

F&E Aktivitäten zur CO₂-Reduktion in Kraftwerken

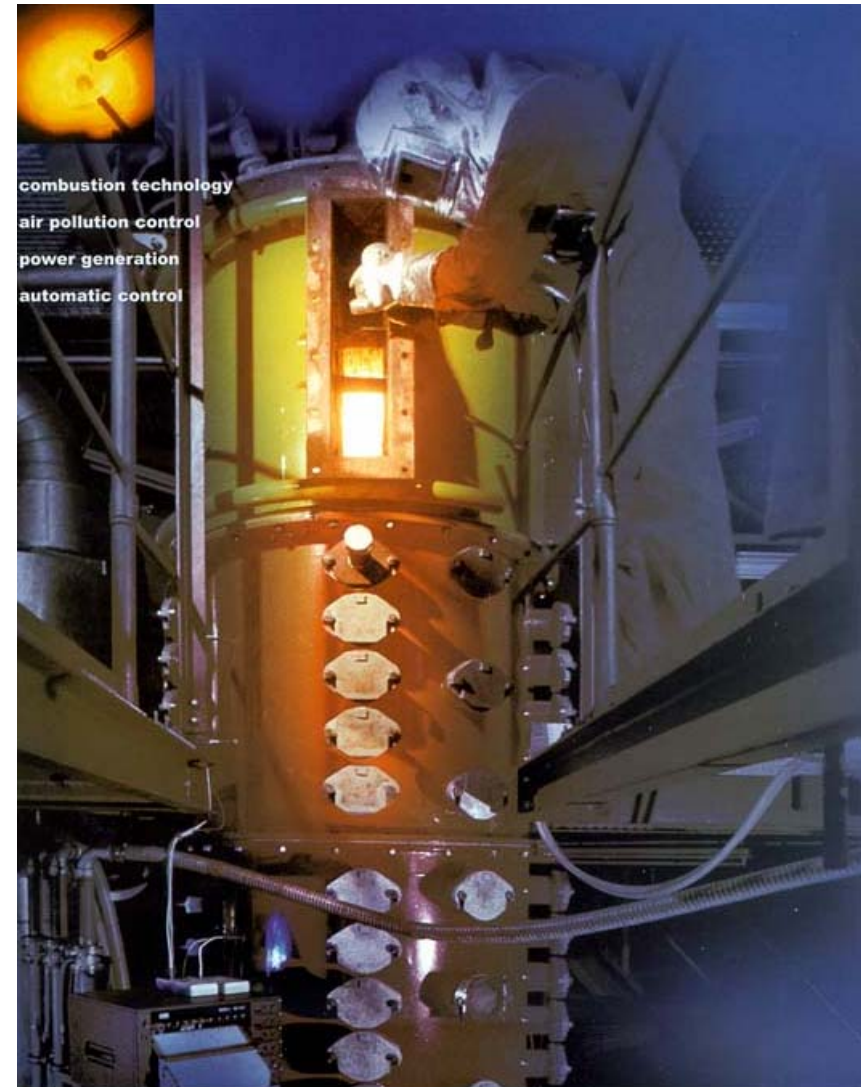
Gliederung

- 1) Aktuelle Situation
- 2) Schwerpunkte:
 - Effizienzsteigerung
 - Biomassennutzung
 - CO₂-armes Kraftwerk
- 3) Zusammenfassung

Jörg Maier

maier@ivd.uni-stuttgart.de

Institut für Verfahrenstechnik und
Dampfkesselwesen



CO₂ Reduktion in fossilbefeuerten Kraftwerken ?

Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration seit 1750
von 280ppm_v auf 363ppm_v

Weltweit werden 64,5 % des Stromes aus fossilen Brennstoffen produziert
(Kohle 38,7 %, Erdgas 18,3%, Erdöl 7,5%)

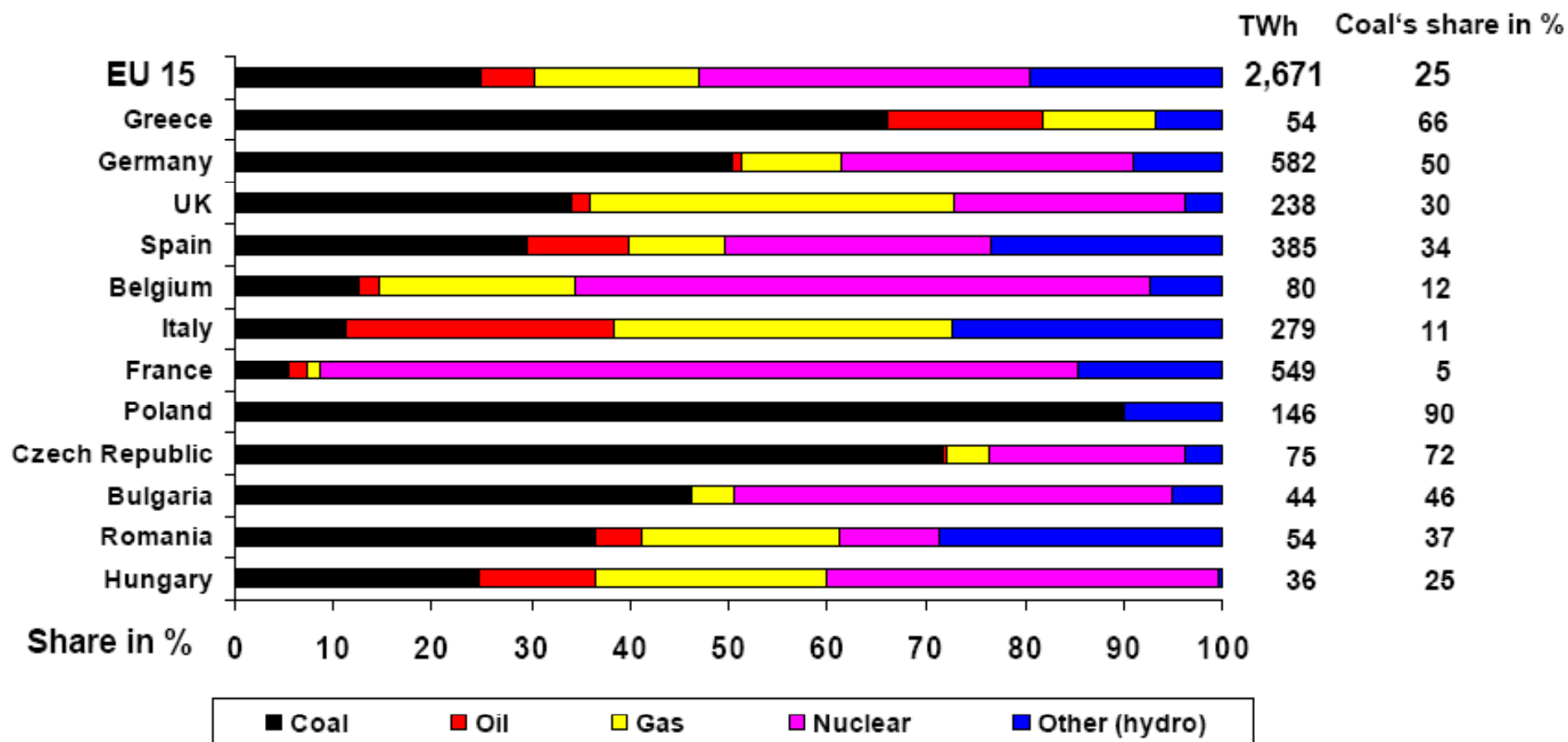
In einzelnen Ländern werden bis zu 90 % (Polen) des Strombedarfs
von Kohlekraftwerken bereitgestellt (China 81%)

Hohe Verfügbarkeit konventioneller fossiler Kraftwerke > 98 %

Reichweite der Kohlelagervorräte > 200 Jahre

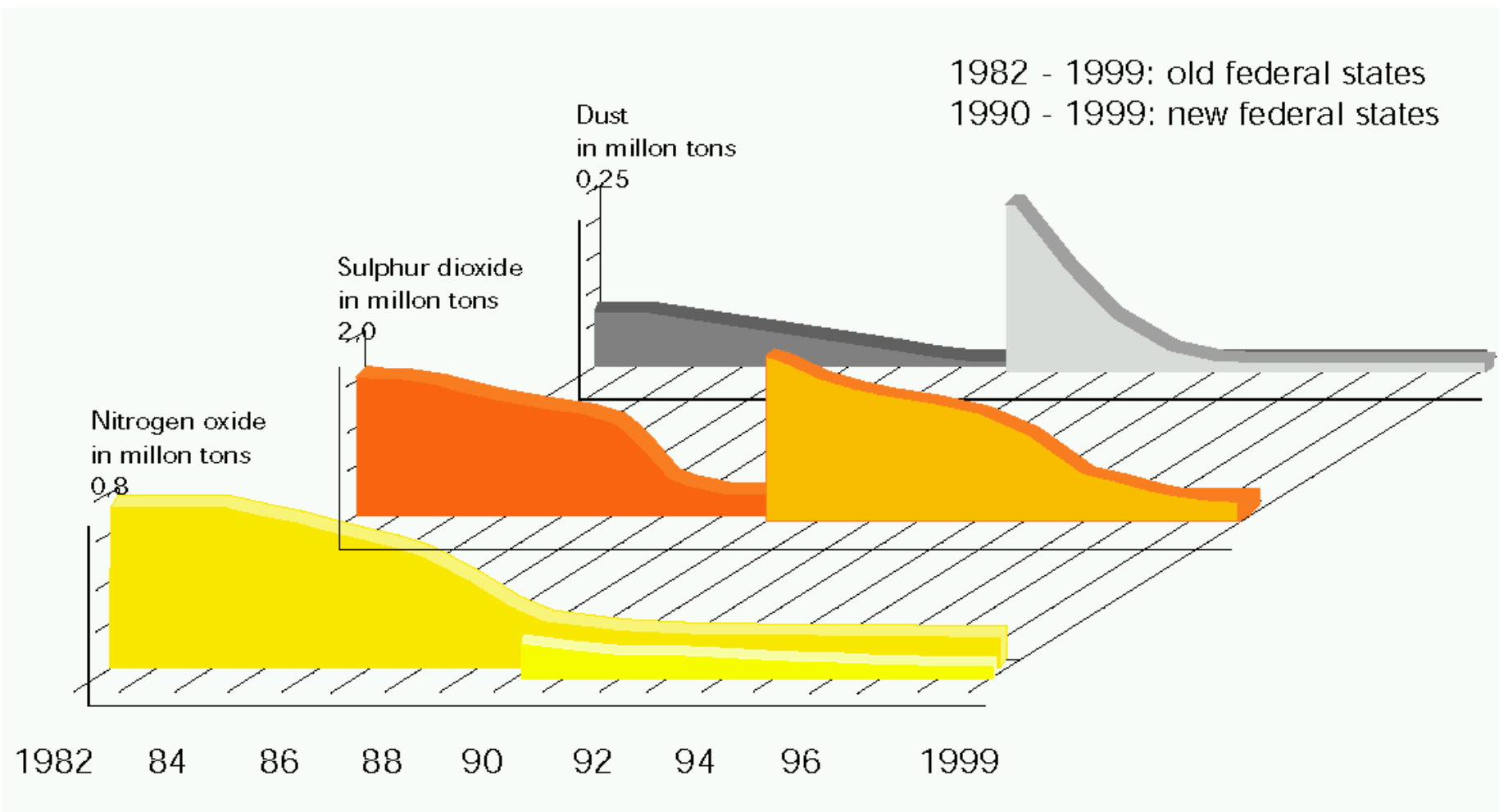
Verfügbare Kohlelagerstätten auf allen Kontinenten

Einsatzstoffe zur Stromerzeugung in der EU



Gross power generation, 2001

Entwicklung der spezifischen Kraftwerksemissionen

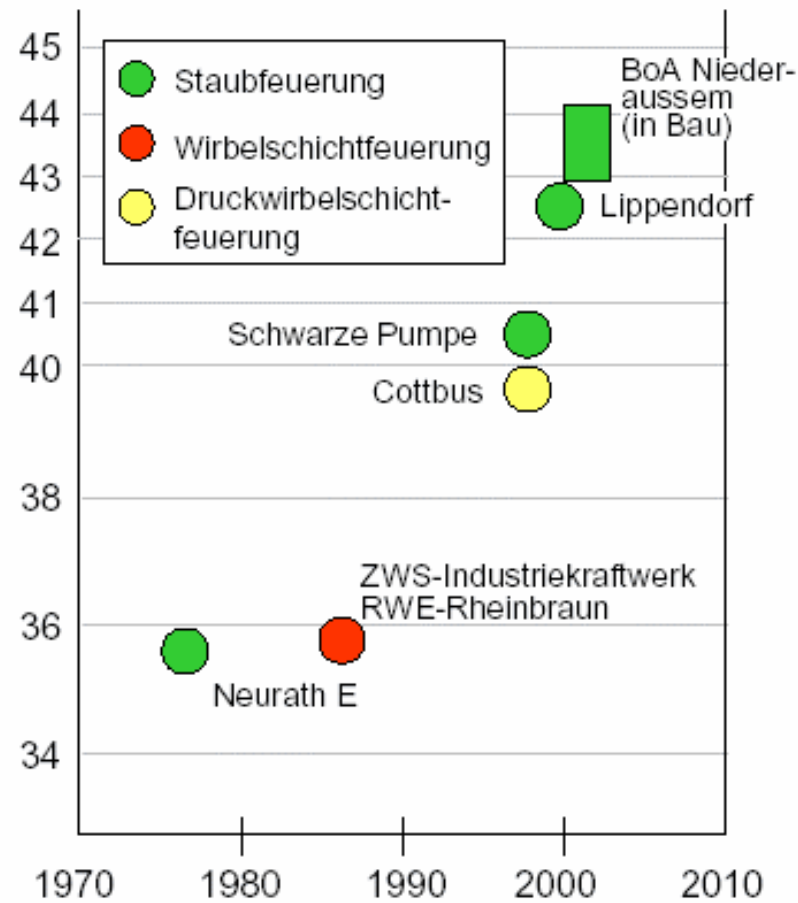


Maßnahmen zur CO₂-Emissionsminderung

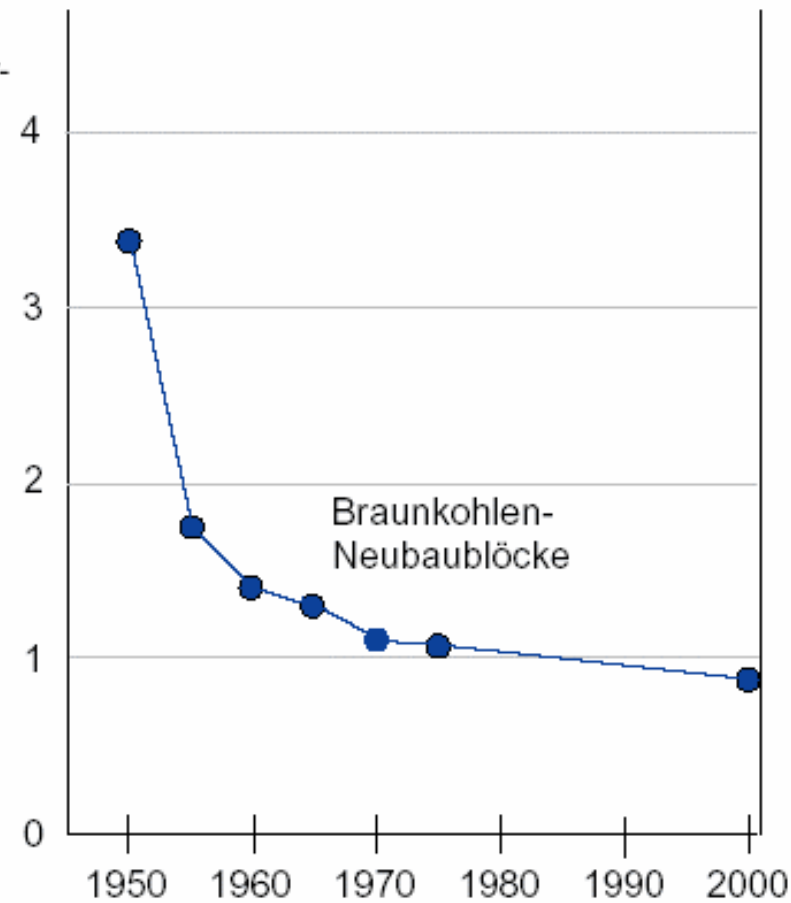
- Effizienzsteigerung
 - konventionelle Kraftwerkstechnik
 - Kombi-Prozesse
- Einsatz regenerativer Energieträger (Biomasse, Wasser, Wind etc.)
 - Mit-Verbrennung
 - Dezentrale Biomassenutzung
- CO₂-Abtrennung und Speicherung
 - O₂/CO₂ -Verbrennung
 - CO-Shift (Vergasung)
 - Offshore/Onshore-Speicherung
- Wechsel zu kohlenstoffarmen Brennstoffen
- Kernenergie
- Energieeinsparung

Effizienzsteigerung und CO₂-Reduktion

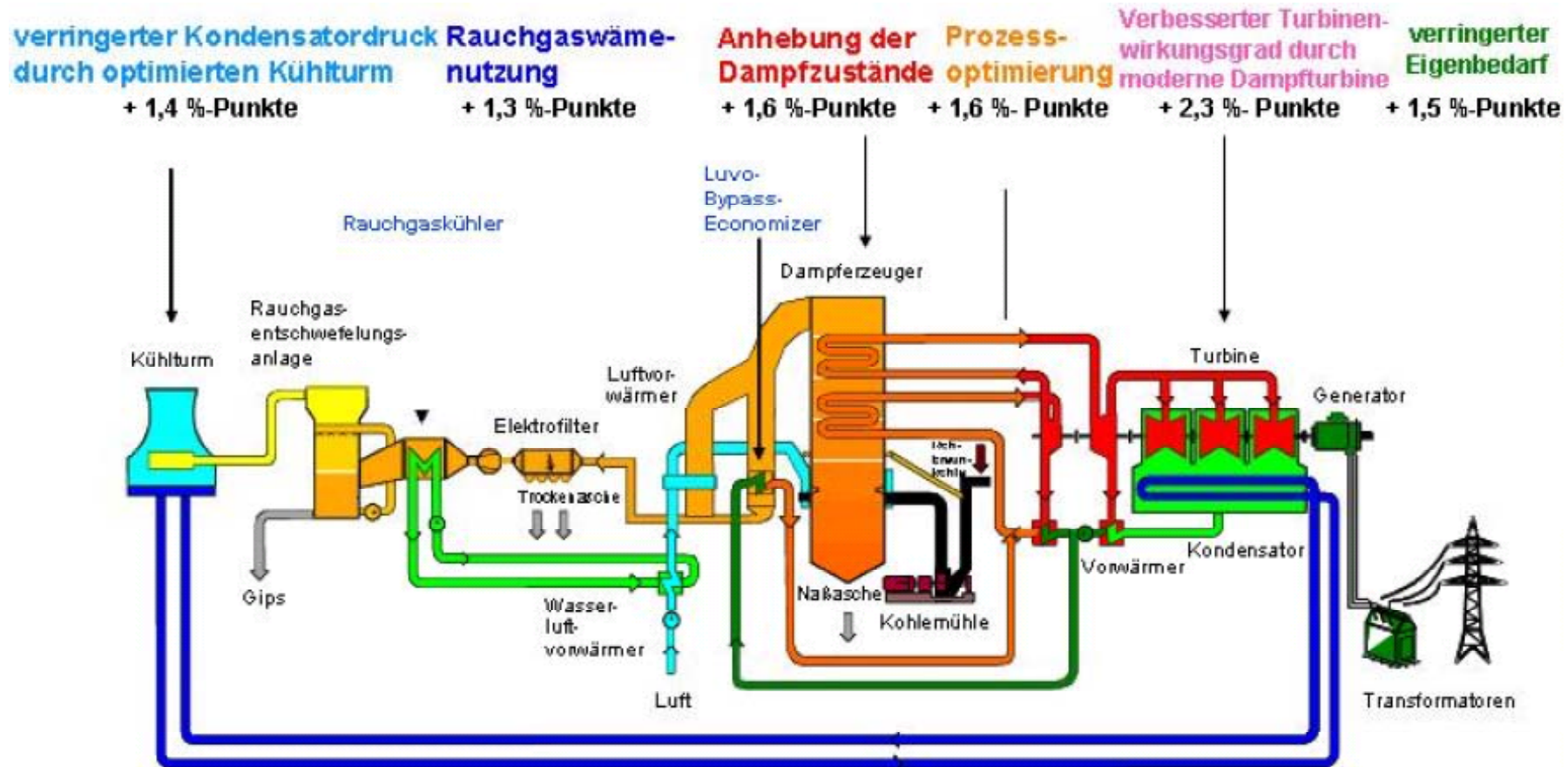
Elektrischer Wirkungsgrad in %



Spezifische CO₂-Emissionen in kg/kWh



Braunkohlekraftwerk mit optimierten Anlagenparametern (BoA)

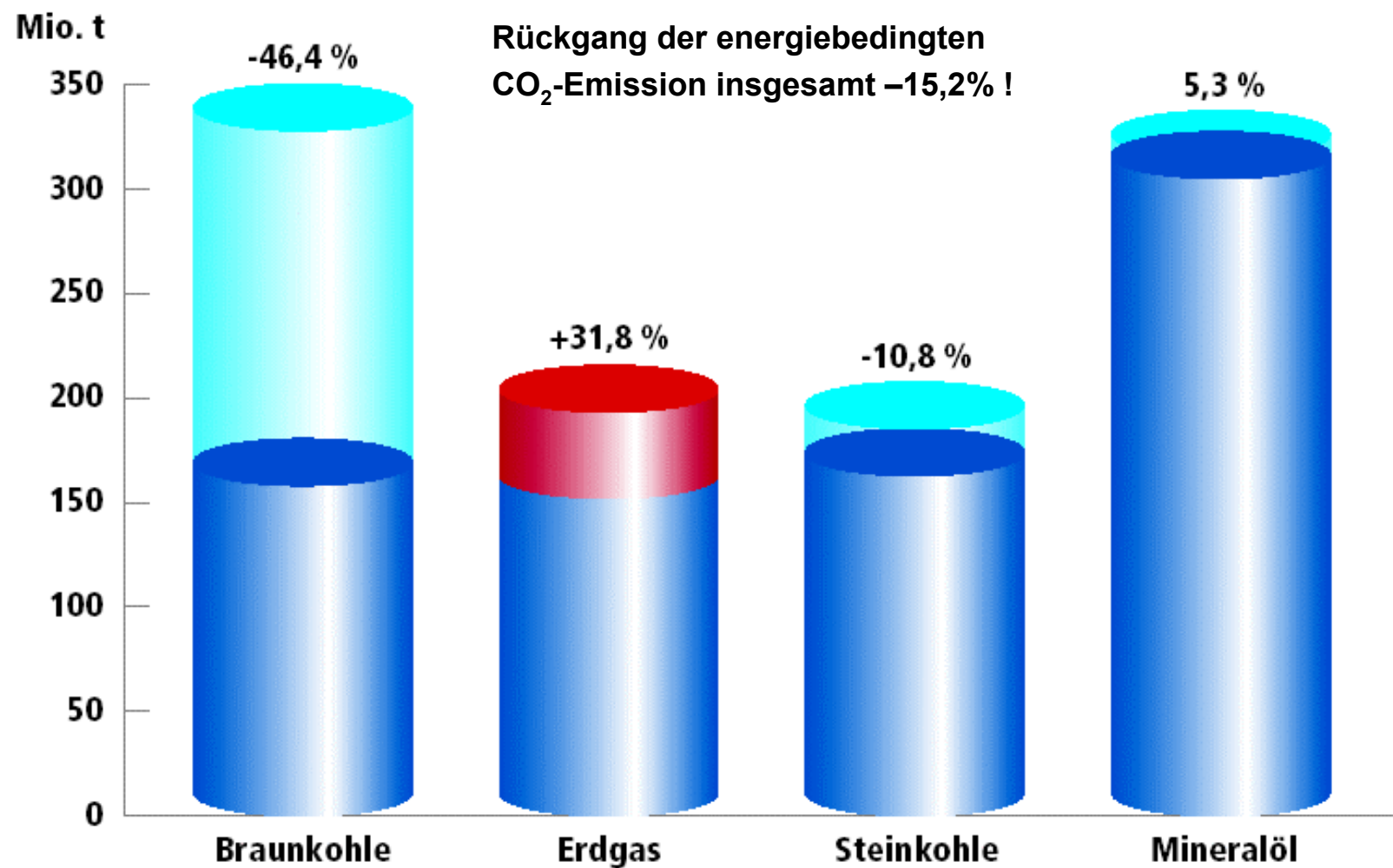


BoA-Kraftwerk: 1012 MW_{el}, 580 / 600°C, 270bar, 43,5 %

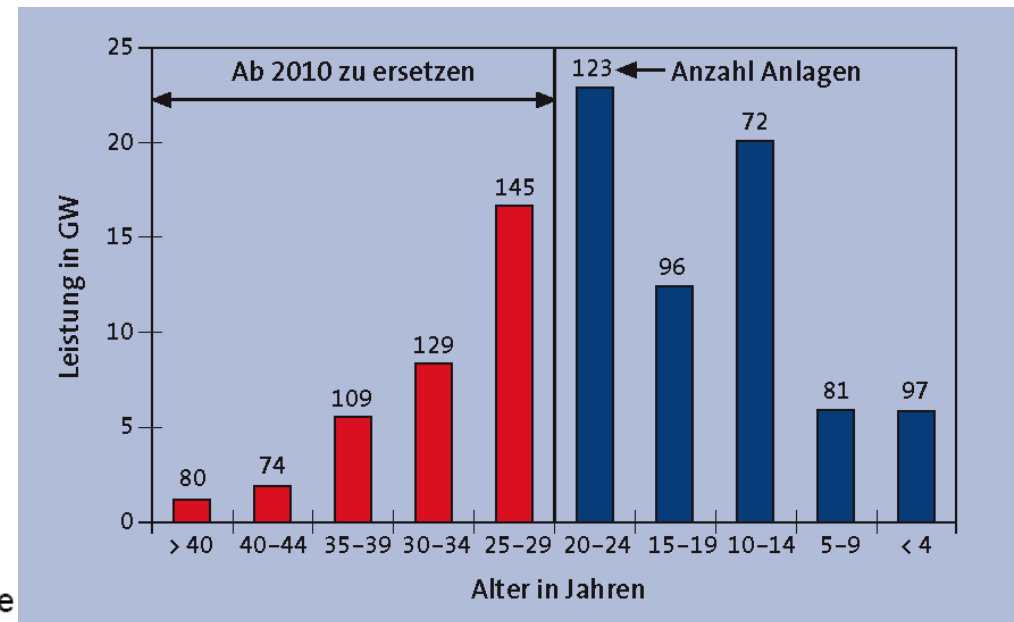
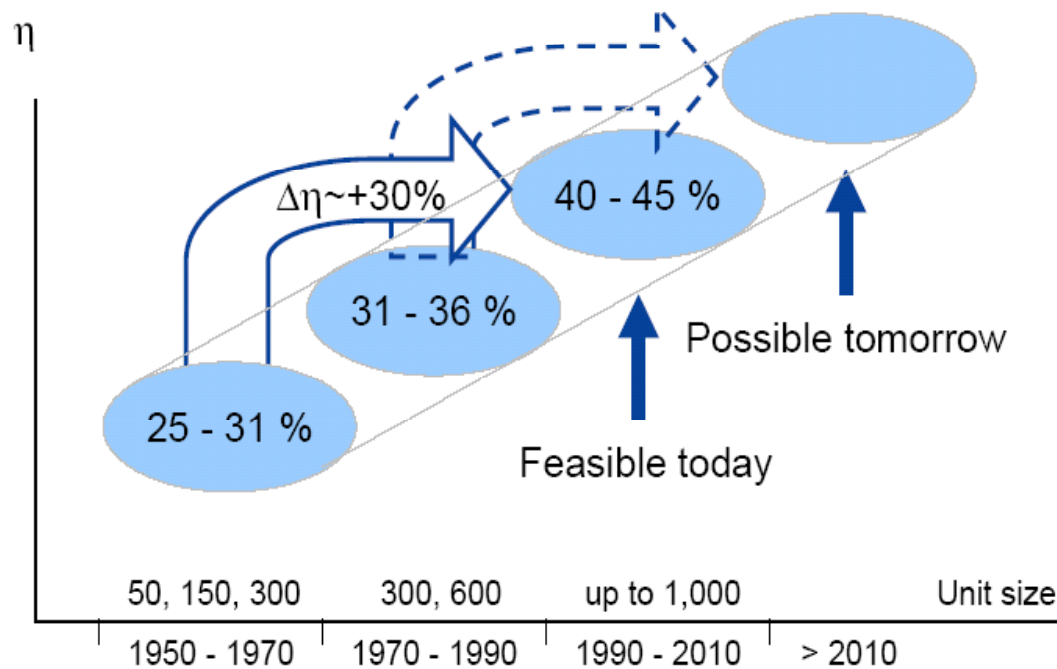
BoA-Plus: Integrierte Kohletrocknung + 5% Wirkungsgradsteigerung

AD 700: Wirkungsgrad > 50 %_{net}, 300bar, 700 / 720 °C

Energiebedingte CO₂-Emissionen 1990 und 2003 (BRD)



Ersetzen von Altanlagen (BRD)



Effizienzsteigerung / CO₂-Reduktion / Ressourcenschonung

Fortschrittliche Kombiprozesse unter Druck

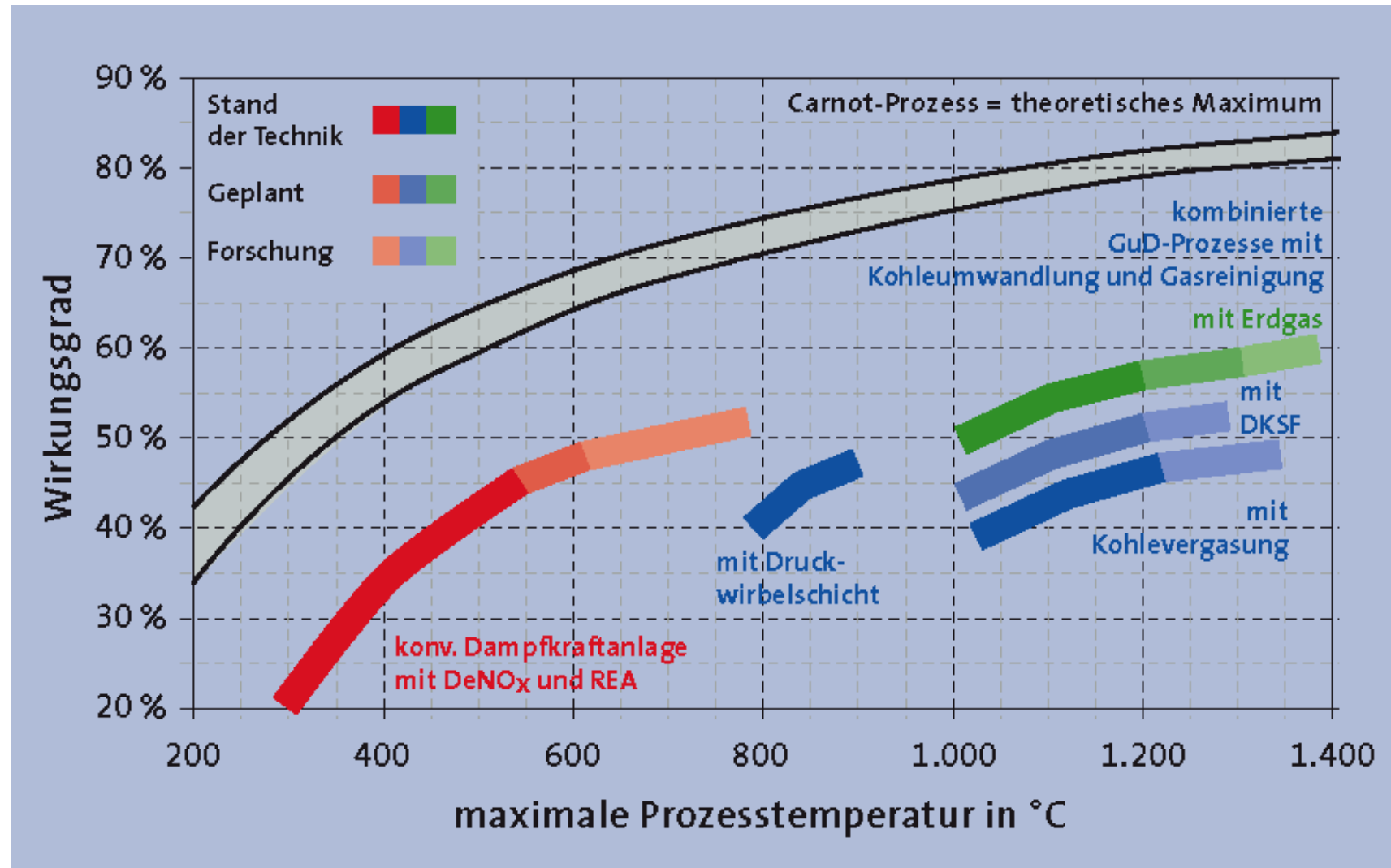
Rauchgase in direktem Kontakt mit Turbinenschaufeln

- Druckwirbelschichtfeuerung (PFBC), Cottbus, Eskatron...
- Integrierte Kohlevergasung (IGCC), Puertollano...
- Druckwirbelschichtvergasung (2. Generation), Lab.-Technikumsmaßstab
- Druckkohlenstaubfeuerung (DKSF), Lab.-Technikumsmaßstab

Rauchgase **nicht** in direktem Kontakt mit Turbinenschaufeln

- Extern gefeuerter Gasturbinenprozess (EFCC)
 - Demo-Anlagen, Gastemperatur $< 800^{\circ}\text{C}$
 - $> 800^{\circ}\text{C}$, F&E-Bedarf

Wirkungsgradpotential von Kraftwerksprozessen



Biomassenutzung F&E Schwerpunkt der EU 1990

Gründe für die Mitverbrennung:

- Substitution fossiler Brennstoffen durch CO₂-neutrale Bio-Anteile
- geringe Investitionskosten
- Mitverbrennung von Leistungsanteilen < 15 % machbar
- Hoher Stromwirkungsgrad
- Schwankungen im Brennstoffaufkommen problemlos
- Große Kraftwerkskapazität verfügbar
- Vielzahl von Kraftwerksstandorten regional verteilt

Weitere Randbedingungen:

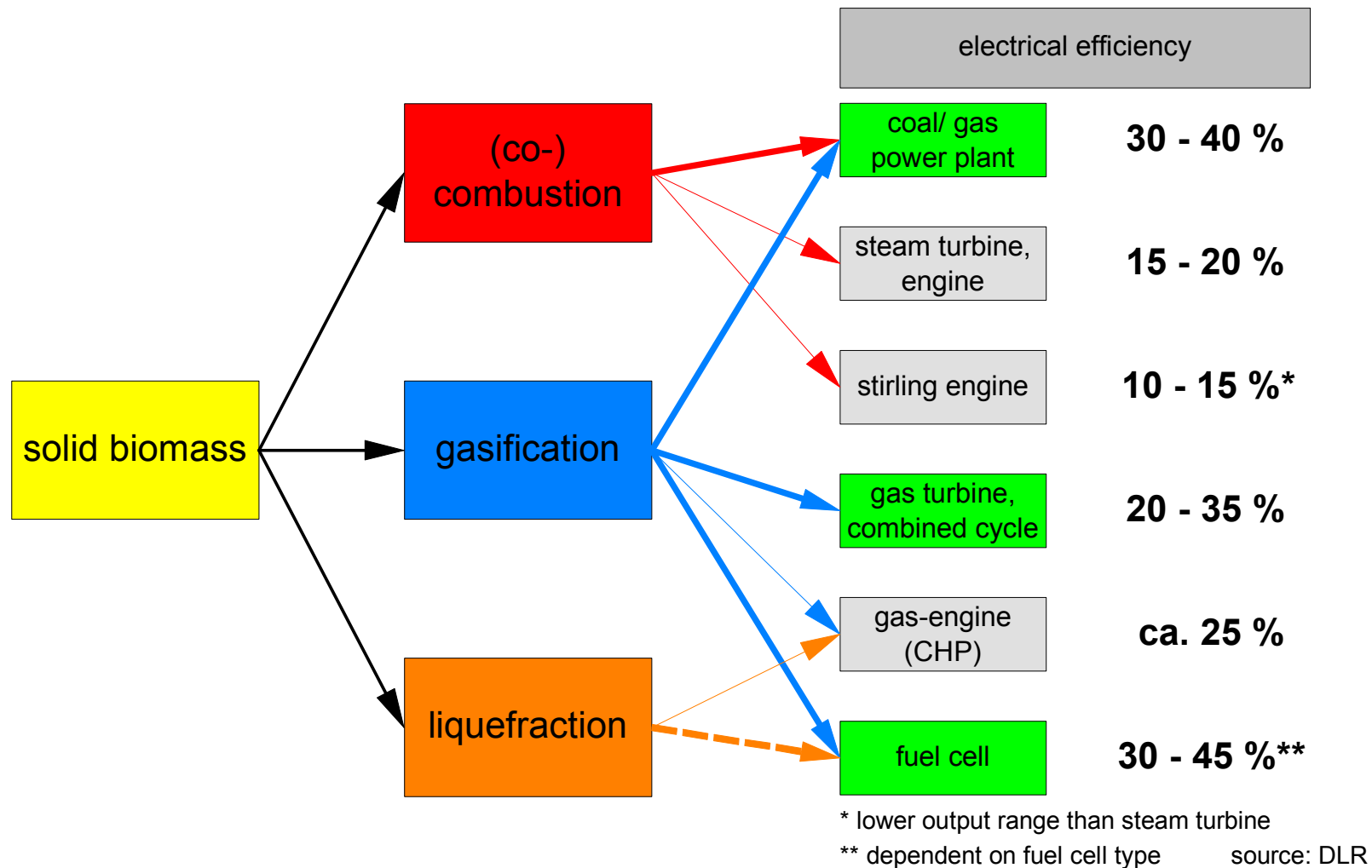
Dezentrale Technologien

Brennstoffpreis

CO₂-Emissionshandel, EEG...



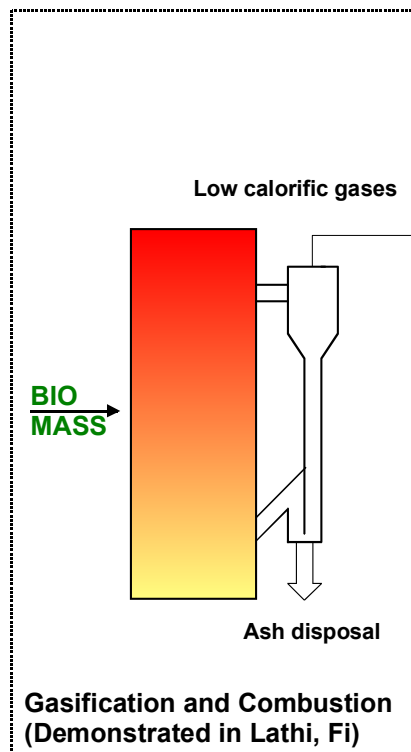
Stromerzeugung durch Einsatz biogener Feststoffe



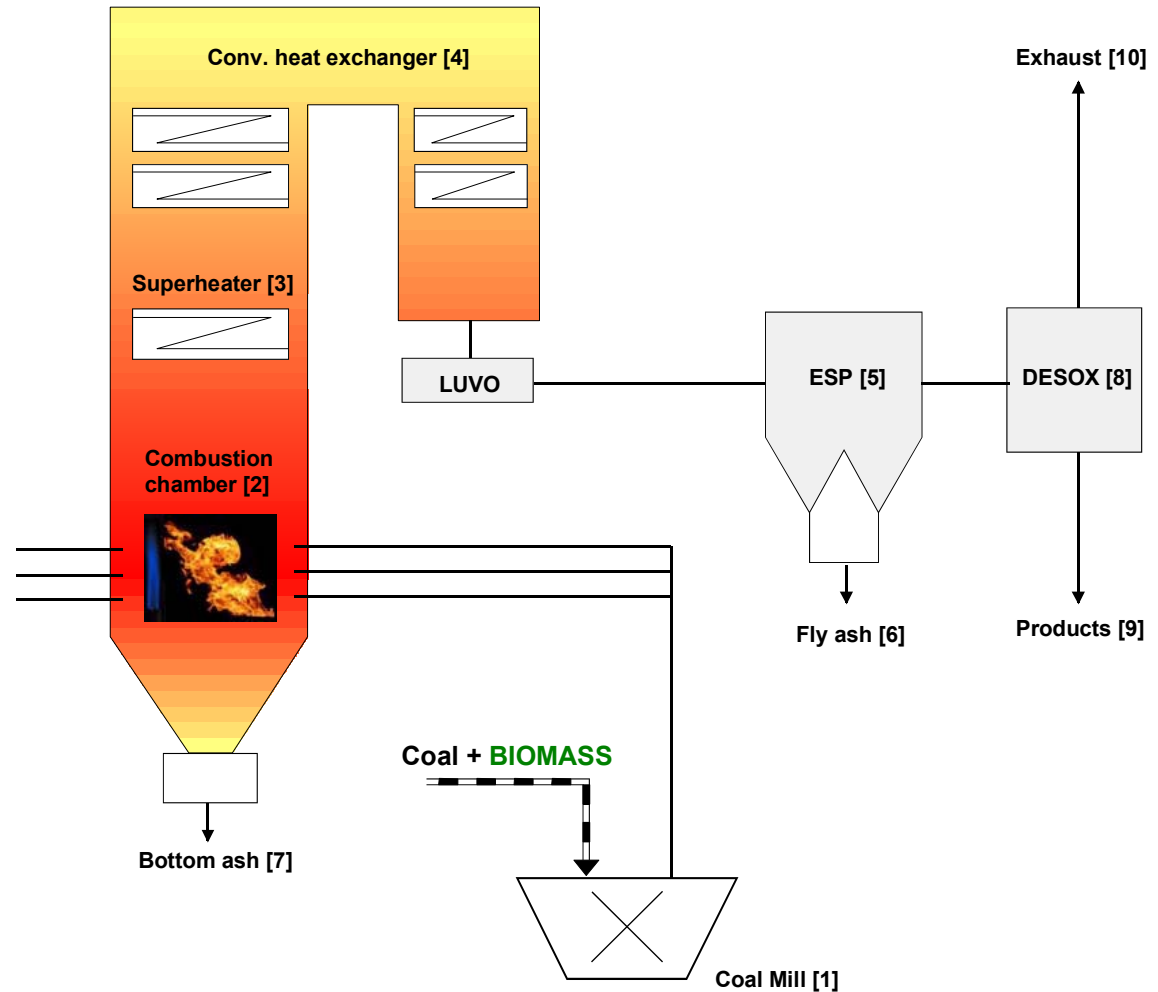
Secondary fuel co-combustion



INDIRECT co-combustion



DIRECT co-combustion



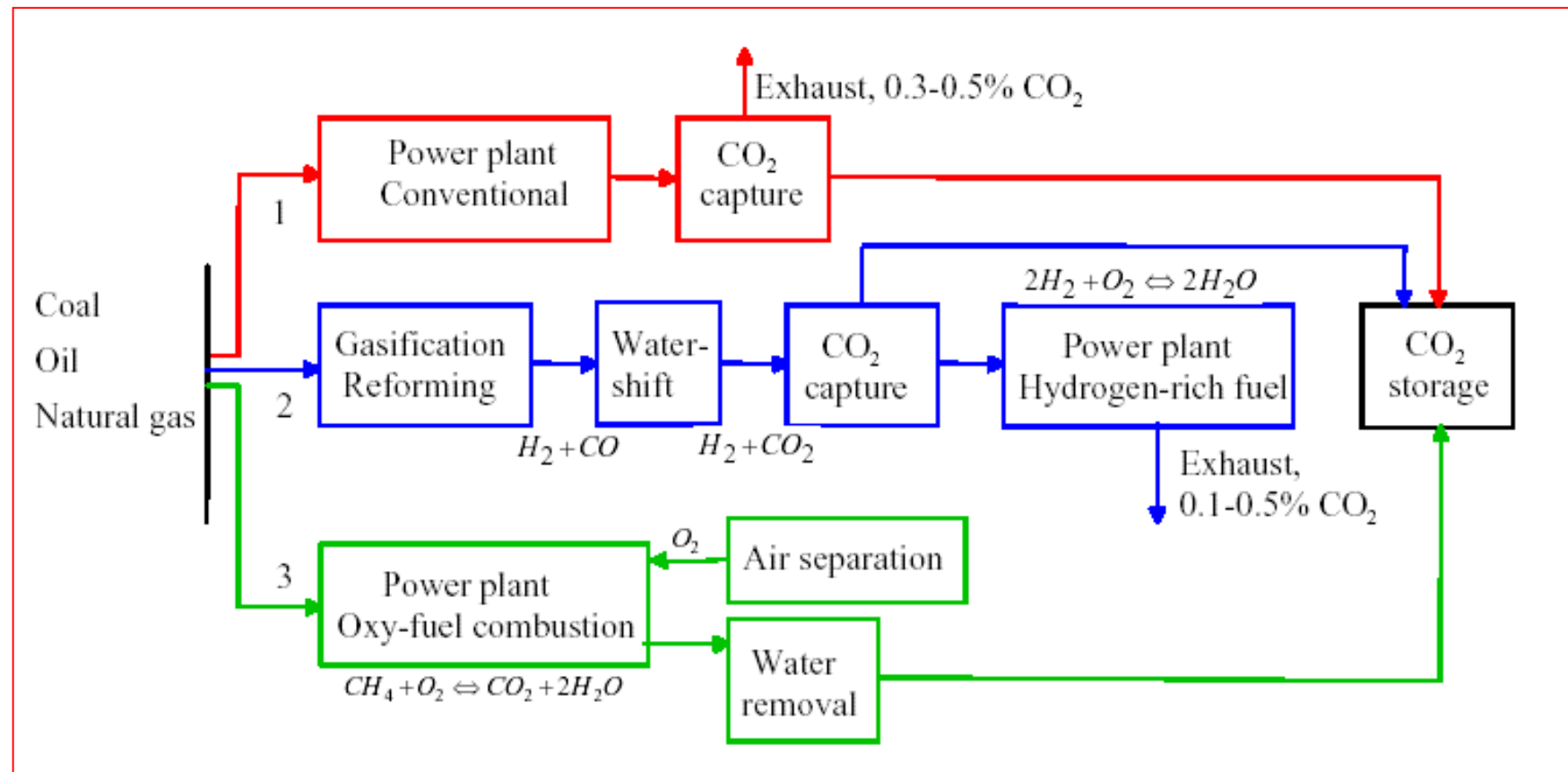
CO₂-Abtrennung und Lagerung

Erste Kooperationen von EU Forschungsaktivitäten zur CO₂-Abtrennung und CO₂-Lagerung im 5. Forschungsrahmenprogramm mit USA, Kanada, Norwegen (SACS, RECOPOL, Weyburn...)

F&E Schwerpunktprojekte im 6. Rahmenprogramm der EU (ENCAP, CASTOR, CO₂-Sink, ISCC...)

- O₂/CO₂-Verbrennung durch Rauchgasrückführung
- Verbrennung von H₂-reichem Synthesegas in Gasturbine / Brennstoffzelle
- O₂-Bereitstellung (O₂-Membran, Metalloxide...)
- CO/CO₂/H₂-Shiftkonversionsprozess
- CO₂-Abtrennung (Wäscher, Membranen, Mineralien...)
- Komponenten und Prozessevaluierung
- CO₂-Transport
- Verbringung (Offshore, Onshore)

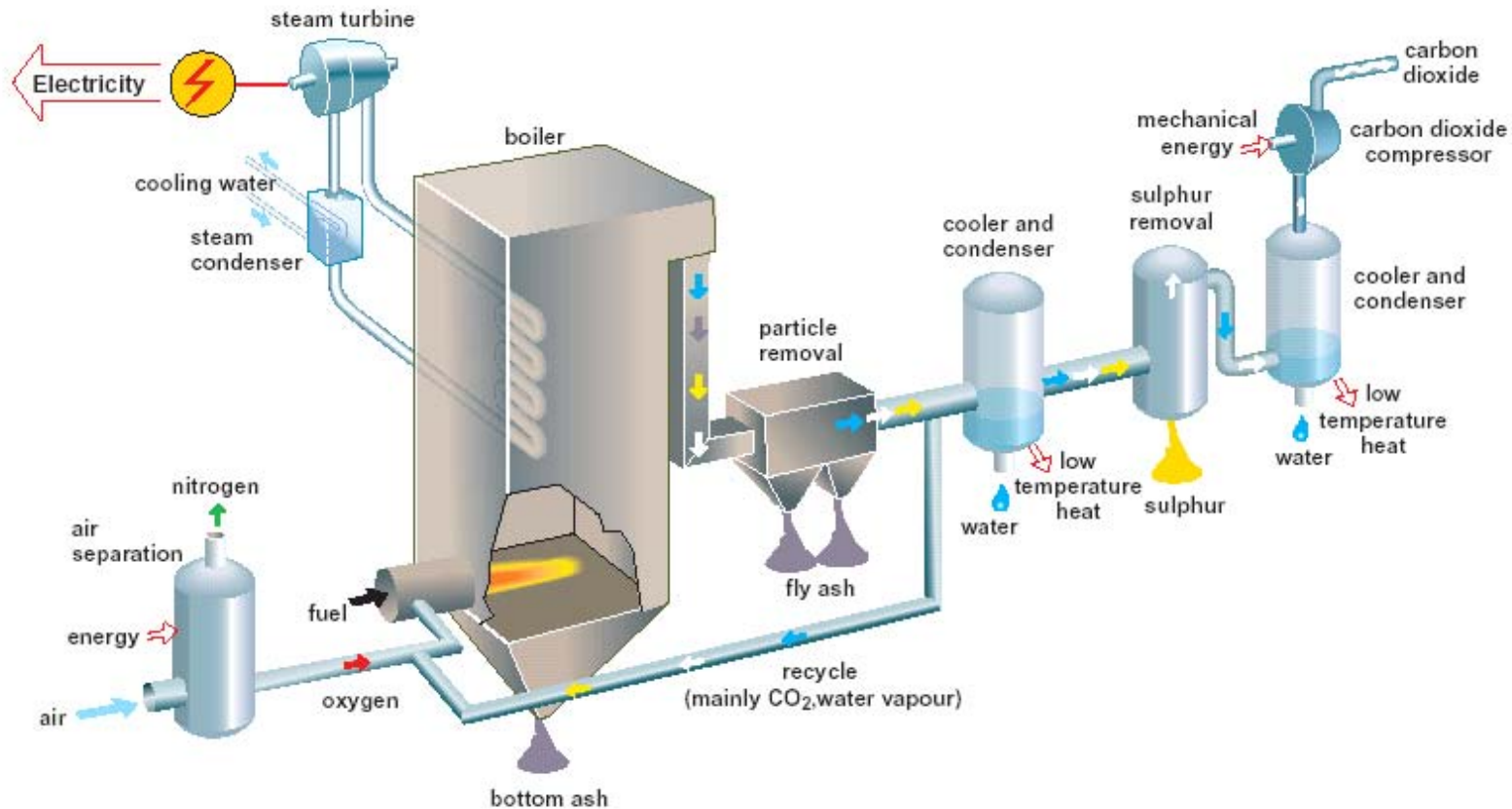
Schemata von CO₂- Abtrennungsprozessen



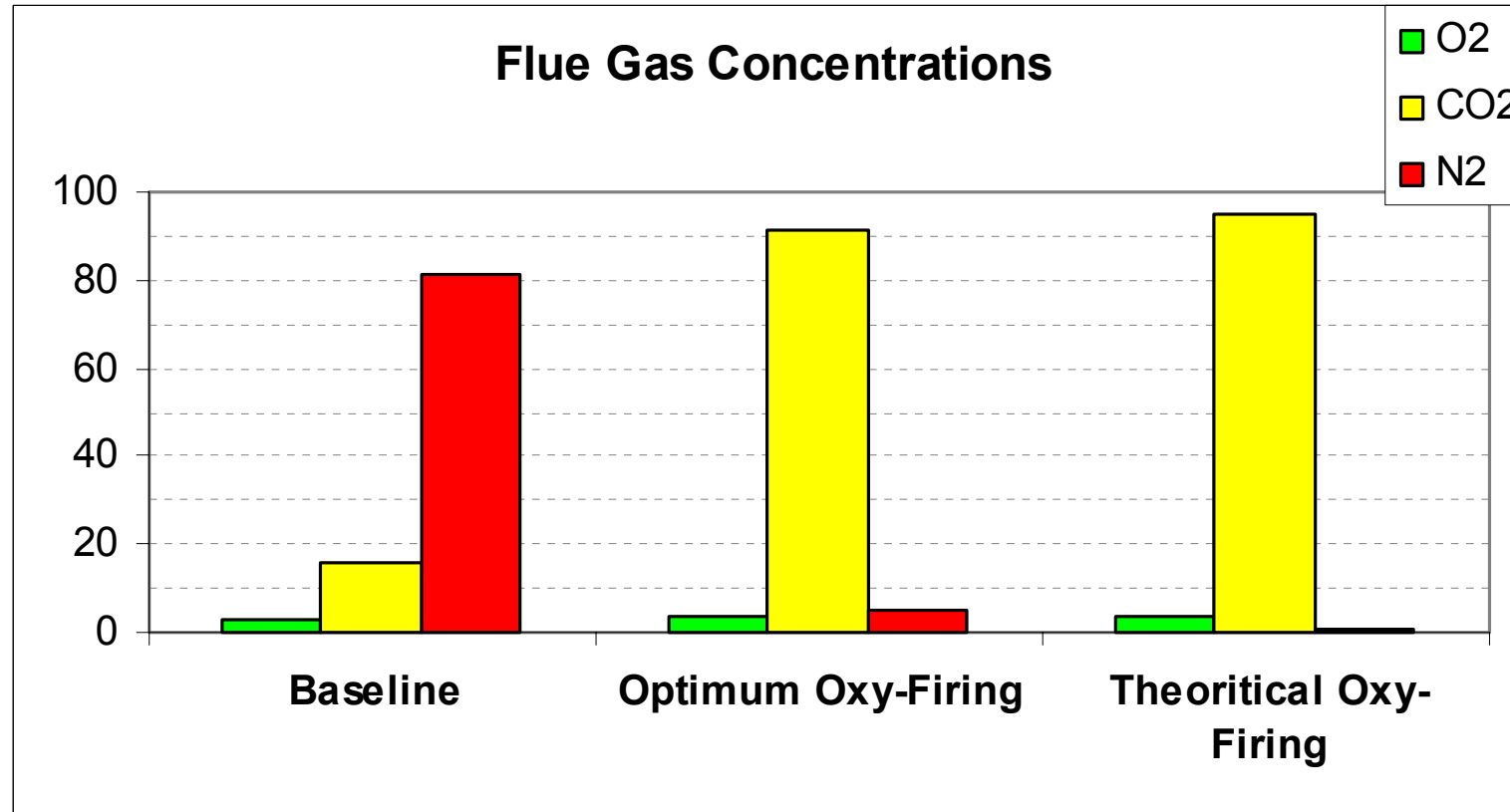
Post Combustion Principle **Precombustion Principle** **Oxy- fuel Principle**

O₂/CO₂-Verbrennung (Oxyfuel Combustion)

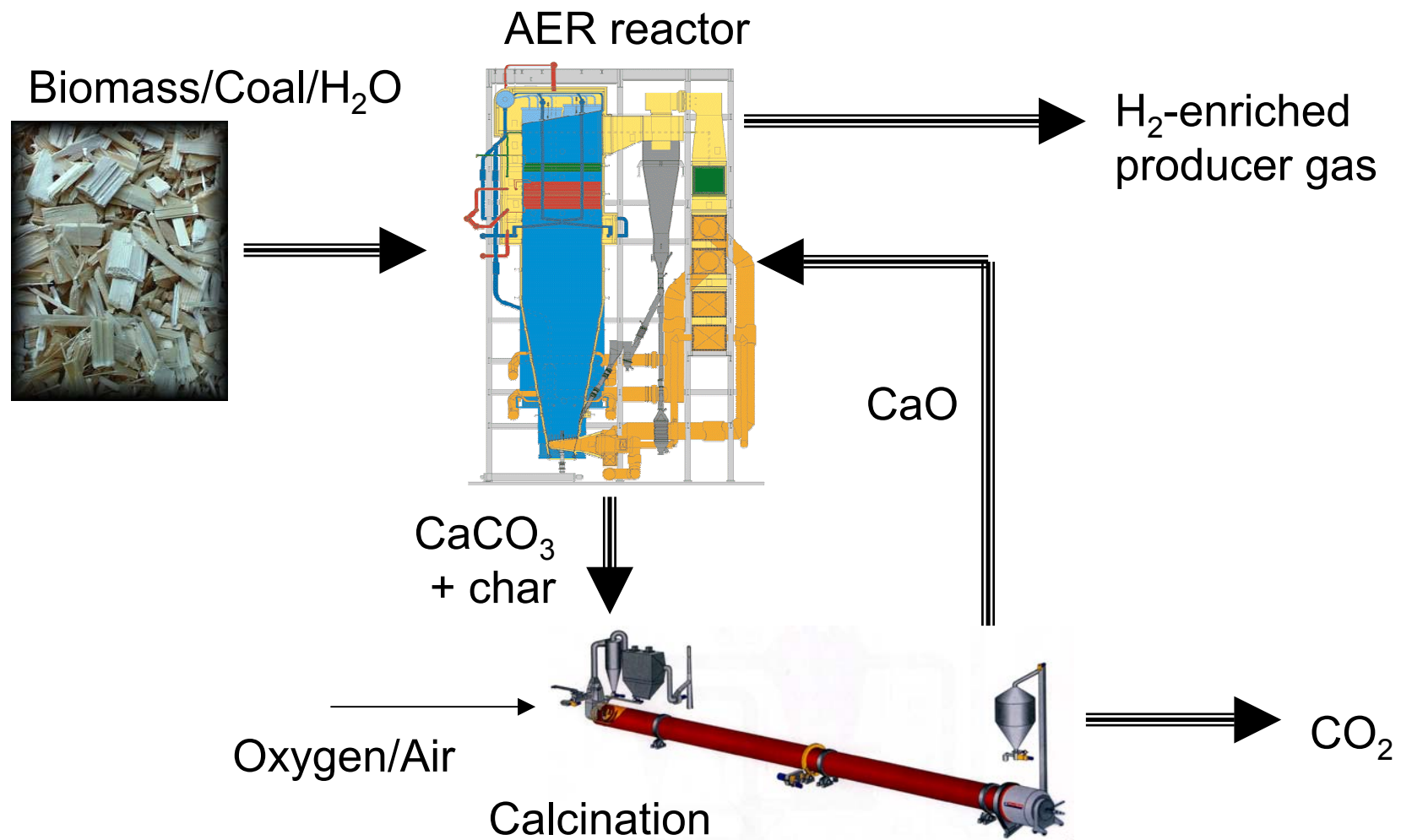
O₂/CO₂ recycle (oxyfuel) combustion capture



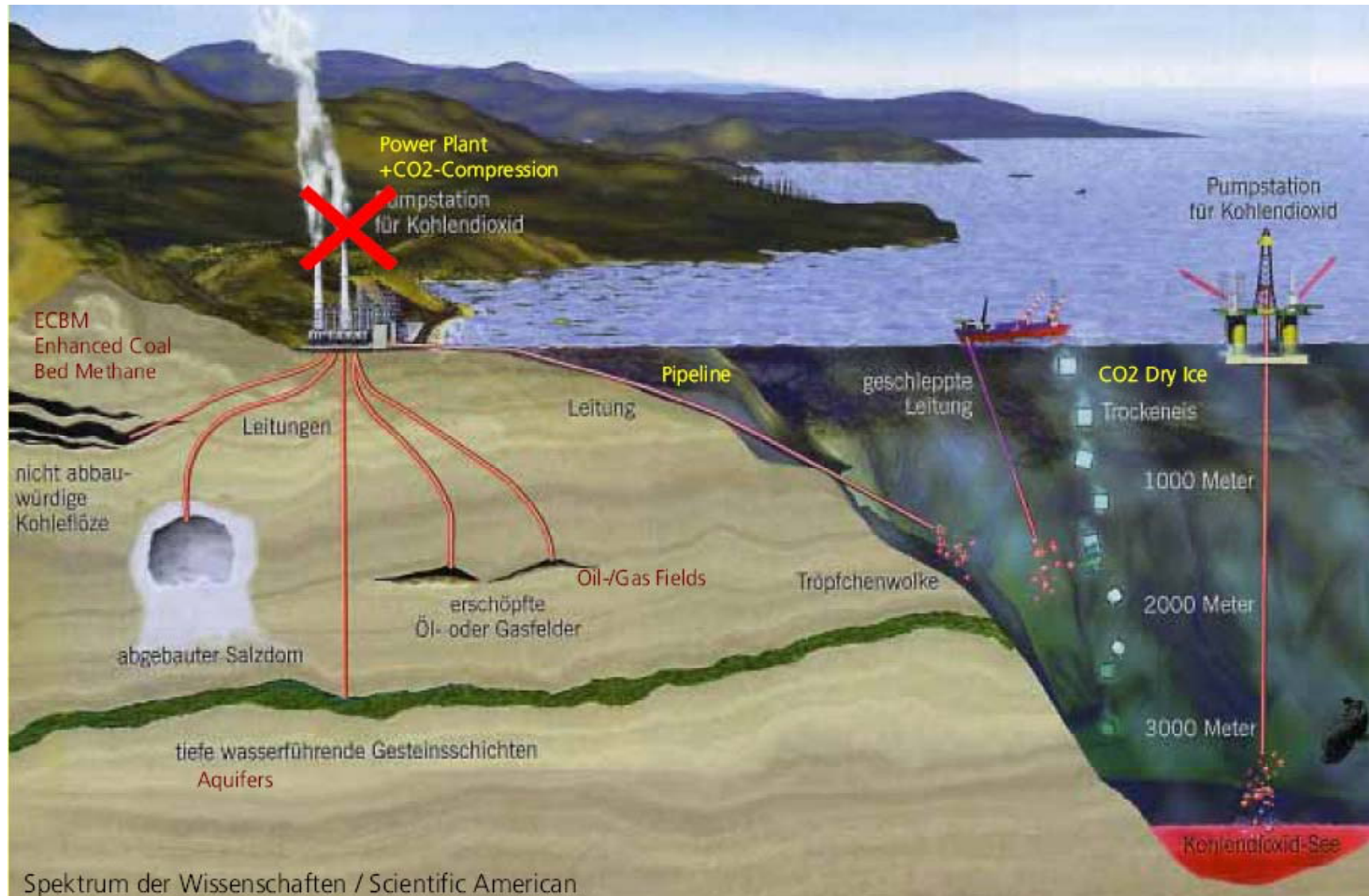
Prozessabhängige Rauchgaskonzentrationen



Vergasung mit integrierter Reformierung



Offshore und Onshore CO₂-Verbringung



Biomassenutzung in Kraftwerken machbar/ hohes Potential / kostengünstig

Ersatz von Altanlagen durch Stand der Technik (32% - 45%)

Wirkungsgradpotential konventioneller Kraftwerkstechnik

> 50 % Stein- und Braunkohle (BoA-Plus, AD 700)

60-65% Erdgas GuD-Anlagen

CO₂ freie fossile Kraftwerke:

Bottle-neck CO₂-Verbringung

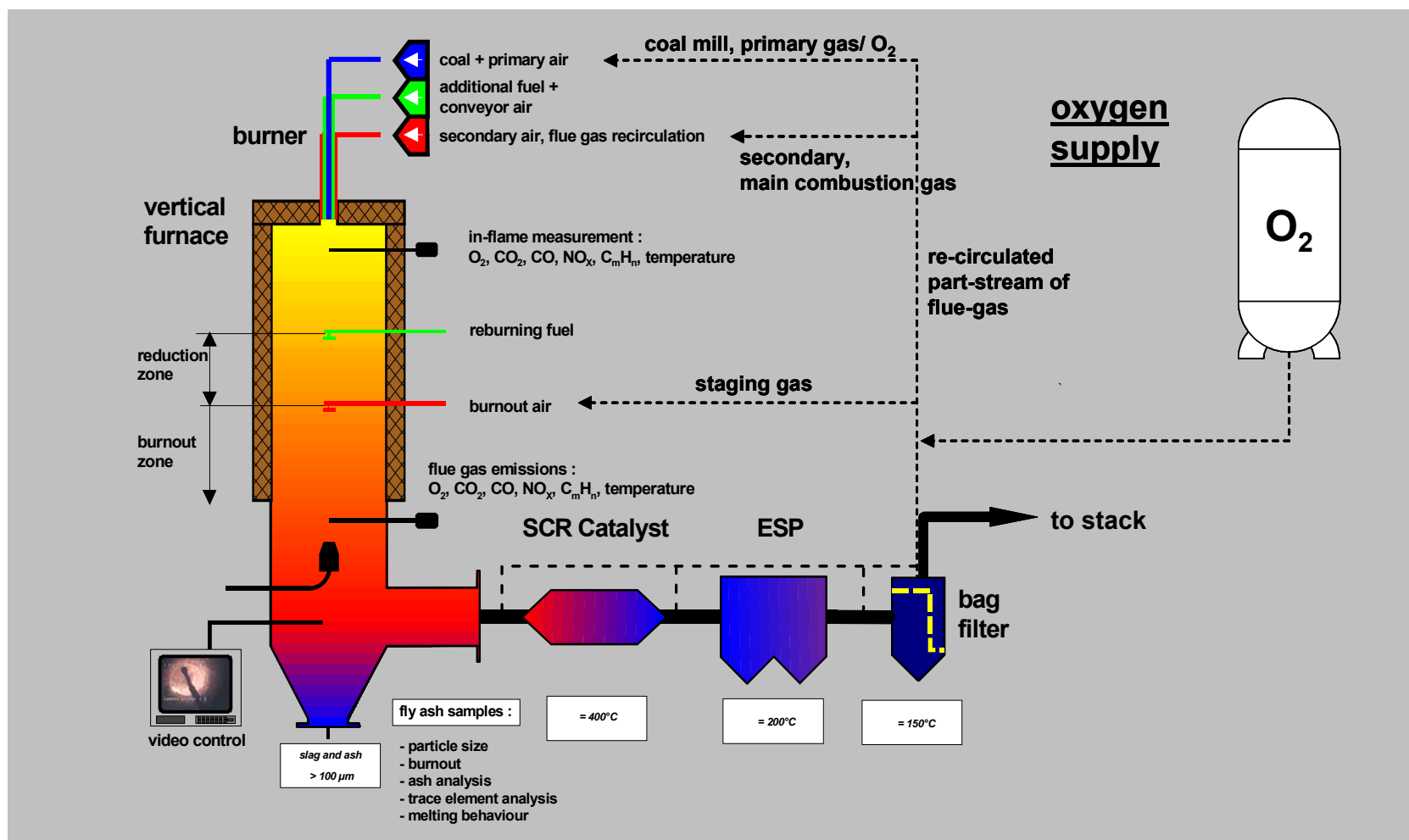
technische Machbarkeit, öffentliche Akzeptanz, CO₂-Freisetzung

Wirkungsgradminderung

Grundlagenforschung im Labor- und Technikumsmaßstab hat begonnen

Demonstration ausgewählter Verfahren (2015-2030)

Oxyfuel Verbrennungsanlage am IVD in Stuttgart



CO₂ emissions of different energy sources (Germany)

