

**Beitrag der Chemie zu einer
nachhaltigen Entwicklung:
Nachwachsende Rohstoffe**

Jürgen O. Metzger

Emden, 28.9.-29.9. 2006

Nachhaltige Entwicklung

Konferenz der Vereinten Nationen für Umwelt und
Entwicklung

(Rio de Janeiro, 3-14 Juni 1992)

Erklärung von RIO zu Umwelt und Entwicklung

(Rio-Deklaration)

Agenda 21

Johannesburg Deklaration, Weltgipfel für nachhaltige
Entwicklung, Johannesburg, September 2002

<http://www.bmu.de>

Rio-Deklaration

Grundsatz 1

Die Menschen stehen im Mittelpunkt der Bemühungen um eine nachhaltige Entwicklung. Sie haben das Recht auf ein gesundes und produktives Leben im Einklang mit der Natur.

Grundsatz 3

Das Recht auf Entwicklung muss so erfüllt werden, dass den Entwicklungs- und Umweltbedürfnissen heutiger und künftiger Generationen in gerechter Weise entsprochen wird.

Erklärung von Rio zu Umwelt und Entwicklung vom 3. bis 14. Juni 1992 (Rio-Deklaration)

<http://www.bmu.de/fset1024.php>

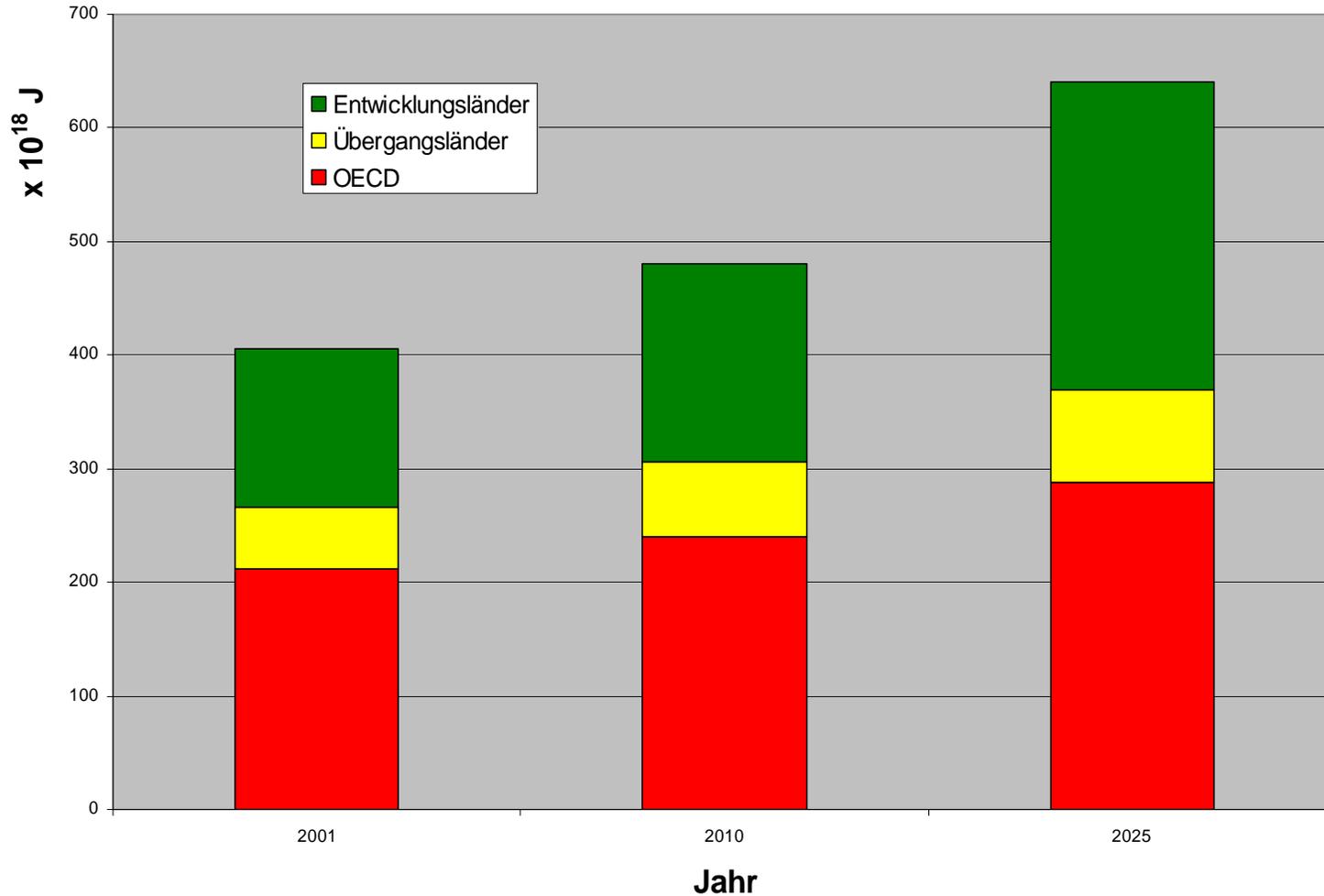
<http://www.un.org/esa/sustdev/>

Rio-Deklaration: Nachhaltige Entwicklung

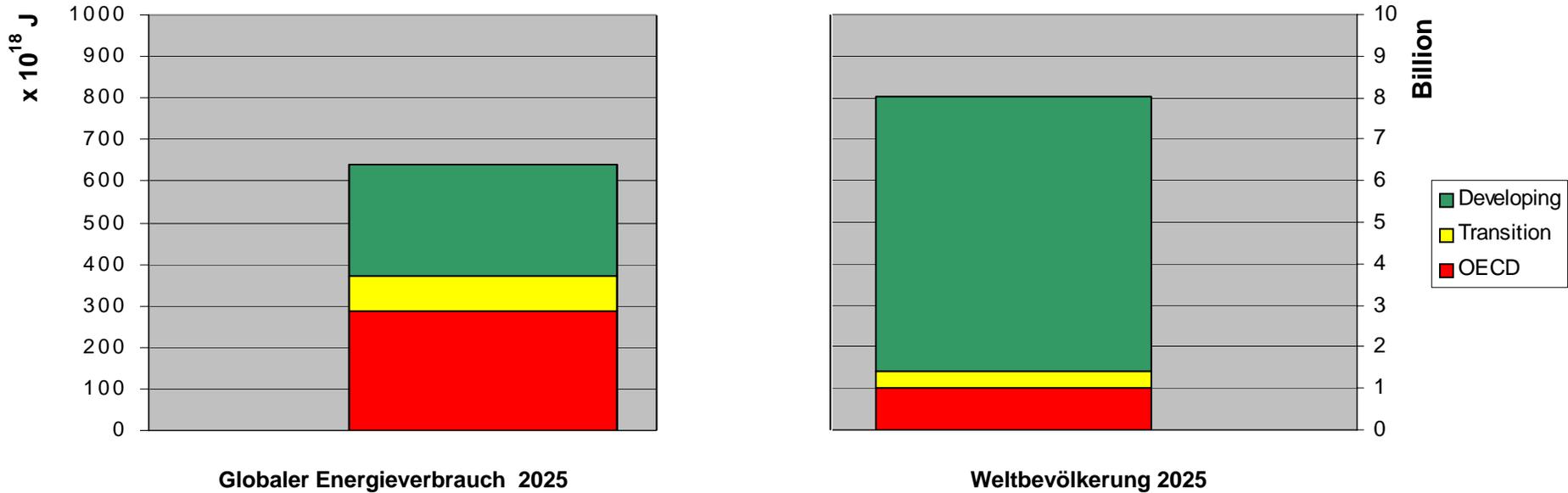
Grundsatz 8

Um eine nachhaltige Entwicklung und eine bessere Lebensqualität für alle Menschen zu erlangen, sollen die Staaten nicht nachhaltige Produktions- und Verbrauchsstrukturen abbauen und beseitigen...

Globaler Energieverbrauch



Globaler Energieverbrauch und Bevölkerung 2025



Abnahme der Erdölproduktion spätestens 2015 –2020

Gesicherte Weltölreserven: 40.3 Jahre (2001)

Agenda 21

Präambel: “In der Agenda 21 werden die dringlichsten Fragen von heute angesprochen, während gleichzeitig versucht wird, die Welt auf die Herausforderungen des nächsten Jahrhunderts vorzubereiten.”

Im Zentrum stehen die „Erhaltung und Bewirtschaftung der Ressourcen für die Entwicklung“.

Kap. 35: Die Wissenschaft im Dienst einer nachhaltigen Entwicklung.

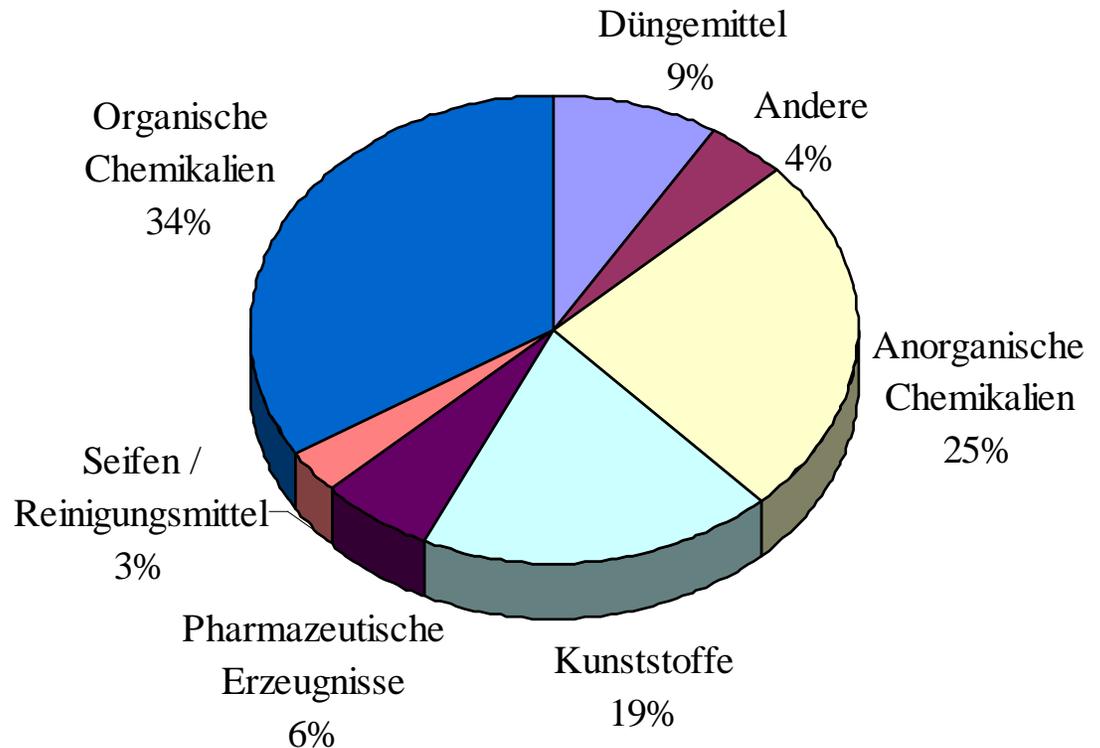
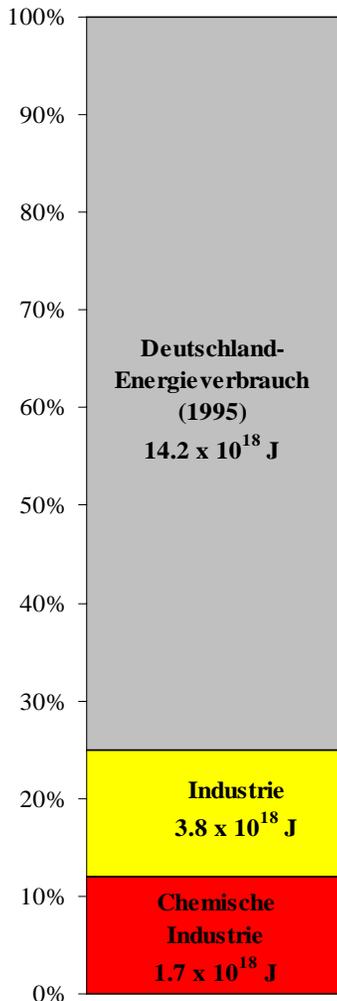
“... Die Wissenschaft muss sich permanent mit Möglichkeiten einer schonenderen Ressourcennutzung befassen Die Wissenschaft wird somit zunehmend als wesentliches Element der Suche nach gangbaren Wegen hin zu einer nachhaltigen Entwicklung verstanden.“

Kap. 4 Veränderung der Konsumgewohnheiten

Kap. 4.1 Dieses Kapitel umfasst folgende Programmbereiche:

- a) Schwerpunktmäßige Erfassung von auf eine nicht nachhaltige Entwicklung gerichteten Produktions- und Verbrauchsgewohnheiten;
- b) Entwicklung einer nationalen Politik und nationaler Strategien, um eine Änderung nicht nachhaltiger Verbrauchsgewohnheiten herbeizuführen.

Chemische Produktion

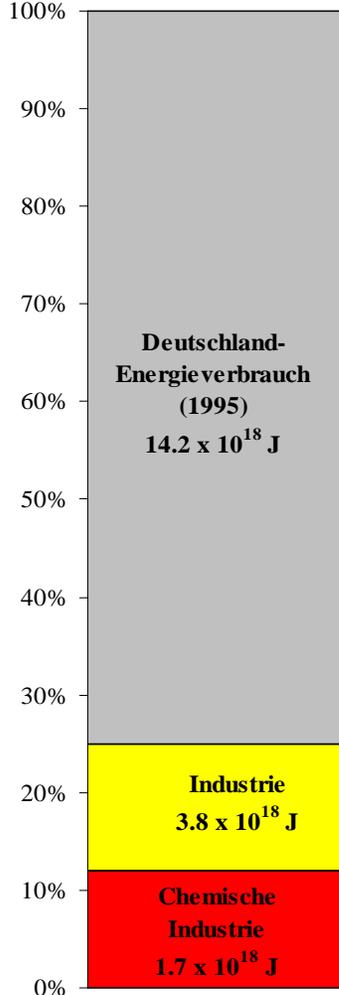


Verteilung des kumulierten Energieaufwands der chemischen Industrie auf die Produktgruppen: 51% Rohstoffverbrauch; 49 % Prozessenergie. Geschätztes Einsparpotential an Energie ca. 15%.

Kap. 4 Veränderung der Konsumgewohnheiten

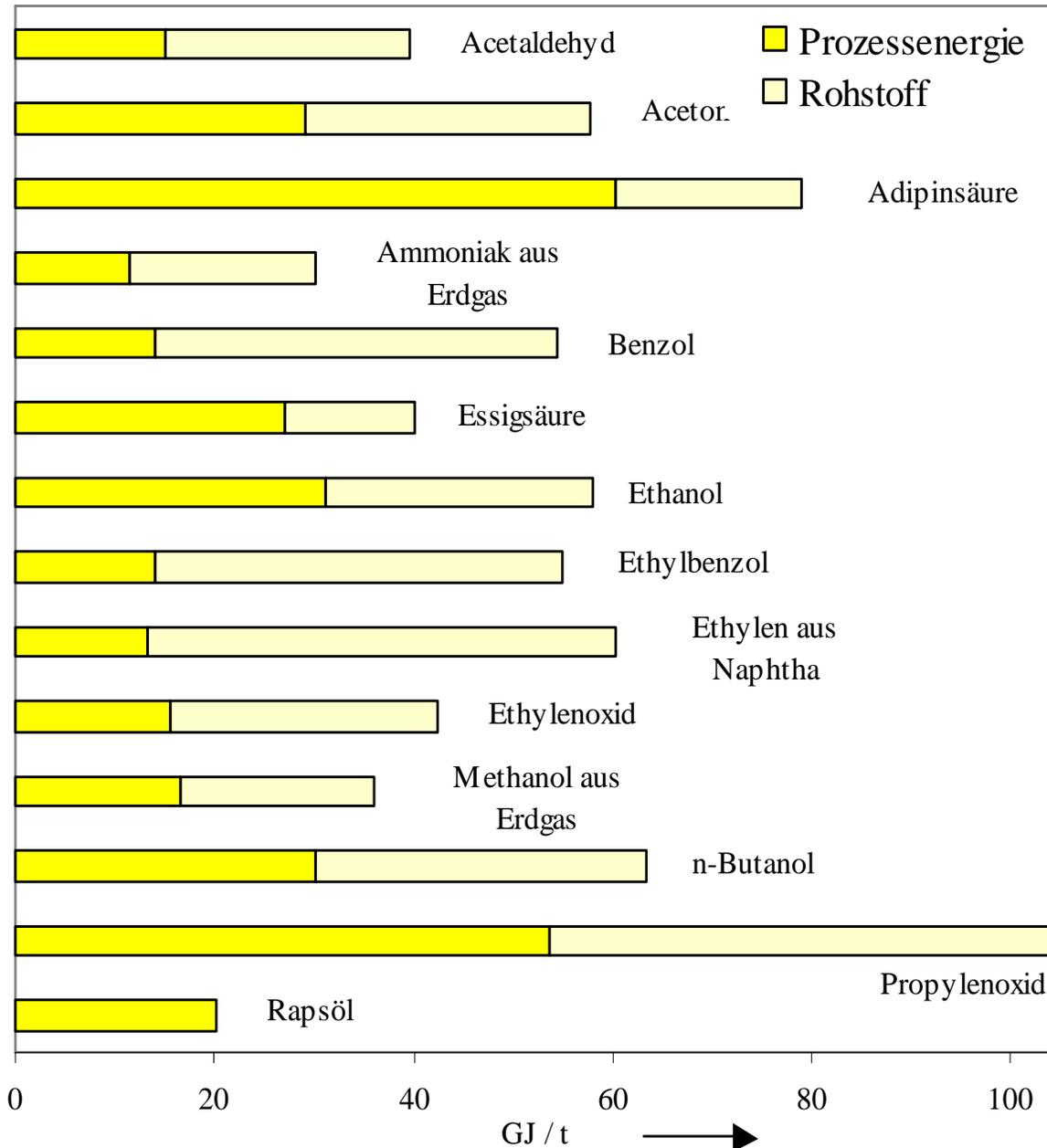
4.18. Die Senkung des Energie- und Materialverbrauchs je Produktionseinheit bei der Erzeugung von Gütern und Erbringung von Dienstleistungen kann sowohl zu einer Verringerung der Umweltbelastungen als auch zu einer Steigerung der wirtschaftlichen und industriellen Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit beitragen.

Beitrag der Chemie



- zu einer schonenderen Ressourcennutzung durch
- effizientere chemische Prozesse, die die Umwelt nicht belasten;
- Bereitstellung chemischer Produkte, die die Umwelt nicht belasten, sich in ein Recycling-Konzept einfügen und die Effizienz in anderen Produktionsbereichen erhöhen;
- umweltverträgliche Produkte für den Verbraucher, die diesem erlauben, die Ressourcen effektiver zu nutzen;
- stoffliche Nutzung nachwachsender Rohstoffe.

Kumulierter Energieaufwand (KEA) für wichtige Basischemikalien



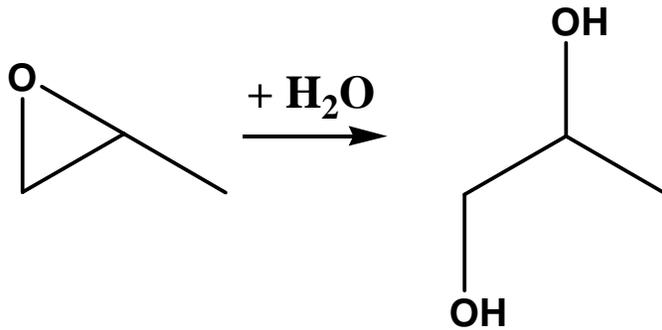
Kumulierter Energieaufwand (KEA)

Der KEA gibt die Gesamtheit des Aufwands an **Primärenergie** an, der mit der Herstellung eines chemischen Produkts entsteht. Der KEA setzt sich zusammen aus dem *energetischen Verbrauch*, bei chemischen Prozessen im wesentlichen die Prozessenergie, und dem *nichtenergetischen Verbrauch*, der direkten, stofflichen Verwendung fossiler Energieträger wie Erdöl.

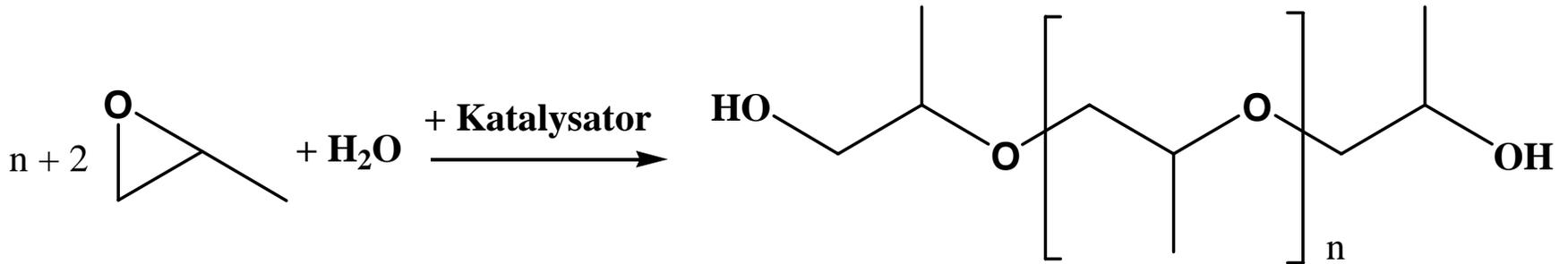
Primärenergie

Dieser Begriff bezieht sich auf Energieträger z.B. Erdöl, Steinkohle, Erdgas und Uran in ihrem Zustand bei der Förderung, d.h. ohne nachgeschalteten Umwandlungsschritt.

Industrielle Umsetzung von Propylenoxid



1,2-Propandiol
(Propylenglykol)



Polypropylenglykol; Polyetherpolyole

Einsatz von Propylenoxid

Polyether polyoles (for polyurethanes) 70%
Lacke, Klebstoffe, Schaumstoffe

Propylene glycol (for polyesters) 22%
Lacke und Anstrichstoffe

HO-R-OH

H₂N-R-NH₂

HOOC-R-COOH

- **Kohlenhydrate**
- **Fette**
- **EiweiÙe**
- **Lignine**

Nachwachsende Rohstoffe

Agenda 21

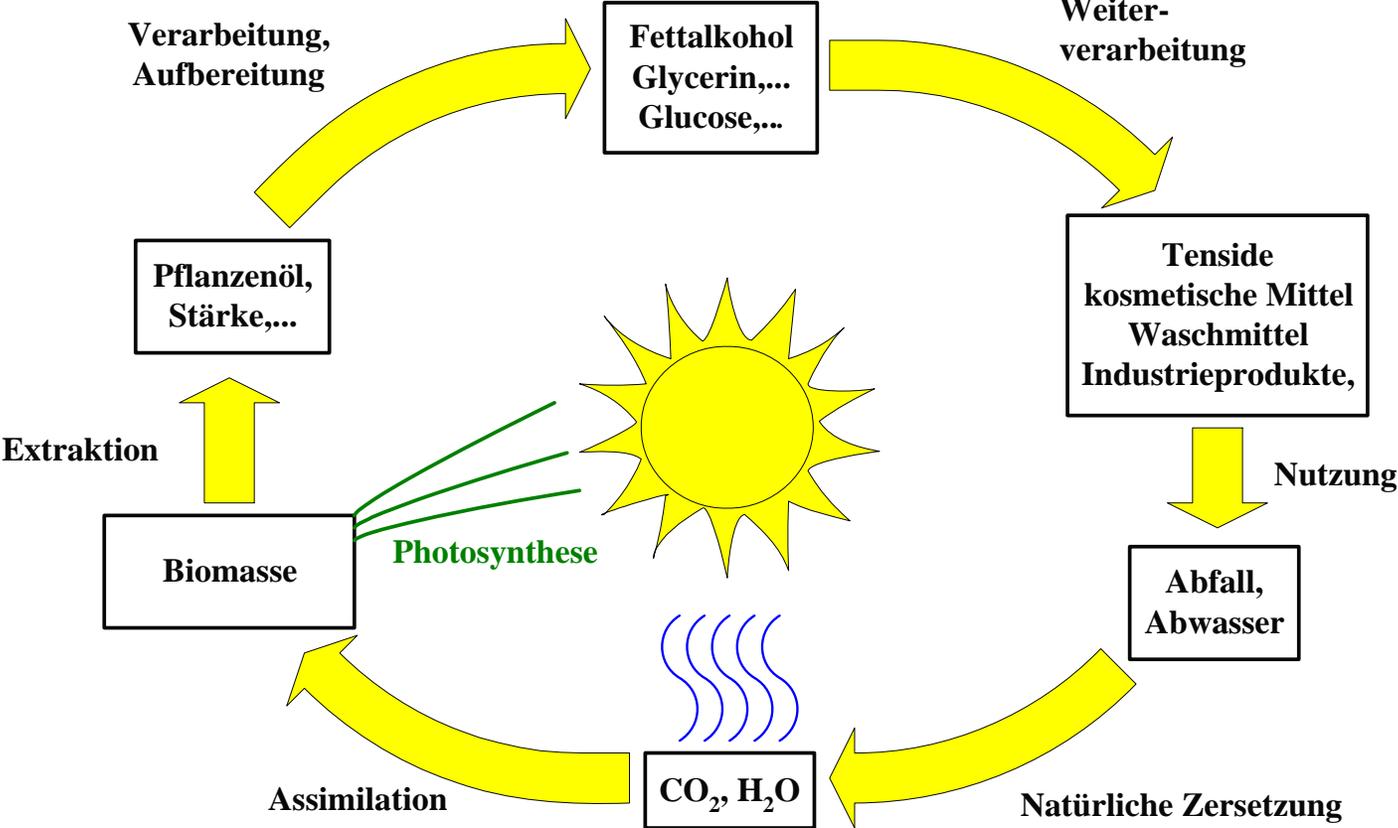
Kap. 4 Veränderung der Konsumgewohnheiten

Kap. 4.18 (e) Förderung der umweltverträglichen und nachhaltigen Nutzung erneuerbarer natürlicher Ressourcen.

Position der Gesellschaft Deutscher Chemiker zur Reform der Europäischen Chemikalienpolitik, 2002.

Sicherung der stofflichen Vielfalt durch Unterstützung der interdisziplinären Entwicklung ressourcenschonender und umweltverträglicher Verfahren zur Produktion von Chemikalien, insbesondere von Basischemikalien, auf der Basis nachwachsender Rohstoffe.

Kreislauf der Biomasse



Nachwachsende Rohstoffe



Stärke

Zucker

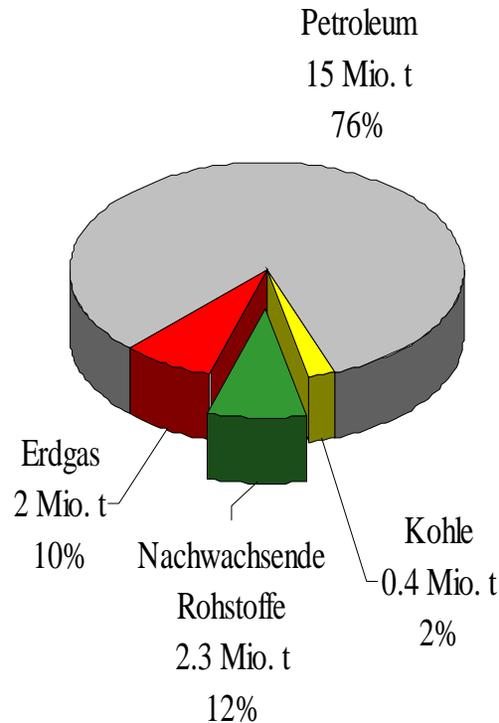
Cellulose

Lignin

Fette und Öle



Rohstoffe der chemischen Industrie in Deutschland (2003)

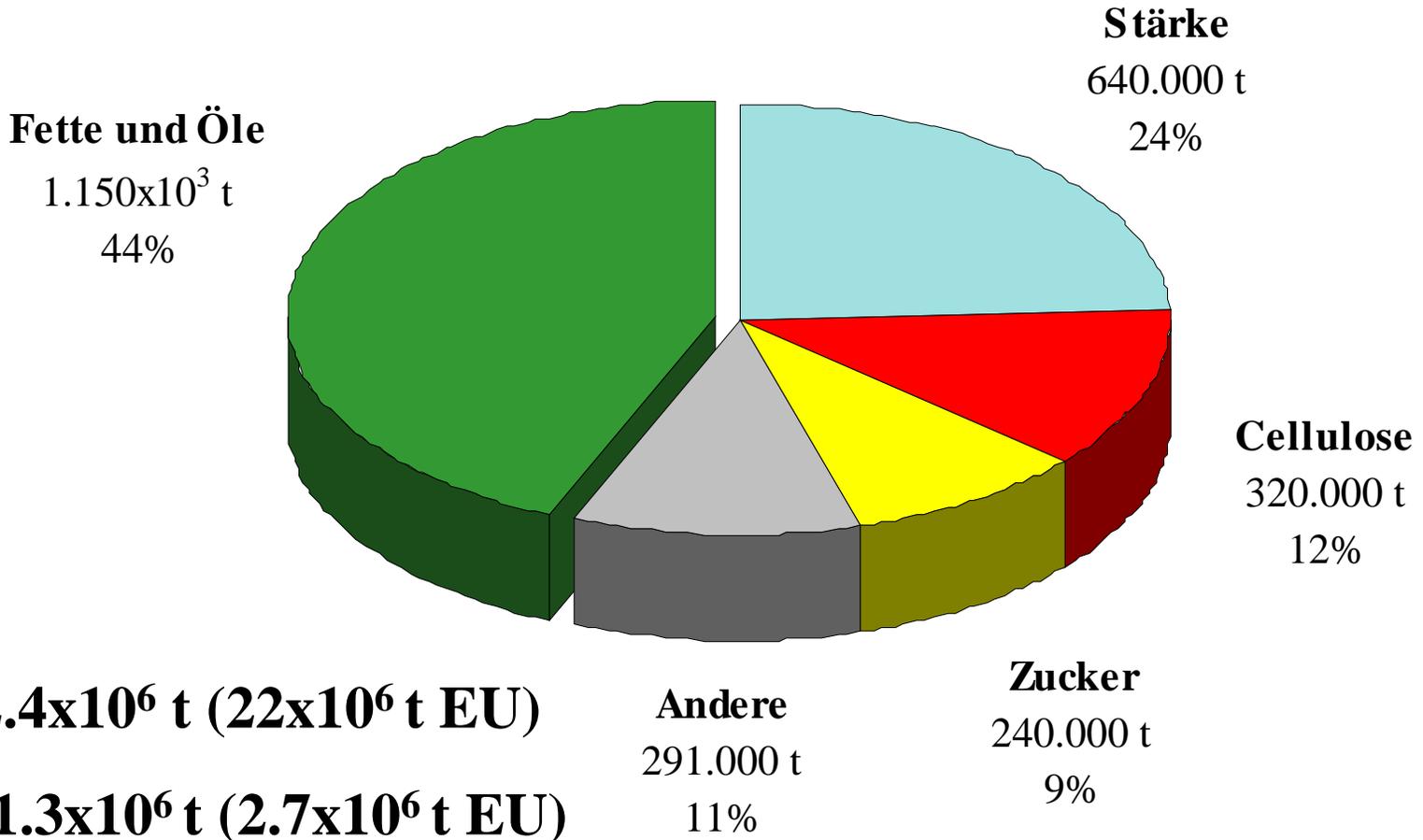


“Die meisten Produkte, die aus nachwachsenden Rohstoffen erhalten werden können, sind gegenwärtig im Vergleich zu den Produkten der Petrochemie noch nicht konkurrenzfähig, was sich aber mit der zunehmenden Verknappung und damit Verteuerung des Erdöls schnell ändern wird. Die

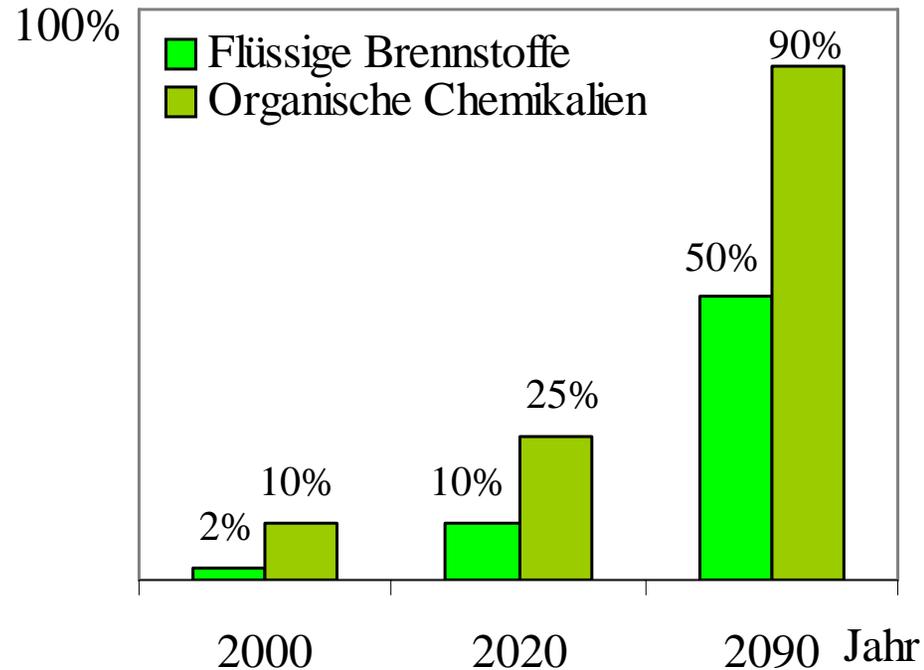
Regierungen werden aufgefordert, die notwendigen, grundlegenden Untersuchungen zu intensivieren, damit nachhaltigere Substitutionsprozesse und –produkte rechtzeitig zur Verfügung stehen.”

Positionspapier der GDCh anlässlich des Weltgipfels für nachhaltige Entwicklung in Johannesburg, 2002.

Nachwachsende Rohstoffe der chemischen Industrie in Deutschland (2004)

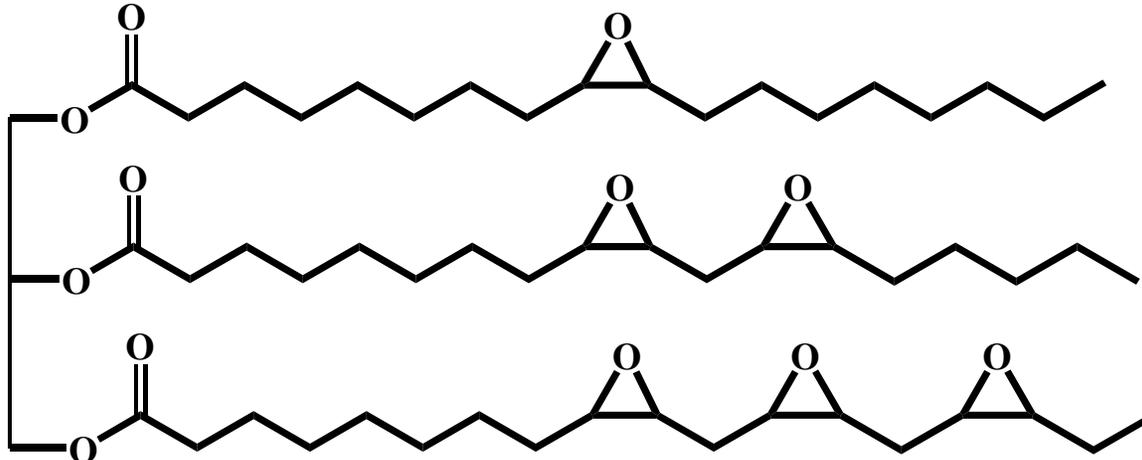
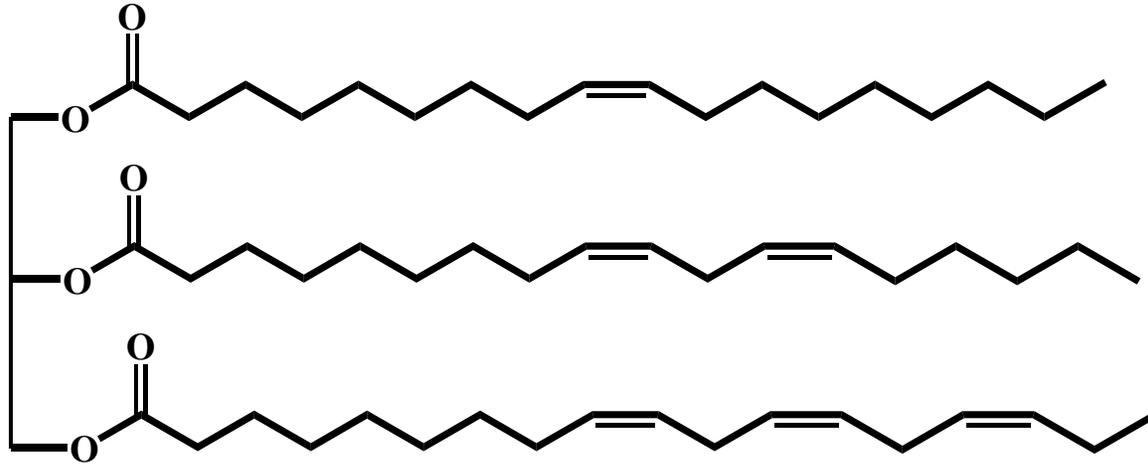


Prognose



Zielvorstellung des National Research Council der USA für die Produktion von organischen Chemikalien und von flüssigen Brennstoffen aus nachwachsenden Rohstoffen bis zum Jahr 2090. Anteil an der jeweiligen Gesamtproduktion in Prozent.

Epoxidierung von Pflanzenölen



Industrielle Epoxidierung von Pflanzenöl

Epoxidiertes Pflanzenöl

Einsatzstoffe: Pflanzenöl

Ameisensäure (HCOOH)

Wasserstoffperoxid (H₂O₂)

Wasser

Energie: Dampf (zum Anstoß der ansonsten exothermen Epoxidierung)

Strom

Kühlwasser (Kreislauf)

Anfall: Pflanzenöl, epoxidiert

Sauerwasser (HCOOH + H₂O₂) —————> Abwasseraufbereitung

Waschwasser —————> Abwasseraufbereitung

Kationische Photopolymerisation von Leinölepoxid



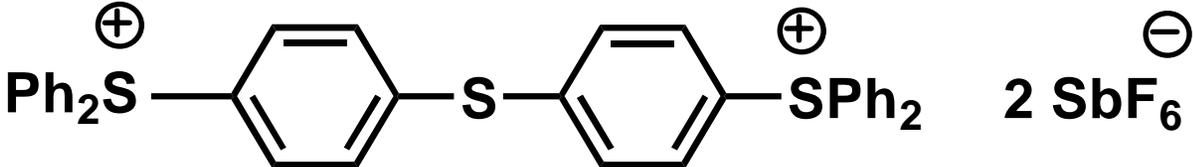
Leinölepoxid

$h\nu$
Initiator

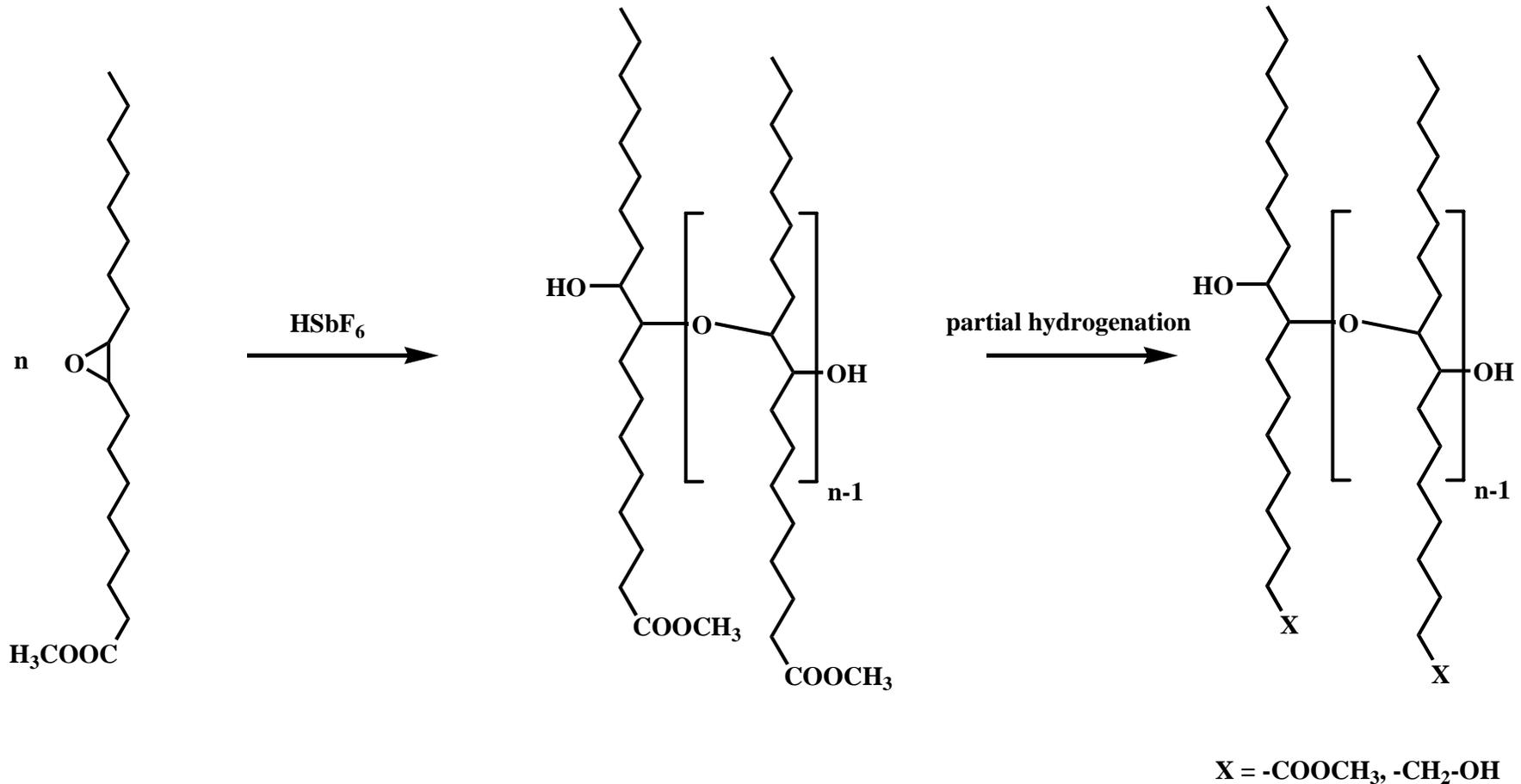
Lack

Keine Lösemittel!
Keine VOCs!!!

Initiator:



Polyetherpolyole aus epoxidierten Ölsäure

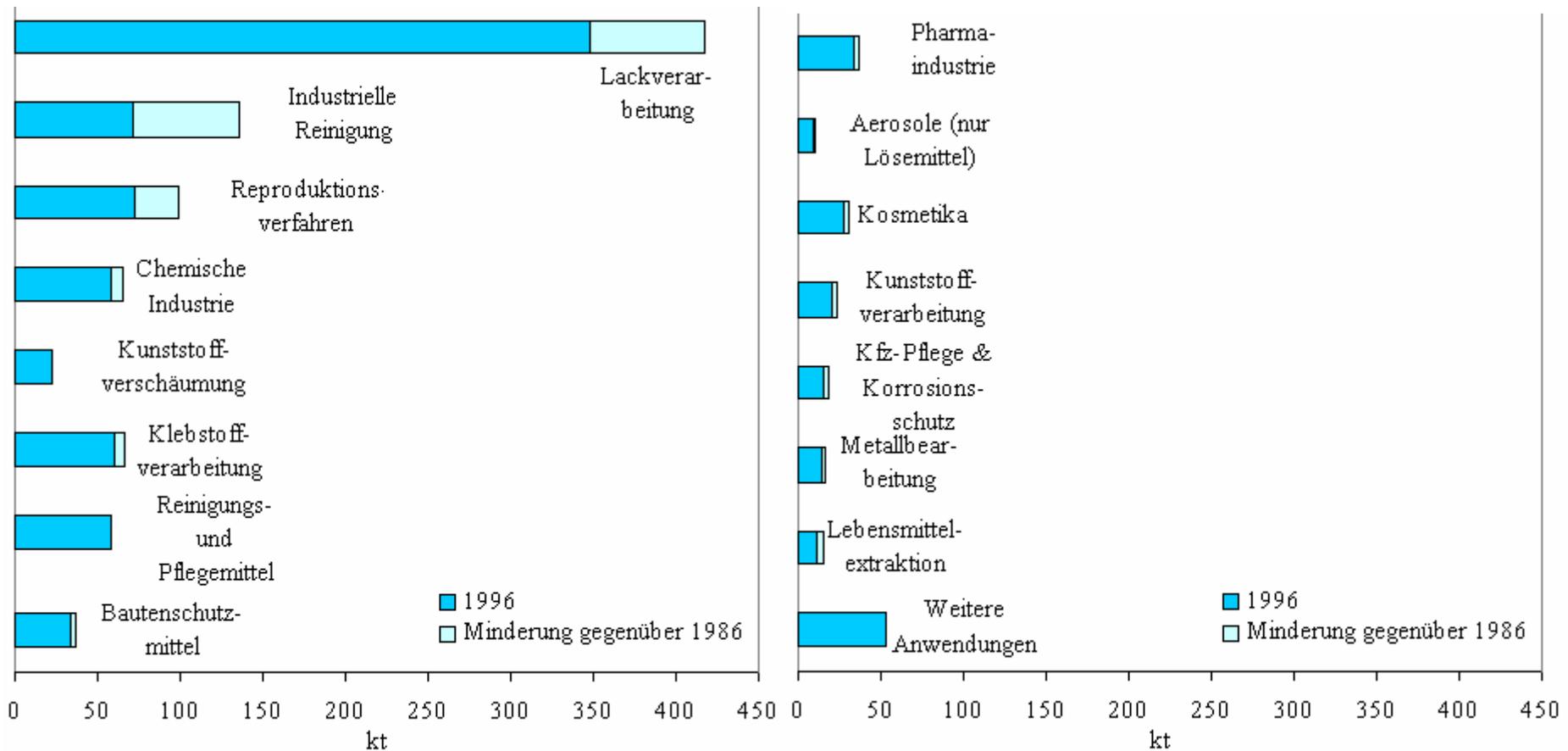


G. Lligadas, J.C. Ronda, M. Galià, U. Biermann, J.O. Metzger, *J. Polym. Sci. A* **2006**, *44*, 634–645.

Photoinitiation: S. Warwel; E. Fehling, M. Kunz, *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* **2001**, *103*, 133.



Emission von flüchtigen organischen Chemikalien (VOCs)

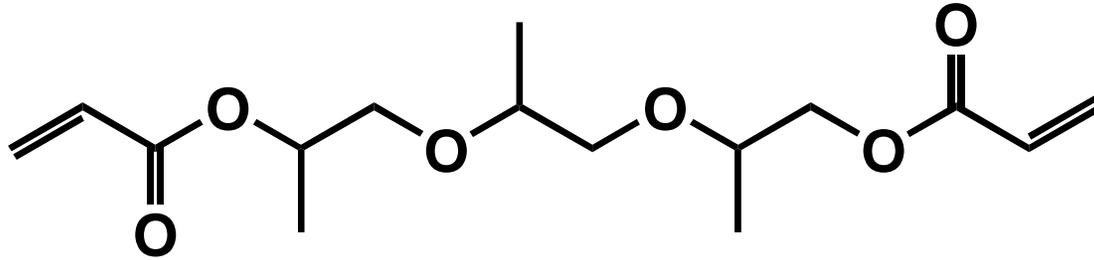


Emission VOCs in Deutschland durch Einsatz von Lösemitteln in verschiedenen Industriebereichen (1988:1.197 kt; 1995: 1.090 kt). Bis zum Jahr 2007 müssen die VOC-Emissionen insgesamt incl. Verkehr auf 650 kt gesenkt werden.

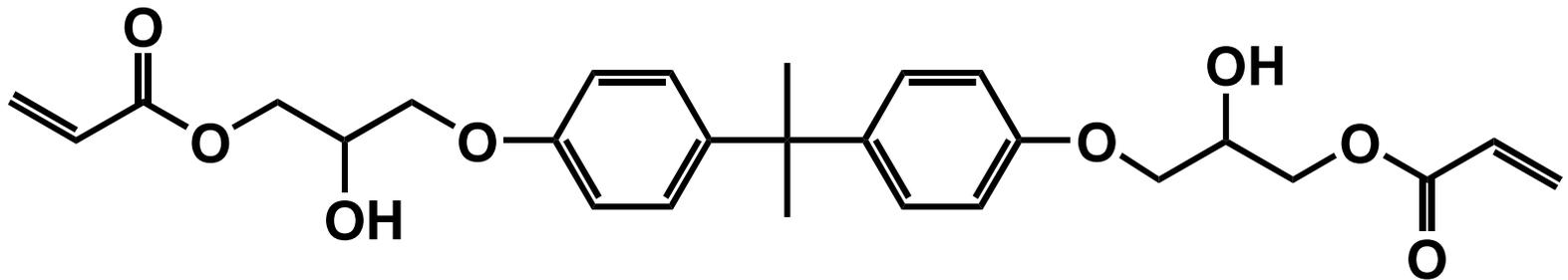
Neue Lacksysteme

- Organisch gelöste Bindemittel mit wesentlich höherem Feststoffgehalt
- Wasserverdünnbare Lacke mit Restgehalt an organischen Lösungsmitteln
- Pulverlacke ohne Lösemittel, aber häufig mit organischen Spaltprodukten bei der Lackhärtung
- Strahlenhärtende Lacksysteme, die weitestgehend Lösemittel frei sind und auch bei der Härtung keine organischen Spaltprodukte freisetzen.

Petrochemische UV-härtende Lacke



Tripropylenglykoldiacrylat



Bisphenol A diglycidether acrylat

Agenda 21

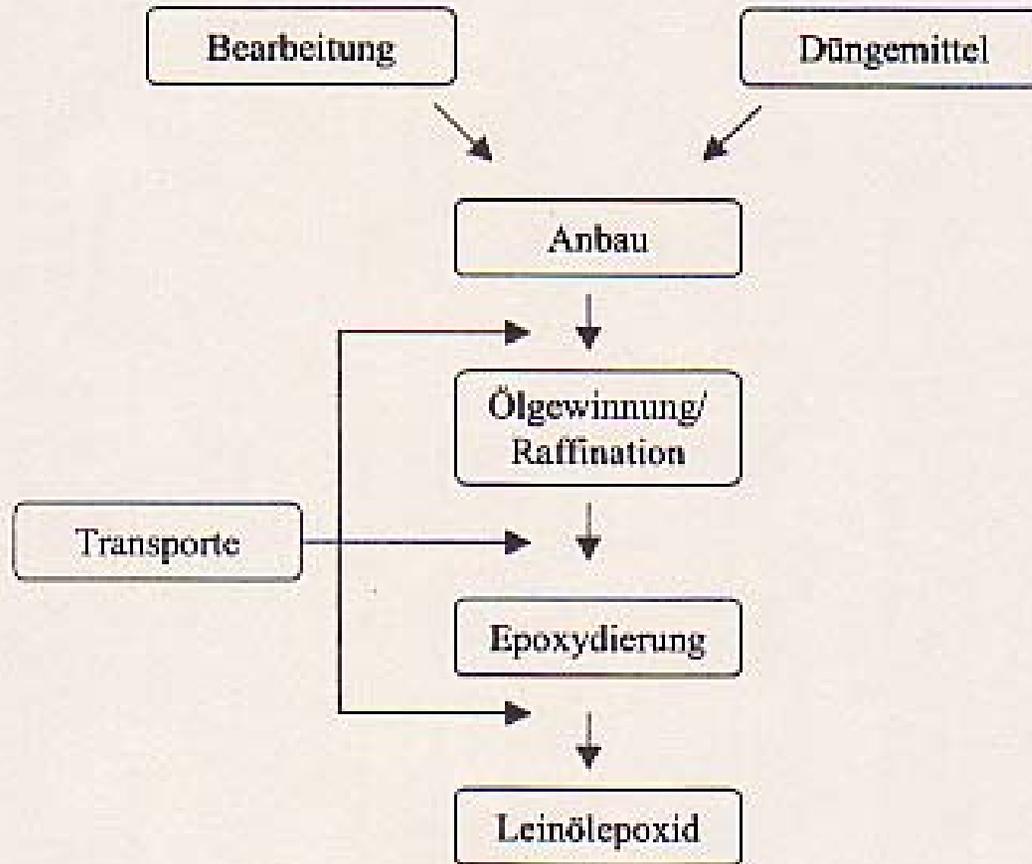
Kap. 4 Veränderung der Konsumgewohnheiten

Kap. 4.20 Kriterien und Verfahren zur Prüfung der Umweltverträglichkeit und des Ressourcenverbrauchs während des gesamten Produktzyklus und des Produktionsprozesses.

Ökobilanzen (LCA, engl. life cycle assessment):

Ökobilanzen analysieren den gesamten Lebensweg (Produktlinie) eines Produktes (Entnahme und Aufbereitung von Rohstoffen, Herstellung, Distribution und Transport, Gebrauch, Verbrauch und Entsorgung), analysieren die ökologischen Wirkungen und bewerten die längs des Lebensweges auftretenden Stoff- und Energieumsätze und die daraus resultierenden Umweltbelastungen.

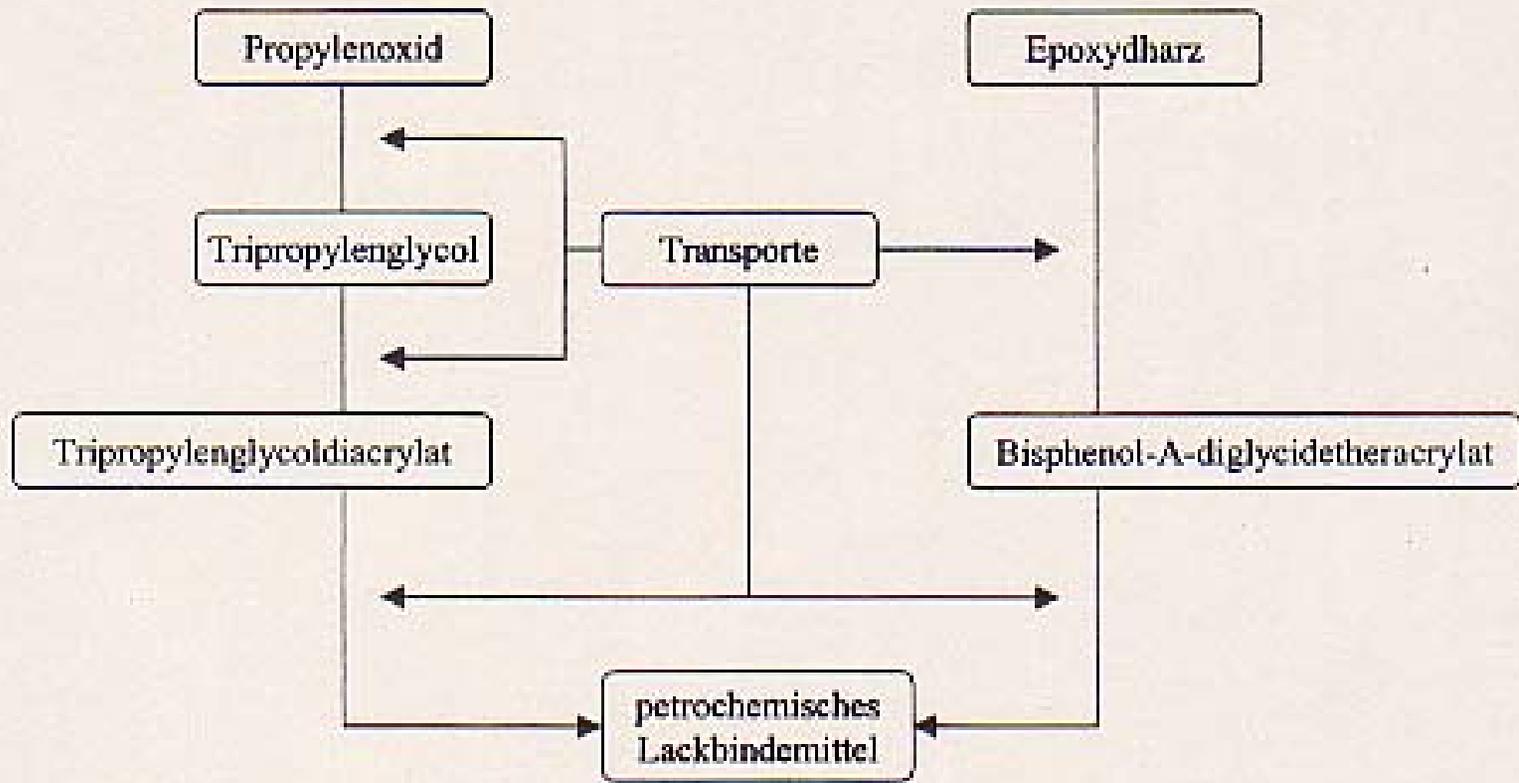
Ökobilanzierung eines Lacks auf der Basis von Leinöl



Gliederung des Bilanzraums Leinölepoxid: -Zentrale Verarbeitung

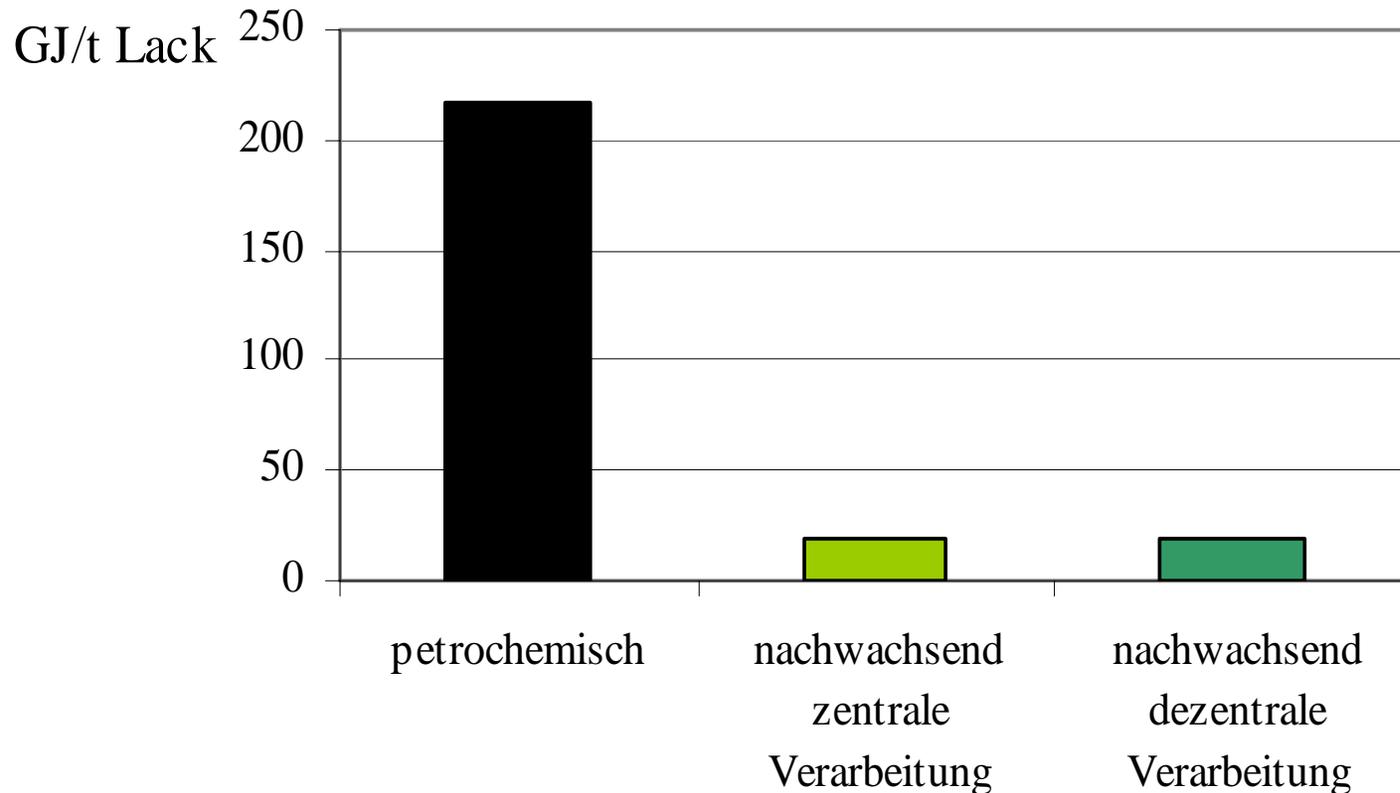
-Dezentrale Verarbeitung

Ökobilanzierung eines petrochemischen Lackbindemittels



Gliederung des Bilanzraumes petrochemisches Lackbindemittel

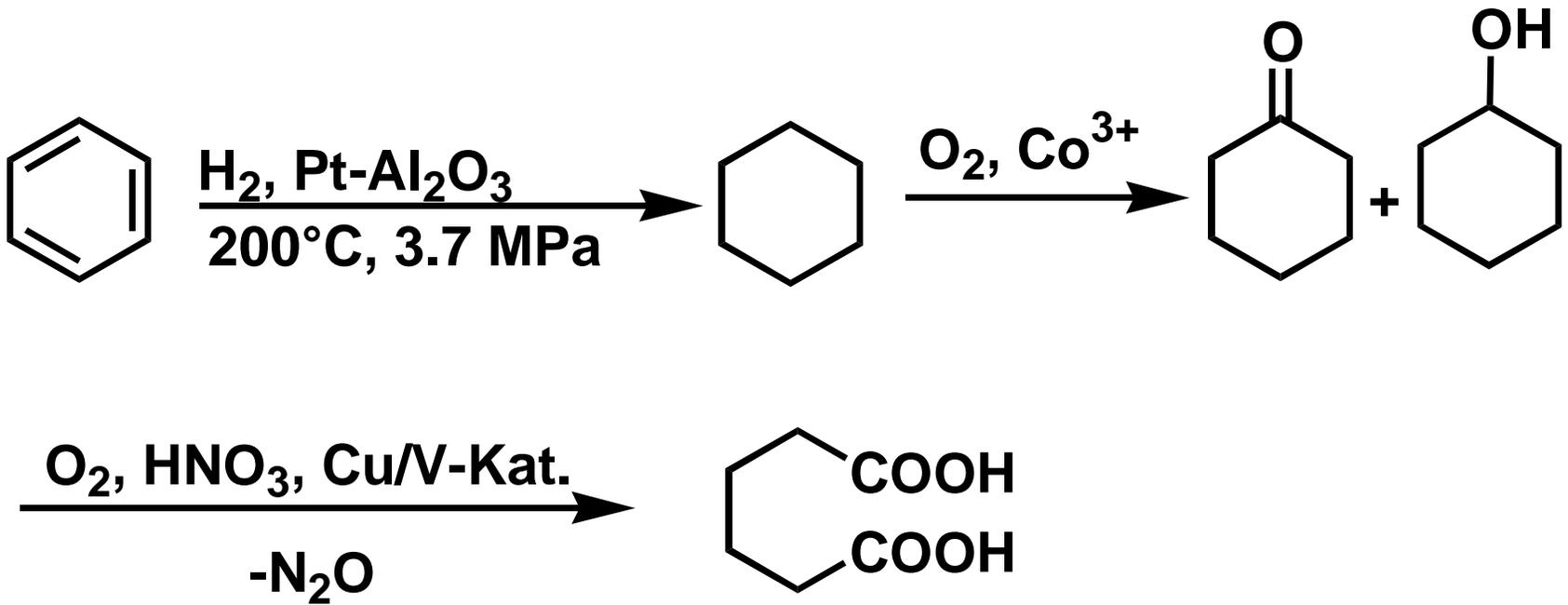
Ökobilanz: Vergleich von Erdöl und Leinöl basiertem Lack



Petrochemisch: Tripropylenglykoldiacrylat / Bisphenol A diglycidetheracrylat 1 : 1 – Nachwachsend: Leinölexpoxid. GER Kumulierter Energiebedarf; für CO₂- und NO_x-Emissionen sind die Relationen ähnlich.

A. Diehlmann, G. Kreisel, Universität Jena, 2000.

Adipinsäure: 2.3 Mill. t/a; KEA 80 GJ/t

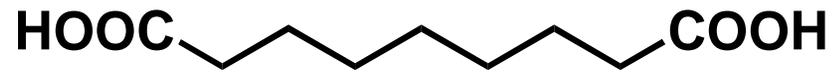


Adipinsäure: 2.3 Mill. t/a; GER 80 GJ/t



Pelargonsäure

+



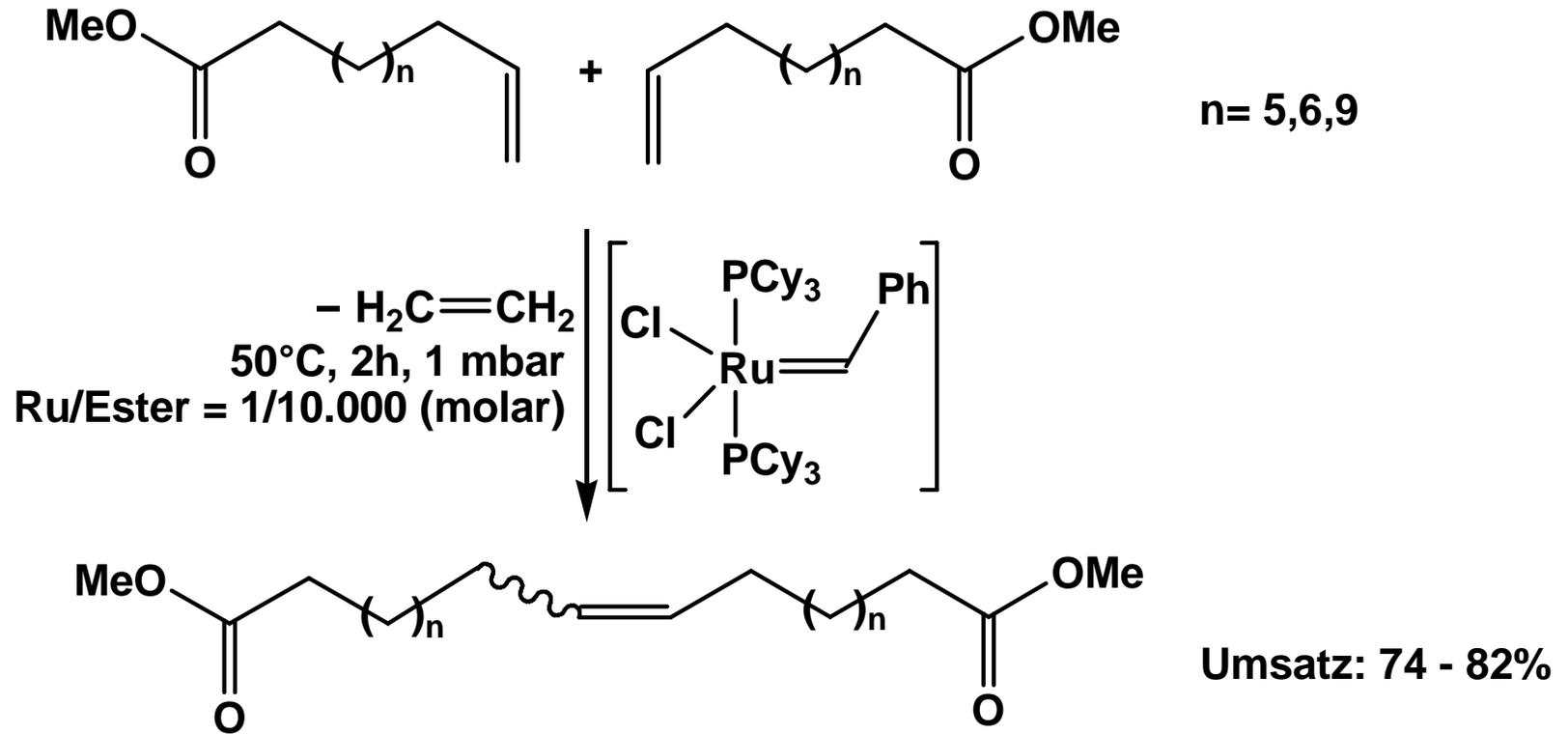
Azelainsäure



$n = 4$ (aus Petroselinensäure) ; $n = 11$ (aus Erucasäure)



Metathese von ω -ungesättigten Fettsäuremethylester



S. Warwel, F. Büse, C. Demes, M. Kunz, M. Rüschen, Klaas,
Chemosphere **2000**, 43, 39

Grubbs Katalysator und Oleochemie

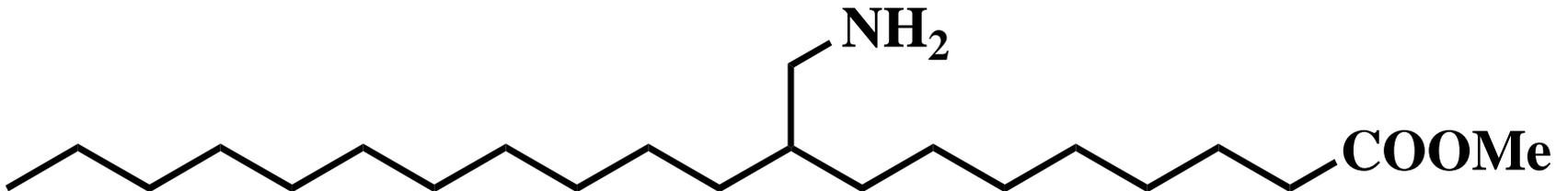
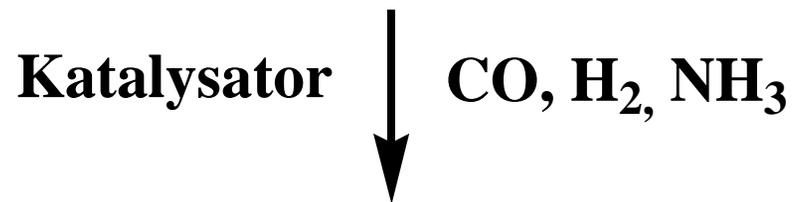
March 31, 2005

Cargill and Materia (Grubbs) Announce Extension of Natural Oils to Chemicals Development Agreement

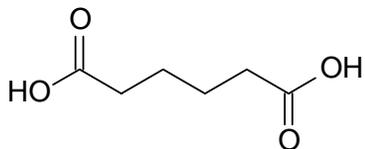
MINNEAPOLIS and PASADENA, Calif. – Cargill and Materia, Inc. today announced the expansion of a development agreement for Cargill's use of Materia's proprietary **olefin metathesis technology for converting biobased oils to industrial chemicals, feedstocks and consumer products**. The agreement provides Cargill an expanded field and exclusive license while providing Materia increased funding for accelerated research.

Katalytische Aminomethylierung

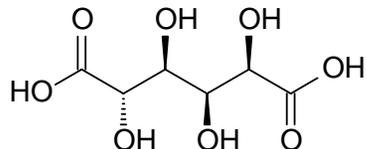
Kann auch die Isocyanatkomponente von Polyurethanen aus nachwachsenden Rohstoffen bereitgestellt werden?



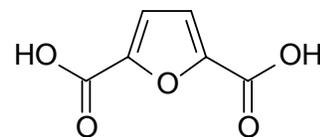
Monomere für Polyamide des Nylon-6,6 Typs



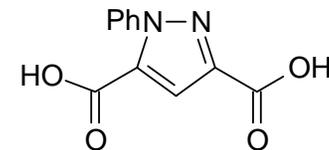
Adipic Acid



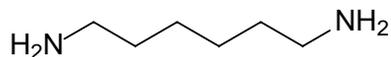
D-Glucaric Acid



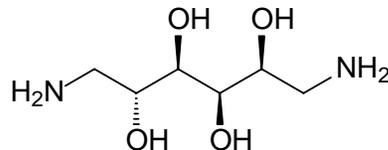
Furan-2,5-dicarboxylic Acid



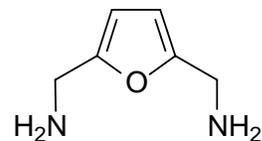
Pyrazol-3,5-dicarboxylic Acid



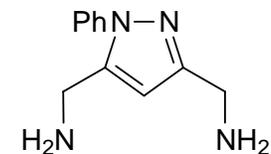
Hexamethylenediamine



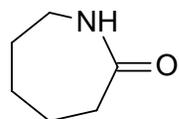
2,6-Diamino-glucitol



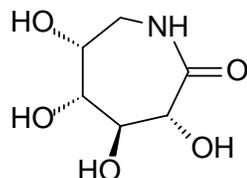
2,5-Di-(aminomethyl)-furan



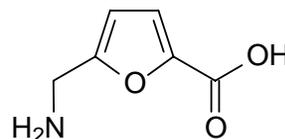
3,5-Di(aminomethyl)-pyrazol



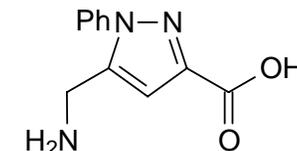
ε-Caprolactam



6-Aminoglucono-Lactam

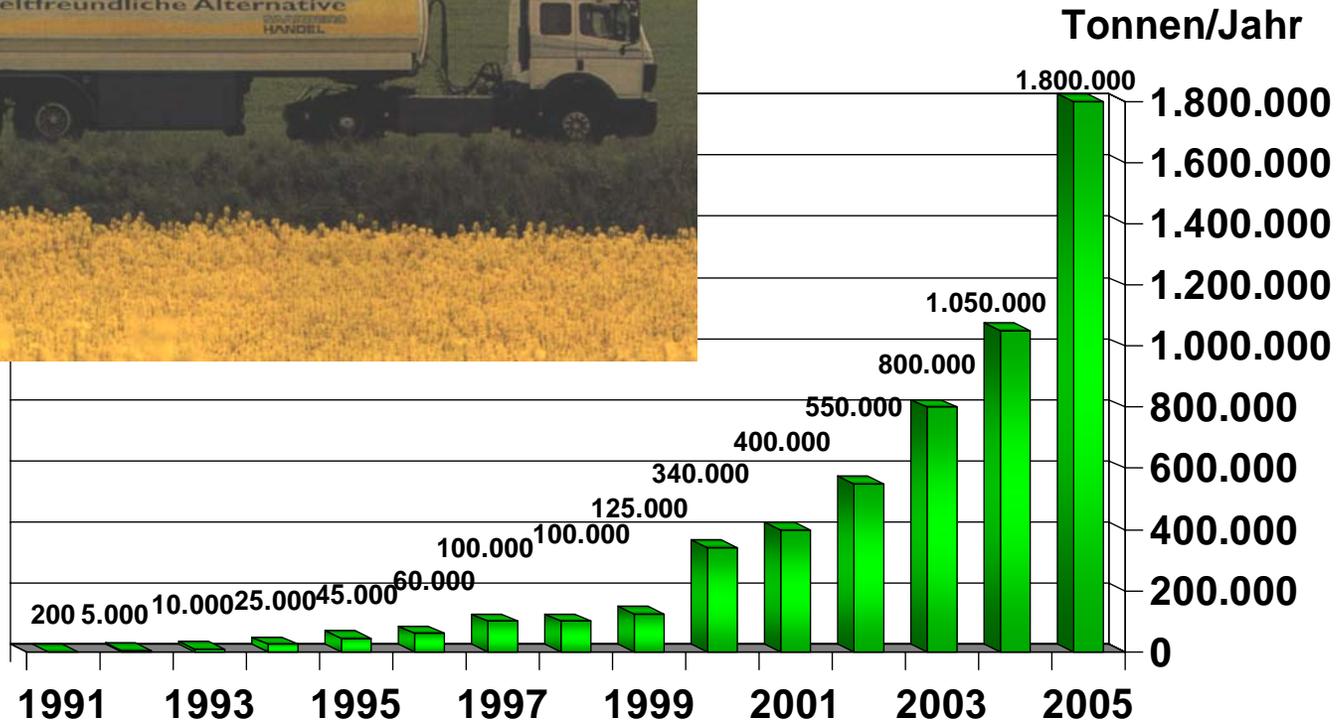


5-Aminomethyl-furoic Acid



5-Aminomethyl-pyrazolic Acid

Biodiesel Production in Germany 1991-2005



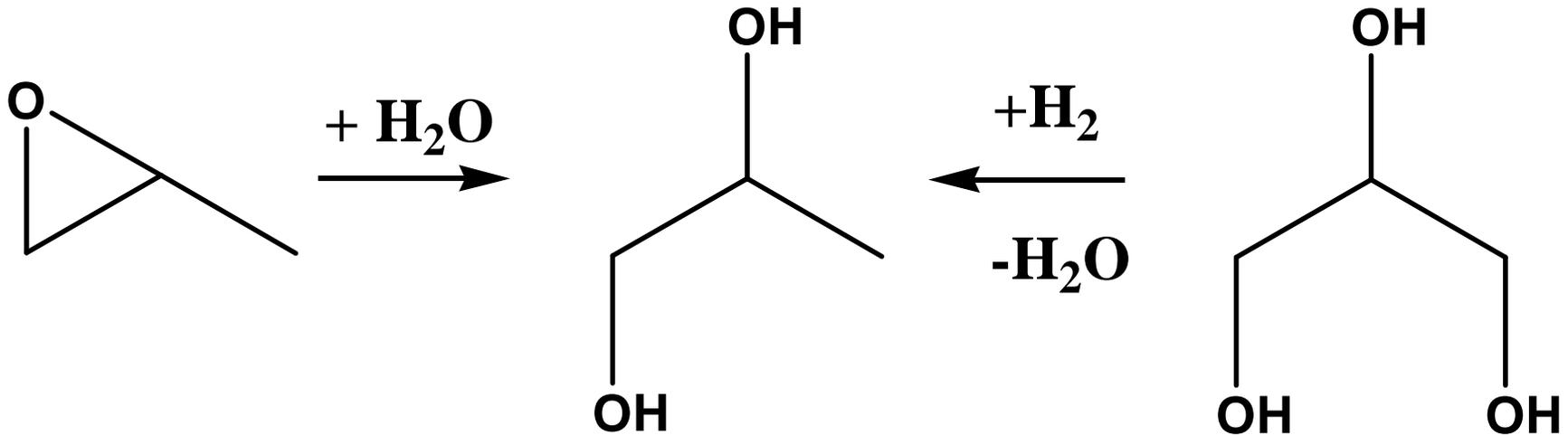
Welt: 12.5×10^6 t in 2006, $18-20 \times 10^6$ t in 2007

Propylene Oxide

> 4×10^6 tonnes/year Propylene oxide

Polyether polyols (for polyurethanes) 70%

Propylene glycol (for polyesters) 22%



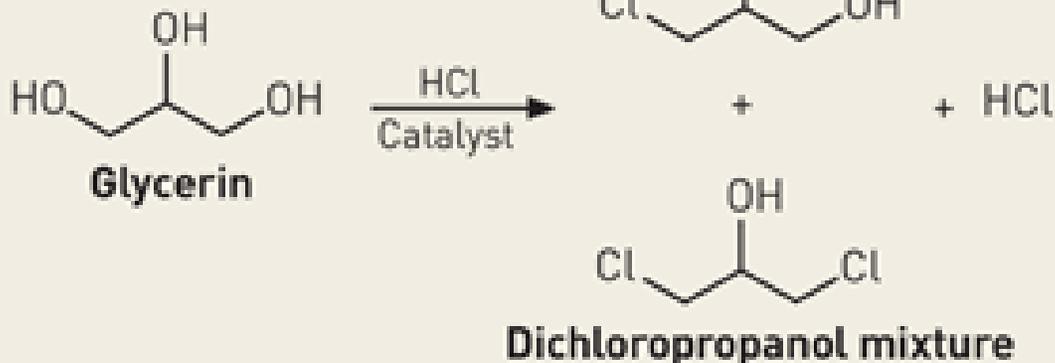
New Process by ADM: Chem. Engn. News 2006, 84, Jan. 9, 32-33.

New Route to Epichlorohydrin

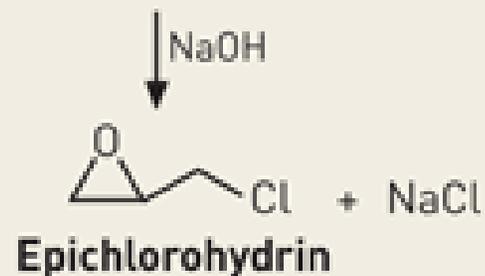
Traditional



Solvay



NEW ROUTE Solvay's epichlorohydrin process cuts a step and reduces chlorinated by-products.



Rapsasphalt

Quelle: in 10 Sekunden (DPA/11/10/11)

RapsAsphalt. Eine faszinierend einfache Rechnung mit einem Ergebnis, das Zukunft heißt!

1 m² Rapsfeld = 1 m² RapsAsphalt Straßenoberfläche

Was das bedeutet ist ebenso einfach:

Wer dem revolutionierenden Produkt RapsAsphalt eine Chance gibt, gibt damit unseren Bauern eine Chance. So ist zum Beispiel das ländliche Straßennetz Österreichs - Güterwege und Gemeindestraßen - 160.000 km lang. Immerhin eine Fläche von 600 Millionen m²!

Für Österreich. Für unsere Bauern. Für unsere Umwelt.

RapsAsphalt.



ARGE RapsAsphalt

Im Fachverband der chemischen Industrie.

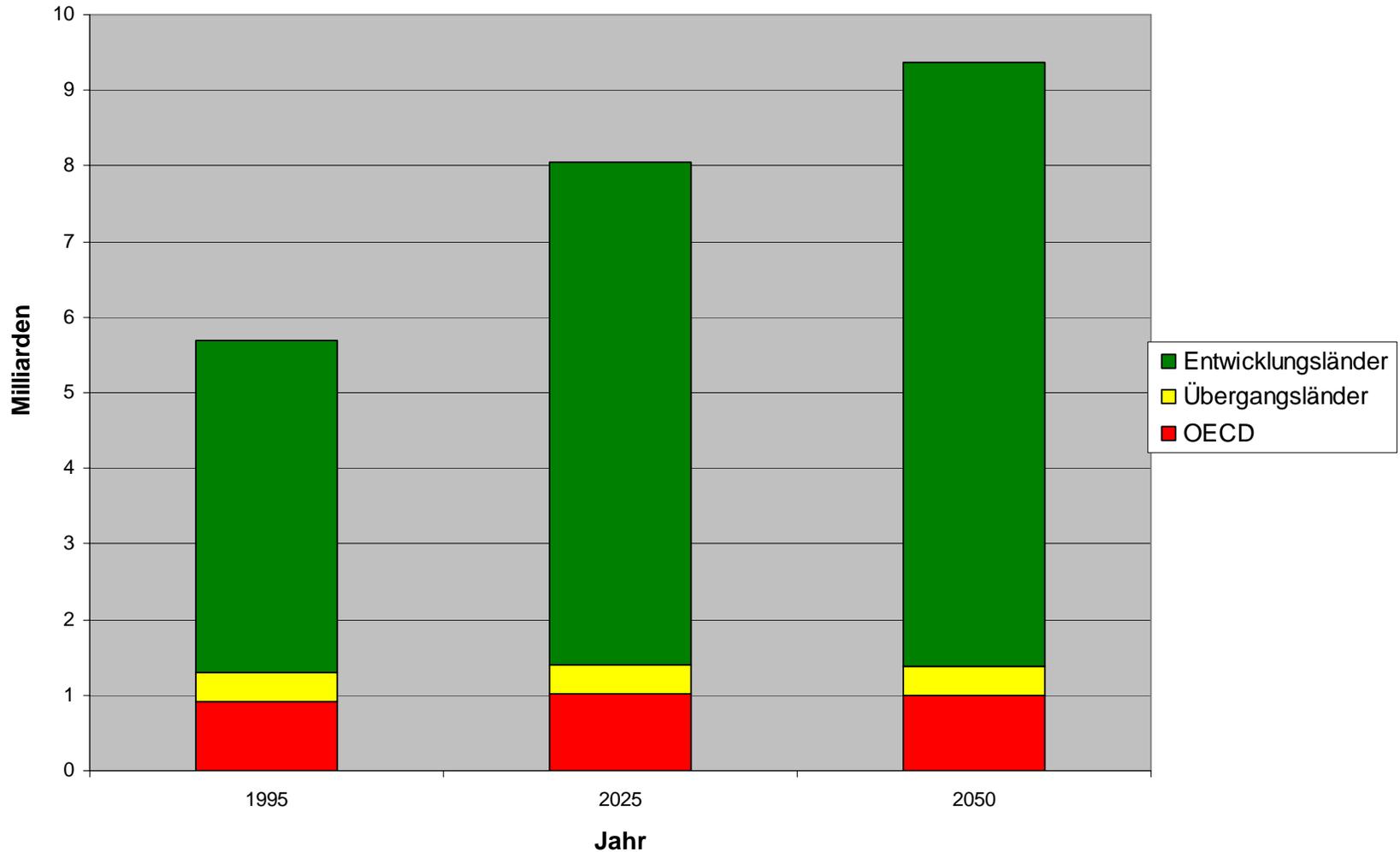
Pflanzenöle als Trafoflüssigkeit



Cooper Power Systems
and Cargill Industrial
Oils Form Alliance to
Produce Revolutionary
Insulating Fluid for
Electric Utilities.

25. 8. 2004

Entwicklung der Weltbevölkerung bis 2050



Our Common Journey, a transition toward Sustainability, NRC, 1999

Vergleich von Biokraftstoffen: Deutschland

Steckbrief Biodiesel

Rohstoffe: Rapsöl (und andere nichttrocknende Pflanzenöle)

Jahresertrag: 1,35 Tonnen/ha Biodiesel

Kraftstoff-Äquivalent: 1l Biodiesel ersetzt ca. 0,91l Diesel

CO₂-Minderung: ca. 70% gegenüber Diesel

Energieeffizienz: ca. 1,9 (UBA)

Steckbrief Ethanol-Kraftstoff

Rohstoffe: Getreide, Zucker; Jahresertrag: 2 Tonnen/ha Bioethanol

Kraftstoff-Äquivalent 1l Ethanol ersetzt ca. 0,66l Ottokraftstoff

CO₂-Minderung ca. 30 - 70% gegenüber Ottokraftstoff

Energieeffizienz: ca. 1,1

Steckbrief BtL-Kraftstoff

Rohstoffe: Energiepflanzen und Holz; Jahresertrag 3-5 Tonnen/ha BTL

Kraftstoff-Äquivalent: 1l BtL-Kraftstoff ersetzt ca. 0,97l Diesel

CO₂-Minderung > 90% gegenüber Diesel

<http://www.bio-kraftstoffe.info/>

Landwirtschaftliche Fläche und chemische Produktion

	Welt	USA	Deutschland	
Landwirtschaftlich nutzbare Fläche	4.974	418	17	x10⁶ ha
Kulturfähiges Ackerland	1.497	179	12	x10⁶ ha
Chemische Produktion [t Rohöläquivalente]	290	82	20	x10⁶t/a
Fläche Ackerland (1.2t Rapsöl/ha)	241	68	16	x10⁶ ha

FAO Production yearbook, <http://www.fao.org>

Agenda 21 und Walderklärung

Bewirtschaftung empfindlicher Ökosysteme: Bekämpfung der Wüstenbildung und der Dürren.

Kap. 12.17c Schaffung einer dichteren Vegetationsdecke und Unterstützung der Bewirtschaftung der biotischen Ressourcen in von Wüstenbildung und Dürren betroffenen oder bedrohten Regionen, insbesondere durch Maßnahmen wie etwa Aufforstung/-Wiederaufforstungen, Agroforstwirtschaft, Kommunalwaldwirtschaft und Vegetationsschutzmaßnahmen.

Es sollen Anstrengungen zur Begrünung der Welt unternommen werden. (Walderklärung von Rio, Grundsatz 8a, 1992)

Der zweite Welt-Gipfel zur nachhaltigen Entwicklung findet dieses Jahr in Johannesburg statt. Im Zentrum stehen die Erhaltung und Bewirtschaftung der Ressourcen. Einen wesentlichen Beitrag dazu müssen die Wissenschaften leisten, wobei es der Zusammenführung natur-, wirtschafts- und sozialwissenschaftlicher Erkenntnisse bedarf, um den Herausforderungen der Zukunft zu begegnen.



20. October 1998, 09:00 UTC, © EUMETSAT 1999

ANGEWANDTE
CHEMIE © WILEY-VCH

M. Eissen, J. O. Metzger, E. Schmidt,
U. Schneidewind, 10 Jahre nach Rio –
Konzepte zum Beitrag der Chemie zu
einer nachhaltigen Entwicklung ,
Angew. Chem. **2002**, *114*, 402 – 425.