

# DAIMLERCHRYSLER

Forschung und Technologie  
Dr. Winfried Degen

## Synthetische Kraftstoffe

13. Stuttgarter Chemietage  
September 2007

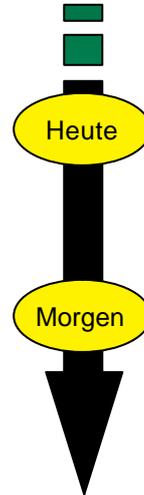
DAIMLERCHRYSLER

## Gliederung

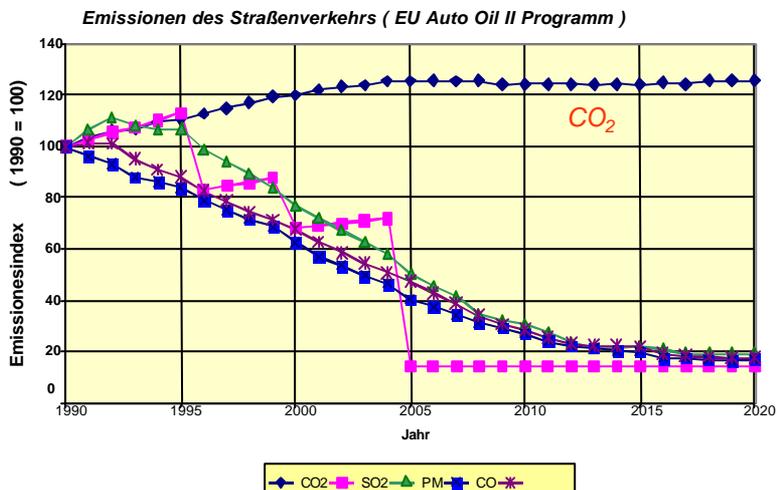
- Was sind die Treiber ?
- Welche Kraftstoffe stehen zur Wahl ?
- Kriterien und Randbedingungen
- Wie ist der Stand ?
- Ausblick

## Essentials für eine nachhaltige Mobilität

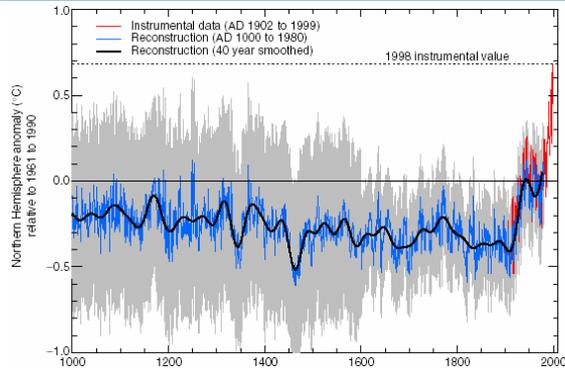
- Reduzierung der lokalen Emissionen  
( NO<sub>x</sub> , CO, HC, PM )
- Reduzierung der Klimagasemissionen  
( CO<sub>2</sub> , FCKW )
- Schonung der Energieressourcen
- Übergang zu einer nachhaltigen und umweltverträglichen Energieversorgung



## Reduzierung der lokalen Emissionen



## Das Problem der globalen Erwärmung

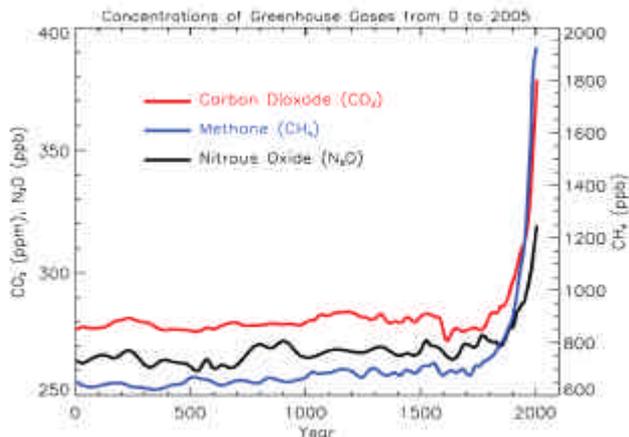


Die Zunahme der mittleren Jahrestemperaturen in der nördlichen Hemisphäre korreliert mit der Zunahme der Klimagase

Quelle : IPCC Third Assessment Report - Climate Change 2001

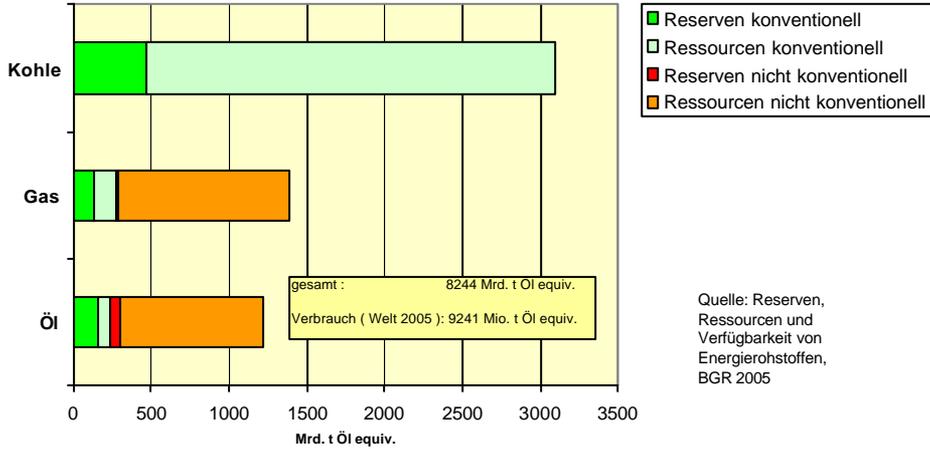
## Zunahme der Treibhausgase

In den letzten 200 Jahren hat die Treibhausgas -Emission aus Industrie, Verkehr und Landwirtschaft sehr stark zugenommen



Quelle : IPCC Fourth Assessment Report - Climate Change 2007

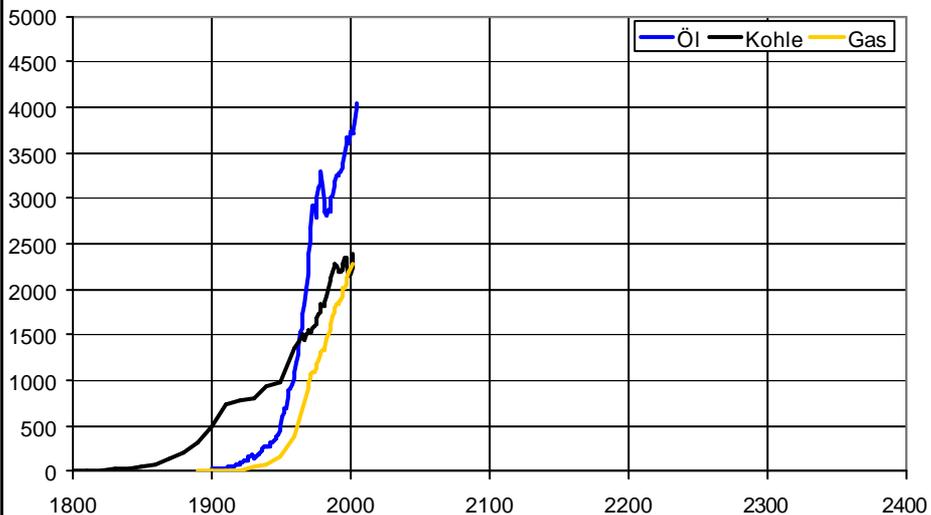
## Reserven und Ressourcen fossiler Energieträger



Dr. Degen, 13. Stuttgarter Chemietage, September 2007

7

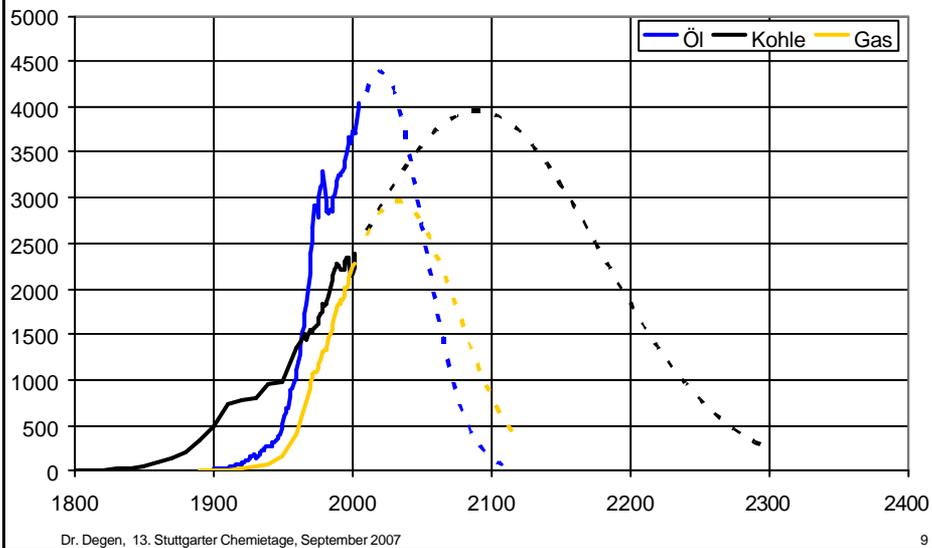
## Energie Ressourcen: Historischer Überblick



Dr. Degen, 13. Stuttgarter Chemietage, September 2007

8

## Energie Ressourcen: Ausblick

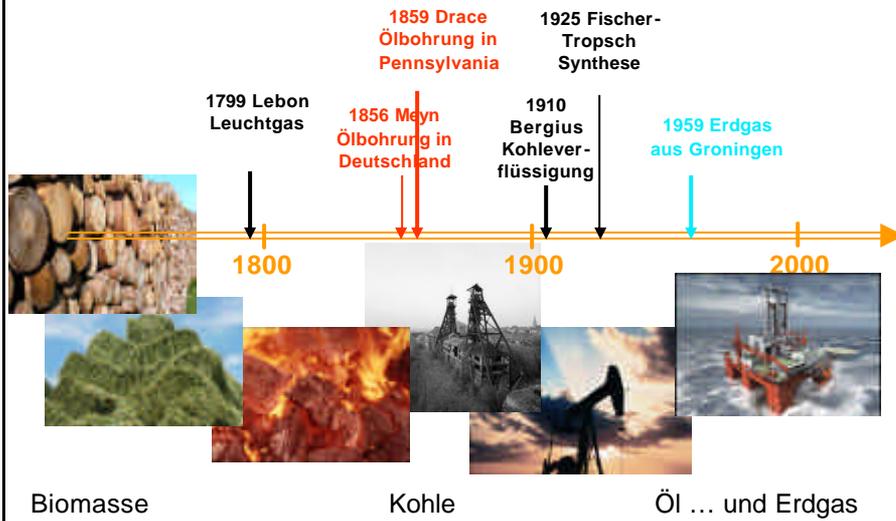


9

## Was sind die Treiber? Thesen:

- Bei der Reduzierung der lokalen Emissionen sind wir dank fortschrittlicher Motortechnologie ( Abgasnachbehandlung ) und verbesserter Kraftstoffe auf einem guten Weg !
- Eine schnelle und kosteneffiziente Reduktion der Treibhausgasemissionen, insbesondere der CO<sub>2</sub> – Emissionen, hat Priorität!
- Eine Verknappung bzw. Erschöpfung der fossilen Energieressourcen ist kurzfristig nicht zu erwarten!
- Dennoch muß der Einstieg in eine nachhaltige Energieversorgung wegen der benötigten Übergangszeit bereits heute beginnen!

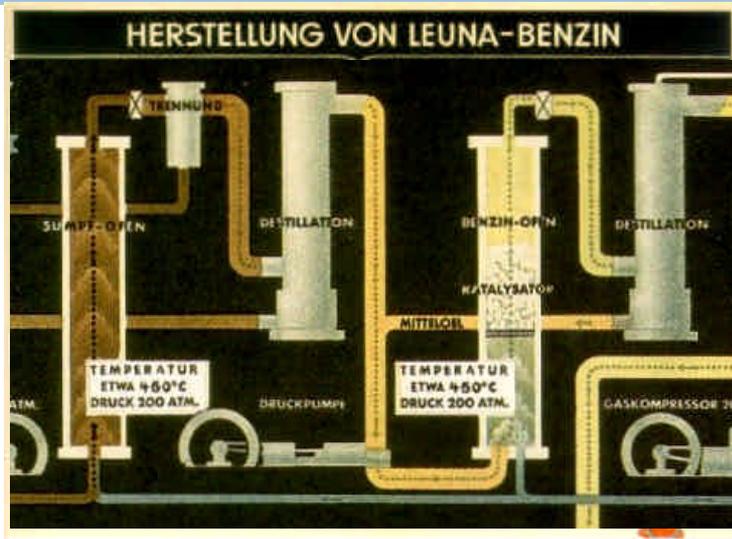
# Energie Ressourcen: Historischer Überblick



# Kohlehydrierung nach Bergius ( Leuna 1926)



## Kohlehydrierung nach Bergius ( Leuna 1926)



Dr. Degen, 13. Stuttgarter Chemietage, September 2007

13

## Kohlehydrierung nach Bergius ( Leuna 1926)



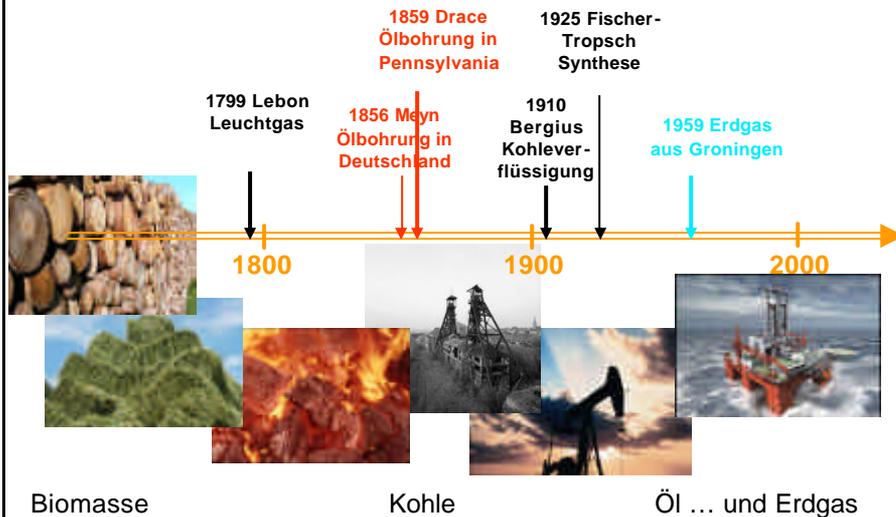
## Kohlehydrierung: Stand der Technik

Mit Hilfe deutscher Technologien wird in Majatan, China, eine 5 Mio. Jato Bergius Kohlehydrier-Anlage gebaut



Versuchsanlage zur Kohlehydrierung der Deutschen Montan Technologie (DMT) Bottrop 1985

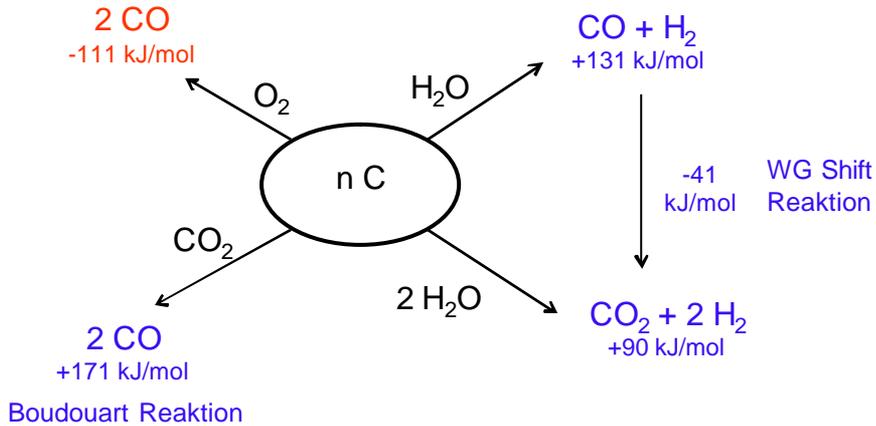
## Energie Ressourcen: Historischer Überblick



## Kohlevergasung

Partielle Oxidation

Heterogen Wassergasreaktion



## Kohlevergasung: Verfahrensvarianten

### Allgemeine Verfahrensvarianten

- **Autotherme Prozesse:** Die Prozesse benötigen keine Fremdenergie. Die benötigten Prozesstemperaturen werden durch Verbrennung eines Teils der Kohle erzeugt.
- **Allotherme Prozesse:** Der Prozess wird durch Fremdenergie (Erdgas, Öl, Strom) unterstützt.

### Einfluss des Vergasungsmittels:

Vergasungsmittel	Vorteil	Nachteil
Luft	einfach preisgünstig	50% $\text{N}_2$ Anteil, Schwachgas, nicht für Synthesen geeignet
Sauerstoff	hochkaloriges Brenngas für Synthese geeignet	aufwändig teuer
Wasser	Sehr wasserstoffreiches Produktgas für Synthese geeignet	nur für allotherme Verfahren geeignet

## Kohlevergasung: Verfahrensvarianten

### Beispiel Festbett- BGL -Vergaser :

British Gas Lurgi Gaserzeuger  
mit flüssigem Schlackeabzug  
SVZ Schwarze Pumpe

Festbettvergaser  
Gegenstromprinzip

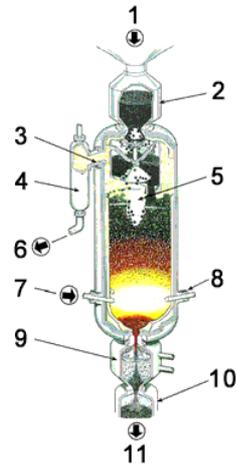
#### Vorteile :

- bewährte Technik
- hohe Leistung

#### Nachteile:

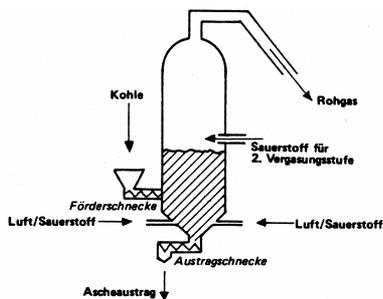
- teerhaltiges Gas

- 1 Einsatzstoff
- 2 Eintragschleuse
- 3 Gasaustritt
- 4 Gas-Quench
- 5 Verteiler (optional)
- 6 Rohgas
- 7 Dampf, Sauerstoff
- 8 Vergasungsmitteldüsen
- 9 Schlacke-Quench
- 10 Schlackeschleuse
- 11 Schlacke

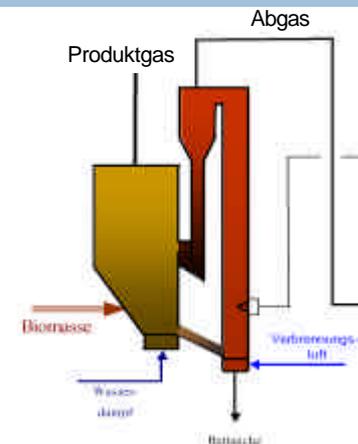


## Kohlevergasung: Verfahrensvarianten

### Beispiel Wirbelschicht Vergaser



Kohlevergasung in der  
stationären Wirbelschicht  
Winkler (BASF 1921)

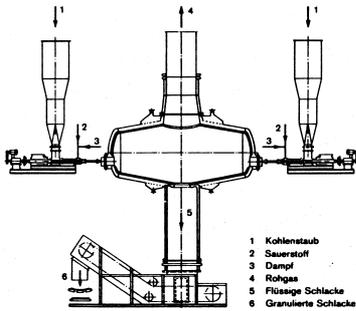


Biomassevergasung in der  
zirkulierenden Wirbelschicht

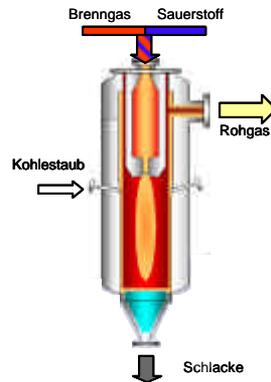
Güssing 2002

## Kohlevergasung: Verfahrensvarianten

### Beispiel Flugstrom Vergaser



Flugstromvergaser nach Koppers-Totzek (1939-1943)



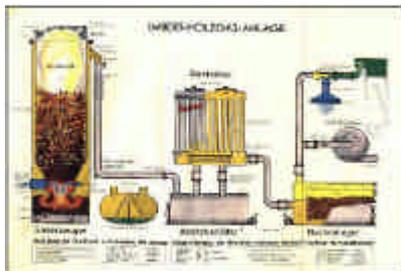
CHOREN Flugstromvergaser Freiberg 2001

## Not macht erfinderisch



### Mercedes-Benz 170 VG

<b>Produktion:</b>	1939 - 1943
<b>Motor:</b>	M 136 G 4 Zylinder Reihentmot. E: 8,7 to 1 22 PS bei 3200 U/min
<b>Gas Generator:</b>	MB G 136
<b>Verbrauch:</b>	15 kg Holz/100km (entspr. 5,8 L Benzin)



### Holz Gas (Producer Gas)

<b>Zusammensetzung:</b>	
Wasserstoff:	5 - 25 %
Kohlen-Monoxyd:	10 - 25 %
Methan:	1 - 15 %
Kohlen-Dioxyd:	5 - 15 %
Stickstoff:	45 - 55 %

**Konversions-Wirkungsgrad: 72 - 91 %**

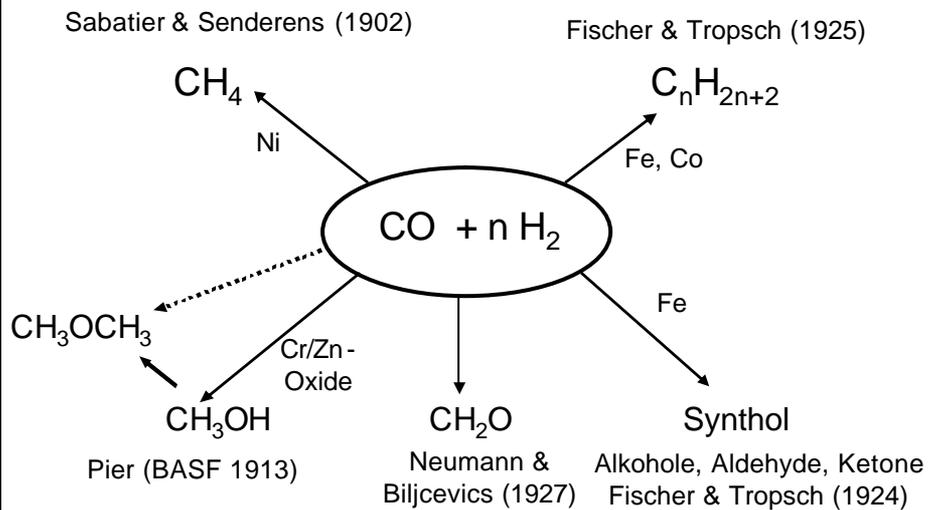
## Not macht erfinderisch



Dr. Degen, 13. Stuttgarter Chemietage, September 2007

23

## Kohlenoxyd-Hydrierung



Dr. Degen, 13. Stuttgarter Chemietage, September 2007

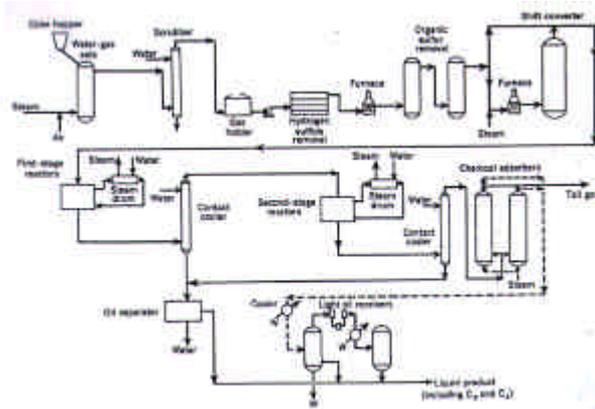
24

# Das Fischer Tropsch Verfahren



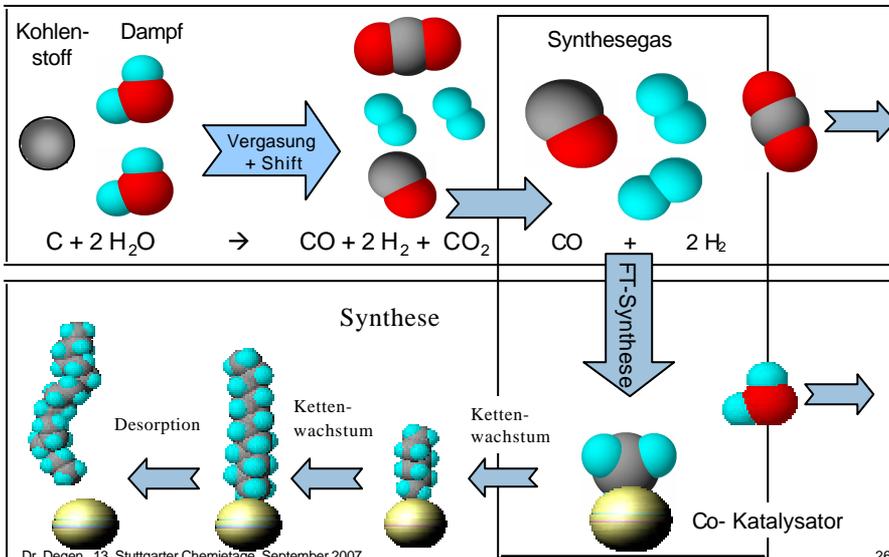
Prof. Franz Fischer & Dr. Hans Tropsch

Kaiser Wilhelm Institut  
für Kohleforschung,  
Mühlheim Ruhr

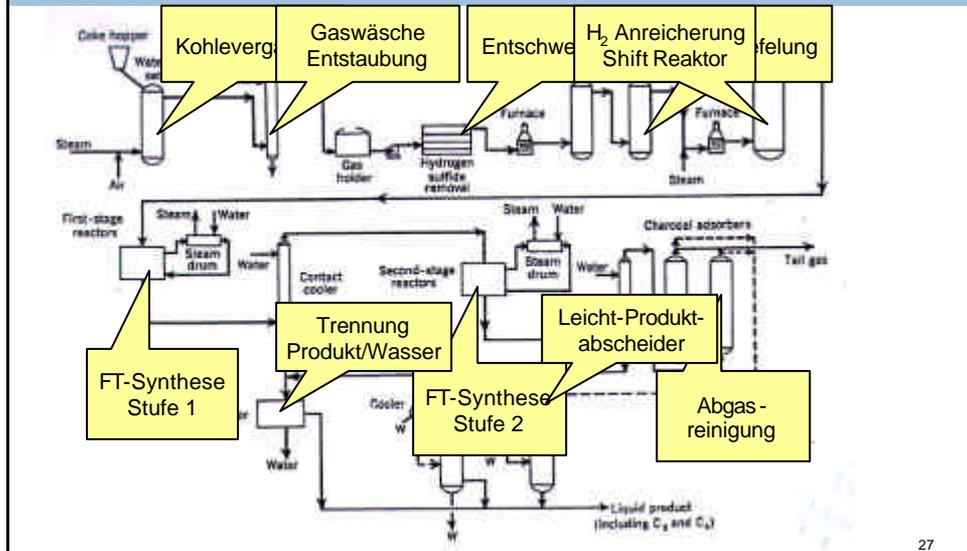


Anlageschema der Ruhrbenzin AG (1937) zur Herstellung von Kraftstoff aus Steinkohle nach dem Fischer-Tropsch-Verfahren

# Schema der FT-Synthese auf Basis Kohle (CTL)



## Fischer Tropsch Anlage Oberhausen-Holten (1937)

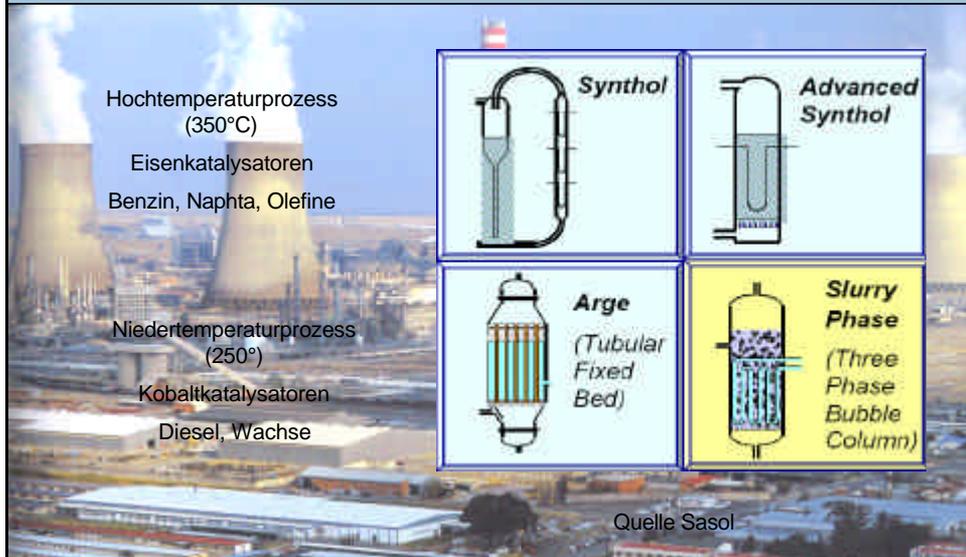


27

## Entwicklung der Kohleverflüssigungstechnologie in Deutschland (1927-1945)

- Bis 1945 wurden 12 Anlagen zur Verflüssigung von Braunkohle, Steinkohle und Teer (Bergius-Verfahren) errichtet.
  - **Jahreskapazität 4.000.000 t Treibstoffe**
- Bis 1945 wurden in Deutschland 9 Fischer-Tropsch Syntheseanlagen gebaut
  - **Jahreskapazität 570.000 t Treibstoffe**
- Nach Kriegsende teilweise Demontage. Verbot der Produktion bis 1950
- Keine Wiederaufnahme der Technologie wegen der Konkurrenz des billigeren Rohöls

## Die Sasol III CTL (Coal to Liquid) Anlage in Südafrika



Hochtemperaturprozess  
(350°C)  
Eisenkatalysatoren  
Benzin, Naphta, Olefine

Niedertemperaturprozess  
(250°)  
Kobaltkatalysatoren  
Diesel, Wachse

**Synthol**

**Advanced Synthol**

**Arge**  
(Tubular Fixed Bed)

**Slurry Phase**  
(Three Phase Bubble Column)

Quelle Sasol

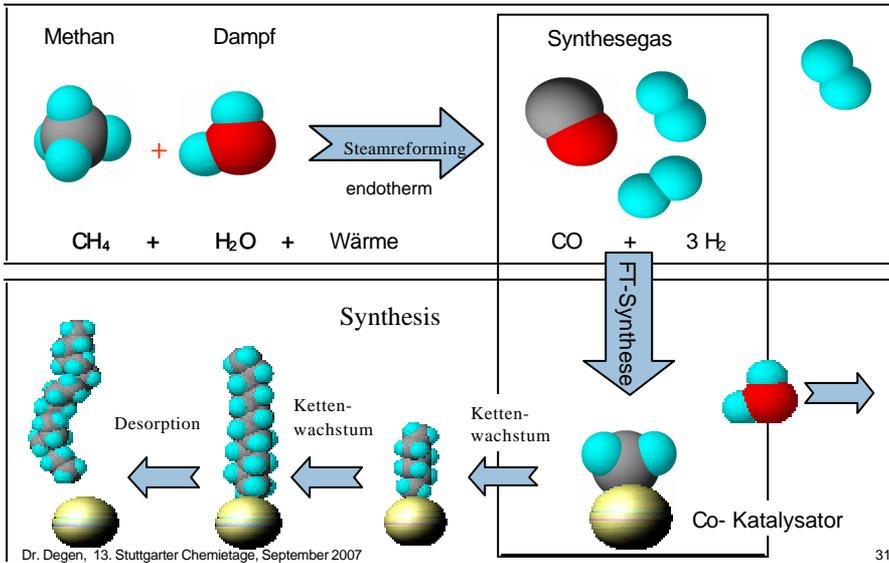
## Die Sasol III CTL (Coal to Liquid) Anlage in Südafrika



Syntol Reaktoren  
Sasol III Südafrika

Der Reaktor arbeitet mit  
zirkulierender Wirbelschicht

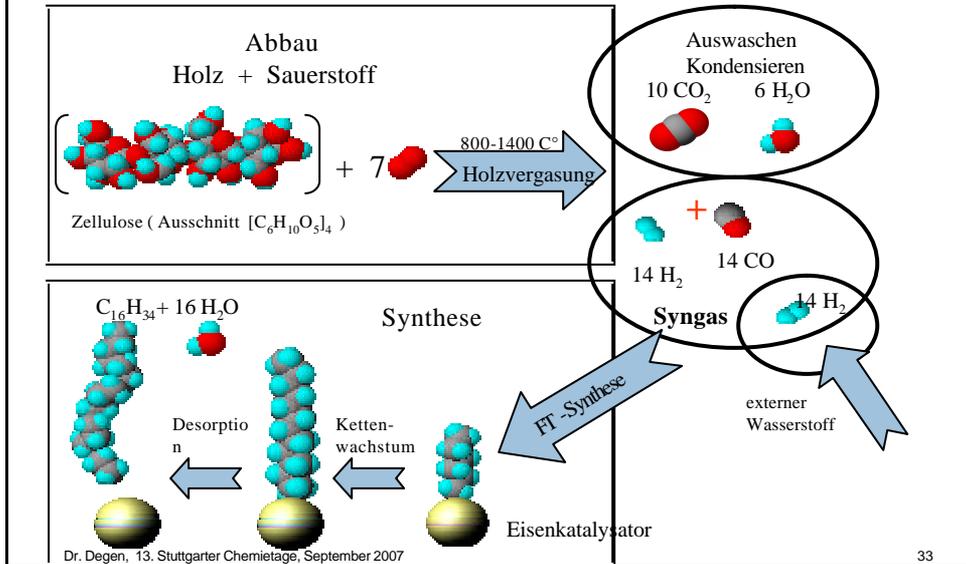
## Schema der GTL Produktion



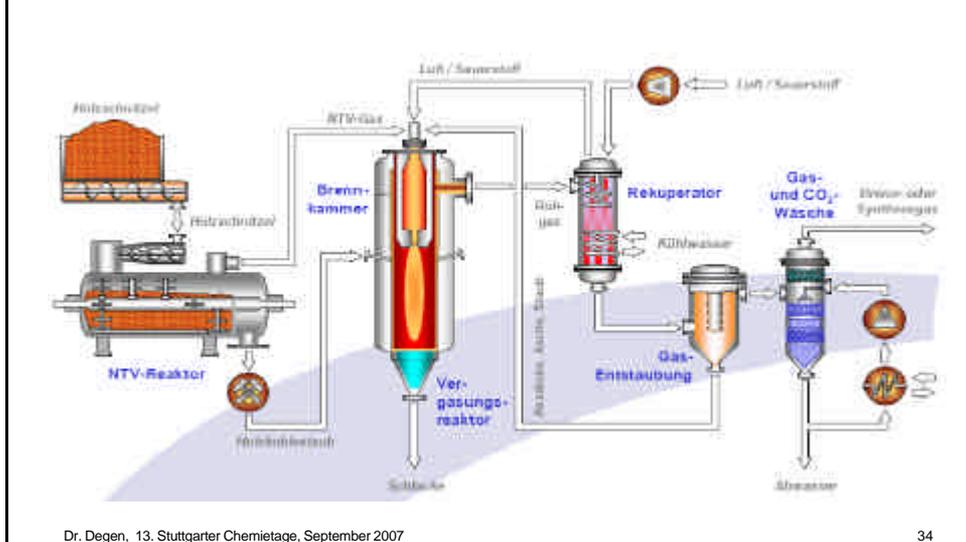
## Bau der Sasol Oryx GTL (Gas to Liquid) Anlage in Qatar



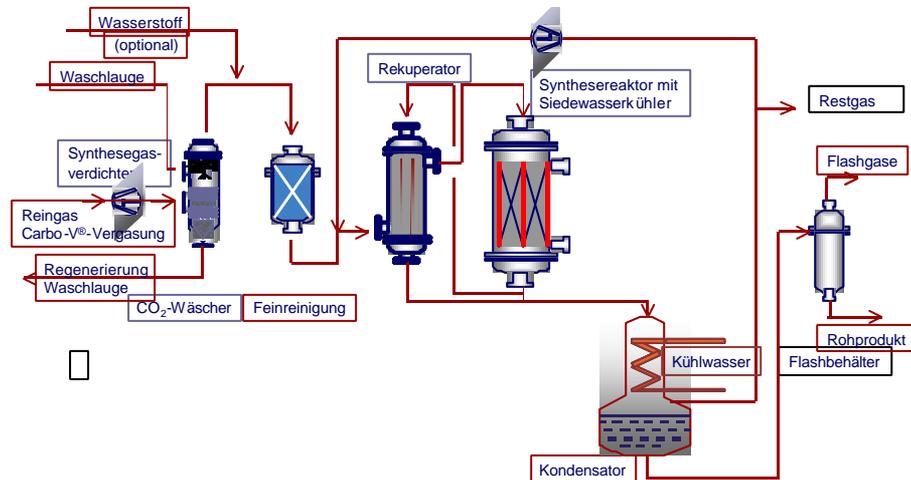
## Schema der BTL Produktion



## Das CHOREN BTL (Biomass to Liquid) Verfahren



## Schema der CHOREN - FT-Synthese



Dr. Degen, 13. Stuttgarter Chemietage, September 2007

35

## Kooperationsprojekt CHOREN

Choren and DaimlerChrysler haben in 2001 eine Forschungsinitiative zur Produktion und Nutzung von BTL-Diesel (Co-Finanzierung: VW und BMBF) gestartet



- **CHOREN:** Pilot-Produktion von synthetischem Dieselkraftstoff aus Biomasse (Holzreste)
- **DC:** BTL-Flottenversuch in MB-Dieselfahrzeugen
- Kooperation mit **VW** zum Versuch, zur Optimierung und zur Förderung von BTL-Kraftstoffen

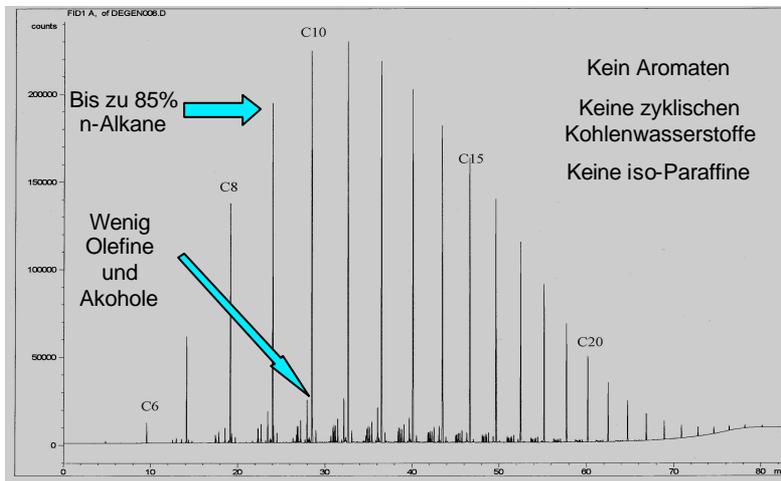


“Wir sind am Anfang einer vielversprechenden Entwicklung”  
(J. Hubbert, Vorstandmitglied verantwortlich für die Mercedes Gruppe)

Dr. Degen, 13. Stuttgarter Chemietage, September 2007

36

## Eigenschaften eines modernen FT- Dieselkraftstoffs



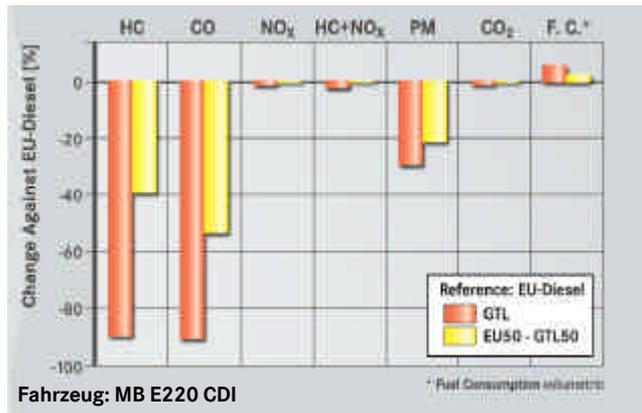
Gaschromatogramm eines modernen FT- Dieselkraftstoffs

## Typische Eigenschaften eines modernen FT- Dieselkraftstoffs

Eigenschaft	Kraftstoff	Einheit	Konv. Diesel	FT Diesel
Dichte (15°C)		kg/m <sup>3</sup>	820-845	765
Viscosität (40°C)		mm <sup>2</sup> /s	2-4,5	1,97
Cetan Zahl		-	> 51	> 75
Heizwert		MJ/kg	43	43,9
Heizwert		MJ/l	>36,5	34,4
Schwefelgehalt		ppm	50 / 10	<1
Gesamtaromaten		%	25	<0,14
H/C Verhältnis, molar		-	<1,8	2,1

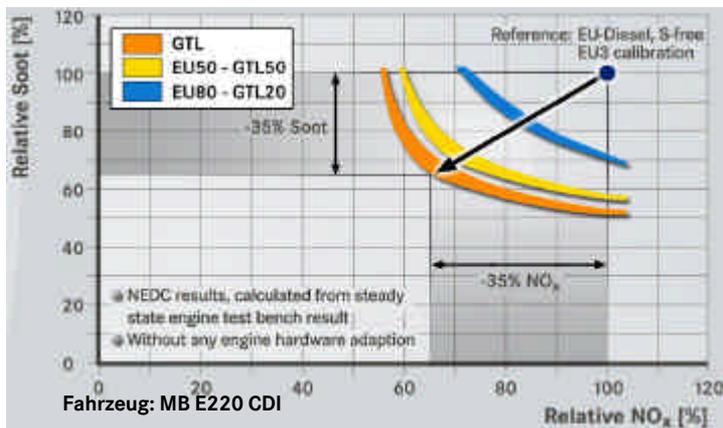
### Emissionsreduktion durch synthetische Dieselmotoren

Ohne jegliche Änderung an Motor und Motorsteuerung emittiert ein mit synthetischem Diesel betriebenes Fahrzeug bis zu 90% weniger Kohlenmonoxid und Kohlenwasserstoffe. Die Partikelemission geht um ca. 30% zurück.



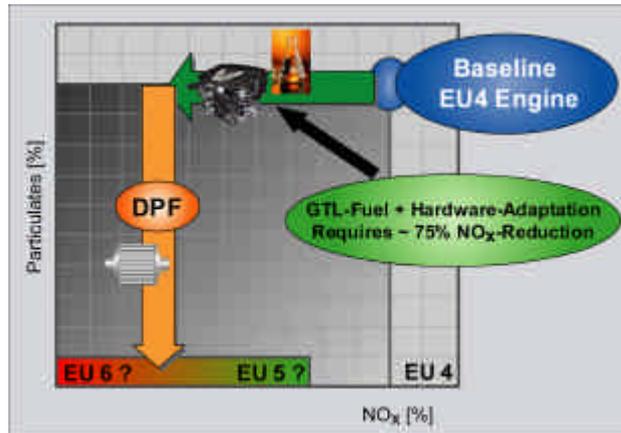
### Emissionsreduktion durch synthetische Dieselmotoren

Durch Berücksichtigung der Kraftstoffeigenschaften durch die Motorsteuerung (Software Adaptation) können gleichzeitig NO<sub>x</sub>- und Partikelemission um ca. 35% gesenkt werden.



## Emissionsreduktion durch synthetische Dieselmotoren

Durch Hardware und Software Anpassung können die NO<sub>x</sub> Emissionen um ca. 75 % gesenkt werden. Die Reduktion der Partikelemissionen übernimmt das Partikelfilter.



Dr. Degen, 13. Stuttgarter Chemietage, September 2007

41

## Vorteile von Fischer-Tropsch Diesel Syndiesel

- Extrem sauberer Kraftstoff ( Schwefel- und Aromatenfrei)
  - ☞ stark reduzierte CO, HC und Partikelemission auch bei Altfahrzeugen
  - ☞ vereinfacht Einsatz von modernen Abgasnachbehandlungsverfahren
- Keine neue Verteilerinfrastruktur erforderlich
  - ☞ Blends in allen Verhältnissen ( 0 - 100% ) mit Dieselmotoren möglich
- Einsatz auch in Altfahrzeugen ohne Änderung möglich
  - ☞ deutlich reduzierte Emissionen ohne jeden technischen Aufwand fahrzeugeitig

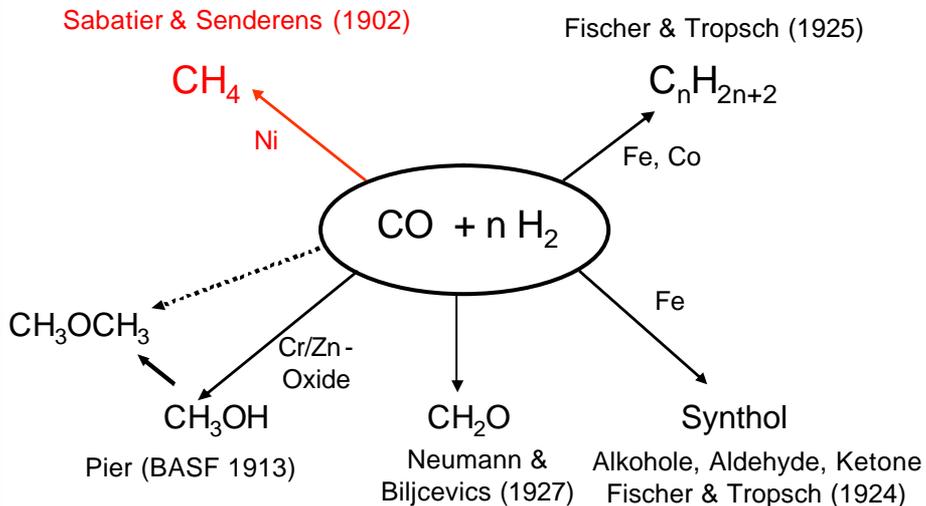
Dr. Degen, 13. Stuttgarter Chemietage, September 2007

42

## Vorteile von Fischer Tropsch Diesel aus Biomasse SunDiesel (BTL)

- Alle Vorteile von SynDiesel gelten auch für SunDiesel
- Mit analogen Verfahren können auch andere flüssige Energieträger wie Methanol und Ottokraftstoff ( BTL ) oder gasförmige Energieträger (  $H_2$  , DME ) hergestellt werden
- BTL kann aus einer großen Palette einheimischer Biomassen und organischen Abfällen hergestellt werden
- BTL hat das größte  $CO_2$ -Minderungspotential von allen Biokraftstoffen

## Kohlenoxyd-Hydrierung



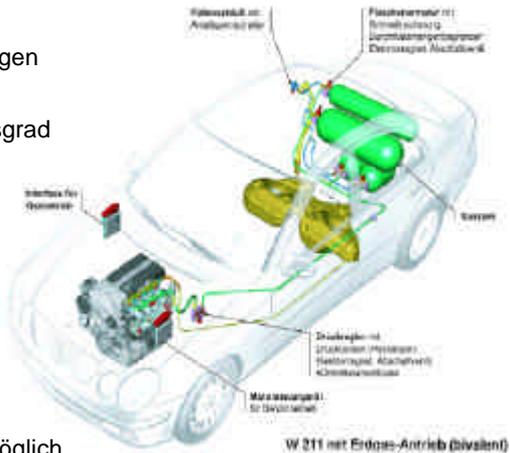
## Synthetisches Erdgas / Methan

### Vorteile

- Methan ist ein Ottokraftstoff mit geringen Emissionen
- Erlaubt Motoren mit hohem Wirkungsgrad

### Nachteile

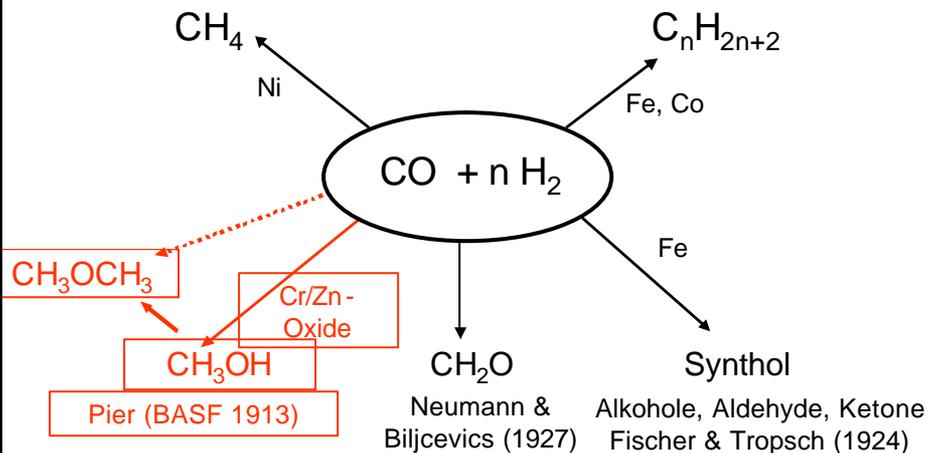
- gasförmiger Kraftstoff, hoher Aufwand für Speicherung, eingeschränkte Reichweite
- verringerte Motorleistung
- unzureichende Verteilerinfrastruktur
- Verringerte THG (CO<sub>2</sub>) Emissionen nur bei der Herstellung aus Biogas möglich
- ~~Kohle / Erdgas~~



## Kohlenoxyd-Hydrierung

Sabatier & Senderens (1902)

Fischer & Tropsch (1925)



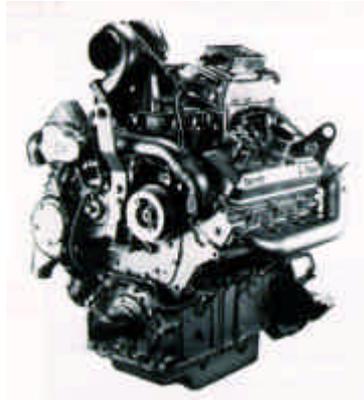
## Synthetisches (Bio)methanol

### Vorteile

- Methanol ist ein Ottokraftstoff sehr guter Oktanzahl (ROZ = 114)
- Verringerte Emissionen (NOx, HC, CO)

### Nachteile

- nur ca. halbe Speicherdichte von herkömmlichem Kraftstoff höherer Verbrauch
- **hohe Formaldehydemissionen**
- Kaltstartproblem (→ M85)
- **Korrosionsprobleme**



DDC 6V-92TA Motor für M85 Busse in Kalifornien

## Synthetisches (Bio)- DME (Dimethylether)

### Vorteile

- DME ist ein Dieselmotorkraftstoff mit sehr geringen Emissionen (PM, NOx, HC, CO)
- Erlaubt Motoren mit hohem Wirkungsgrad

### Nachteile

- gasförmiger Kraftstoff, Speicherung ähnlich Flüssiggas ( 5 bar)
- unzureichende Verteilerinfrastruktur
- kein Bivalenter Betrieb Diesel / DME möglich
- Verringerte THG (CO<sub>2</sub>) Emissionen nur bei der Herstellung aus Biogas möglich
- ~~Kohle~~



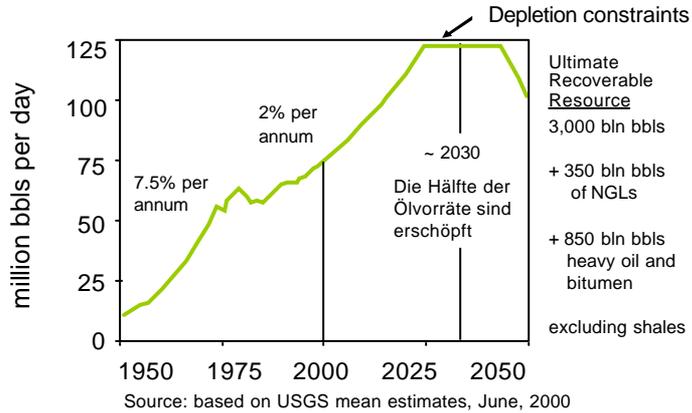
Volvo DME Bus

Synthetische Kraftstoffe

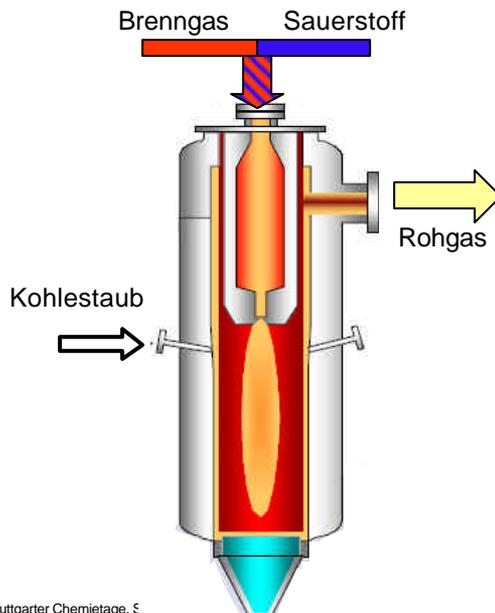
**Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !**



## Erwartete Verfügbarkeit von Erdöl



Quelle: Shell Global Solution





**Hochtemperatur Winkler  
Verfahren (HTW)  
zur Vergasung von  
Braunkohle auf dem  
Gelände der UK Wesseling  
(1985)**

**Das Synthesegas wurde  
zur Produktion von  
Methanol eingesetzt**