

# **Gashydrate: Perspektiven und Risiken für die Energiegewinnung und CO<sub>2</sub>-Speicherung**



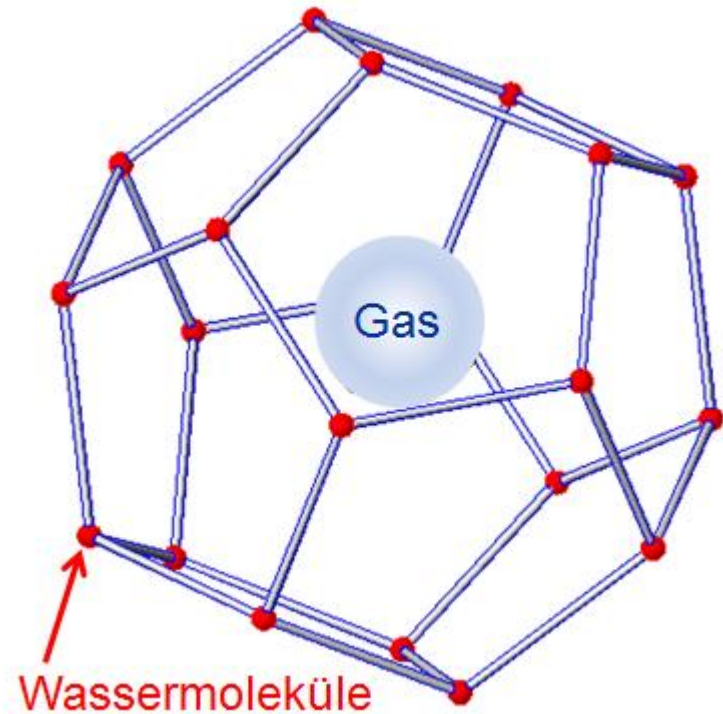
**Judith M. Schicks**

Erik Spangenberg

Helmholtz-Zentrum Potsdam - Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

# Was sind Gashydrate?

- eisähnliche Feststoffe
- Käfigstruktur besteht aus Wassermolekülen, die über Wasserstoffbrückenbindungen miteinander vernetzt sind
- Käfigstrukturen werden durch Gasmoleküle stabilisiert
- Gashydrate gehören zu den Einschlussverbindungen (Clathraten)
- Gasmoleküle: unpolare / schwach polare Verbindungen (z.B.  $\text{CH}_4$ )

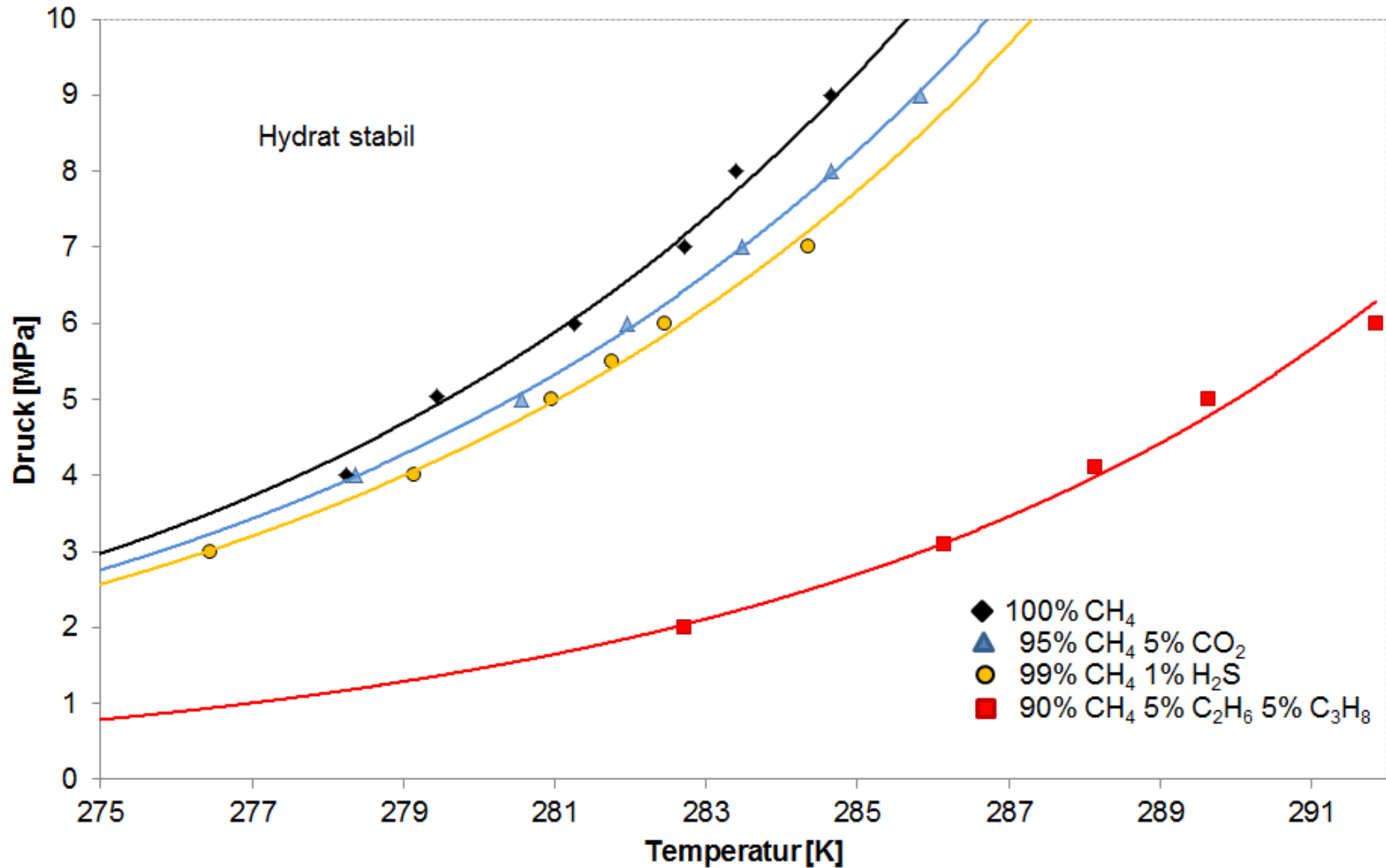


## Voraussetzungen für Gashydratbildung:

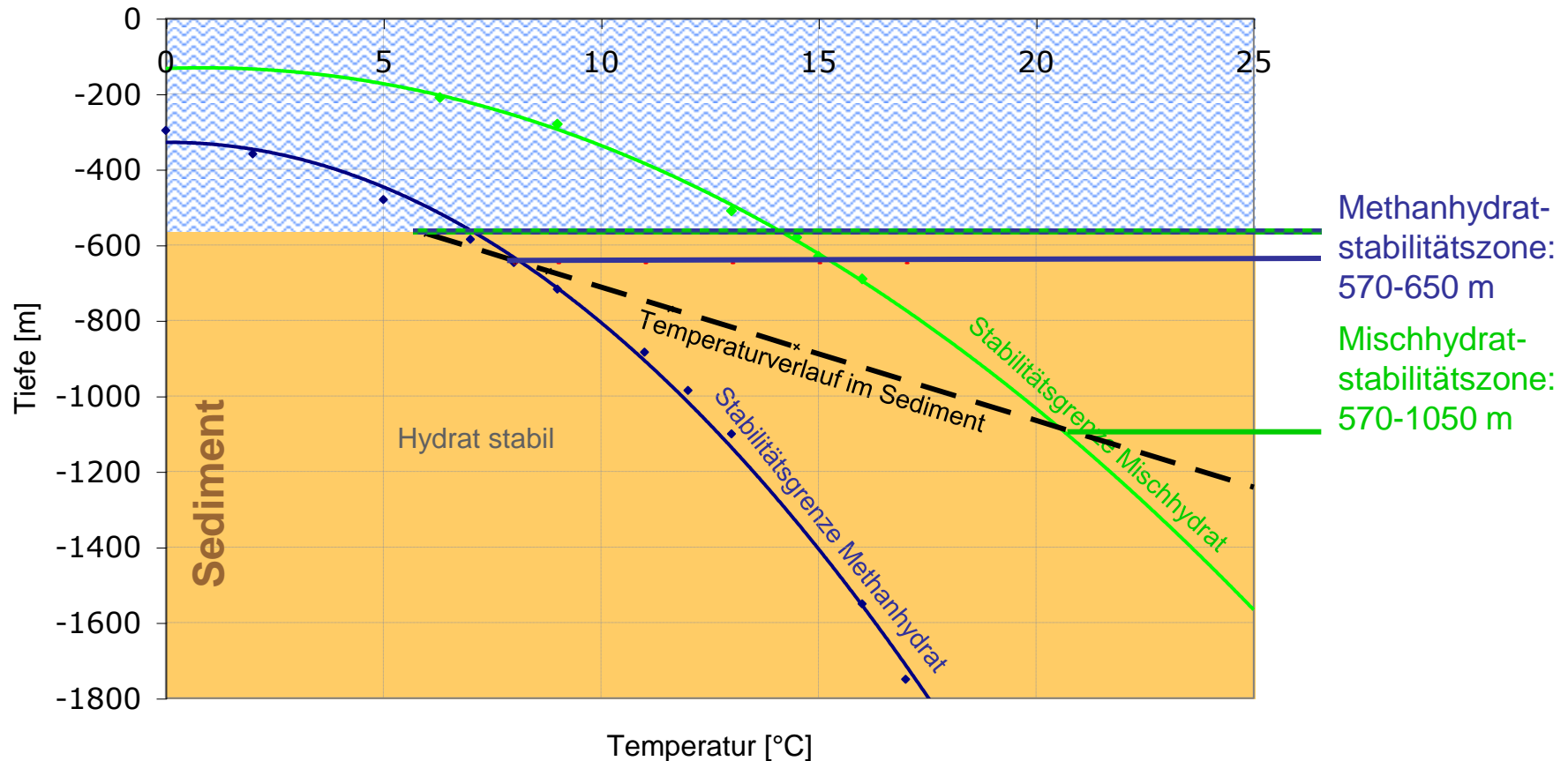
1. erhöhte Drücke
2. niedrige Temperaturen
3. ausreichende Mengen an Gas und Wasser (in der Natur):
  - fermentativer Abbau organischen Materials (günstig: hohe Planktonproduktion und Sedimentationsraten)
  - bakterielle  $\text{CO}_2$ -Reduktion in anoxischen Ablagerungen im Sedimentbecken am Meeresboden
  - thermokatalytische Umwandlungsprozesse
  - mikrobielle Sulfat-Reduktion ( $\text{H}_2\text{S}$  Bildung relativ oberflächennah)

Je nach Gasquelle enthalten natürliche Gashydrate überwiegend Methan ( $\rightarrow$  Methanhydrate), aber auch höhere Kohlenwasserstoffe und andere Gase wie z.B.  $\text{H}_2\text{S}$  oder  $\text{CO}_2$  ( $\rightarrow$  Mischhydrate)

# Stabilitätsbereiche verschiedener Gashydrate in Abhängigkeit von ihrer Zusammensetzung



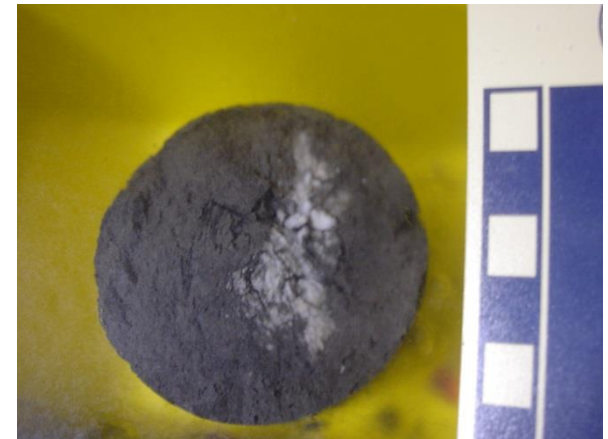
# Einfluss der Zusammensetzung der Gashydrate auf ihren Stabilitätsbereich (Vorkommen)





## Natürliche Gashydrate im Sediment:

- feinverteilt im Porenraum
- Knubbel
- Venen
- massive Lagen

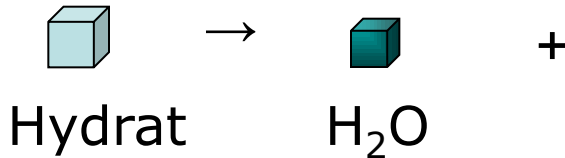
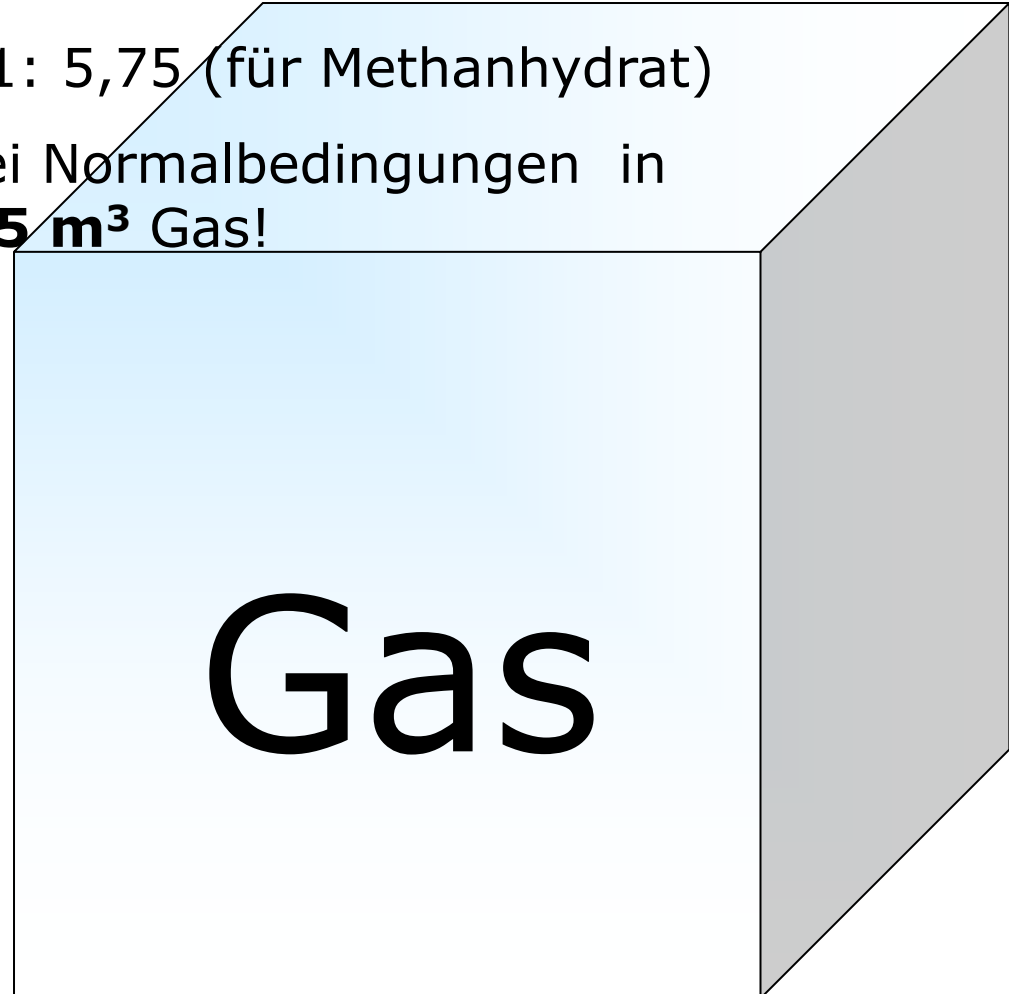


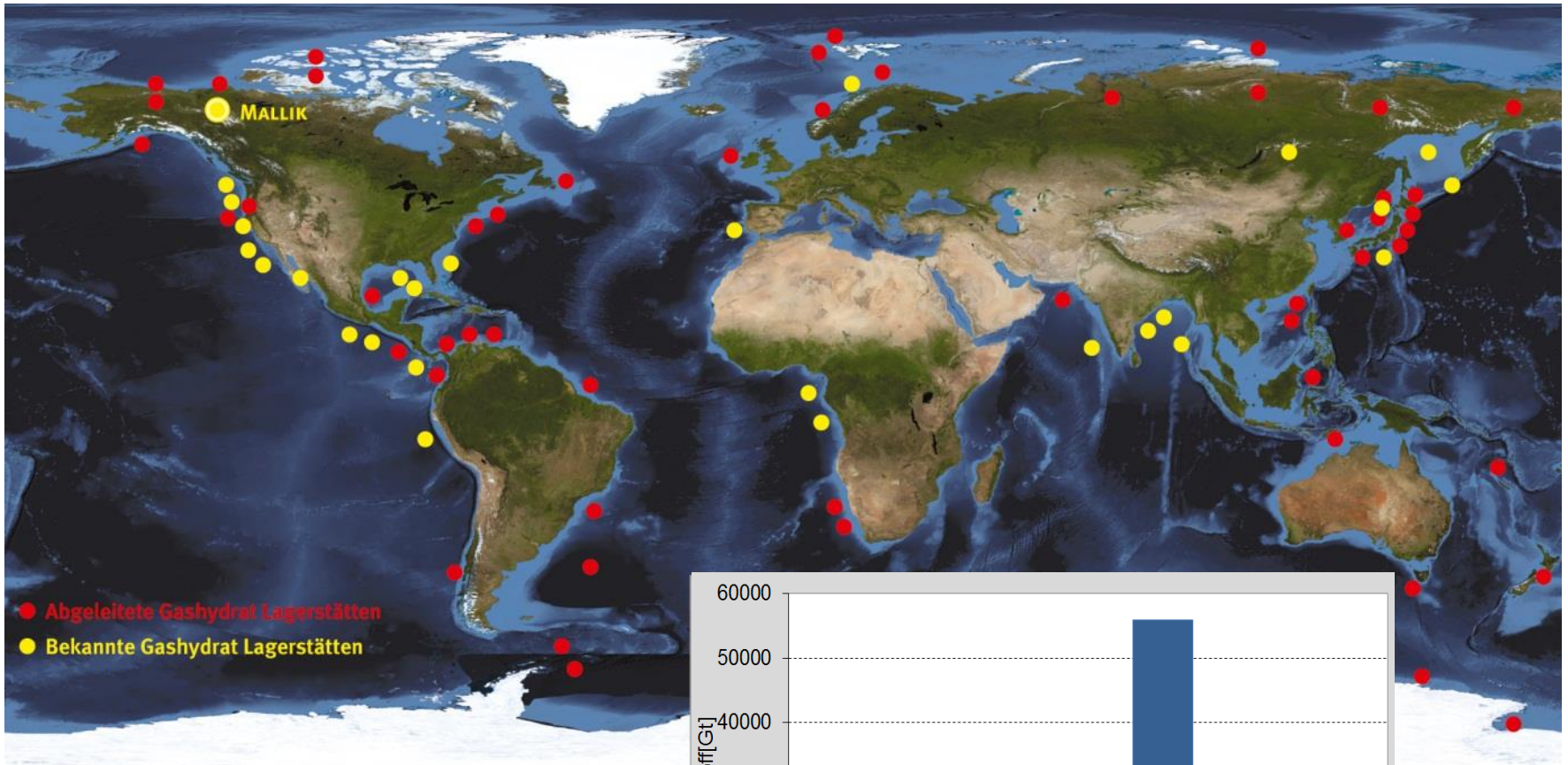
## Wieviel Gas ist im Gashydrat?

Idealerweise sind alle Käfige im Hydrat mit einem Gasmolekül besetzt

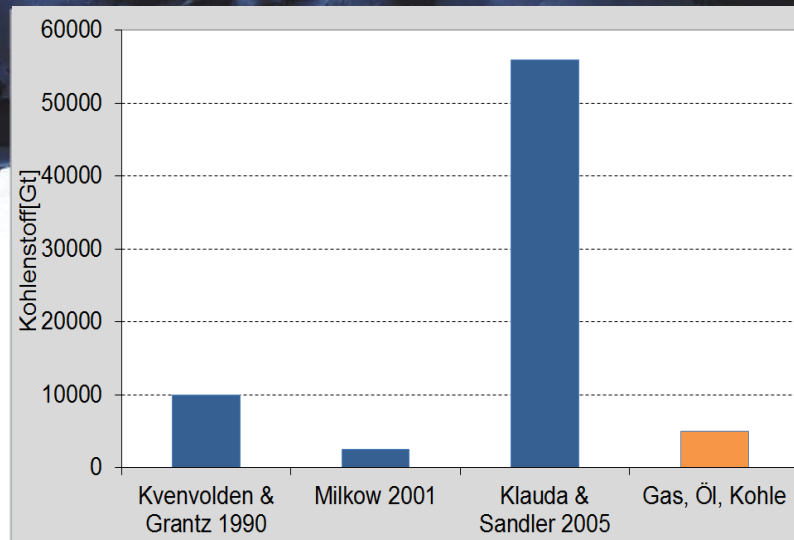
Verhältnis Gas zu Wasser 1: 5,75 (für Methanhydrat)

1m<sup>3</sup> Gashydrate zerfällt bei Normalbedingungen in 0,8 m<sup>3</sup> Wasser und ca. **165 m<sup>3</sup>** Gas!

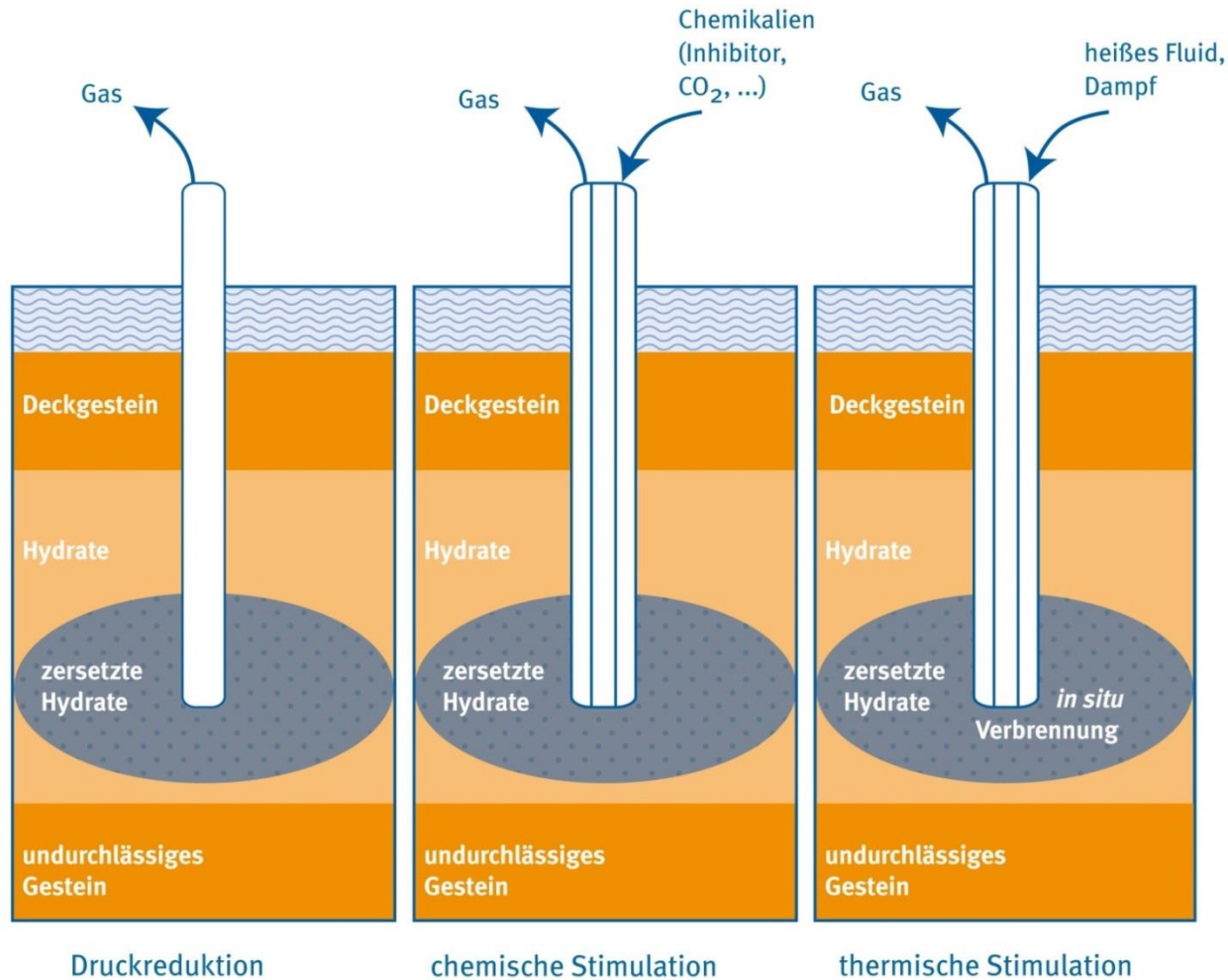




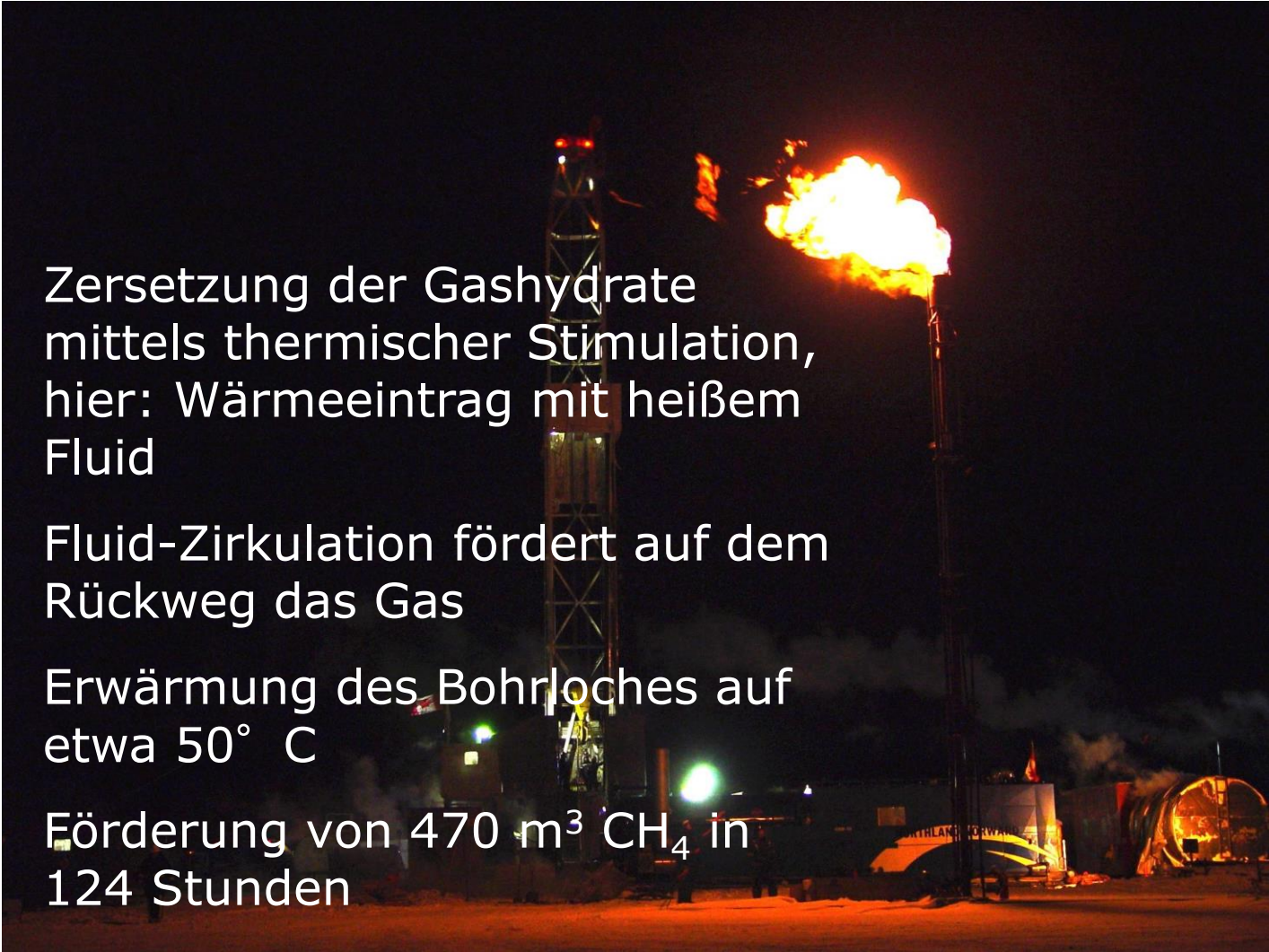
Gashydratvorkommen möglich...  
 ...an Kontinentalrändern  
 ...in tiefen Seen (z.B. Baikalsee)  
 ...in Permafrostgebieten



# CH<sub>4</sub>-Fördermethoden aus hydratführenden Sedimenten: Störung des GG zwischen Hydrat und Umgebung



# CH<sub>4</sub>-Förderung mittels thermischer Stimulation: Beispiel Mallik



Zersetzung der Gashydrate  
mittels thermischer Stimulation,  
hier: Wärmeeintrag mit heißem  
Fluid

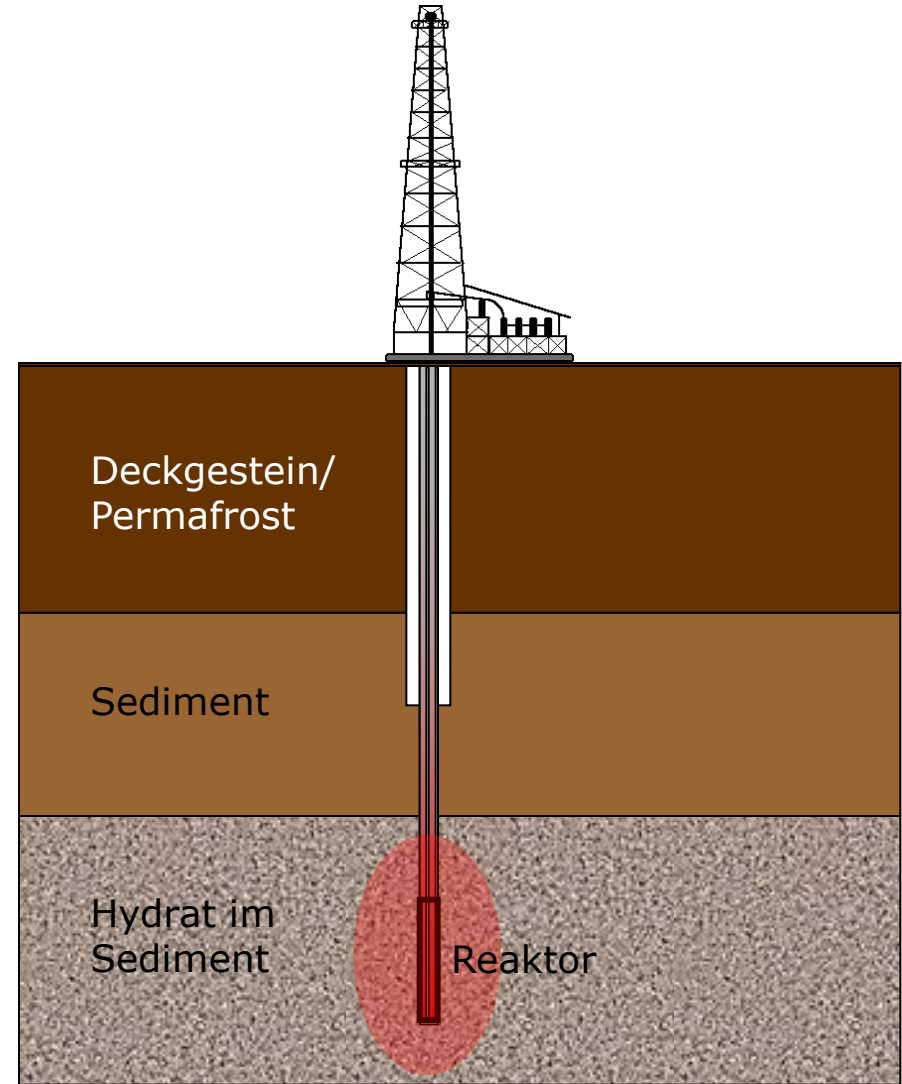
Fluid-Zirkulation fördert auf dem  
Rückweg das Gas

Erwärmung des Bohrloches auf  
etwa 50° C

Förderung von 470 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> in  
124 Stunden

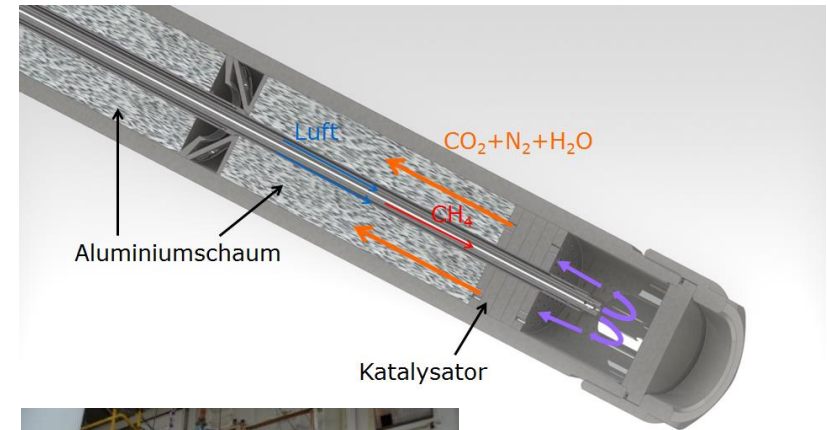
# Prinzipieller Ansatz der katalytischen *in situ* Oxidation:

- Erzeugung der Wärme im hydratführenden Sediment durch katalytische Verbrennung von  $\text{CH}_4$  im Reaktor
- Geschlossenes System: kein Kontakt zwischen Reaktion und Sediment
- Temperaturkontrollierte, sichere, autotherme Reaktion außerhalb der  $\text{CH}_4$  Selbstzündungs- oder Explosionsgrenzen.

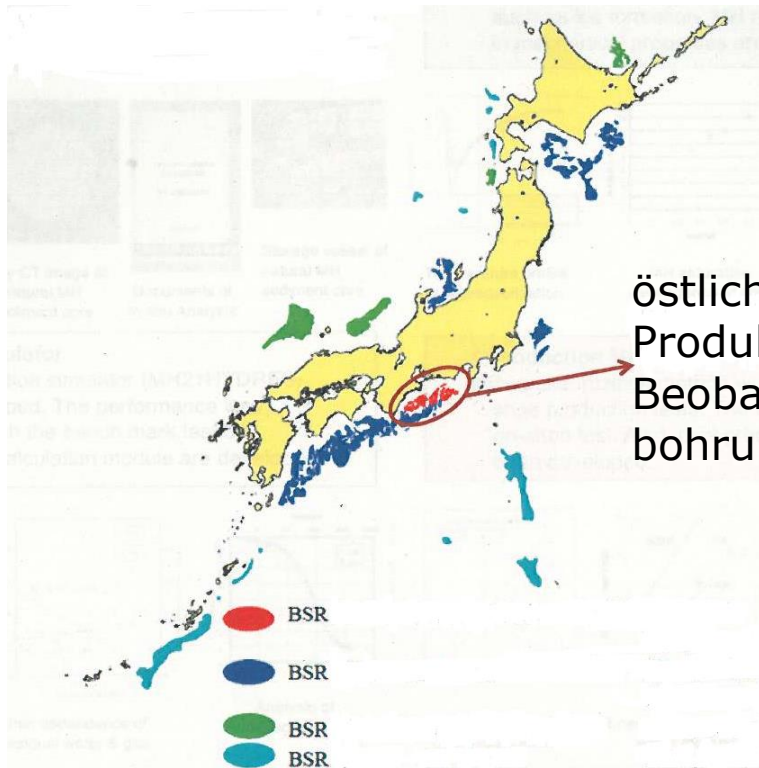


# Thermische Stimulation mittel katalytischer in situ Verbrennung von $\text{CH}_4$

- Erfolgreicher Test des Verfahrens im Technikummaßstab.
- Methanförderung: 15% des geförderten  $\text{CH}_4$  ausreichend, um alle Hydrate zu zersetzen!
- Wärmetauschkreuzer als Bohrlochsonde für Feldeinsatz weiterentwickelt.



# CH<sub>4</sub>-Förderung mittels Druckerniedrigung: Beispiel Nankai Trog



östlicher Nankai Trog:  
Produktionsbohrung +  
Beobachtungs-  
bohrungen

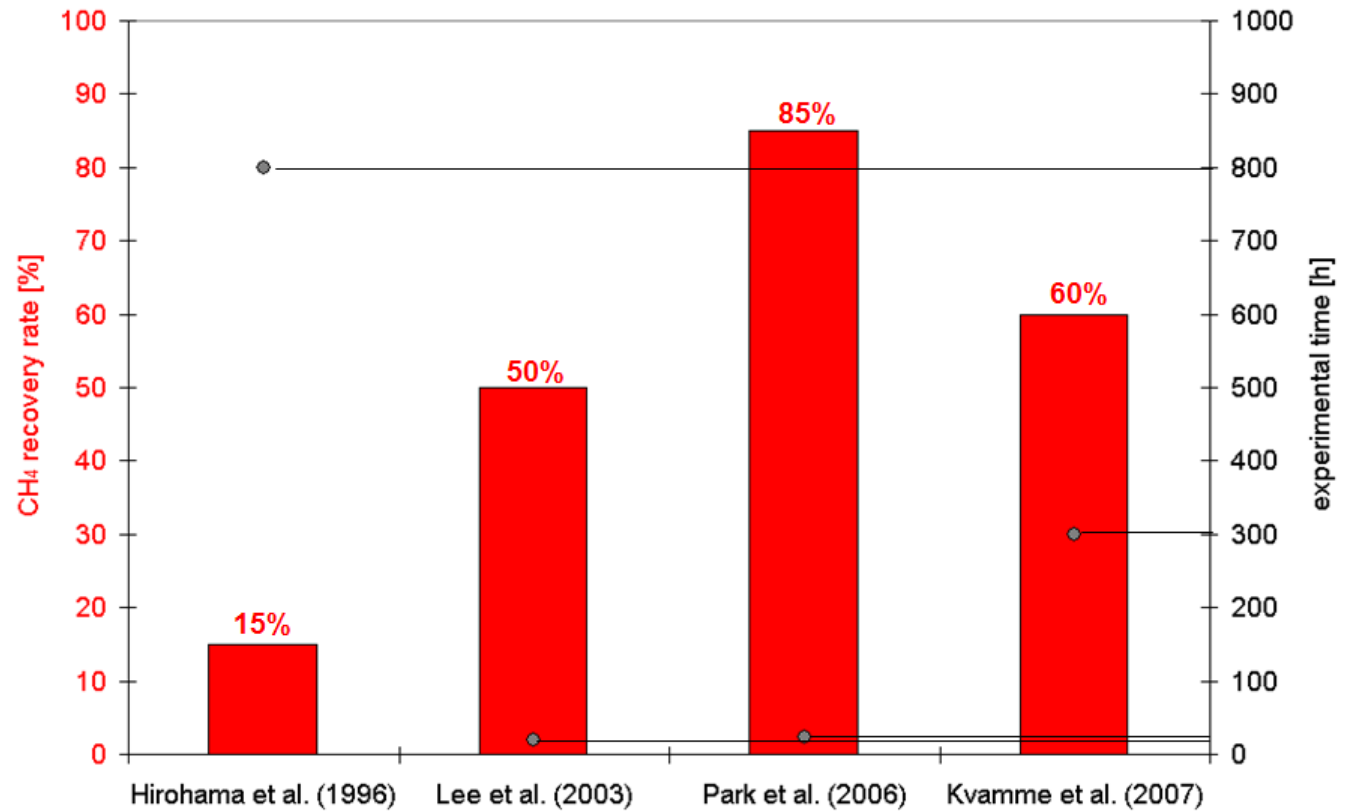
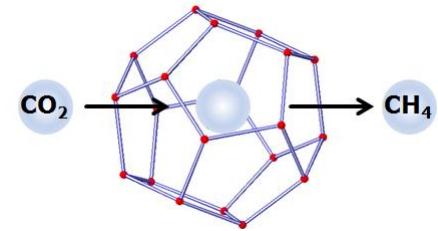
Gashydratvorkommen:

- 1000 m Wassertiefe,
  - 300 m unterhalb des Meeresbodens
  - sandige Lagen mit hohen Hydratkonzentrationen
- 
- Druckerniedrigung von 13,5 MPa auf 4,5 MPa
  - Produktionstest über 6 Tage
  - 20.000 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> pro Tag
  - Abbruch wegen Sandproduktion

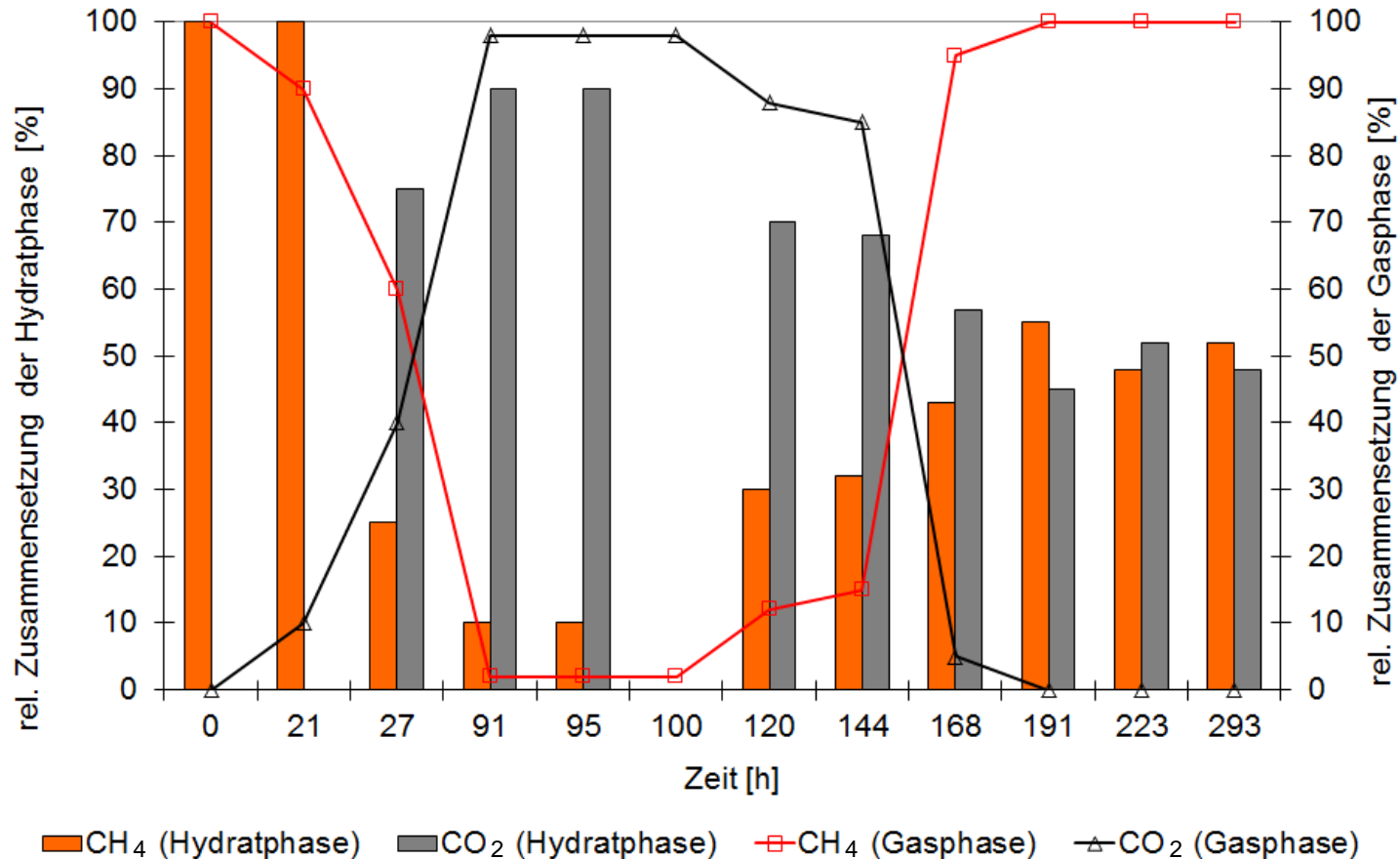
# CH<sub>4</sub>-Förderung mittels chemischer Stimulation: Beispiel CO<sub>2</sub>

Umwandlung von CH<sub>4</sub> Hydraten in CO<sub>2</sub> Hydrate:

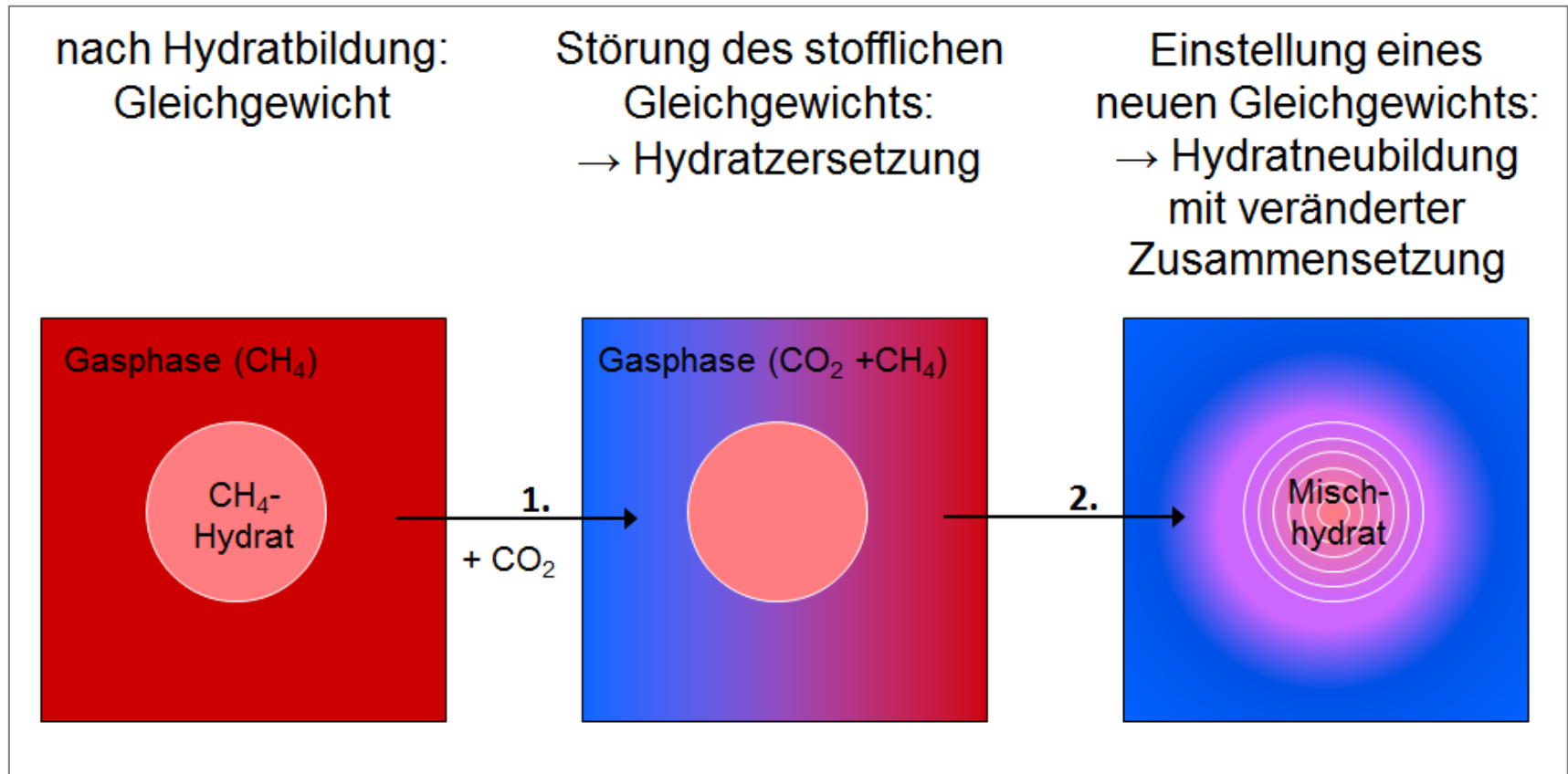
Kombination von CH<sub>4</sub> Gewinnung und CO<sub>2</sub> Einlagerung?



# Umwandlung von CH<sub>4</sub>-Hydrat in ein CO<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub>-Mischhydrat und Rückreaktion: Experimentelle Daten



# Umwandlung von $\text{CH}_4$ -Hydrat in ein $\text{CO}_2$ - $\text{CH}_4$ -Mischhydrat



# CH<sub>4</sub>-Förderung mittels chemischer Stimulation: Beispiel N<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-Injektion in der Prudhoe Bay Unit (Alaska North Slope)

- Hydratvorkommen in 580 – 760 m Tiefe
  - mehrere Lagen (12-18 m mächtig) hydratführender Sedimente
  - Sedimente: Sandstein/Sand
  - Hydratsättigung zwischen 60-75%
- 
- Injektion von ca. 6000 m<sup>3</sup> Gasgemisch (77% N<sub>2</sub> 23% CO<sub>2</sub>)
  - nach Injektion Bohrung verschlossen (5 Tage)
  - Förderung eines Gasgemisches über 30 Tage
  - Mit zunehmenden Druckabfall: Zunahme CH<sub>4</sub> in Gasgemisch
  - Insgesamt 28000m<sup>3</sup> Gasgemisch gefördert
  - Probleme mit Sand (und Wasser) bei Förderung

## Welche Methode für welches Gebiet?

Druckerniedrigung / thermische Stimulation:

- hohe Permeabilität?
- hohe Hydratsättigung?
- guter Wärmetransport?

CO<sub>2</sub>-Injektion:

- hohe Permeabilität?
- hohe Hydratsättigung?
- p-T-Bedingungen für CO<sub>2</sub>-Hydrat geeignet?
- Hanglage?

## Technische Herausforderungen und Risiken

- Änderungen der mechanischen Eigenschaften des hydratführenden Sediments → Hangrutschungen?
- Unerwünschte Produktion von Wasser und Sand?
- Erhöhung des Porendrucks durch Injektion?
- Was passiert mit eingespeistem CO<sub>2</sub>?



## Dank an:

Dr. Erik Spangenberg  
Geophysiker

Alexander Reichard  
Techniker

Dr. Manja Luzi-Helbing  
Chemikerin

Dr. Jens Klump  
Geoinformatiker

Ronny Giese  
Techniker

Dr. Katja Heeschen  
Geologin

Jan Thaler  
Informatiker

Mike Priegnitz  
Doktorand

Dr. Bettina Strauch  
Geologin

Sven Abendroth  
Doktorand



*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!*