen.
Schutzgaslöt Spritzschaum	Sh. Kasten Lösemittel-12. Ortschaum zur Dämmung und Abdichtung von Flachdächern im Hochbau.
Systemformulierer	Unternehmen, die aus Ausgangsstoffen und Zusätzen (z.B. FCKW) anwendungsreife Produkte zusammenstellen.
Treibmittel	Dient dem Aufschäumen von Schaumstoffen.
Trennmittel	Dient zur Erleichterung der Abtrennung des Schaumstoffs aus der Schaumform.
Weichschaum	Leichter, offenzelliger Schaumstoff aus Polyurethan.
Wellenlöt	Sh. Kasten Lösemittel-3.
XPS-Schaum	FCKW-haltiger Hartschaum aus extrudiertem Polystyrol für außenliegende Wärmedämmung.
Zeolith	Silicatminerale mit Hohlräumen in der Kristallstruktur, die Wasser aufnehmen und abgeben können.