Innovative Braunkohlen Integration in Mitteldeutschland ibi. Neue Strategien zur stofflichen Verwertung

Innovative Verfahrenstechnologien zur stofflichen Verwertung von Kohle in der chemischen Industrie im internationalen Wettbewerb – Stand – Defizite – Ausblick

Dr. - Ing. A. Belloni / Linde AG

Neue Strategien zur stofflichen Verwertung

The Linde Group

- **Gases Division**
  - Westeuropa
  - Amerika
  - Asien & Osteuropa
  - Südpazifik & Afrika
- **Engineering Division**
- **Sonstige Aktivitäten**
  - Gist
  - Cleaning Enterprises (FRED BUTLER®)

The Linde Group 2007		
Umsatz	12.306	€ Millionen
Operatives Ergebnis	2.424	€ Millionen
EBIT	1.591	€ Millionen
Zahl der Mitarbeiter	50.485	

Linde Gas

Healthcare
Food & Beverage
Environmental
Metal Fabrication
Metallurgy
Pulp & Paper
Oil & Gas Recovery
Refining
Electronics / PV
Specialty Gases
Chemicals
Glass

Linde Engineering

Olefinanlagen

Produkte:
- Ethylen
- Propylen
- Butadien
- Aromaten
- Polymere

Erdgasanlagen

Produkte:
- LNG
- NGL
- LPG
- Helium

Wasserstoff- und Synthesegasanlagen

Produkte:
- H2/CO/Synthesegas
- Gastrennung
- Gasreinigung

Luftzerlegungsanlagen

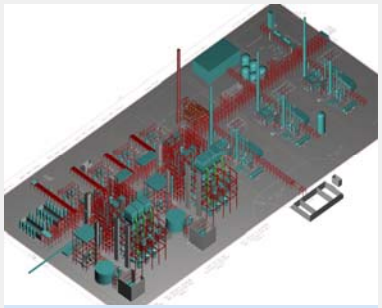
Produkte:
- Sauerstoff
- Stickstoff
- Edelgase

Linde Engineering – Produktlinie Wasserstoff & Synthesegas

Wasserstoff Anlagen (SMR)

CO-Anlagen

Syngas Anlagen (H_2 + CO)

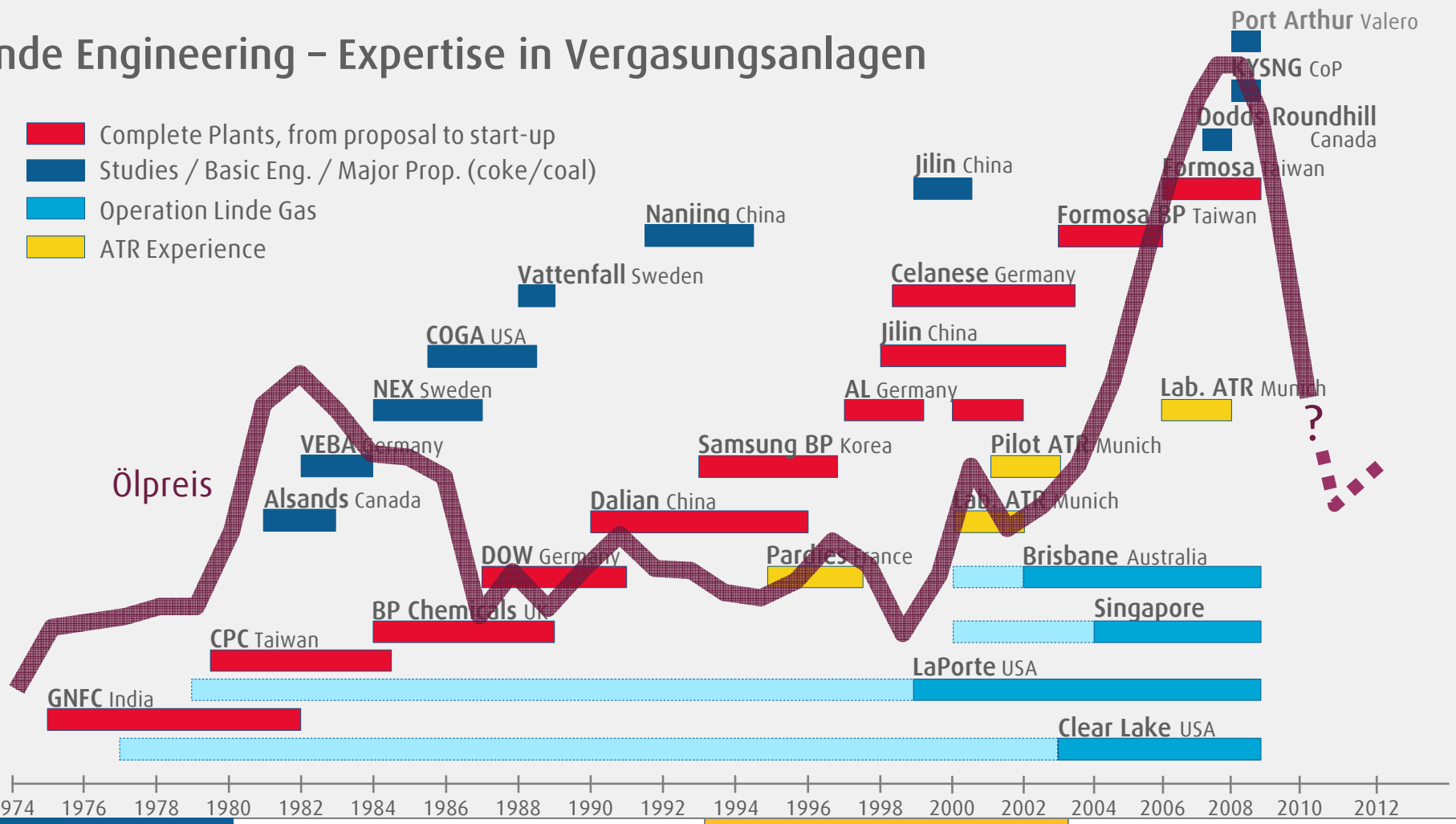


Gaskonditionierung für Kohlevergasungs-anlagen

Gas Reinigungsprozesse
Rectisol + Schwefel -> CO_2 + S
MDEA -> CO_2

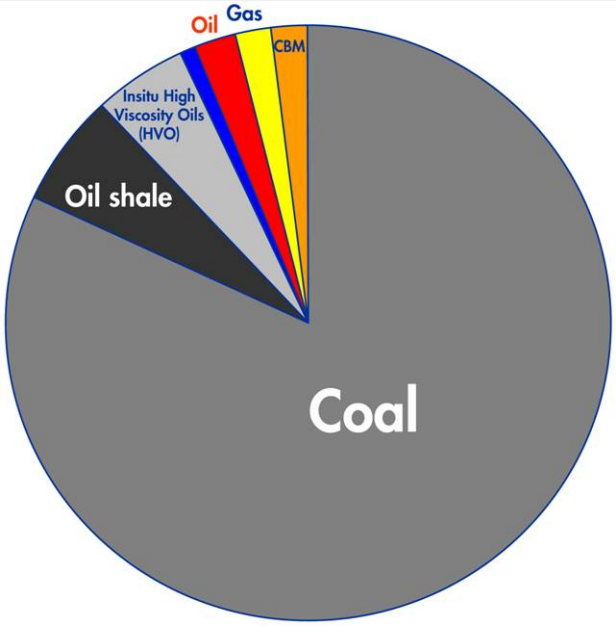
Gastrennungs- & Reinigungsprozesse
Cold Box -> CO
PSA -> H_2
Membran -> H_2

Linde Engineering – Expertise in Vergasungsanlagen



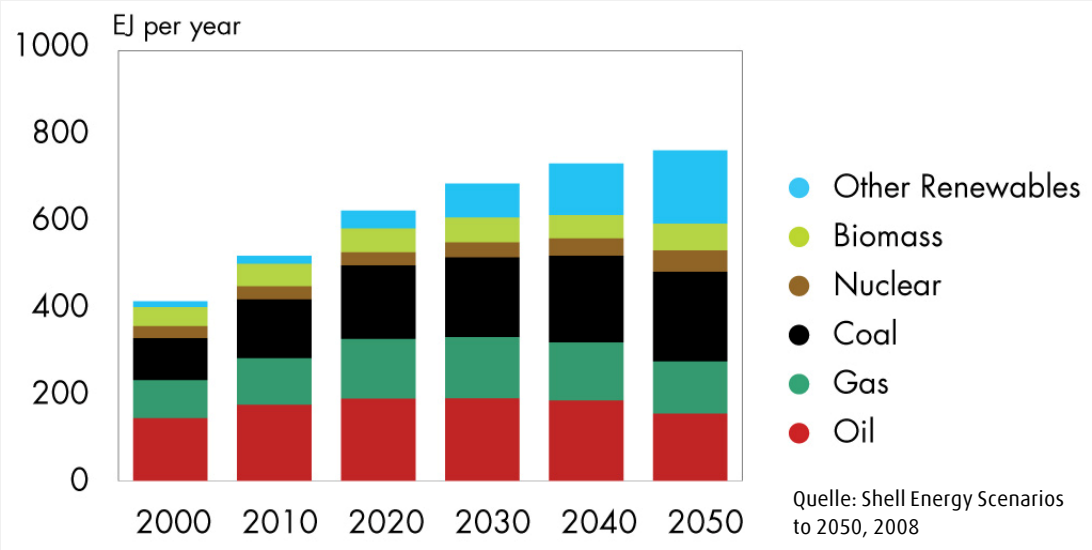
Kohle – eine alternative Energiequelle?

Weltweite Reserven fossiler Energieträger
(außer Hydrate)



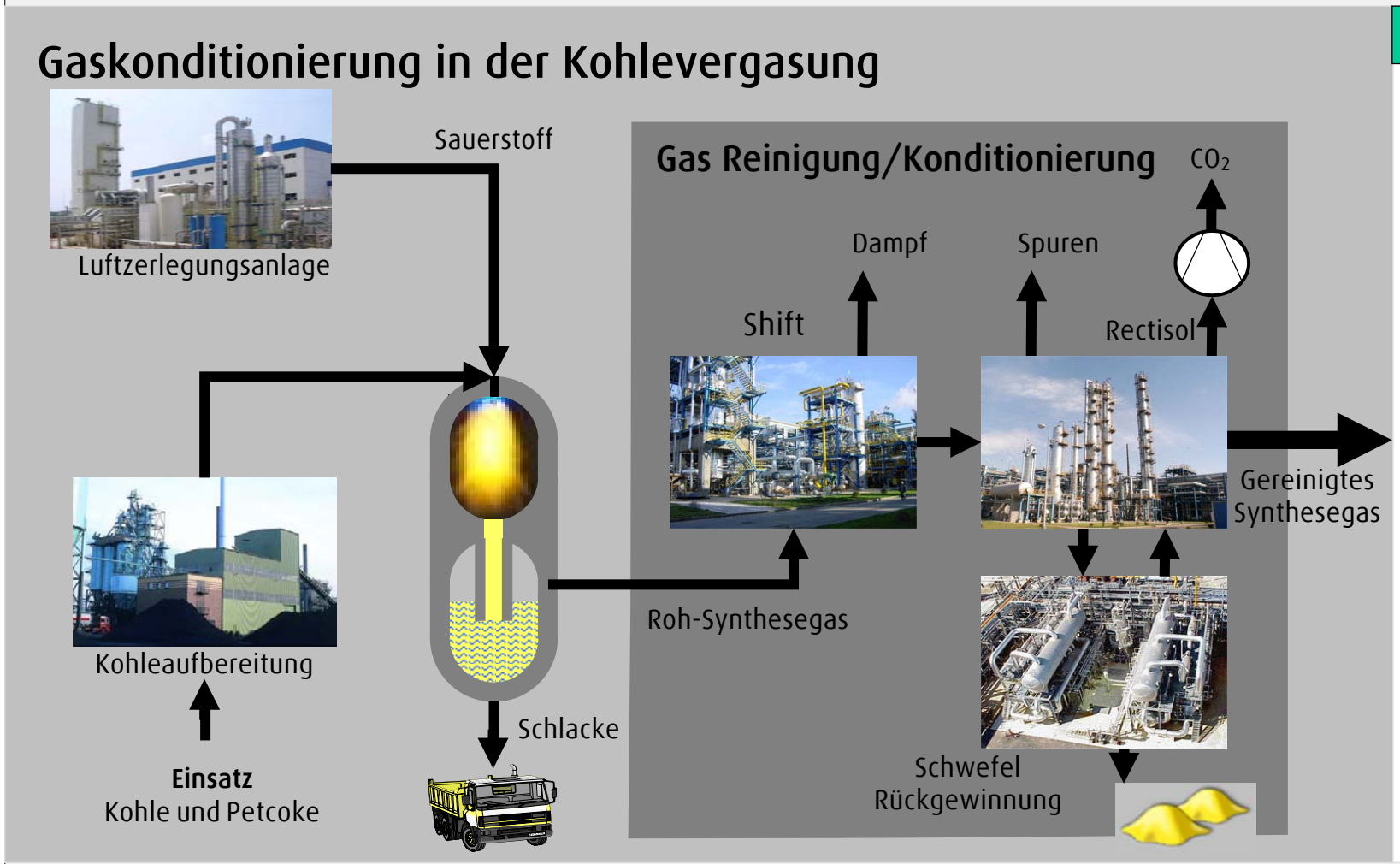
Quelle: http://www.bp.com

Primäre Energie je Quelle



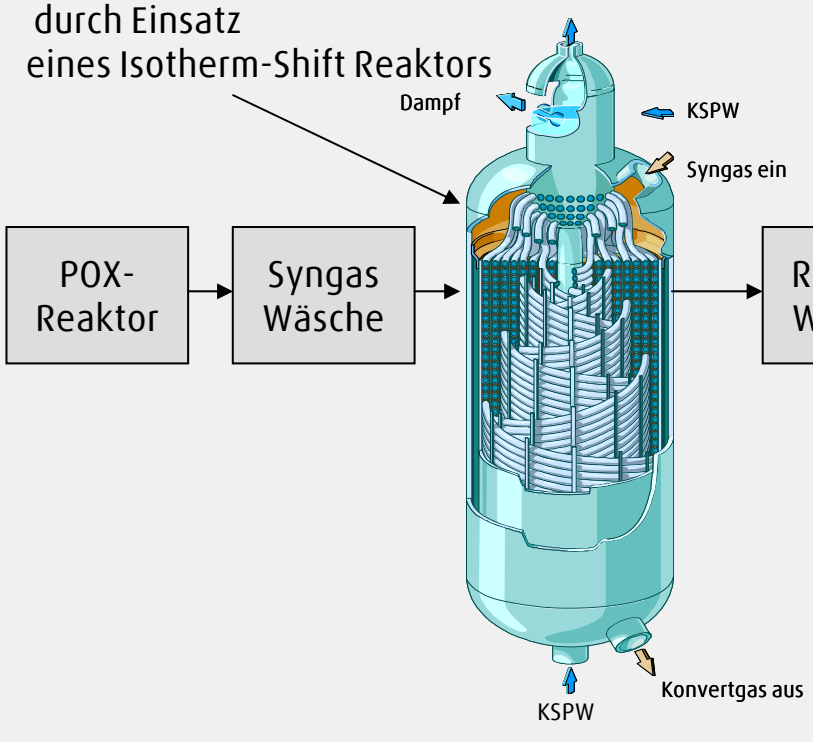
Quelle: Shell Energy Scenarios to 2050, 2008

Gaskonditionierung in der Kohlevergasung



Kohlevergasung als Alternative zur H_2-Produktion

Vollständige CO-Konvertierung durch Einsatz eines Isotherm-Shift Reaktors



POX-Reaktor → Syngas Wäsche → Isotherm-Shift Reaktor → Rectisol Wäsche → DWA

Rectisol Wäsche → CO_2

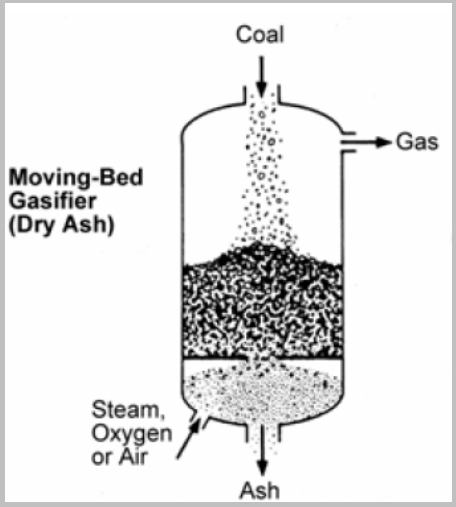
DWA →
- Wasserstoffverflüssigung
  LH2 - Einsatz in der Halbleiterindustrie einschl. Photovoltaik
  LH2 als Raketentreibstoff
  LH2 als Kraftstoff im Automobilsektor
- Wasserstoff zur Herstellung sauberer Kraftstoffe (Entschwefelung)
- Wasserstoff in der Polymer Herstellung (Caprolactam, Adipinsäure ➔ Nylon)
  Methylen-diphenyl-diisocyant (MDI) und Toluol-diisocynat (TDI) als Vorprodukt für Polyurethan
- Metallurgie (Formiergas, Schutzgas)
  Direktreduktion von Erzen
- Wasserstoffperoxid
- Ammoniak (Harnstoff, Düngemittel)
- Herstellung von Silanen und Reinstsilicium
- .....

Die Wasserstofferzeugung aus Synthesegas hat den höchsten CO_2 foot print, da das CO vollständig konvertiert wird.

Vergasungstechnologien – eine Übersicht

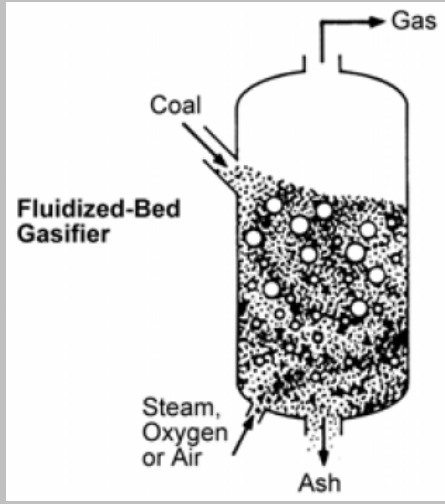
Festbettvergasung (Fixed Bed)

500 bis 700°C
max. 30 bar
Verweilzeit: 30 min bis 2 h
Kohlezuführung: gemahlener Feststoff



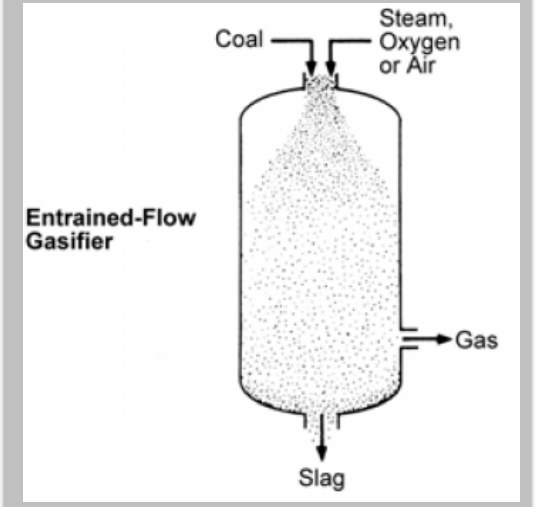
Wirbelschichtvergasung (Fluidized Bed)

900 bis 1050°C
max. 30 bar
Verweilzeit: 10 bis 100 sec
Kohlezuführung: gemahlener Feststoff



Flugstromvergasung (Entrained Flow)

1400 bis 1600°C
20 bis 70 bar
Verweilzeit: wenige Sekunden
Kohlezuführung: Slurry oder feinst gemahlener Feststoff



Vergasungstechnologien – eine Übersicht

Festbettvergasung (Fixed Bed)	Wirbelschichtvergasung (Fluidized Bed)	Flugstromvergasung (Entrained Flow)
500 bis 700°C	900 bis 1050°C	1400 bis 1600°C
Pro: — Geringer Sauerstoffverbrauch — Geringe Austrittstemperatur — Low-Cost Synthesegaskühlung — Langjährige Erfahrung	Pro: — Geeignet für Braunkohle und Biomasse	Pro: — Qualitativ hochwertiges Synthesegas ohne Teere, Öle und Phenole und mit geringem Methangehalt — Geeignet für nahezu alle Kohlearten — Viele Referenzen
Contra: — Syngas mit sehr hohem Gehalt an Teeren, Ölen und Phenolen — Sehr hoher Methangehalt im Synthesegas (5 bis 10 vol.%) — Begrenztes Scale-Up	Contra: — Syngas mit hohem Gehalt an Teeren, Ölen und Phenolen — Hoher Methangehalt im Synthesegas	Contra: — Aufwändige Kohleaufbereitung — Hoher Sauerstoffverbrauch — Geringe Feedstock-Flexibilität

Buggenum – IGCC

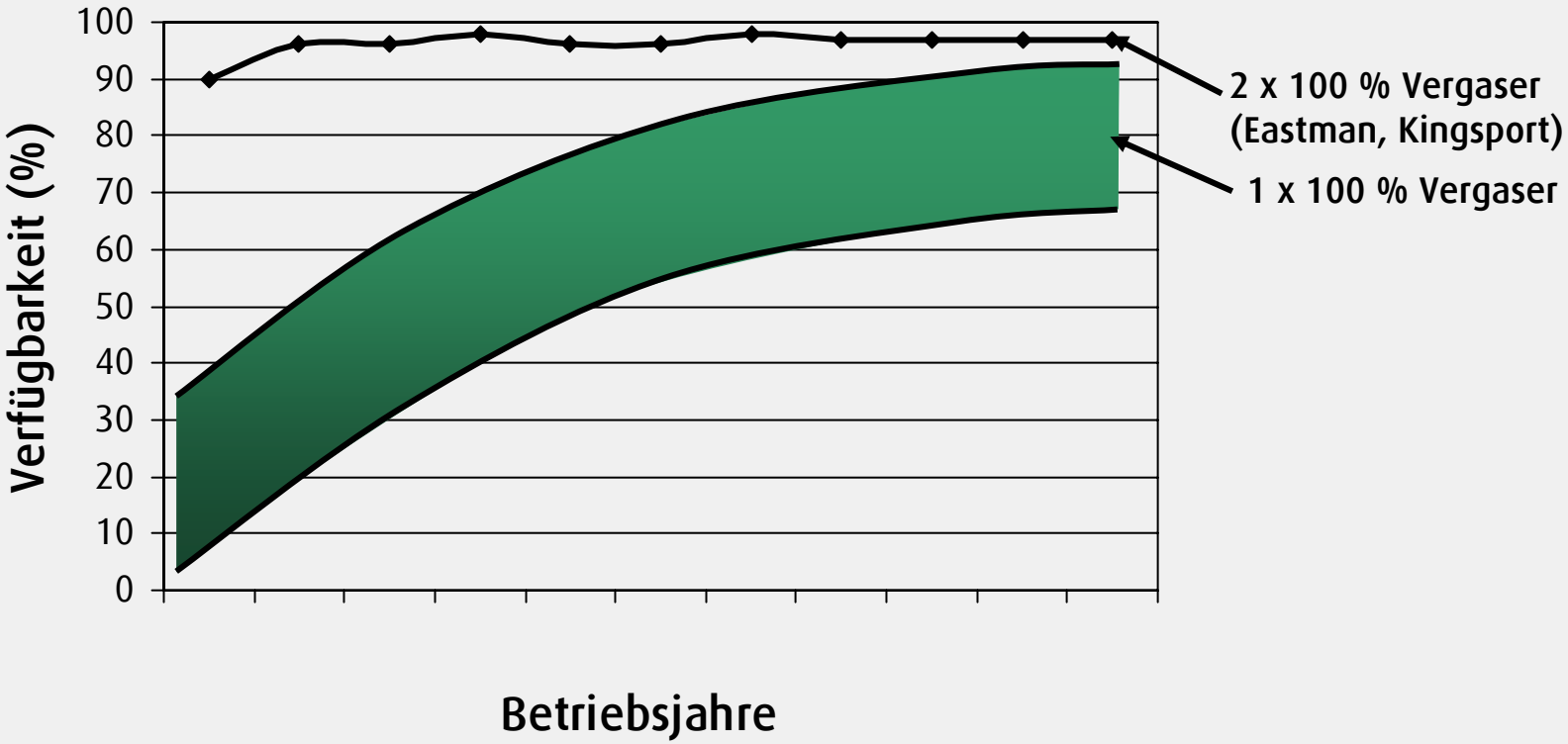
Standort	Buggenum (Holland)
Betreiber	Nuon Power Buggenum
Inbetriebnahme	1994
Technologie	Shell Coal Gasification Process
Vergaser	1 x 460 MW_{th}
Produkt	Strom (253 MW_e)
Einsatzstoff	Steinkohle (83 t/h)
Synthesegas	142.000 Nm^3/h

Schwarze Pumpe

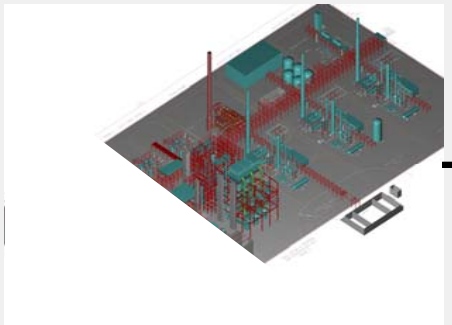
Standort	Schwarze Pumpe SVZ
Betreiber	Sustec Schwarze Pumpe GmbH
Inbetriebnahme	1984
Technologie	Siemens Fuel Gasification Technology (SFGT)
Vergaser	1 x 200 MW_{th}
Produkt	Methanol (100.000 t/a) Strom (75 MW_e)
Einsatzstoff	Braunkohle (30 t/h)
Synthesegas	46.000 Nm^3/h

Verfügbarkeit – eine Schlüsselfrage bei Vergasungsanlagen

Abnehmer fordern Verfügbarkeiten von > 98 % Lernkurve bei Anlagen ohne Redundanz.



Verfügbarkeit – mögliche Lösungen



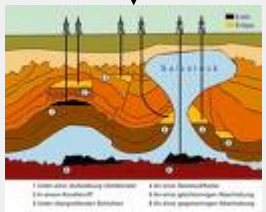
Synthesegasherstellung durch Kohlevergasung

Redundanz in der Vergasung

Pipeline Verbundsystem

Abnehmer

Konventionelle Synthesegasanlage als Back-Up

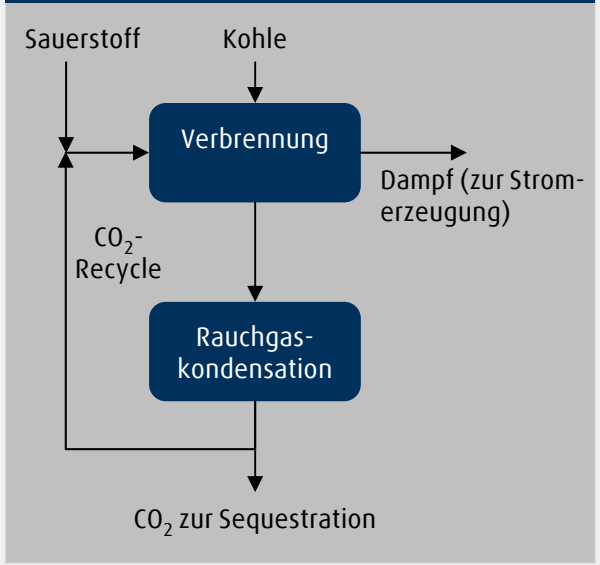


Kavernen Zwischenspeicher

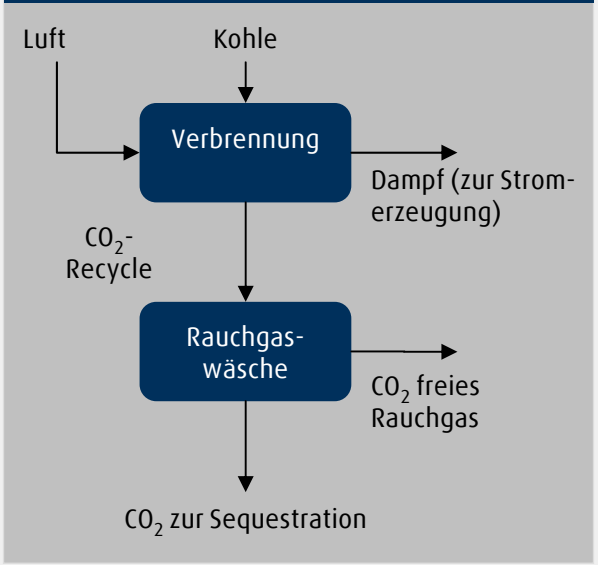
CO_2 Sequestration – Anforderungen und Möglichkeiten

Kohle als Energie- und Chemierohstofflieferant produziert erhebliche Mengen an CO_2
Geringe gesellschaftliche Akzeptanz
➔ CO_2 Entsorgung gefordert.

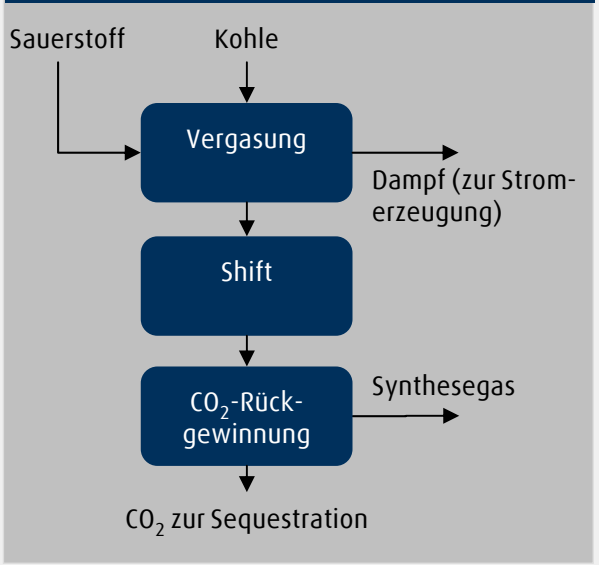
Oxyfuel



Post Combustion Sequestration



Pre Combustion Sequestration



Oxyfuel Technologie – Pilotanlage von Vattenfall in Schwarze Pumpe

Luftzerlegungsanlage

Oxyfuel Boiler

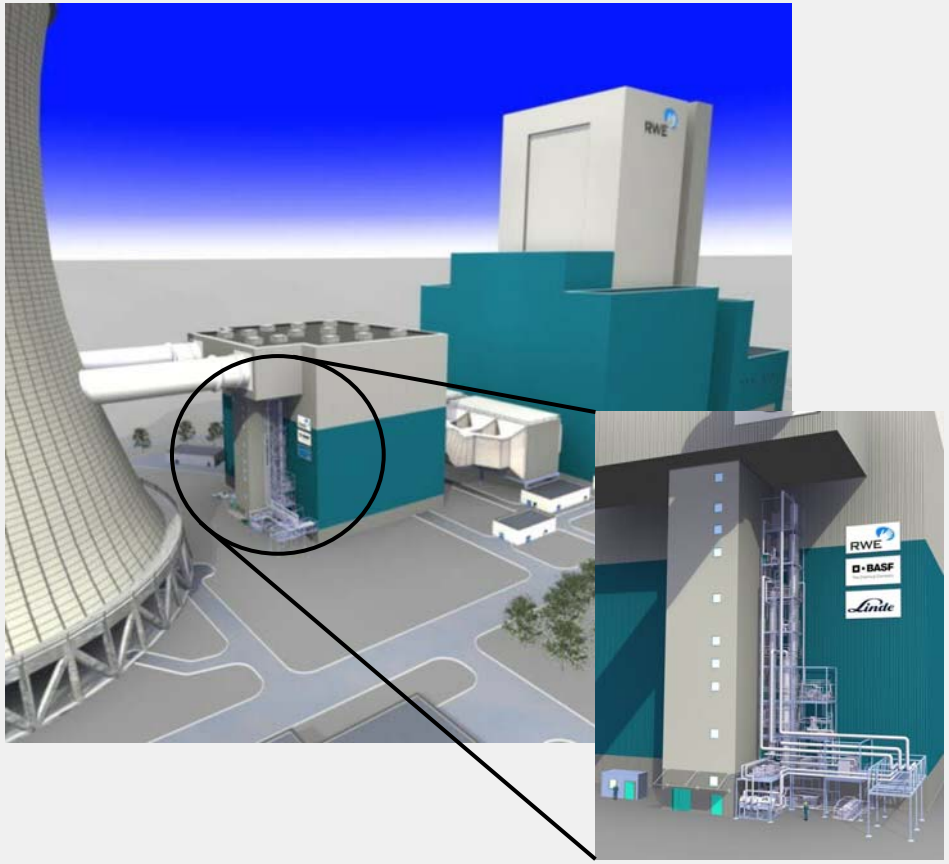
Rauchgasreinigung mit Staubentfernung, Entschwefelung und Rauchgaskondensation

CO_2 Verdichtung mit Reinigung und Verflüssigung

CO_2 Lagerung und Verladung auf LKW

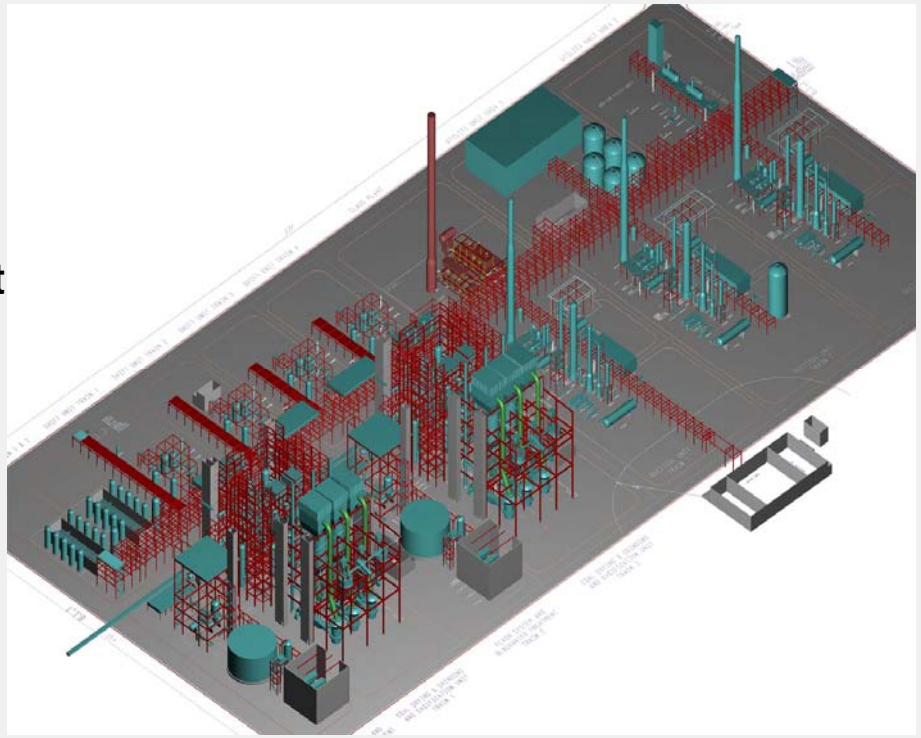
Post Combustion Technologie – Pilotanlage bei RWE in Niederaussem

Betreiber	RWE
Anlagentyp	Pilotanlage
Partner	RWE, BASF & Linde
Rauchgas	1.552 Nm^3/h
Produkt	159 Nm^3/h CO_2
Quelle	Braunkohle-Kraftwerk
Inbetriebnahme	2. Quartal 2009
Besonderheiten	Modularisierte Anlage auf Skid



Pre Combustion Technologie – Kohlevergasungsprojekt in Kanada

Kunde	Carbon Development Partnership
Standort	Dodds-Roundhill, Alberta, Kanada
Anlagentyp	Kohlevergasungsanlage mit inkl. Shift, Rectisol® zur CO_2 Abtrennung, PSA
Produkt	300.000 Nm³/h H_2 & 200.000 Nm³/h Syngas zur Stromerzeugung
CO_2-Abtrennung	770 t/h für Enhanced Oil Recovery



OCAP / Barendrecht

Pernis-
Shell – Raffinerie
produziert 1 Mio. t CO2/a

400.000 t CO2/a im Winter

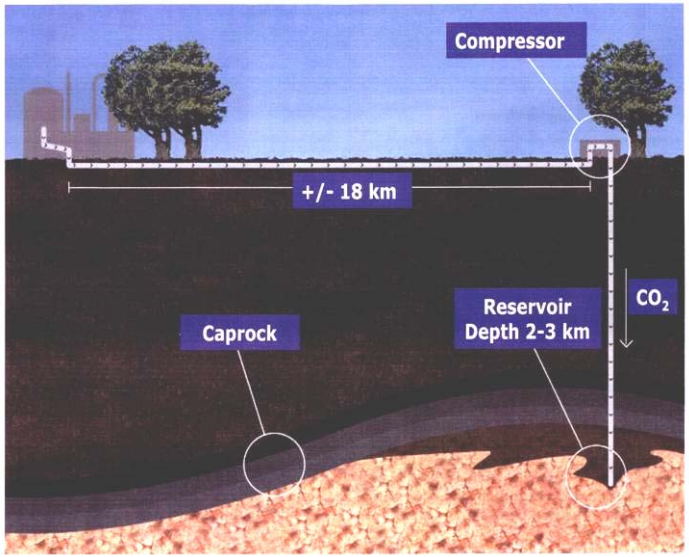
Quelle: Shell

380.000 t CO2/a OCAP im Sommer

150.000 t CO2/a
In die Getränke-
industrie

Linde Gas Benelux
CO2-Verflüssigungs-
anlage

Quelle: OCAP

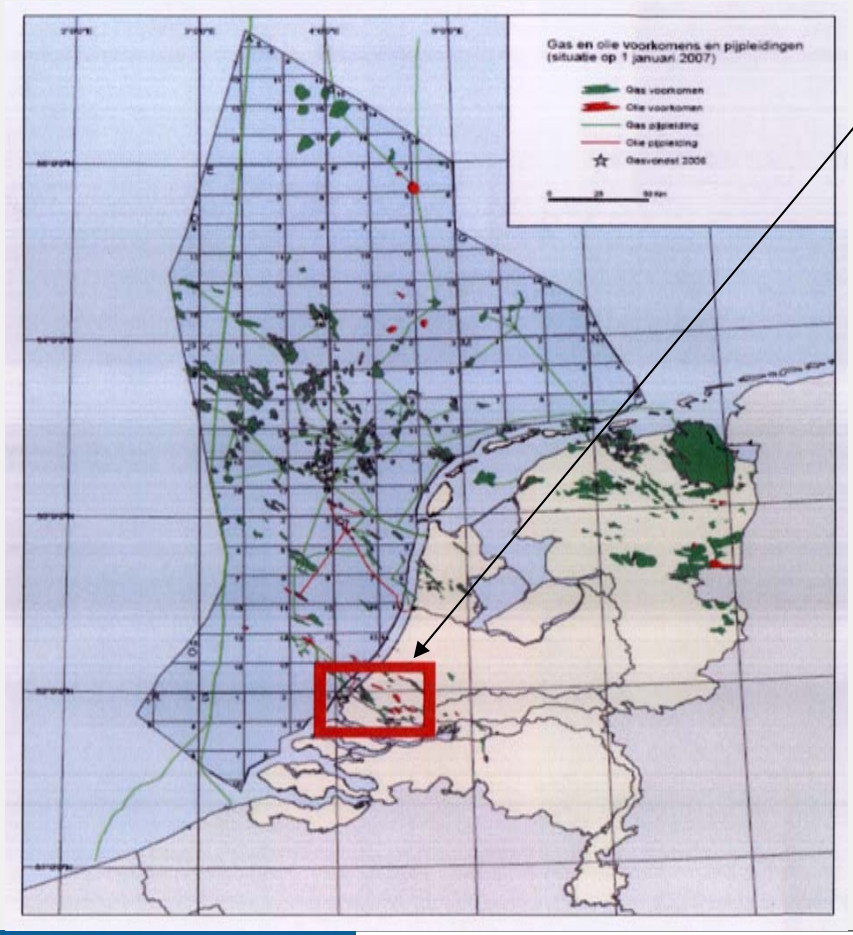


OCAP

(Organic Carbon dioxide for Assimilation of Plants), ein Joint Venture zwischen Linde Gas Benelux und Royal Volker Wessels Stevin nv

- In den Niederlanden werden große Gebiete mit Gewächshäusern über eine CO_2 eigens errichtete CO_2-Leitung versorgt.
- CO_2-Pipelinenetz mit 235 km Länge, ∅ 26“ auf Basis einer alten Rohölrohrleitung die von der niederländischen Regierung übernommen wurde
- Transportkapazität max. 400 t/h
- Durch Erhöhung des natürlichen CO_2-Gehaltes der Luft von 300 ppm auf etwa 1000 ppm lässt sich das Pflanzenwachstum verdoppeln
- Mittlerweile werden 500 Gewächshäuser mit einer Gesamtfläche von 1300 ha versorgt, bis zu 5.000 ha weitere Gewächshausfläche können über OCAP versorgt werden

CO_2 – Sequestrierung Barendrecht



- Barendrecht ist ein Demonstrationsprojekt in den NL ähnlich Ketzin
- Mehr als 175 onshore & offshore Gasfelder in Produktion
- Gesamt CO_2 Lagerkapazität excl. Groningen 1,6 Mrd. t CO_2 onshore
- 1,1 Mrd. t CO_2 offshore
- ca. 170 Mio. t CO_2 wurden in den Niederlanden in 2006 emittiert
- Ca. 400.000 t CO_2 werden pro Jahr verpresst

Neue Strategien zur stofflichen Verwertung

Kohlevergasung

- stellt eine Komponente zur Sicherung der zukünftigen Energie- und Chemieproduktion dar,
- wird wegen des hohen Kapitalbedarfs erst bei nachhaltig hohen Öl- und Ergaspreisen wirtschaftlich,
- wird durch geringe Kohlepreise gefördert, d.h. Anlagen müssen in der Nähe von Kohlefeldern liegen, um Transportkosten zu minimieren,
- wird verstärkt in Ländern ohne eigene Erdöl-/Erdgasquellen bzw. dort , wo politisch gewollt, gefördert,
- erfordert CO_2 Sequestrierung – wirtschaftliche Vorteile entstehen bei hohen Kosten für CO_2-Zertifikate oder durch Kombination mit EOR.

Linde ist der ideale Partner für Kohlevergasungprojekte

- umfangreiches Know-How im Betrieb von Vergasungsanlagen
- Erfahrung im Bau von schlüsselfertigen Großanlagen
- umfangreiches Know-How und Erfahrung im Bereich der Vergasungstechnologie
- Markt- und Technolgieführer bei Synthesegasreingungs und –konditionierungsanlagen, Luftzerlegungsanlagen und CO_2 Sequestration