

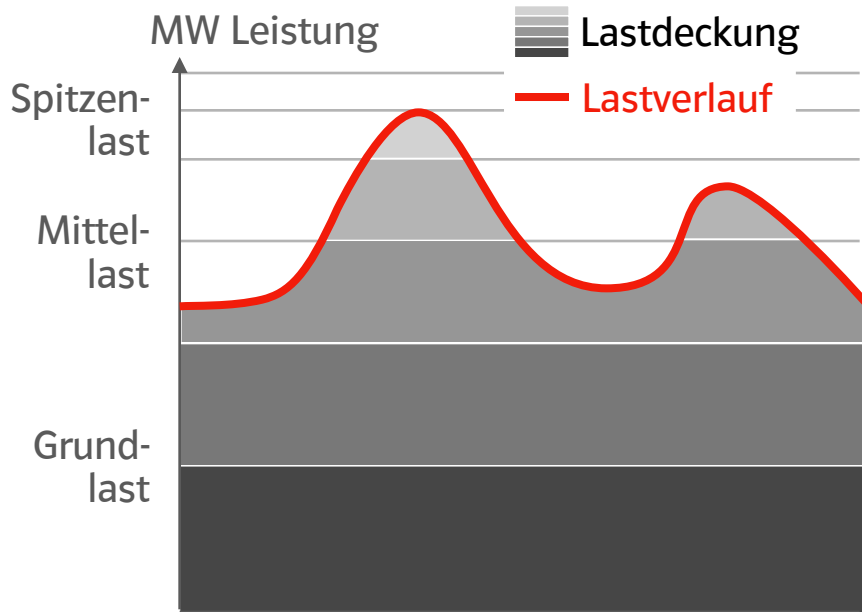
# CO<sub>2</sub> Abtrennung, Nutzung und Speicherung für eine verlässliche und CO<sub>2</sub>-arme Stromerzeugung

Dr. Peter Radgen  
Head of Innovation Center Carbon Capture and Storage  
E.ON New Build and Technology GmbH, Düsseldorf

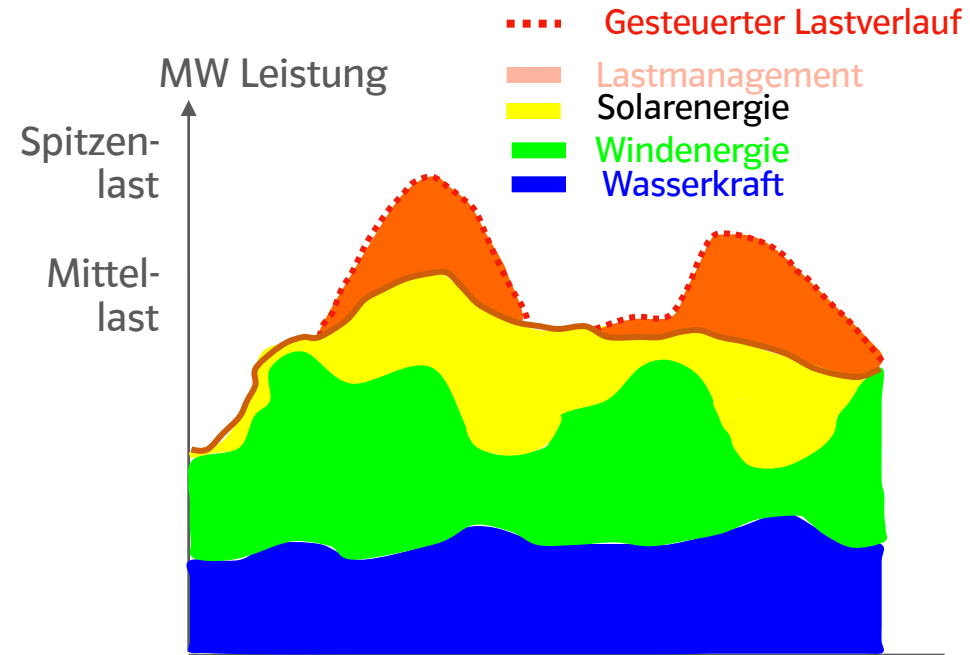
CO<sub>2</sub> Klimakiller oder Rohstoff der Zukunft für die organische Chemie, Darmstadt, Materials Valley e.V., 10. Mai 2012

The logo for E.ON, featuring the lowercase letters 'e-on' in a white, sans-serif font on a red rectangular background.

# Vergangenheit und Zukunft des Energiesystems



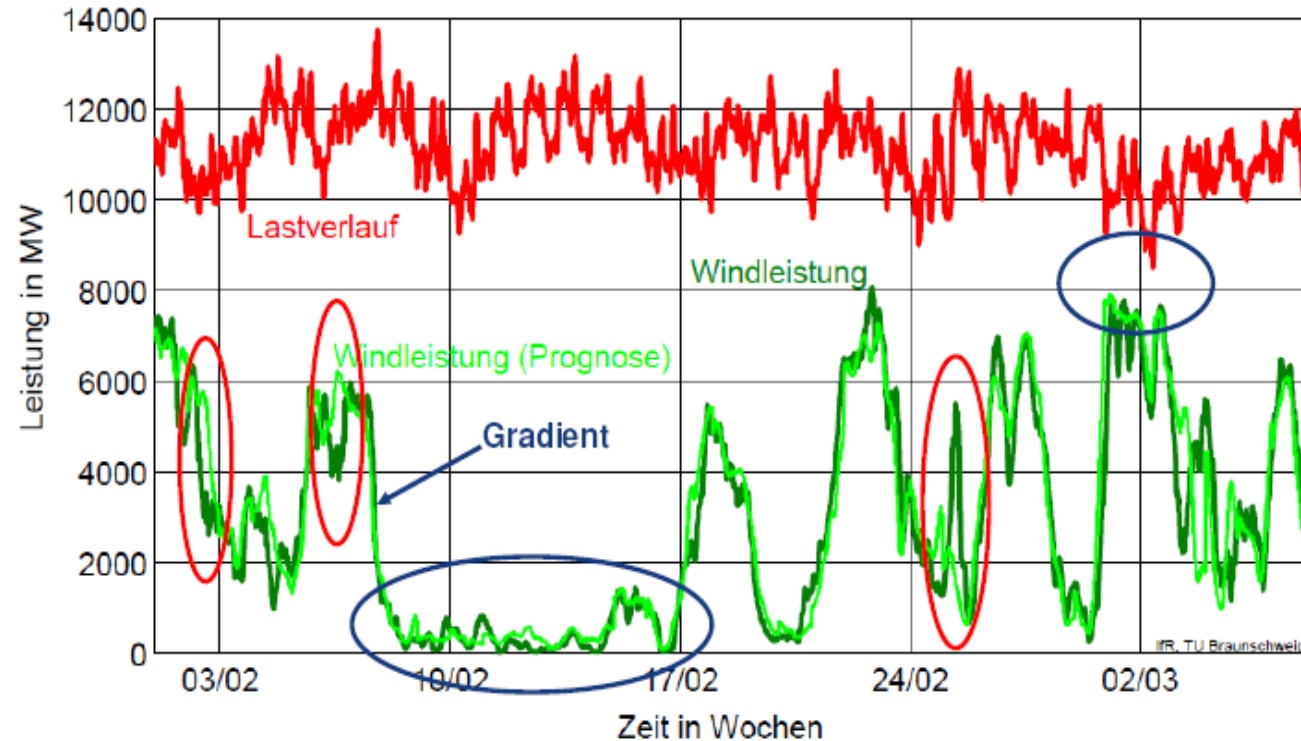
Feste Nachfrage und flexible Erzeugung



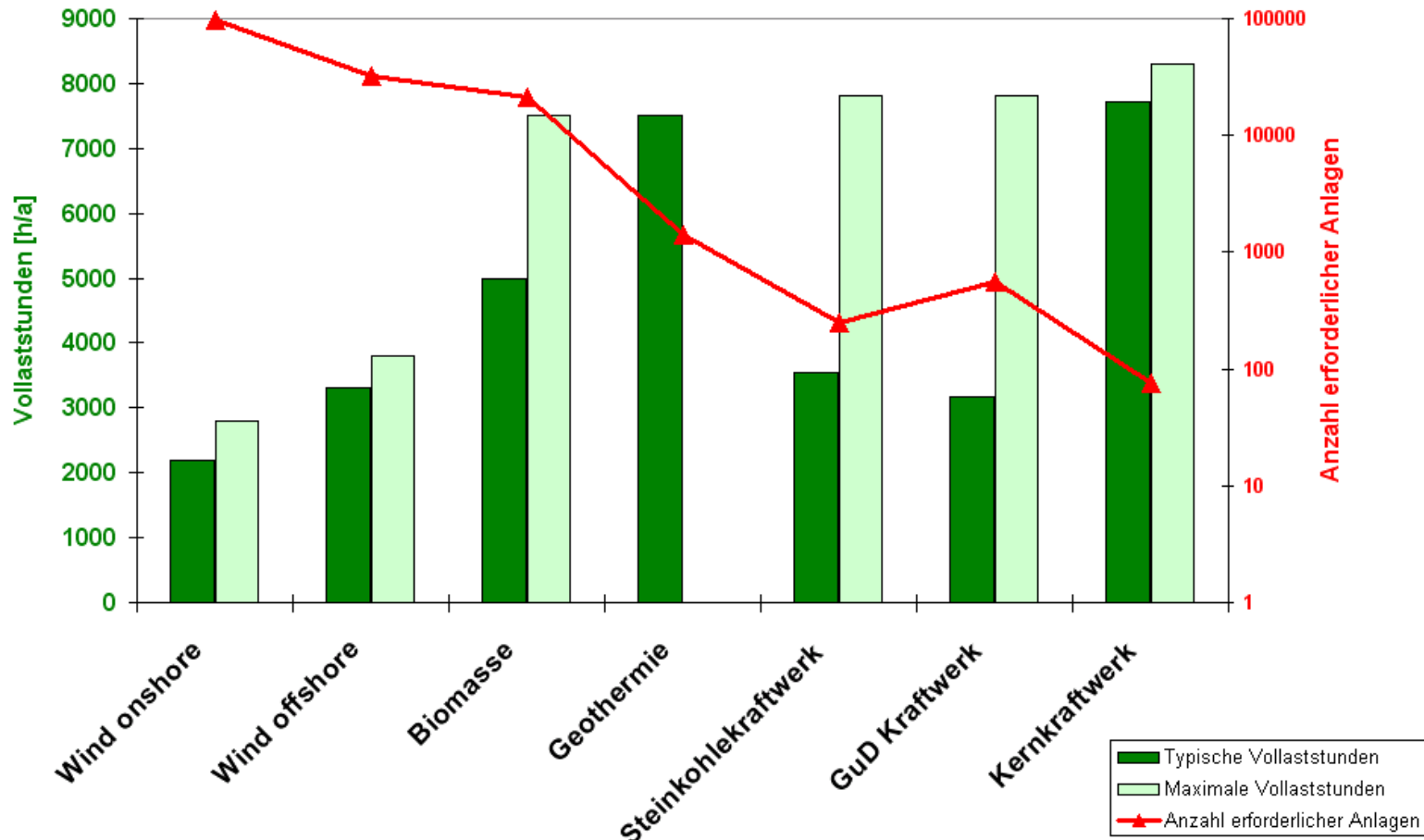
Feste Erzeugung und flexible Nachfrage

# Herausforderungen durch fluktuierende Erzeugung

- Große Leistungsgradienten
- Abweichungen von Prognose und Erzeugung
- Erzeugung aus Wind deckt sehr hohen Anteil an Verbrauch
- Längere Zeiten ohne Angebot

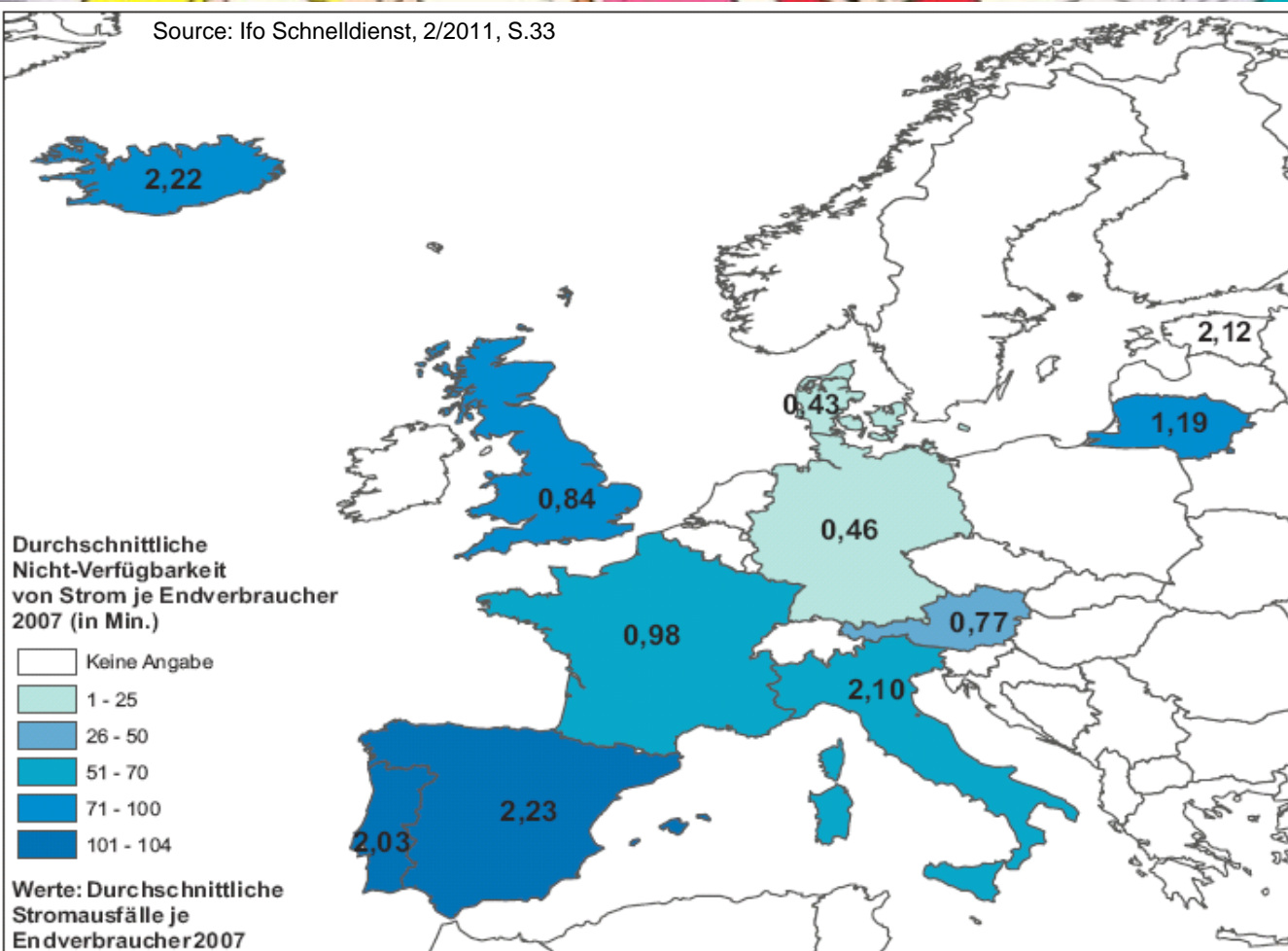


# Volllaststunden und theoretische benötigte Anlagenanzahl zur Deckung des durchschnittlichen Strombedarfs in Deutschland





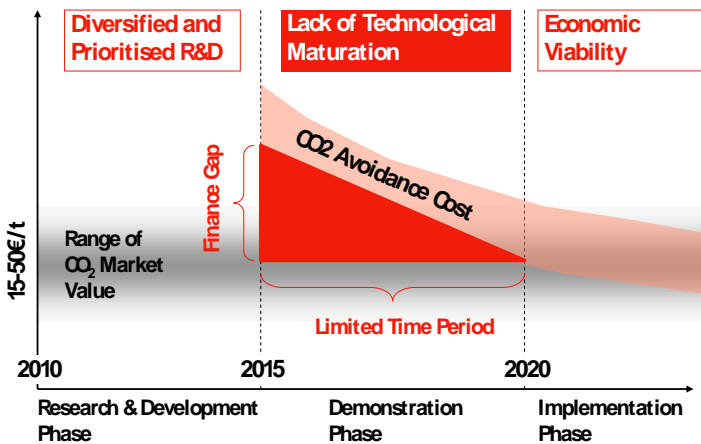
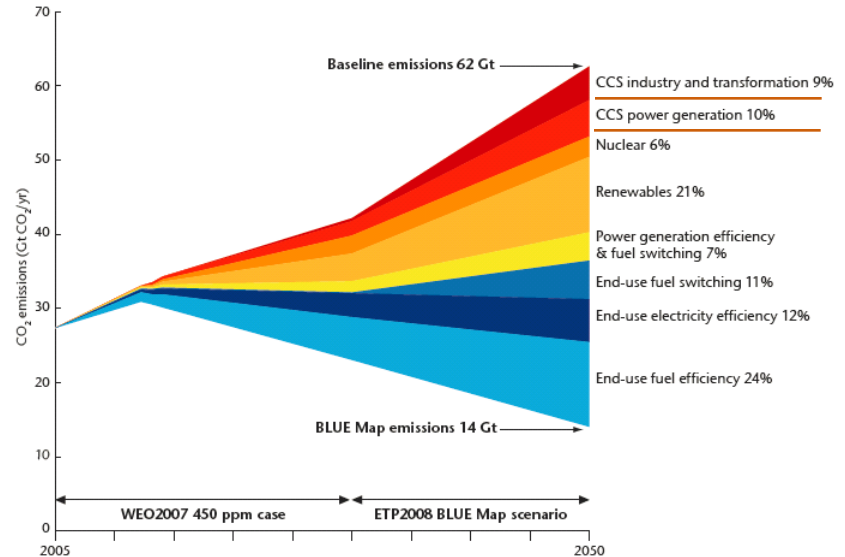
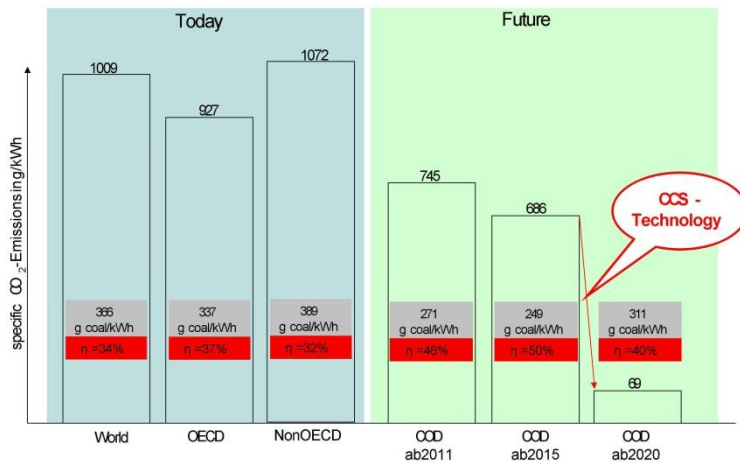
Source: Ifo Schnelldienst, 2/2011, S.33



# Drivers for Carbon Capture and Storage (CCS)

Decarbonising electricity production while keeping fossil fuels in the generation mix.

„Without CCS, overall cost to half CO<sub>2</sub> emissions levels by 2050 would increase by 70%“ (IEA, 2009)



CCS to become a mature, reliable and cost effective technology for power generation in a carbon constrained world

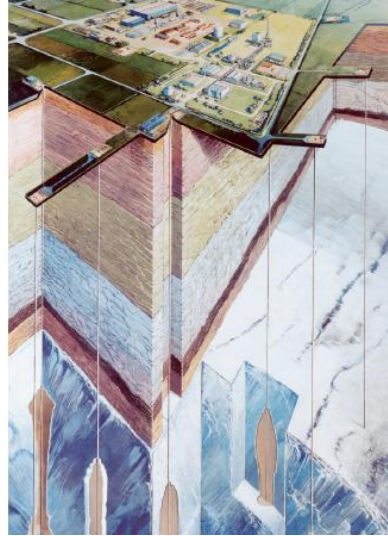




# Wie kann CCS realisiert werden?



Gastransport via Pipeline



Gasspeichertechnologie und Nutzung von natürlich gespeichertem CO<sub>2</sub>



CO<sub>2</sub> Abscheidung in der Düngemittelproduktion



Flüssiggas transport per Schiff



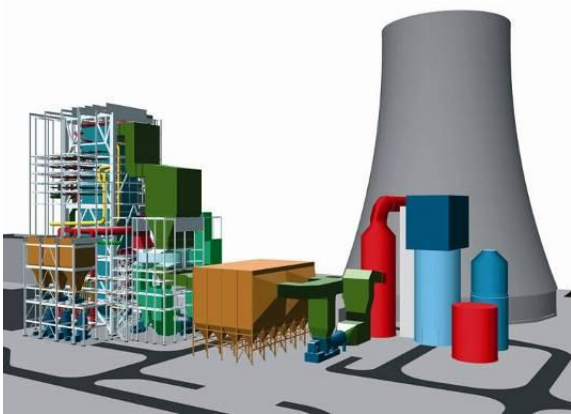
Stromerzeugung aus Gas und Kohle

**CCS ist keine Erfindung sondern eine Innovation. CCS kombiniert gut bekannte Technologien um neue Herausforderungen zu lösen.**

Photos: E.ON Gas storage, E.ON Kraftwerke, Thyssen Krupp Uhde



# CO<sub>2</sub>-Abscheidung in fossilen Kraftwerken – 3 verschiedene Technologien sind in Entwicklung



CO<sub>2</sub> zur  
Speicherung

## 1. **Post Combustion Capture**

CO<sub>2</sub> Abtrennung aus dem Rauchgas  
eines konventionellen  
Kraftwerksprozesses (Wäsche)

## 2. **Oxyfuel**

Verbrennungsprozess mit  
reinem Sauerstoff statt mit Luft

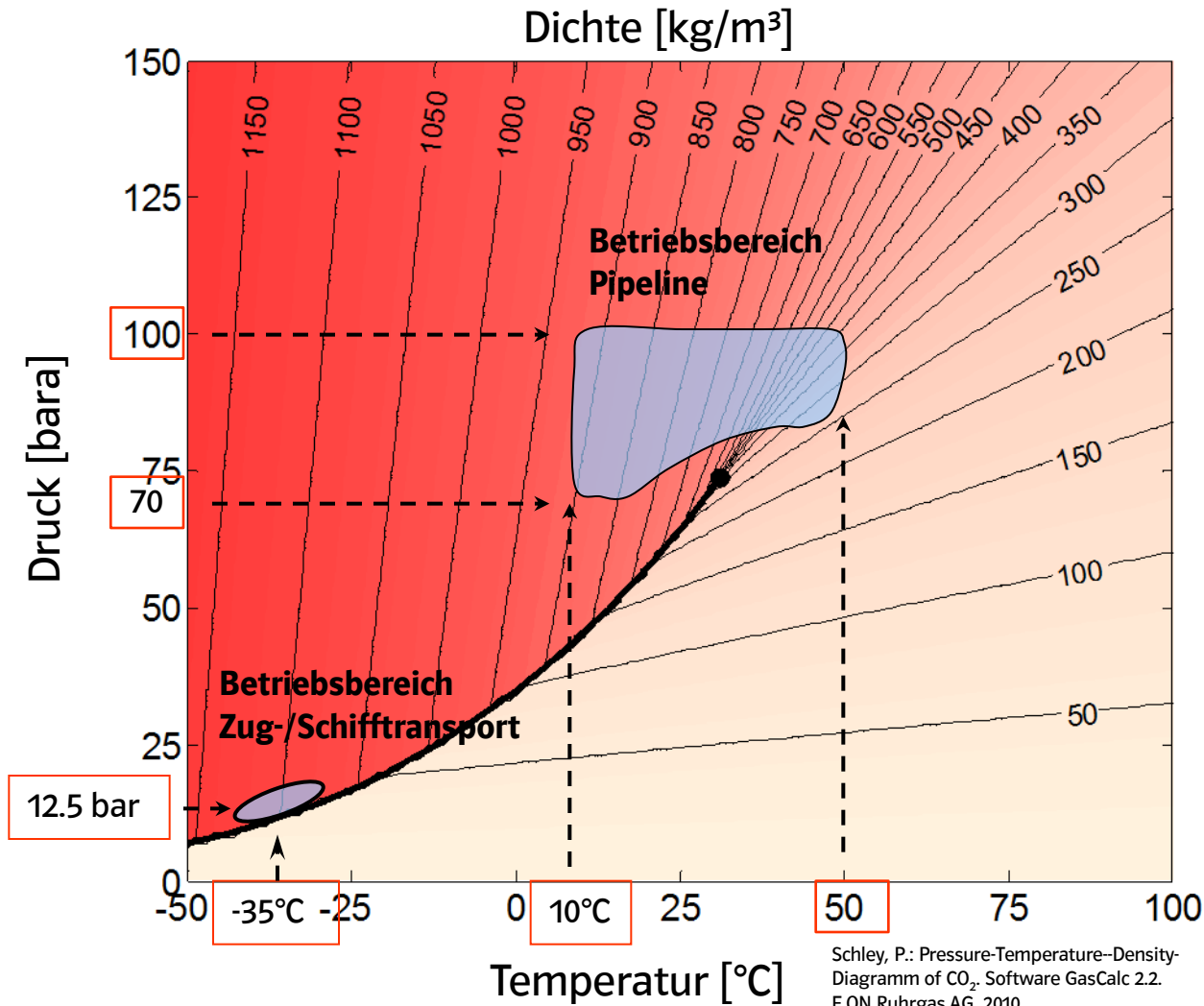
## 3. **Pre Combustion Capture**

Integrierte Kohle-Vergasung mit  
nachgeschaltetem GuD-Prozess (IGCC)

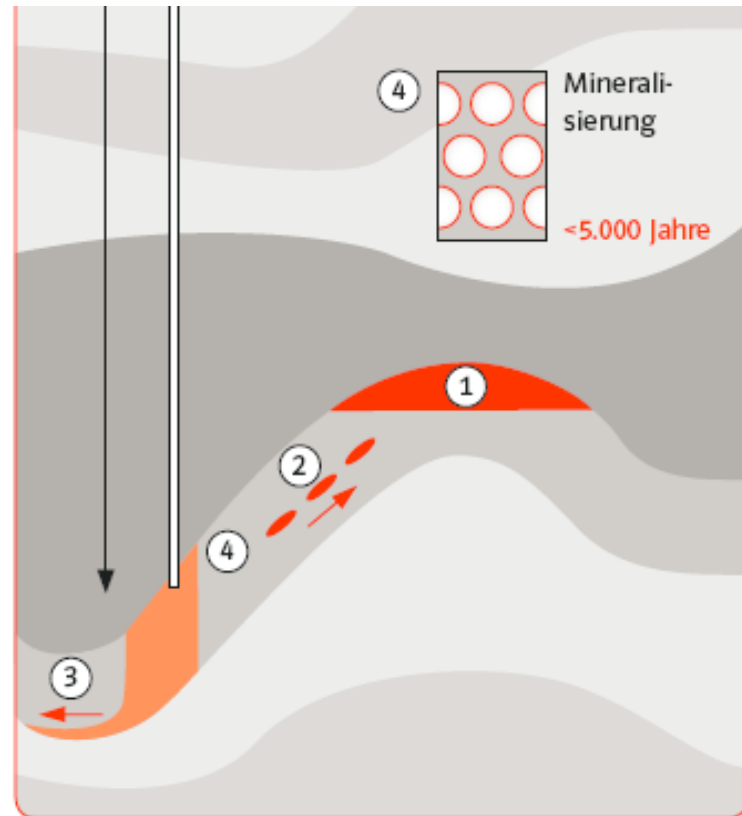
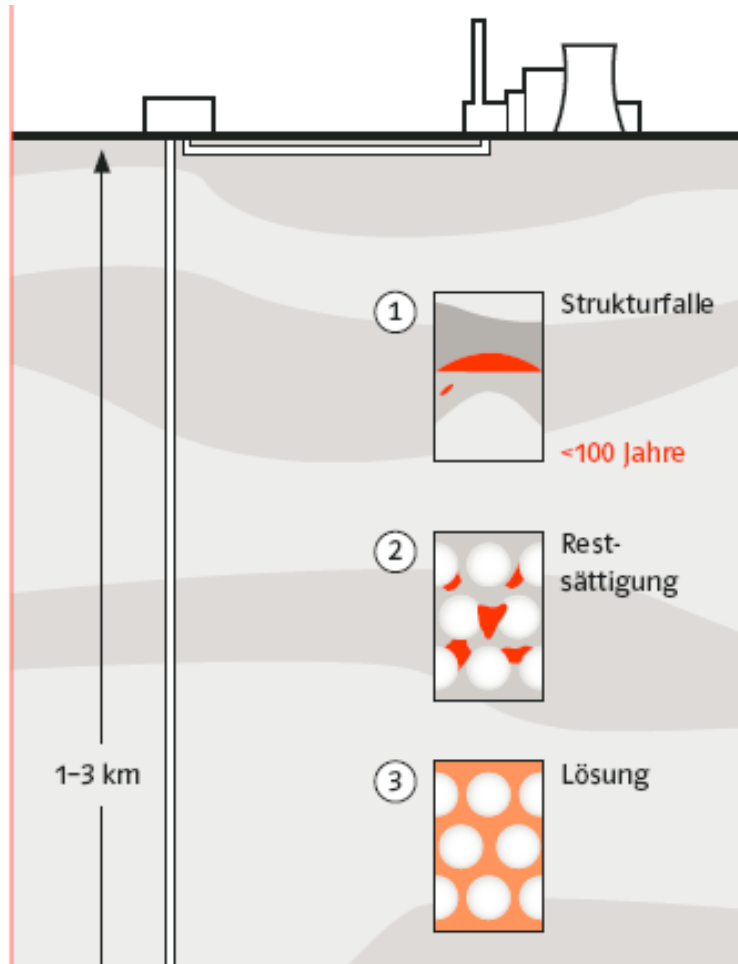
Maßgeblich für einen zukünftigen Einsatz ist die Wirtschaftlichkeit



# Dichte von CO<sub>2</sub> als Funktion von Druck und Temperatur



# Speicherung von CO<sub>2</sub>



# Four Major Challenges to overcome for CCS

## Technical/Industrial

- › Uncertainties around CCS technologies (performances, operation, scale-up etc.)
- › Potential bottleneck of CCS equipment for industrial ramp-up
- › Costs and energy penalty
- › Knowledge sharing in a (pre)-competitive environment

## Regulatory

- › Lack of regulation framework for permitting (especially storage)
- › Need for long-term CO<sub>2</sub> regulation at national, regional and international level
- › Lack of clarity on future role of coal

## Financial

- › Uncertainty/lack of funding (EU, Member States etc.)
- › Uncertainties around cost of CCS technologies, revenues and incentives
- › Funding streams not in line with cost spending for CCS
- › Development of new insurance tools

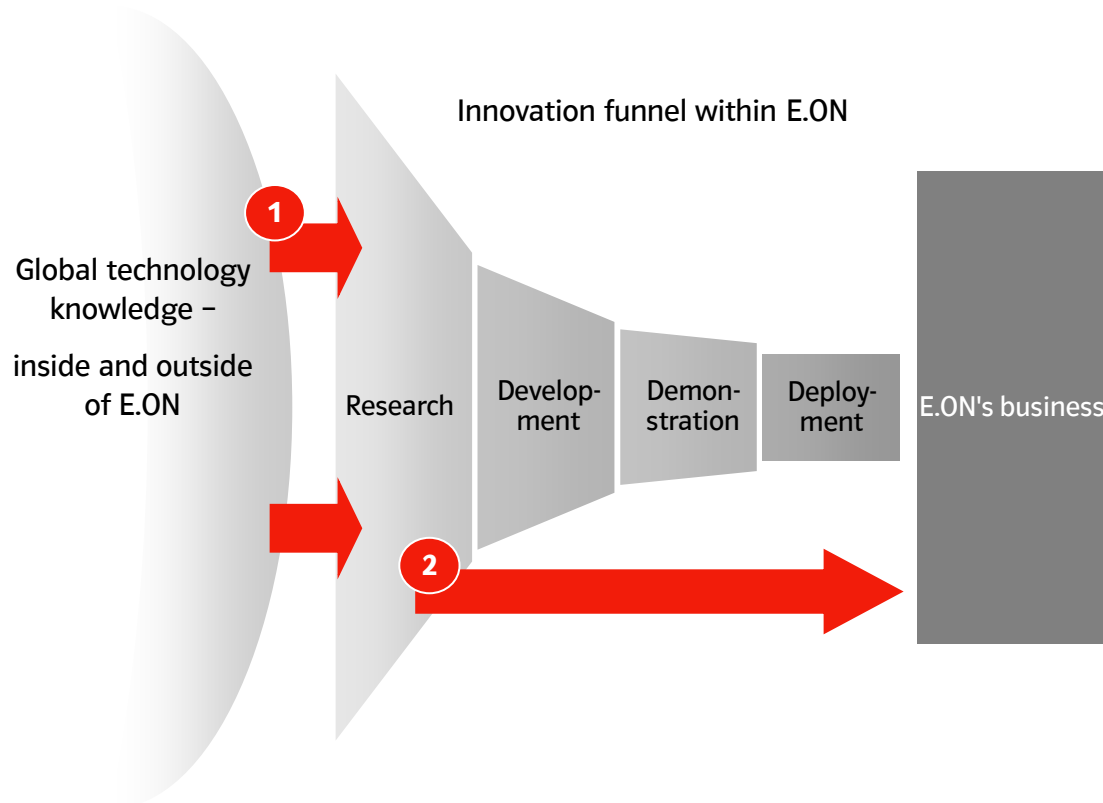
## Public support

- › Lack of awareness of CCS among general public
- › Risk of NIMBY response to any new industrial assets (including CCS)

NIMBY = Not in my backyard

Source: ZEP D&I, 2009

# Von der Idee zur Wertschöpfung



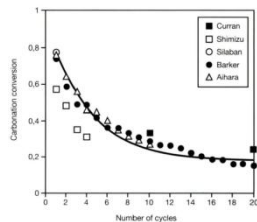
**"Turning global technology knowledge into value for E.ON" by ...**

- 1** Transferring global technology knowledge into E.ON know-how
- 2** Transforming know-how into value-creating business applications

# CCS RD&D requires participation in all parts of the innovation chain

## Basic Research

- New technology ideas
- Linking to scientific community
- Skill and competence built up



## Applied research

- Technology Tracking
- New business ideas
- Risk minimisation



## Pilot testing

- Process optimisation
- Process integration
- Informed buyer



## Demonstration


- Up scaling experience
- Operational experience
- Long term behaviour
- Full chain integration
- Reliable KPI's





**Increasing requirement of activities and budgets**


# E.ON's activities for 2<sup>nd</sup> Generation Post Combustion Capture

series of small scale pilot plants to validate technology improvements before next scale-up step


  
**GASSNOVA** ScottishPower
   
 < 1 MW<sub>el</sub>, 2009-2011, SOLVIt
   
 project amine scrubbing (Aker MTU)



  
**ALSTOM**
  
 15 MW<sub>th</sub>, 2009-2011, completed
   
 Chilled-Ammonia Scrubbing (NH<sub>3</sub>)


  
**FLUOR**
  
 5,5 MW<sub>el</sub>, Mid 2012
   
 amine scrubbing (MEA)


  
**gato** TNO
   
 0,5 MW<sub>el</sub>, since May 2008
   
 amino acid salt scrubbing (TNO)


  
**HITACHI** Electrabel
   
 1 MW<sub>el</sub>, End 2012
   
 amine scrubbing (MEA and others)


  
**SIEMENS**
  
 < 1 MW<sub>el</sub>, since September 2009
   
 amino acid salt scrubbing (Siemens)


  
**DONG Energy** CESAR
   
 0,25 MW<sub>el</sub>, since 2006, Esbjerg
   
 amine scrubbing (BASF, CESAR)


  
**UNIVERSITÄT DUISBURG ESSEN** CSIRO NRW.BANK
   
 < 1 MW<sub>el</sub>, 2012, Stadtwerke Duisburg
   
 amine scrubbing (MEA and others)


  
**TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT** COORETEC
   
 1 MW<sub>th</sub>, Since 2011, TU Darmstadt
   
 Carbonate Looping Process



# Pilot Testing for CCS

**SIEMENS**



Pilot scale test of CO<sub>2</sub> capture with Amino-Acid Salts in PP Staudinger (Siemens)

**ALSTOM**

Chilled Ammonia

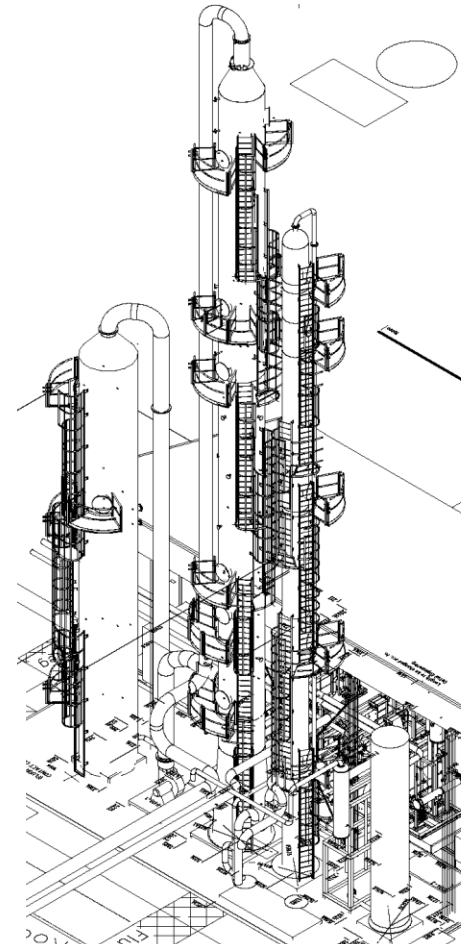


Pilot scale test of Chilled Ammonia CO<sub>2</sub> capture process in PP Karlshamn (completed), Alstom, in decommissioning)

# CO<sub>2</sub> Capture Pilot Plant at Power Plant Wilhelmshaven



Flue gas treated: 20.000 Nm<sup>3</sup>/h  
Captured CO<sub>2</sub>: ~3 t CO<sub>2</sub> / h  
CO<sub>2</sub>-capture rate: > 90 %  
Footprint: ~ 400 qm  
Highest Component: ~ 40 m  
(Absorber)





# On Site



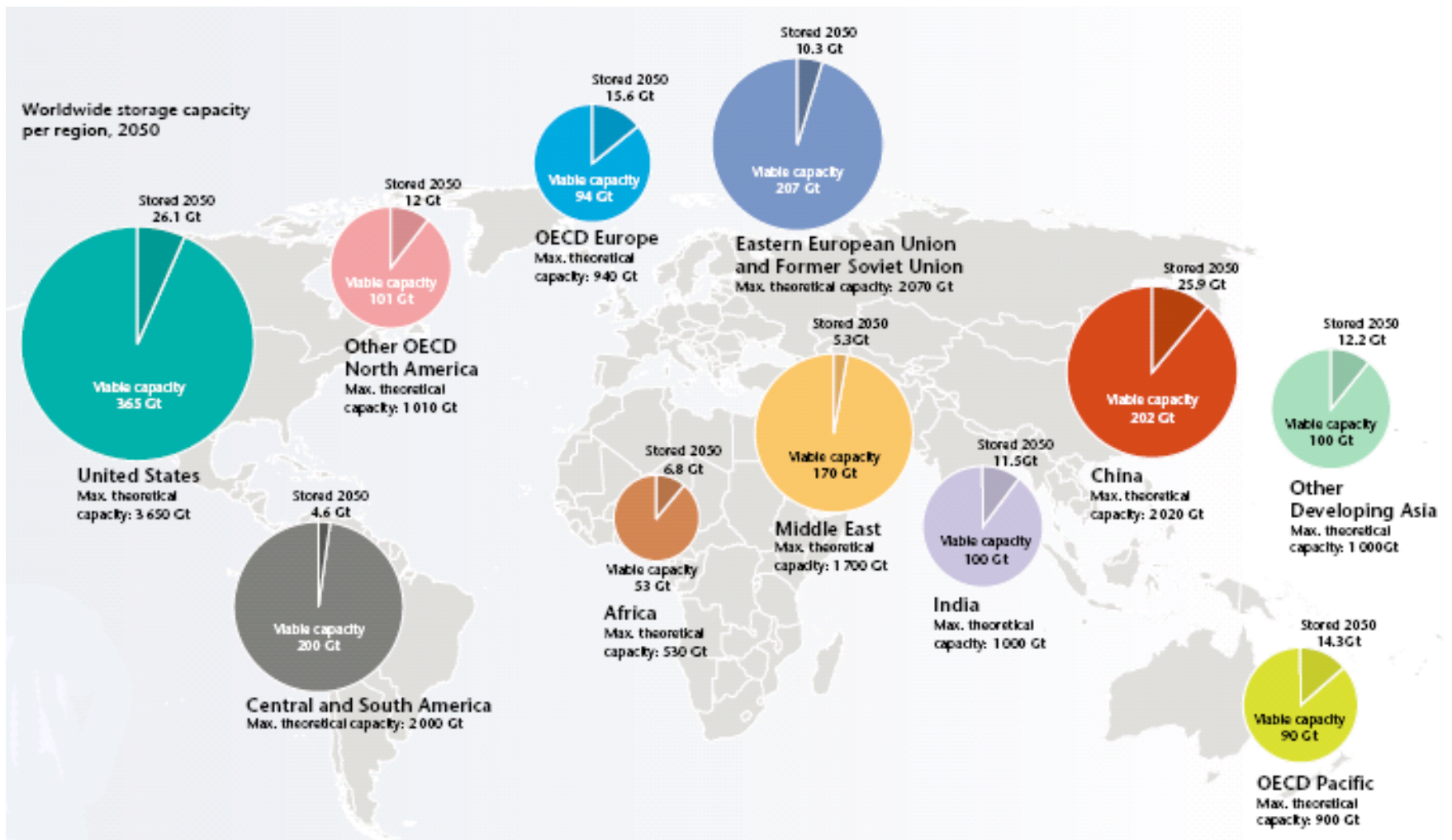
# E.ON's mobile lab for Post Combustion Capture Plants

- **on-site analytics** of CO<sub>2</sub> scrubbing solutions to support continuous pilot plants operation
- ensure **proper comparison** of different capture technologies and different CO<sub>2</sub> scrubbing solutions
- develop analytical procedures to ensure **cost optimal operation** of CCS demo plants
- ensure **low emissions** and defined **CO<sub>2</sub> quality**
- Possibility to offer mobile lab service to **third parties**

Carbon  
**CAPtain**



# World Wide Potential for CO<sub>2</sub> Storage



Source: IEA, CCS Roadmap, 2009





# CO<sub>2</sub>-Einsatzmöglichkeiten

## Chemische Nutzung

**Methanol, Harnstoff  
Ameisensäure  
Zyklische Karbonate  
Calcit, Hydrocalcit  
Methan (inkl. Power to Gas Verfahren)**



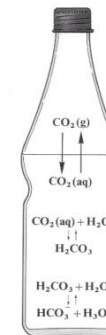
## Biologische Nutzung

**Biomasseerzeugung  
(Aufforstung; Algen natürlich, Algen  
Reaktoren)  
CO<sub>2</sub> Umsetzung  
(Mikroorganismen)**



## Physikalische Nutzung

**Getränke- und Nahrungsmittelindustrie  
Inertgas/Kältemittel  
Isolationsmaterial  
Imprägnier-/Reinigungsmittel  
Förderhilfsmittel Öl und Gasproduktion**





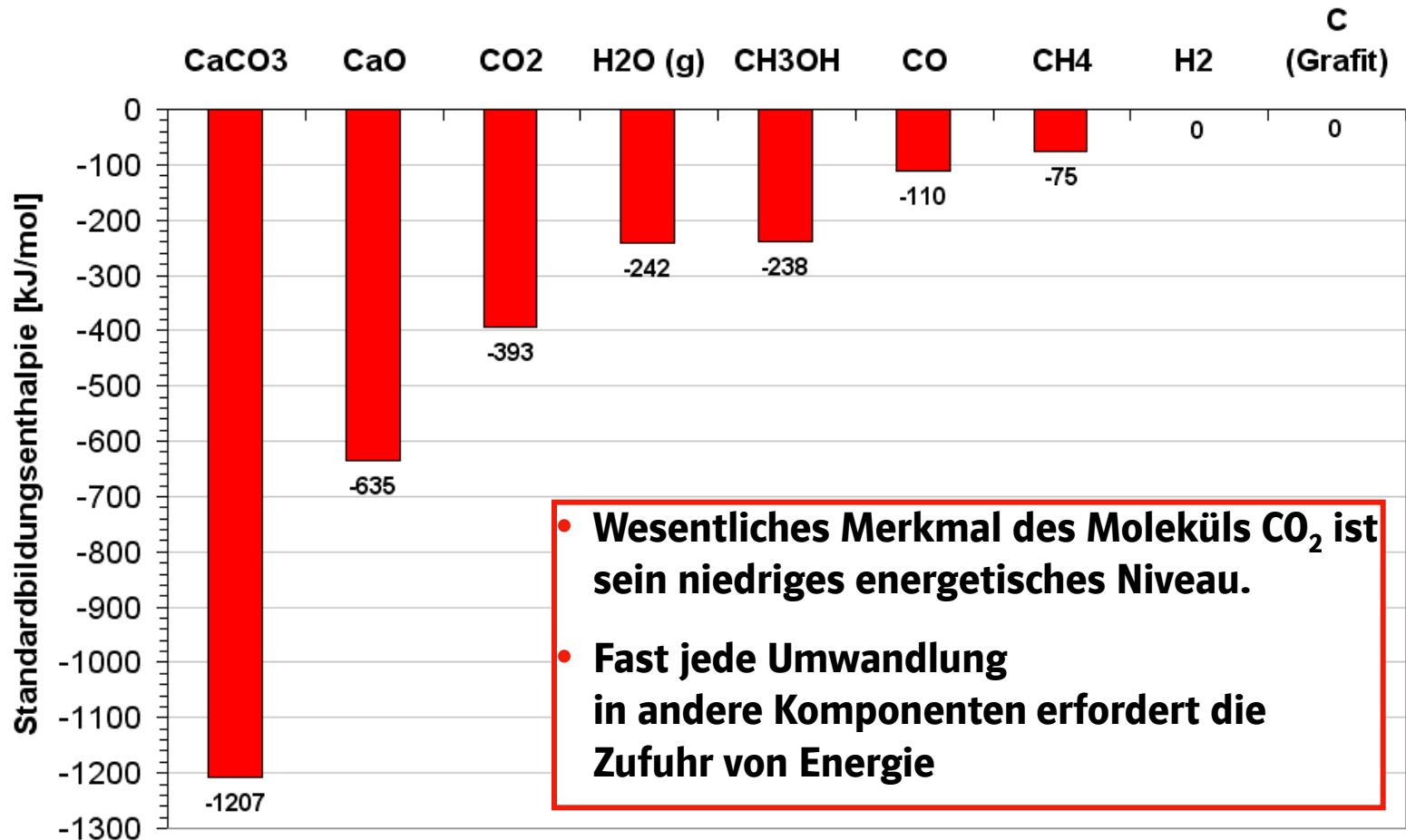
# Chemische Nutzung (Weltweites Marktvolumen)

Wertstoff	Marktvolumen weltweit Mio. t / a	CO <sub>2</sub> -basiertes Marktvolumen weltweit	
		Mio t / a	%
Harnstoff	130	94	73
Methanol	24	8	33
Anorganische Karbonate	8	3	38
Organische Karbonate	2,6	0,2	8
Polyurethane	10	< 10	< 100
Technische Nutzung	10	10	100
Lebensmittelindustrie	8	8	100
<b>Summe</b>	<b>192,6</b>	<b>&lt; 143,2</b>	

Gesamtpotential entspricht ca. 0,37 % der weltweite anthropogenen CO<sub>2</sub> Emissionen von ca. 39000 Mio. Tonnen

Quelle: Alexis Bazzanella: Physikalische/Chemische Nutzung von CO<sub>2</sub>, Netzwerk Kraftwerkstechnik, 15. Sitzung der AG 3, 17. März 2011. Eigene Ergänzung

# Standardbildungsenthalpien



# Methanolherstellung

## Spez. CO<sub>2</sub>-Gesamtbilanz für Herstellverfahren [ t CO<sub>2</sub> /t Methanol]

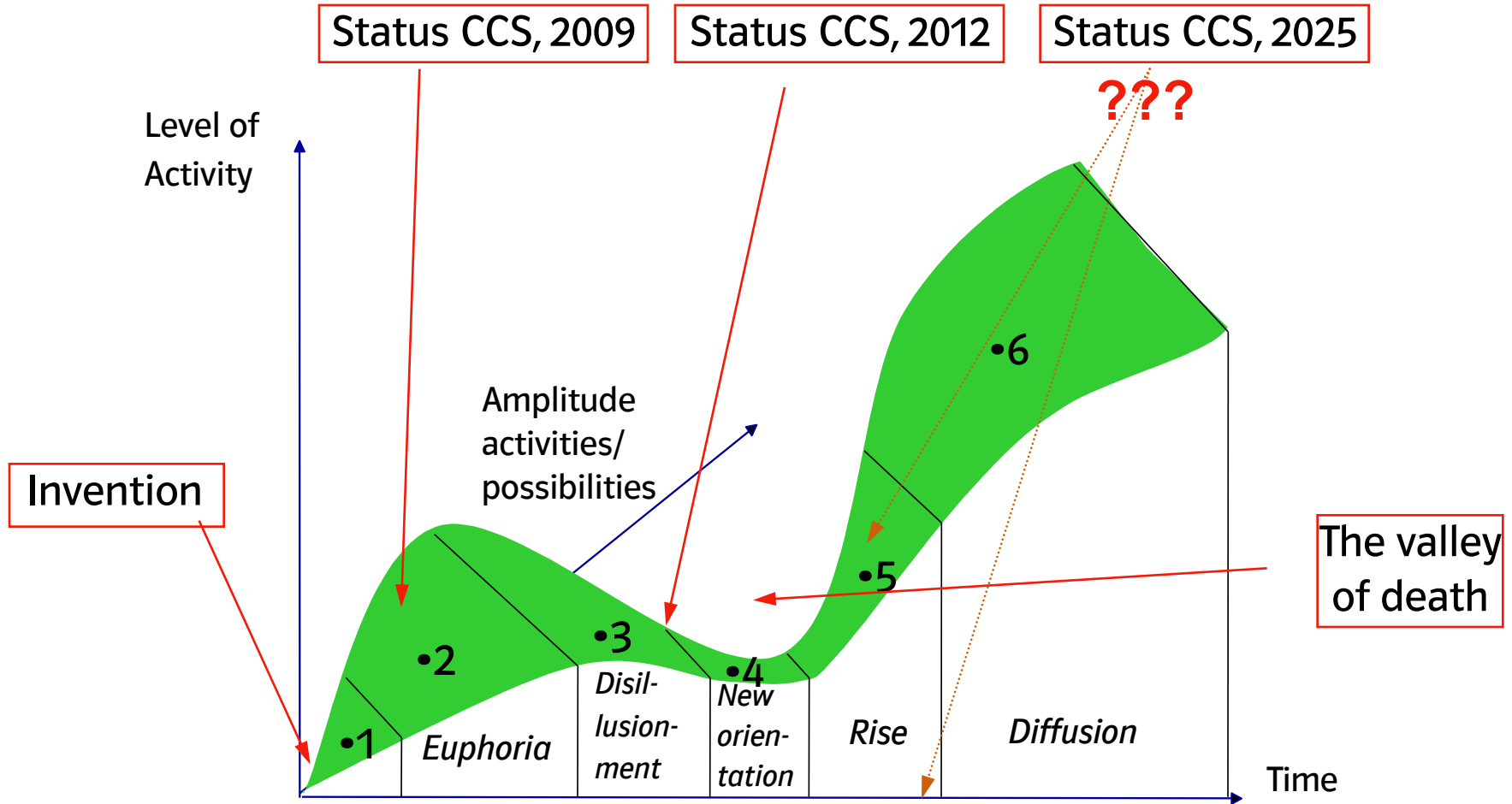
- Klassische Methanolsynthese durch Erdgasreforming + 0,24
- Methanol aus CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> aus Erdgas + 0,53
- Methanol aus CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> aus Elektrolyse<sup>1)</sup> (dt. Strommix) + 4,29
- Methanol aus CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub> aus Elektrolyse (Strom aus EE) - 1,38

### Zu beachten:

Verdrängt der EE Strom Strom aus dem dt. Mix anstatt H<sub>2</sub> zu erzeugen und wird Methanol weiter aus Erdgas hergestellt, so lassen sich nicht nur 1,62 sondern 5,43 t CO<sub>2</sub> / t Methanol einsparen

<sup>1)</sup>Strombedarf für Elektrolyse = 9076 kWh/ Tonne Methanol;  
CO<sub>2</sub> Emissionen Strommix Deutschland 0,625 kg CO<sub>2</sub>/KWh

# Model of Innovation Cycle (schematic diagram)



# Zusammenfassung

- Strom aus fossil befeuerten Kraftwerken mit CCS ermöglicht die nahezu CO<sub>2</sub> freie und planbare Erzeugung von Strom
- CCS befindet sich am Schritt vor der großtechnischen Erprobung
- Sowohl die Kapital als auch die Betriebskosten von CCS müssen und werden weiter sinken
- Wie alle neuen Technologien ist CCS unter den derzeitigen Marktbedingungen nicht wettbewerbsfähig
- Eine CO<sub>2</sub> Nutzung anstelle der Speicherung wird voraussichtlich nur in Nischenanwendungen (insbesondere EOR) zum Einsatz kommen. Sie stellt zudem häufig nur eine Substitution und keine Vermeidung da.
- Zu beachten: Derzeit gelten gemäß der ETS Direktive die genutzten CO<sub>2</sub> Mengen als emittiert, es muss deshalb die entsprechende Anzahl von Zertifikaten trotz Nutzung abgegeben werden. Damit ergeben sich keine finanziellen Anreize für die Nutzung.

[www.eon.com/CCS](http://www.eon.com/CCS)



[www.road2020.nl](http://www.road2020.nl)