

FCKW



16-mm-Film: 12 min, Farbe

FCKW

Chemie · Organische Chemie · Kohlenwasserstoffe

Angewandte Chemie · Chemie in Alltag und Umwelt

Sekundarbereich I · Hauptschule, Realschule, Gymnasium, Integrierte

Gesamtschule (ab Schuljahr 8). Sekundarbereich II.

Lernziele:

FCKW als Derivate der Kohlenwasserstoffe kennenlernen; Bau und Eigenschaften der FCKW kennen; die Auswirkungen dieser Stoffe auf die Atmosphäre verstehen; die Notwendigkeit des Ausweichens auf umweltverträgliche Ersatzstoffe einsehen; Bereitschaft zu kritischer Sicht eigener Konsumgewohnheiten und Verhaltensweisen fördern

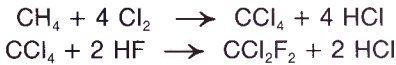
Kurzbeschreibung:

Bei den FCKW handelt es sich um Abkömmlinge der Kohlenwasserstoffe. Sie sind leicht flüchtige Stoffe, die wegen ihrer Reaktionsträgheit und Ungiftigkeit lange Zeit als „Idealstoffe“ in verschiedenen Anwendungsbereichen galten. Wegen der Treibhauswirksamkeit und des Abbaus der Ozonschicht wird ihre Verwendung zunehmend eingeschränkt. Trotzdem werden sie noch Jahrzehnte lang aus Abfällen freigesetzt und in der Umwelt Bestand haben. Experimente belegen die Eigenschaften der FCKW und Tricksequenzen verdeutlichen die chemischen Zusammenhänge.

Zum Inhalt

Ihren kometenhaften Aufstieg verdanken die FCKW (richtiger Name eigentlich Chlorfluorkohlenwasserstoffe) einem relativ einfachen Produktionsverfahren, besonders aber ihren chemischen und physikalischen Eigenschaften: FCKW eignen sich als Kühlmittel, als Treibgase und Lösemittel, und sie sind unbrennbar.

Synthese von R12:



Häufig verwendete FCKW:

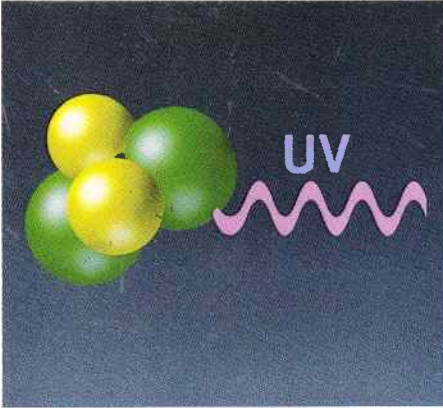
Bezeichnung	Chemische Formel	Lebensdauer in der Atmosphäre (in Jahren)	Hauptsächliche Anwendungsgebiete
R 11	C Cl ₃ F	ca. 75	Weichschäume, Polyurethan-Hartschäume, Kühlschränke, Klimaanlage
R 12	C Cl ₂ F ₂	ca. 110	Hartschäume, Kühlschränke, Klimaanlage, Aerosole, Sterilisierung
R 113	C ₂ Cl ₃ F ₃	ca. 90	Lösungsmittel
R 114	C ₂ Cl ₂ F ₄	ca. 185	Hartschäume, Kühlschränke, Klimaanlage
R 115	C ₂ Cl F ₅	ca. 380	Kühlschränke, Klimaanlage

Im Unterschied zu den Kohlenwasserstoffen Methan und Ethan, von denen sich die wichtigsten FCKW R 12 (Dichlor-di-fluor-methan) und R 114 (Dichlor-tetra-fluor-ethan) ableiten, lassen sich die meisten FCKW bei Zimmertemperatur leicht unter Druck ver-



Studioaufbau des Versuchs, mit dem die unterschiedliche Aufnahme von Wärmestrahlung von Luft und FCKW demonstriert wird.

flüssigen. Umgekehrt verdampfen sie wieder, wenn der Druck weggenommen wird. Beim Verdampfen wird der Umgebung Wärme entzogen: Es tritt ein Abkühlungseffekt auf. Diesen Effekt macht sich die Kühltechnik zunutze, indem innerhalb eines Kühlschranks ein flüssiges Kühlmittel „entspannt“ wird, verdampft und dabei den Innenraum abkühlt. Im geschlossenen Rohrleitungssystem nach außen geleitet, wird das Gas wieder komprimiert, gibt auf geeignete Weise Wärme ab (an der Rückseite des Kühlschranks) und beginnt als Flüssigkeit den Umlauf aufs Neue. Das früher eingesetzte und heute wieder für Großkühlanlagen als Alternative diskutierte Ammoniakgas mit ganz ähnlichen physikalischen Eigenschaften wurde von den FCKW-Kühlmitteln insbesondere wegen deren Ungiftigkeit verdrängt. Inzwischen werden auch für den Haushaltsbereich Kühlgeräte angeboten, die völlig ohne FCKW auskommen. Verwendet wird



Energierreiche UV-Strahlung in den oberen Luftschichten der Erde bewirkt den Zerfall der FCKW-Moleküle. Die frei werdenden Chloratome bedingen den Ozonabbau in der Stratosphäre.

hier ein Gemisch aus Butan (C_4H_{10}) und Propan (C_3H_8).

Dieser Kühleffekt läßt sich mit einfachen Mitteln vorführen: Aus einer auf dem Kopf stehenden Nachfüllampulle mit Feuerzeuggas sprüht man gegen ein Thermometer; die Temperatur sinkt.

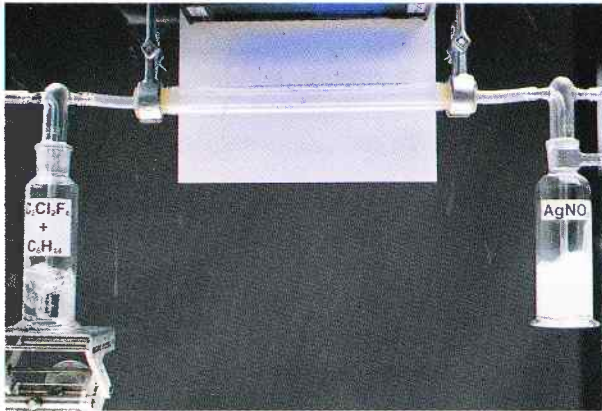
Im Unterschied zu einem FCKW ist dieses Gemisch von Kohlenwasserstoffen brennbar; die geringen Mengen für einen einzelnen Kühlschrank lassen die dadurch sich ergebenden Gefahren jedoch als vertretbar erscheinen. Kohlenwasserstoffe tragen zwar auch zur Verstärkung des Treibhauseffektes bei, werden aber, wenn sie einmal in die Atmosphäre gelangt sind, relativ schnell abgebaut.

Der Kühlschrank zeigt noch einen weiteren Verwendungsaspekt von FCKW auf: In seiner Verkleidung sind als Wärmedämmung größere Mengen Kunst-

stoffschäume enthalten, zu deren Herstellung ebenfalls FCKW eingesetzt wurden. Damit stellen die heute im Gebrauch befindlichen Kühlgerätegengenerationen – aber auch Polstermöbel mit ihren Schäumen, Schuhsohlen aus Polyurethanschaum u.v.a.m. – eine Art Zwischenlager für große Mengen FCKW dar, die unweigerlich in die Atmosphäre gelangen, wenn sie nicht fachgerecht entsorgt werden. Als Alternativen bieten sich je nach Verwendungszweck verschiedene andere Gase an. Bei bestimmten Kunststoffen gelingt es, die Reaktion so zu führen, daß z.B. Kohlenstoffdioxid dabei entsteht, was ebenfalls zu einem Bläh-effekt führt.

Für den Verpackungsbereich gibt es Versuche, die häufig benutzten Kunststoffschäume durch Popcorn zu ersetzen. Popcorn ist hauptsächlich aus Stärke aufgebaut, die sich beim Erhitzen durch das Verdampfen des eingeschlossenen Zellwassers explosionsartig aufbläht. Der guten Umweltverträglichkeit steht jedoch eine hohe Feuchtigkeitsempfindlichkeit gegenüber.

Der Film zeigt, daß FCKW hervorragende Lösemiteileigenschaften besitzen, insbesondere für solche Substanzen, die sich nicht in Wasser lösen. Wie Teer, Fette und andere Kohlenwasserstoffabkömmlinge sind FCKW wenig polar und vermögen fetten Schmutz leicht abzulösen und wegzuspülen. Deshalb werden FCKW bei der Reinigung z.B. von Textilien eingesetzt, aber auch zur Entfettung von Platinen und anderen Werkstücken. Je nach Mate-



Aus der Lösung in der Waschflasche wird beim Durchleiten von Stickstoff FCKW mitgerissen. Durch die Bestrahlung mit hartem UV-Licht spaltet sich ein Chloratom ab, das zur Trübung der Silbernitratlösung führt.

rial kommen inzwischen sehr verschiedene Ersatzstoffe zum Einsatz, im einfachsten Fall Seifenlösungen.

Die Kombination von guten Lösemittel-eigenschaften und leichter Verdampfbarkeit hat die FCKW in den letzten Jahrzehnten zum bevorzugten Treibgas für Sprays werden lassen. Inzwischen sind FCKW-Spraydosen nicht mehr am Markt. Als Alternativen stehen wiederum Kohlenwasserstoffe wie Butan und Propan zur Verfügung; versprüht man damit wäßrige Lösungen, so gibt es auch keine zusätzliche Gefahr durch mögliche Entzündung.

Auch mit Kohlenstoffdioxid oder Druckluft als Ersatztreibmitteln wird experimentiert; für den privaten Gebrauch haben sich in kürzester Zeit aber bereits Pumpsprayverpackungen durchgesetzt, ähnlich den früheren Parfumerzerstäubern. Zum Vorteil, daß hier überhaupt kein zusätzlicher Stoff als Treibgas eingesetzt werden muß, kommt in vielen Fällen die Nachfüllbarkeit hinzu.

Die Nichtbrennbarkeit von FCKW hat auch zur Verwendung als Feuerlöschmittel geführt. FCKW dient hier als nicht brennbares, die Flamme erstickendes Treibgas wie auch unmittelbar als Löschmittel. In vielen Fällen kann Kohlenstoffdioxid als Ersatzstoff eintreten; es fördert ebenfalls die Verbrennung nicht und ist im Vergleich mit Luft schwer genug, um diese zu unterschichten.

Im Versuch kann eine Kerze, die in einem Becherglas brennt, durch „Eingießen“ von CO_2 gelöscht werden.

Inerte Gase (wie z.B. FCKW) werden in der Atmosphäre nicht rasch abgebaut; deshalb gelangen sie schließlich in die Stratosphäre, die bis in rund 50 Kilometer Höhe reicht. Dort sind die Moleküle der intensiven Ultraviolettstrahlung ausgesetzt, die in tieferen Lagen durch das Ozon absorbiert wird. Diese Strahlung vermag ansonsten stabile Moleküle wie die FCKW in reaktionsfreudige Komponenten zu zerlegen, zum Beispiel einzelne Chloratome

abzuspalten. Aus Laboruntersuchungen war bekannt, daß diese Ozon rasch zerstören. Selbst wenn die FCKW-Emission sofort aufhörte, würde der Zerstörungsprozeß wahrscheinlich bis weit in das nächste Jahrhundert weitergehen, da diese Chemikalien jahrzehntelang in der Atmosphäre bleiben:

Die zwei am meisten verwendeten Sorten, R 11 (CFCl_3) und R 12 (CF_2Cl_2), überdauern ungefähr 75 beziehungsweise 100 Jahre.

Die Stabilität und chemische Nicht-Reaktivität waren es gerade, die FCKW so begehrt werden ließen. Der Erfinder der FCKW, Midget, stellte diese Vorzüge seines neuen Gases 1930 der Öffentlichkeit damit vor, daß er es tief einatmete und eine Kerze ausblies. Die chemische Bindung des Chlors (und erst recht des Fluors) an das zentrale Kohlenstoffteilchen ist so fest, daß die in Bodennähe vorkommenden Energien nicht zu einer Spaltung (und zu einem Abbau) ausreichen: Die Temperaturen sind zu niedrig und die Strahlung zu energiearm. In großer Höhe aber, wo die Einstrahlung von der Sonne noch nicht durch die Ozonschicht gefiltert worden ist, ist ausreichend Energie vorhanden, um das FCKW in ein Chlorteilchen (genauer: ein Chlorryadikal) und ein Restteilchen zu spalten.

Diese notwendige Mindestenergie kann man sich mit zwei Magneten verdeutlichen, die man zuvor hat miteinander „reagieren“ lassen; erst wenn mit einer bestimmten Kraft auf beiden Seiten gezogen wird, lösen sich die Magnete wieder voneinander.

Das so gebildete Chlorryadikal reagiert nacheinander mit Ozon- und Sauerstoffteilchen, derart, daß als Ergebnis dieses Prozesses Ozon abgebaut wird. Weil das Chlorryadikal aus diesem Kreisprozeß immer wieder unverändert hervorgeht (mithin als Katalysator des Ozonabbaus wirkt), kann ein einzelnes Chlorteilchen diese Reaktion 10 - bis 100.000 mal durchlaufen und dabei eine ebensogroße Anzahl Ozonmoleküle zerstören. Die während der Diskussion um Produktionseinschränkungen von FCKW Anfang der 90er Jahre als Ersatzstoffe vorgeschlagenen FKW (Fluorkohlenwasserstoffe) und CKW (Chlorkohlenwasserstoffe) stellen keine endgültige Lösung des Problems dar; entweder wirken sie ebenfalls, wenn auch in geringerem Umfang, ozonzerstörend, oder sie tragen erheblich zur Verstärkung des Treibhauseffektes bei. *Vermeiden, recyceln, ersetzen* heißt auch hier die Maxime für den Umgang mit Stoffen, die erst vom Menschen produziert und in großen Mengen freigesetzt worden sind.

Zur Verwendung

Wichtig für die Bearbeitung dieser Thematik erscheint es, die Adressaten nicht mit Ohnmachtsgefühlen allein zu lassen, sondern auf praktische Handlungsmöglichkeiten hinzuweisen, im individuellen Bereich wie auch in der Sphäre der politischen Verantwortung und Mitwirkung.

Es empfiehlt sich daher eine Konkretisierung, die sich auf die Erfahrungen in

der Lebens- und Umwelt der Lernenden bezieht, mit Gegenständen wie Spraydosen und Kühlschränken, einer kritischen Sichtung eigener Verhaltensweisen und Konsumgewohnheiten wie auch der Wahrnehmung von Veränderungen in der (umwelt-) politischen Diskussion.

Da trotz der inzwischen eingeleiteten Produktionseinschränkung die Wirkungen der FCKW noch über Jahrzehnte hinaus anhalten werden, ist eine Auseinandersetzung damit unerlässlich, in der Schule und außerhalb. Sie kann und soll in mehrfacher Weise wirken:

- * Sie kann zu einem tieferen Verständnis der FCKW als chemischer Stoffgruppe und deren Eigenschaften beitragen.
- * Sie kann begreiflich machen, warum die FCKW einen so unvergleichlichen Aufschwung erlebten.
- * Sie kann verstehen helfen, warum die damit verbundenen Gefahren nicht von Anfang an richtig eingeschätzt wurden, und auch, warum die ersten Warnungen nicht rechtzeitig ernstgenommen worden sind.
- * Sie zeigt weiterhin, daß manche Ursachen, wie die FCKW-Freisetzung, noch lange weiterwirken, auch wenn sie schon gestoppt worden sind.

Bei dieser Auseinandersetzung mit der FCKW-Problematik kann dann andeutungsweise sichtbar werden,

- * daß Entwicklungen in Naturwissenschaften und technisch-industrieller Produktion nicht naturgegeben sind, sondern menschengemacht und daher auch revidiert werden können;

- * daß nicht jeder wissenschaftliche und technische Fortschritt nur positive Auswirkungen für Mensch und Natur haben muß und
- * daß nicht alles, was technisch machbar ist, auch sofort realisiert werden sollte; denn mit den Naturwissenschaften stehen uns mächtige Hilfsmittel zur Verfügung, deren Reichweite und Folgen wir erst langsam verstehen lernen;
- * schließlich auch, was das Bild vom „Raumschiff Erde“ bedeutet, nämlich die Begrenztheit der Ressourcen und der Belastbarkeit von solchen lebensnotwendigen Systemen, wie unsere Lufthülle eines darstellt.

Menschliches Handeln, so lautet die überlebensnotwendige Einsicht, muß mögliche Folgen stets mitbedenken. Dies betrifft sowohl das persönliche Verhalten im Alltag, bei Arbeit, Konsum und Freizeit, wie auch die gemeinschaftlich zu verantwortende Produktion neuer Stoffe und die dadurch verursachten Eingriffe in den Naturhaushalt.

Literatur

- Bundesminister für Bildung und Wissenschaft (Hrsg.): Schutz der Erdatmosphäre eine Herausforderung an die Bildung. Ergebnisbericht. Bonn 1991
- Richard S. Stolarski: Das Ozonloch über der Antarktis. In: Spektrum der Wissenschaft, März 1988, S. 70-77, hier: S. 72
- Kolumban Hutter (Hrsg.): Dynamik umweltrelevanter Systeme. Berlin 1991
- Lutz Stäudel: Lufthülle aus dem Gleichgewicht. Bremen 1993

**Produktion:**

Target Film und Videoproduktion GmbH, München
Uwe von Schumann, Jürgen A. Knoll, im Auftrag des FWU
Institut für Film und Bild,
Geiselgasteig/Grünwald, 1993

Buch:

Wolfgang Thielke

Regie:

Hannes Schuler

Kamera:

Johannes Kirchlechner,
Achim Schäfer

Trick:

CA Scanline Production
GmbH Computeranimation,
Geiselgasteig

Schnitt:

Sylvia Regelin

Musik: (GEMA)**Begleitkarte:**

Dr. Lutz Stäudel

Fachberatung:

Dr. Lutz Stäudel

Titelbild:

Target Film GmbH

**Pädagogischer Referent
im FWU:**

Dr. Robert Anzeneder

Für diese Filmproduktion ist
ein FSK-Freigabevermerk
nicht erforderlich.

**Verleih durch
Landes-, Kreis- und
Stadtbildstellen**

**Verkauf durch
FWU Institut für Film und Bild,
Geiselgasteig
Bavariafilmpplatz 3
D-82031 Grünwald**

Die Vervielfältigung dieser Filmbeilage ist allen
Bildungseinrichtungen für den eigenen Gebrauch
gestattet.

© 1993

FWU Institut für Film und Bild
in Wissenschaft und Unterricht
gemeinnützige GmbH
Geiselgasteig
Bavariafilmpplatz 3
D-82031 Grünwald
Telefon: (089) 64 97-1
Telefax: (089) 6 49 73 00

Zweigstelle:

Martin-Luther-Straße 42
D-10779 Berlin
Telefon: (030) 2 11 60 03

Druck: Isar-Druck Grünwald GmbH
3'5/7/93

Druck auf chlorfreiem, umweltfreundlichem Papier