

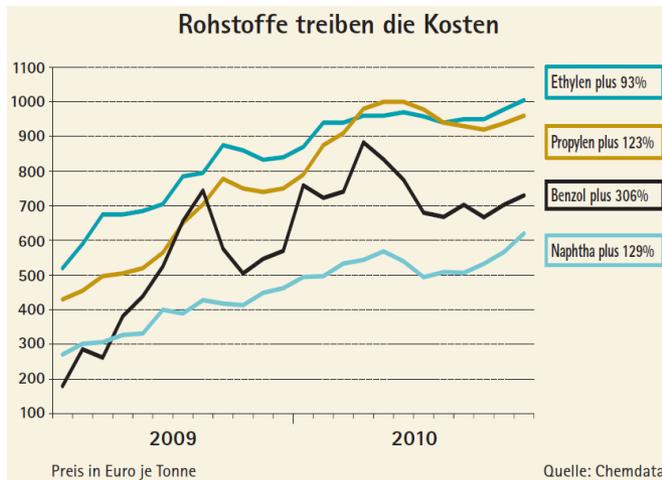
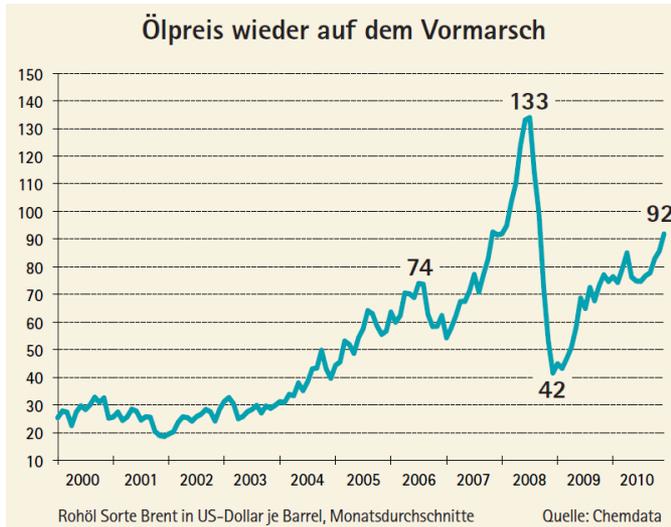
# Rohstoffe für die Chemische Industrie – Aktuelle Situation und Trends



Business Industry Lunch 03.11.11  
Prof. Dr.-Ing. Thomas Schäfer

## Worum geht es?

- Chemische Industrie ist Basis für eine Vielzahl von Wertschöpfungsketten
- Aktuelle Themen: Energie- und Rohstoffeffizienz, nachhaltige Prozesse  
Strategische Herausforderung: Sicherung der Rohstoffbasis  
=> Langfristige Verfügbarkeit, Preis, Technologie (Sicherheit- und Umwelt)
- Fokus auf Rohstoffe für industrielle organische Chemie:  
=> Erdöl, Kohle, nachwachsende Rohstoffe
- Anorganische Rohstoffe: Düngemittel, Platinmetalle, Indium, Lithium, ...

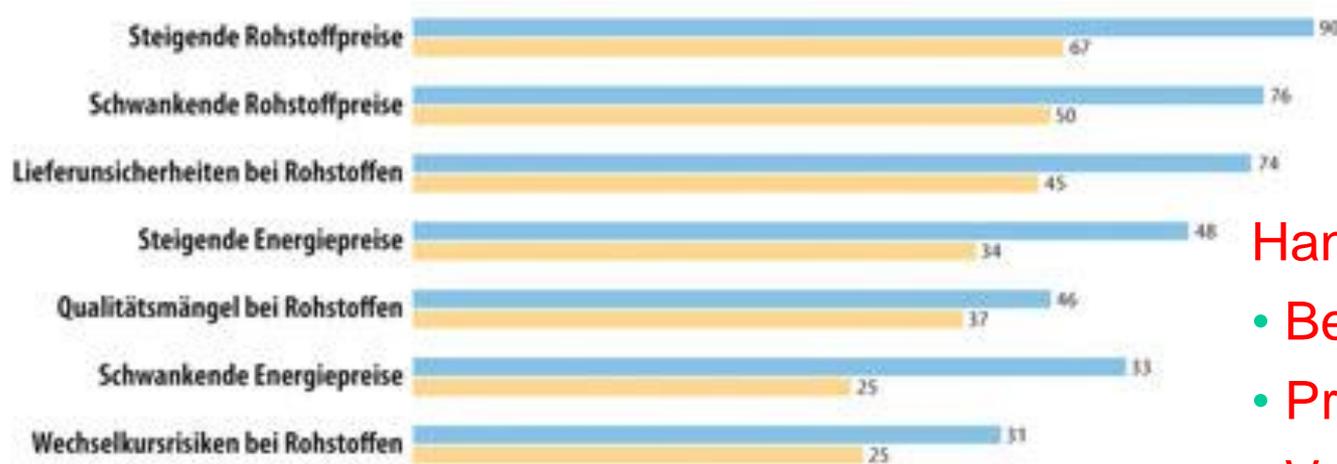


Aktuelle Studie Commerzbank (Chemmanager 20/2011):  
Risiken umkämpfter Ressourcen - 90 % der mittelständigen Chemie-  
und Pharmaunternehmen leiden unter steigenden Rohstoffpreisen

**Welche Probleme bei der Rohstoff- und Energieversorgung  
wirken sich derzeit auf Ihr Geschäft aus?**

Angaben in %

chemische und pharmazeutische Industrie    Gesamtwirtschaft

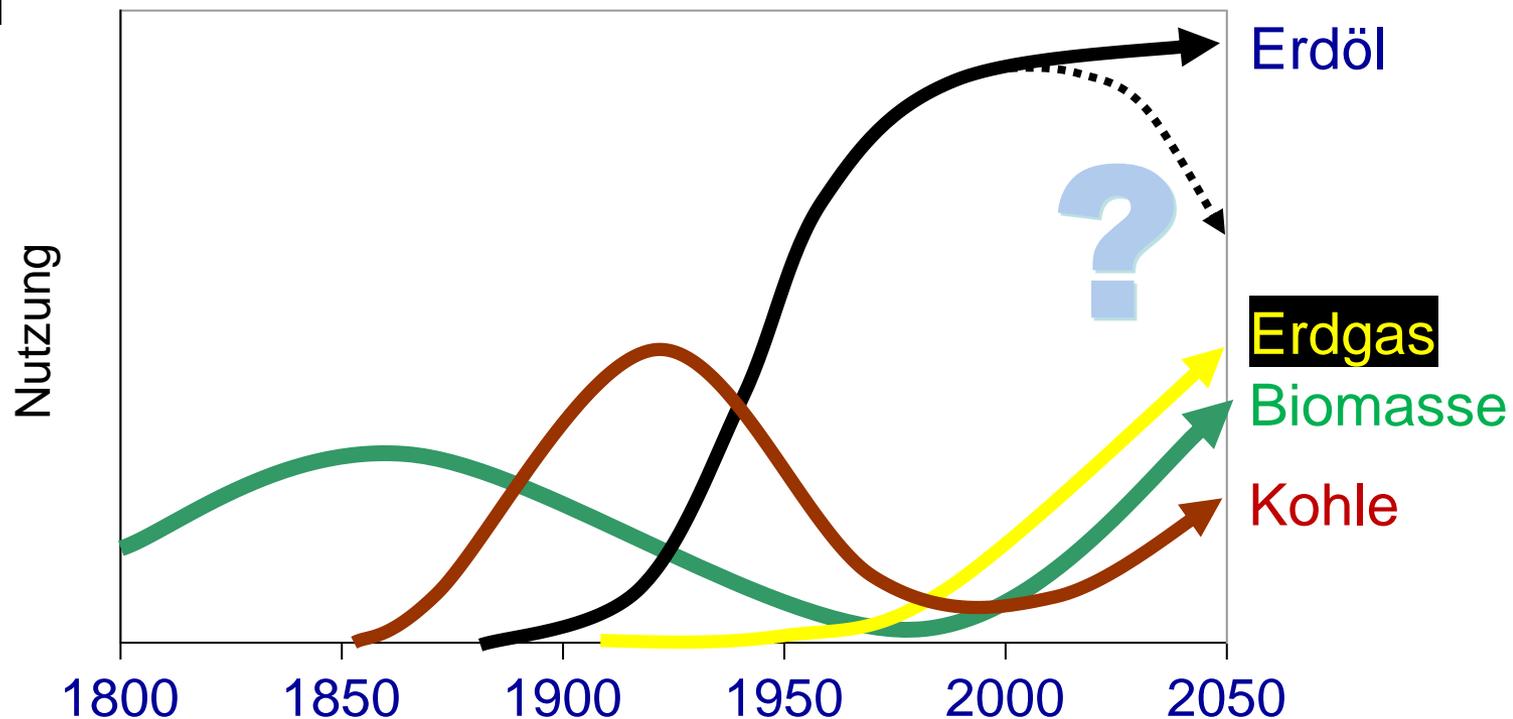


**Handlungsfelder:**

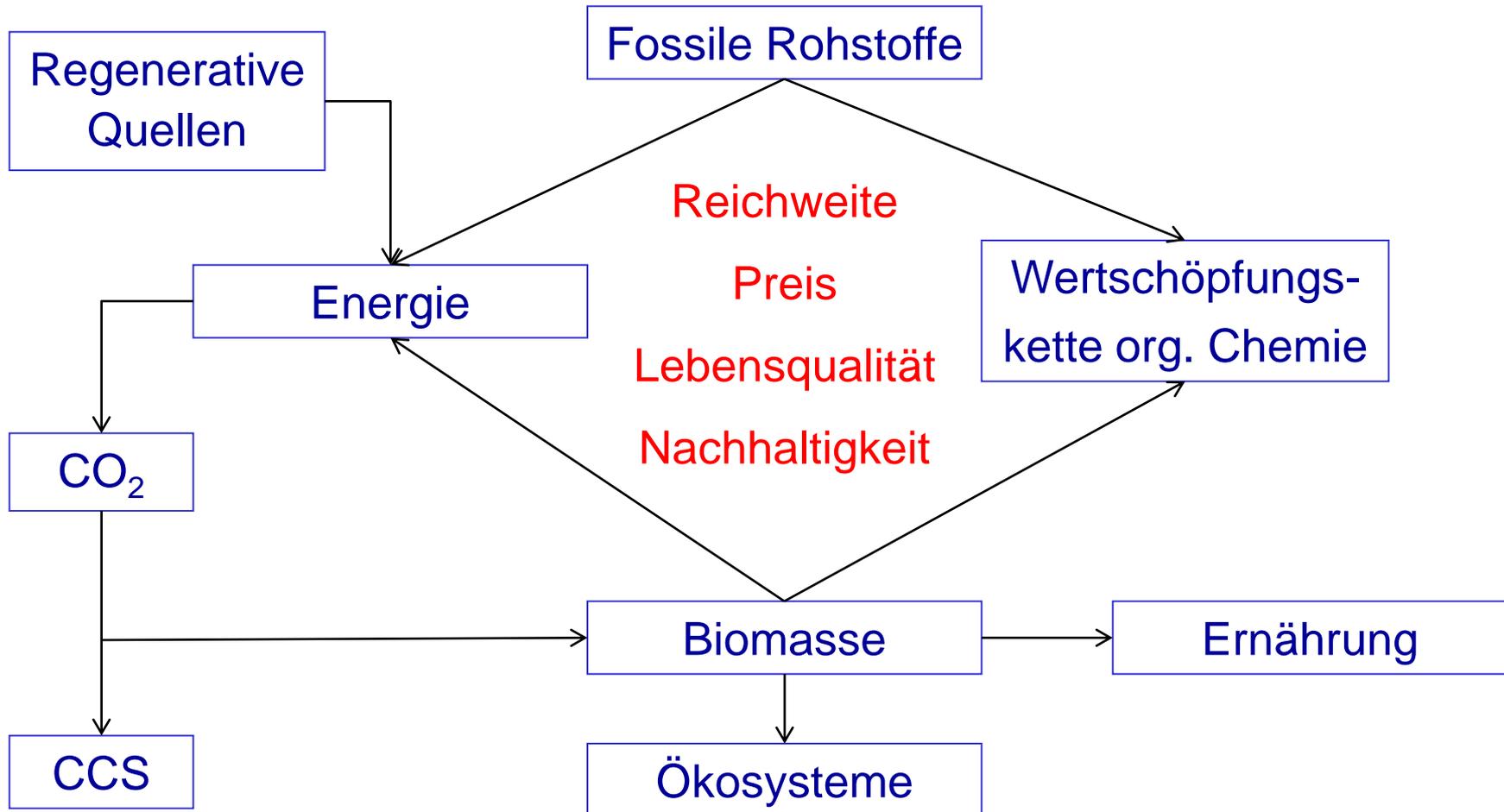
- Beschaffung
- Pricing
- Verbrauchsreduzierung

## Prinzipielle Rohstoffquellen für Industrielle Organische Chemie

- Fossile Rohstoffe: Kohle, Erdöl, Ergas
- Biomasse (nachwachsende Rohstoffe)
- Kohlendioxid



## Verbrauch fossiler Rohstoffe: Energieumwandlung vs. Chemierohstoffe



- Erdölverbrauch weltweit: 4000 Mt/a = 36 % des primären Energiebedarfs
- Reichweite ~ 40-60 Jahre => Verknappung = Preisanstieg
- Deutschland deckt Bedarf durch Importe (97 %)
- Verwendung: 70 % Kraftstoffe (Otto, Diesel, Kerosin), Heizöl
- Umwandlung von ca. 10 % des Erdöls in Chemierohstoffe  
=> Basis der Industriellen Organischen Chemie
- Technisch ausgereifte und optimierte (integrierte) Wertschöpfungsketten  
Raffinerie => Naphtha => Ethylen, Propylen, C4-KW, BTX => Produkte

Trends => Verlängerung der Reichweite, Erhöhung Rohstoff-/Energieeffizienz

## Verlängerung der Reichweite und weitere Vorwärtsintegration Nahost

- Bessere Ausbeute der Lagerstätten  
=> CO<sub>2</sub>-Einspeisung, Einsatz von Tensiden und wasserlöslichen Polymeren
- Verstärkte Nutzung von Ölsanden/-schiefer  
=> Wirtschaftlicher Abbau ab 6 % Ölgehalt  
=> Effizientere Prozesse (Energie, Abwasser)
- Bessere Katalysatoren z.B. für Entschwefelung
- Erhöhung Energieeffizienz von Raffinerien (Wärmeintegration)
- Nutzung von „nassem“ Erdgas => „Petrochemie am Bohrloch“  
CapEx 20 Mrd. USD von DOW und Aramco (3 Mio. t/a Produkte ab 2015)

Erdöl bleibt mittelfristig der wichtigste Basisrohstoff für Chemische Industrie

=> Anteil anderer Rohstoffe wächst (Ergänzung und Ersatz)

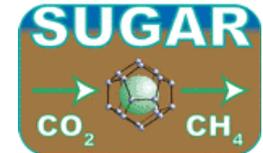
## Bevorzugter Energierohstoff für „saubere“ Verbrennung und Spitzenlast

- Gasverbrauch weltweit  $3 \cdot 10^{12} \text{Nm}^3$  davon  $\sim 10\%$  Chemische Industrie
- Reichweite konventioneller Reserven  $\sim 60$  Jahre (inkl. 3-5 % abgefackelt)
- Etablierter Basisrohstoff zur Herstellung von Synthesegas



## Neue Rohstoffquellen, Verkürzung/Optimierung Prozessketten

- Erschließung unkonventioneller Ressourcen (Methanhydrat)  
=> Technik, Transport, Umweltrisiken



- Direkte Umwandlung zu Olefinen, Aromaten, sauerstoffhaltigen Rohstoffen  
=> verbesserte oder neue Katalysatoren zur Oxidation und Dehydrierung



Eisenmolybdate

Problem: Folgeoxidation



Dotierte Zeolithe

Idee: Membranreaktoren

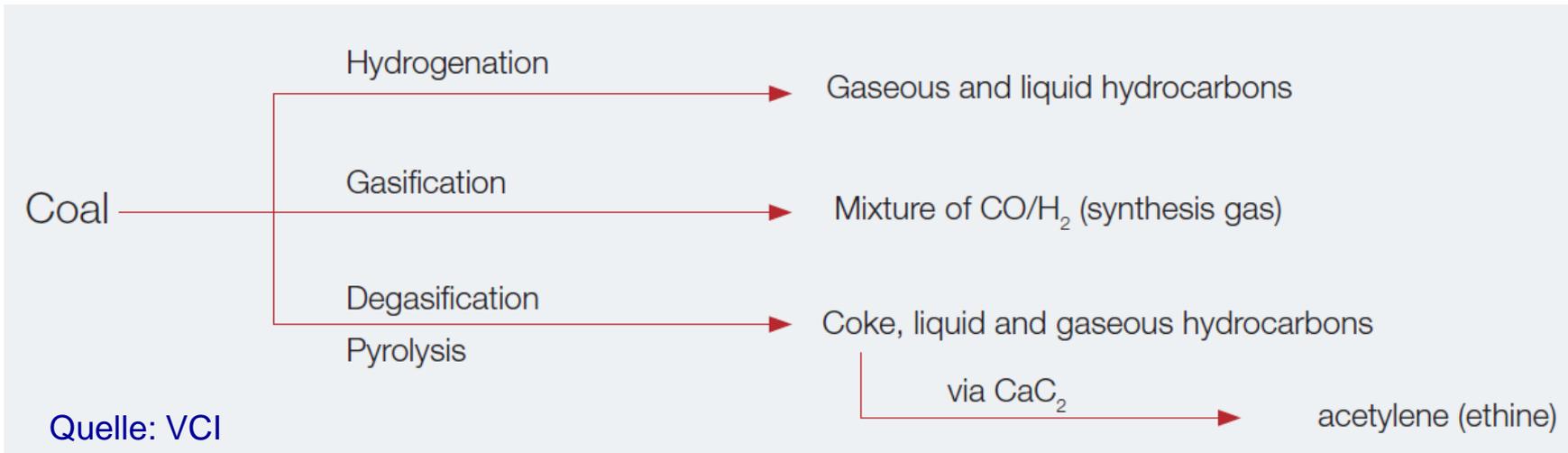
=> Ausblick: Bedeutung als Energie- und Chemierohstoff wächst stark an

## Vielseitiger Rohstoff für Energie, Eisen und Stahl, Chemie

- Stein- und Braunkohle decken 1/3 des weltweiten Energiebedarfs
- Förderung 2009 ~  $7 \cdot 10^9$  t/a
- Reichweite ~ 150 Jahre (USA, Russland, China, Indien, Australien)
- Einsatz von Koks zur Roheisen-/Stahlgewinnung
  - ~ 450 Mio t/a Steinkohle zur Verkokung => ~ 18 Mio t/a Steinkohleteer
- Historisch: Steinkohleteer als Basis für Aufschwung der Chemie im 19. Jh.  
=> Heute: Basis für Naphthalin- und Anthracen, Ruß, Graphitelektroden
- Ausgereifte Verfahren zur Herstellung von Synthesegas aus Kohle

Reife Technik: Basischemikalien können auf Kohlebasis hergestellt werden  
=> Ökonomische und ökologische basierte Entscheidung

## Etablierte Verfahren für Treibstoffe und Basischemikalien aus Kohle



- Hohe Energiebedarf für Primärschritte => CO<sub>2</sub> Emission
- Herausragende Bedeutung der Kohle für Chemische Industrie in China
  - z.B. PVC-Produktion > 10 Mio t/a => ~ 60 % Carbidroute
  - Methanol aus Synthesegas auf Basis Kohle ~ 50 Mio t/a bis 2015
  - MTO 300 kt Ethylen/Propylen in Nanjing, Startup 2013 (UOP)

## Starkes Wachstum in China

### => Neue und alte kohlebasierte Prozesse

#### Celanese to Invest USD 700 Million on Coal-to-Ethanol in China

On Nov. 9 2010, Celanese announced its intention to construct manufacturing facilities in China to utilize recently-developed advanced technology for the production of ethanol from coal.

With about USD 700 million investment, Celanese intends to invest 2 facilities and each will have ethanol capacity of 400 kt/a. Ethanol output may begin 30 months after China grants approvals, while the location still in negotiation. According to the company, the Coal-to-Ethanol would cost less than the current method of fermenting food products such as corn.



**ChinaCoalChem**

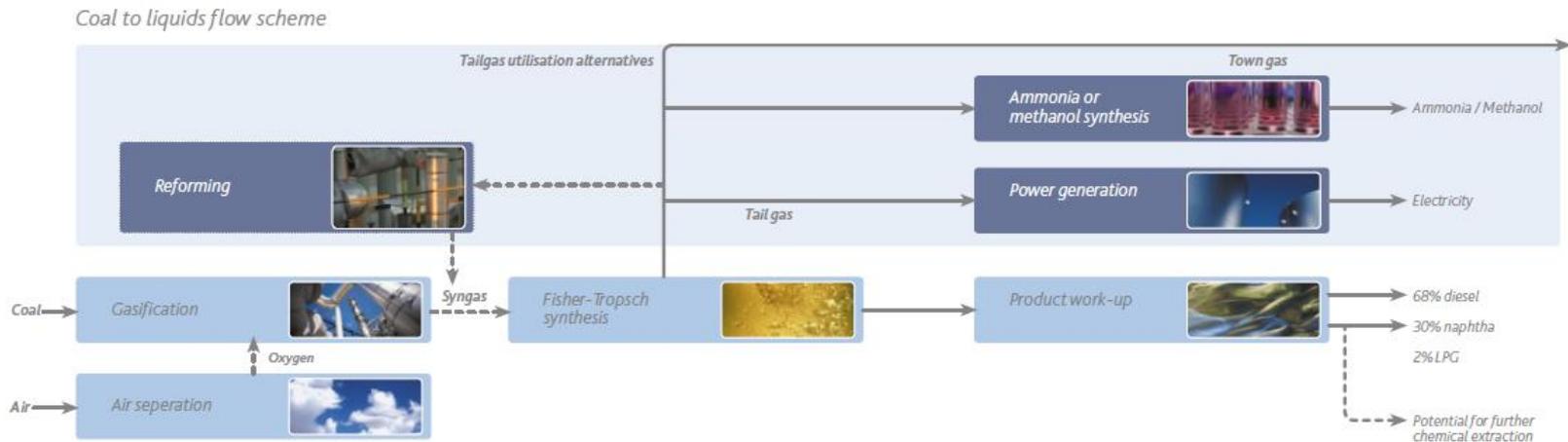
## Neue Lurgi-MTP®-Anlage für China

Air Liquide unterzeichnet nach der erfolgreichen Inbetriebnahme der ersten großtechnischen Anlage beim gleichen Kunden einen Vertrag zum Bau einer 500.000 Jato Methanol-zu-Propylen (MTP)-Anlage mit der Shenhua Ningxia Coal Industry Group (SNCG), einem der weltweit größten Kohlekonzerne.

## Ausblick: Renaissance des Rohstoffs Kohle und technische Weiterentwicklung

- Wirtschaftlichkeit hängt von Schere Kohle-/Ölpreis ab
- Je nach Prozess/Zielprodukt CO<sub>2</sub> Emission => CCS oder Chemierohstoff?
- Hoher Kapitalbedarf für Neuanlagen, reife Basistechnologie zu Synthesegas
- F+E Kohlehydrierung: Bessere Katalysatoren und Katalysatorabtrennung

### *the sasol CTL process*



## Rohstoff Biomasse

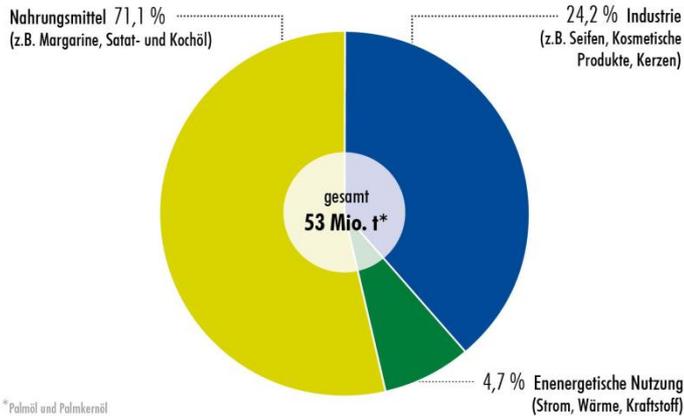
- Motivation zum Einsatz:
  - => Nachhaltigkeit: Klimaschutz, Ressourcenschonung
  - => Reduzierung der Abhängigkeit von fossilen Rohstoffen (Importe)
  - => Stärkung der nachhaltigen Land- und Forstwirtschaft
- Hohe gesellschaftliche Akzeptanz und politische Unterstützung
- F+E Schwerpunkt: Weiße Biotechnologie (hohes Wachstum und Profit)
- Bedenken
  - => Begrenzte Verfügbarkeit von Anbauflächen
  - => Konkurrenz zu Nahrungsmittelanbau
  - => Emission von Treibhausgasen durch intensivere Düngung
  - => Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit

Nonfood Biomasse, u.a. Lignocellulose und agrarwirtschaftliche Abfälle

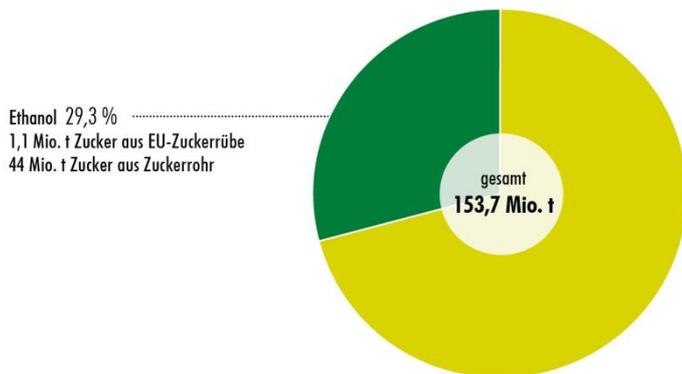
## Etablierte Rohstoffe in der Chemischen Industrie

- Öle und Fette: 164 Mio t/a in 2007 (83 % aus Pflanzen)
  - => Chemiebedarf: 17 Mio t/a Produkte u.a. Tenside, Glycerin
  - => Starkes Wachstum, Hauptprodukt Biodiesel
  - => Glycerin als Basischemikalie verfügbar => Acrolein, Epichlorhydrin
  - => Trends: Neue Ölpflanzen (Jatropha), Zucht spezieller Mikroalgen
- Zucker und Stärke
  - => Saccharose aus Zuckerrohr und Zuckerrüben, Stärke u.a. aus Mais
  - => Bioethanol aus Zuckerrohr und Mais (USA, Brasilien)
  - => Produkte: Ethanol, Sorbitol, Milchsäure, abbaubare Tenside, ...
    - Stärkederivate für Textilindustrie und abbaubare Polymere
  - => Wichtigster Rohstoffe für industrielle Fermentationsprozesse
  - Produkte der weißen Biotechnologie, z.B. Aminosäuren, Antibiotica

## Palmölnutzung weltweit 2010



## Globaler Zuckerbedarf 2009 - inklusive Ethanolherstellung



## Weltgetreideverbrauch 2010 - inklusive Bioethanolproduktion



Der Weltgetreideverbrauch im Jahr 2010 betrug geschätzte 2.253,8 Mio. Tonnen (t). Davon wurden voraussichtlich nur 6,4 %, also 144 Mio. t für Biokraftstoffe genutzt.

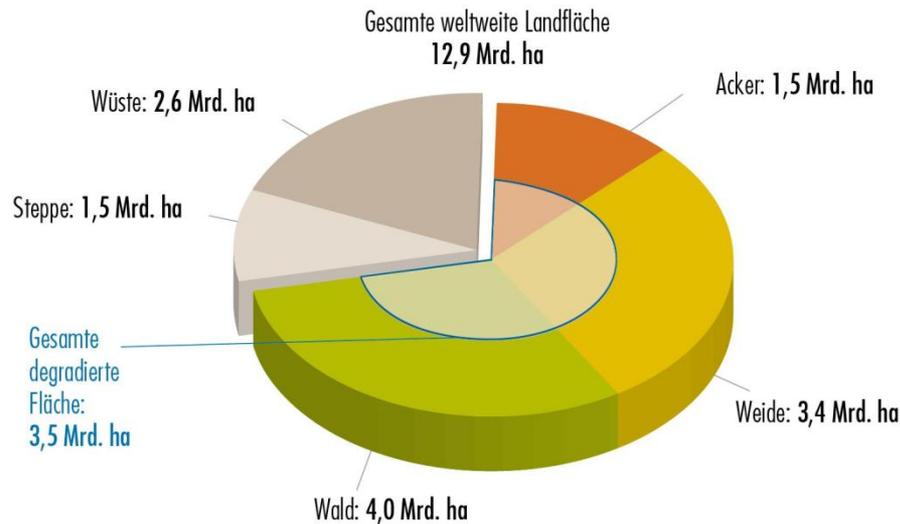
Quellen: FAO Crop Prospects and Food Situation, FAO Food Outlook, Stand: 11/10

© FNR 2011

Beispiel für industrielle Nutzung:  
 Plattformchemikalie Ethanol:  
 Herstellung „grünes“ PE und PVC  
 In Brasilien (Braskem, Solvay) auf  
 Basis Zuckerrohr

## Signifikante Mengen für Energie- und Chemierohstoffe => Ausweitung Anbauflächen

### Geringer Flächenbedarf für hohe Anteile von Biokraftstoffen



**Durch Anbau von Energiepflanzen auf rund 25 % der degradierten Flächen könnten Biokraftstoffe erzeugt werden, die 50 % des globalen Kraftstoffverbrauchs decken. Zudem werden auf nur 30 Mio. Hektar (ha) der 1,5 Mrd. ha Ackerfläche weltweit Energiepflanzen für die Bioenergieproduktion angebaut. Das machte gerade mal 2 % aus.**

Quellen: FAO ; Metzger und Hüttermann, 2/2009, [www.unendlich-viel-energie.de](http://www.unendlich-viel-energie.de)

© FNR 2011

## „Non-Food“ Biomasse

- Holz, Stroh, Gras, Abfälle aus Land- und Forstwirtschaft
- Produkte: Papier (Holzbedarf ~ 280 Mio. t/a), Cellulosefasern u. -derivate
- Konzept der Bioraffinerie:

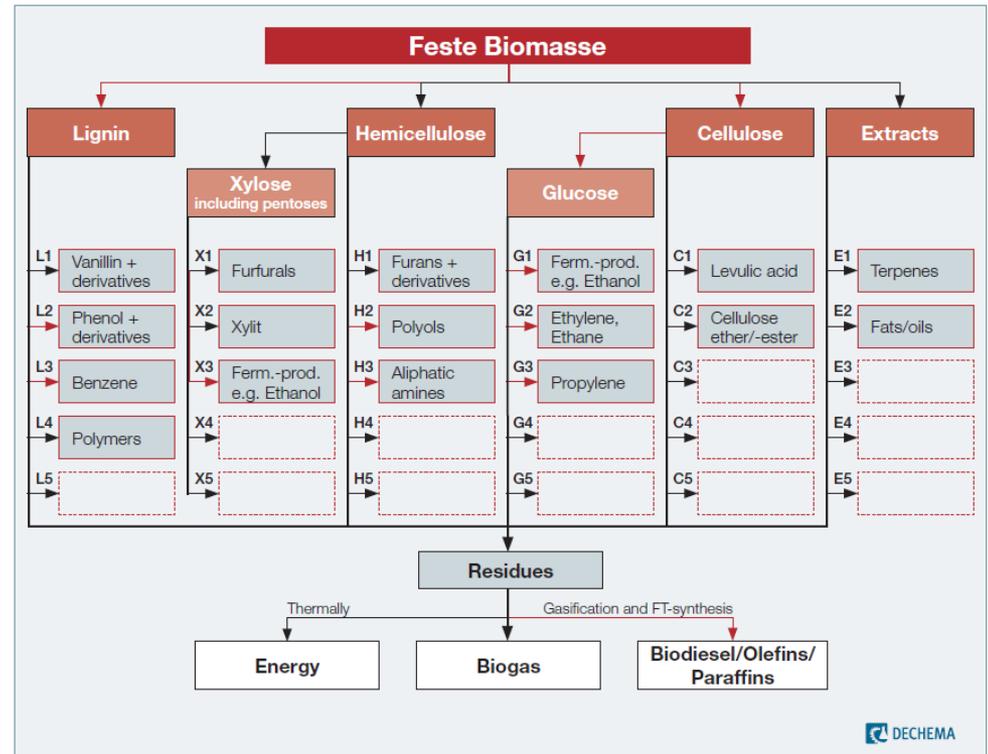
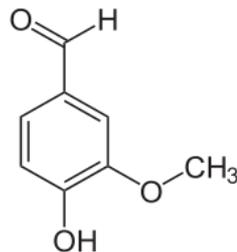
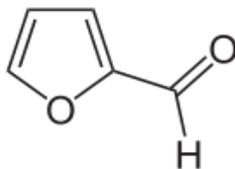
=> Große Vielfalt an Produkten

=> Stabiles Lignin

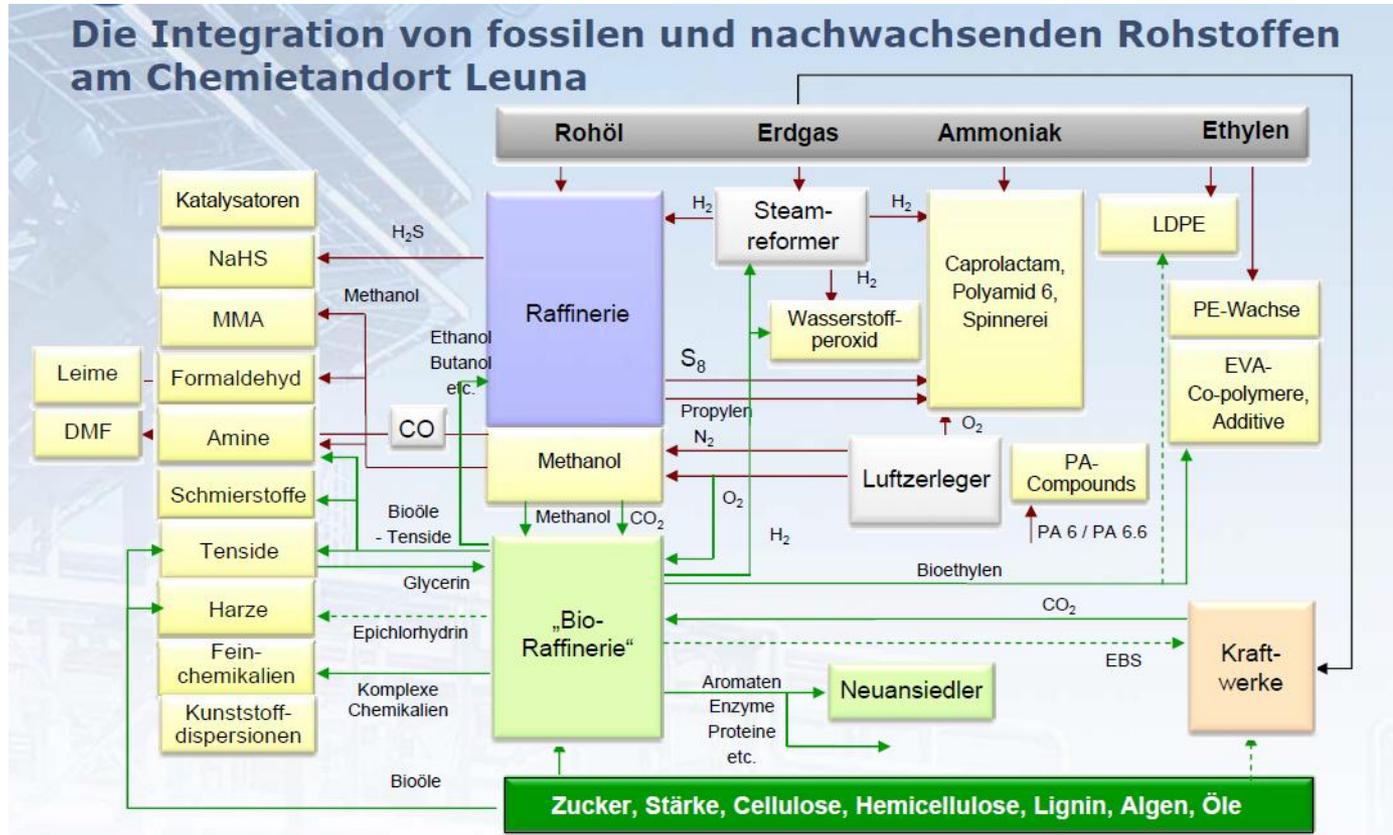
=> Produkte aus Ligninabfall der Papierherstellung:

150 kt/a Fufural,

5 kt/a Vanillin



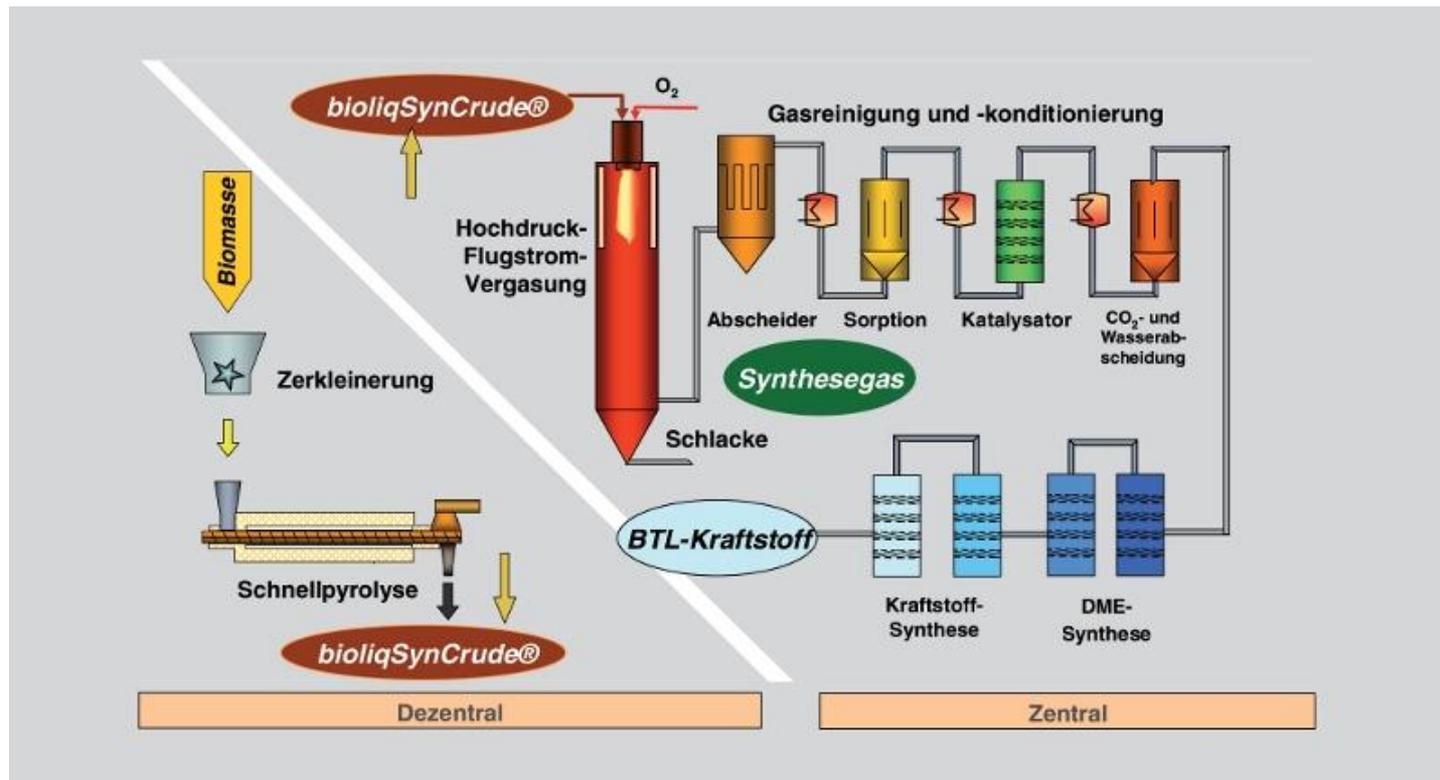
## Vision Bioraffinerie: Integration in etablierten Produktionsverbund



## „Non-Food“ Biomasse, Alternativen zur Bioraffinerie

- Pyrolyse und Vergasung von „trockener“ Biomasse (Bioliq, KIT)

Thermische Vorbehandlung => Pyrolyse => Biokohle => Synthesegas => ...



- Erdöl bleibt in den nächsten 10 Jahren der wichtigste Rohstoff
- Bedeutung von Erdgas und Kohle wird zunehmen
- Erdgas mit potentiell größter Reichweite (Risiko Methanhydrat)
- Synthesegasherstellung ist Schlüsseltechnologie
- Methanol als wichtiges Zwischenprodukt
- Weiße Biotechnologie wird weiter profitabel wachsen
- Anteil von nachwachsenden Rohstoffen wird langsam anwachsen, Grenze?
- Bioraffinerien auf Holz- und Abfallbasis leisten zukünftig einen Beitrag
- In 10000 Jahren .....  $\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$   
 $\text{CO} + x \text{H}_2 \rightarrow \text{Produkte der Chemischen Industrie}$