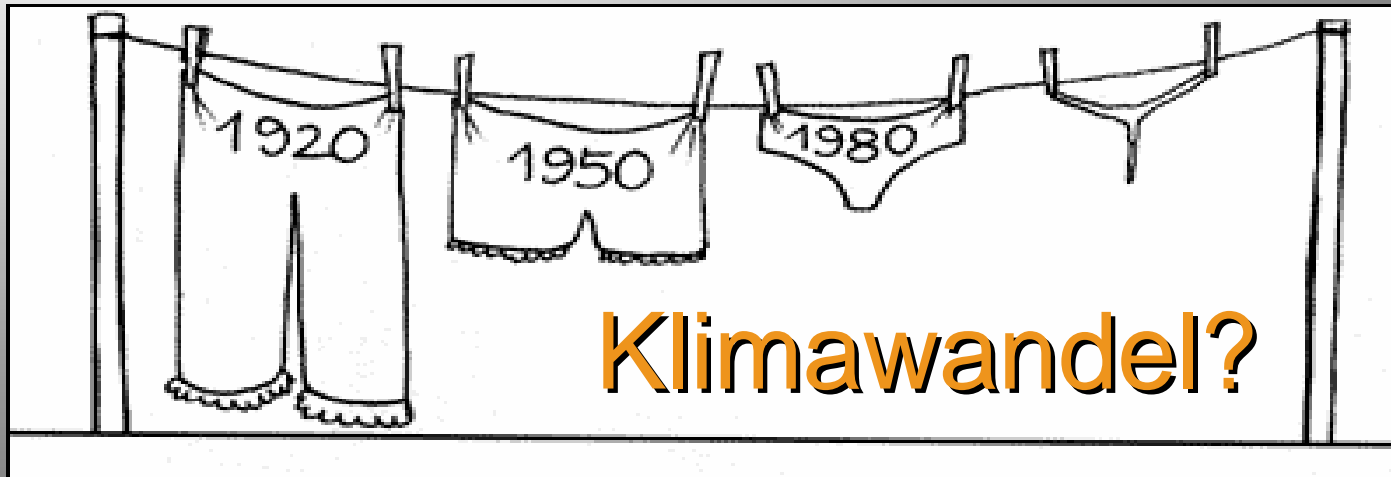


*Energy is life*



# komplexe Situationen erfordern vernetztes Denken



Ursache und Wirkung? Zusammenhänge?

- Prozesse sind vielschichtig und global.

und  
und

- Situationsanalyse bedingt vernetztes Denken!
- sollte unbedingt auch zu vernetztem Handeln führen!
- global koordinierte Aktionen!

# Nachhaltige Energieversorgung!

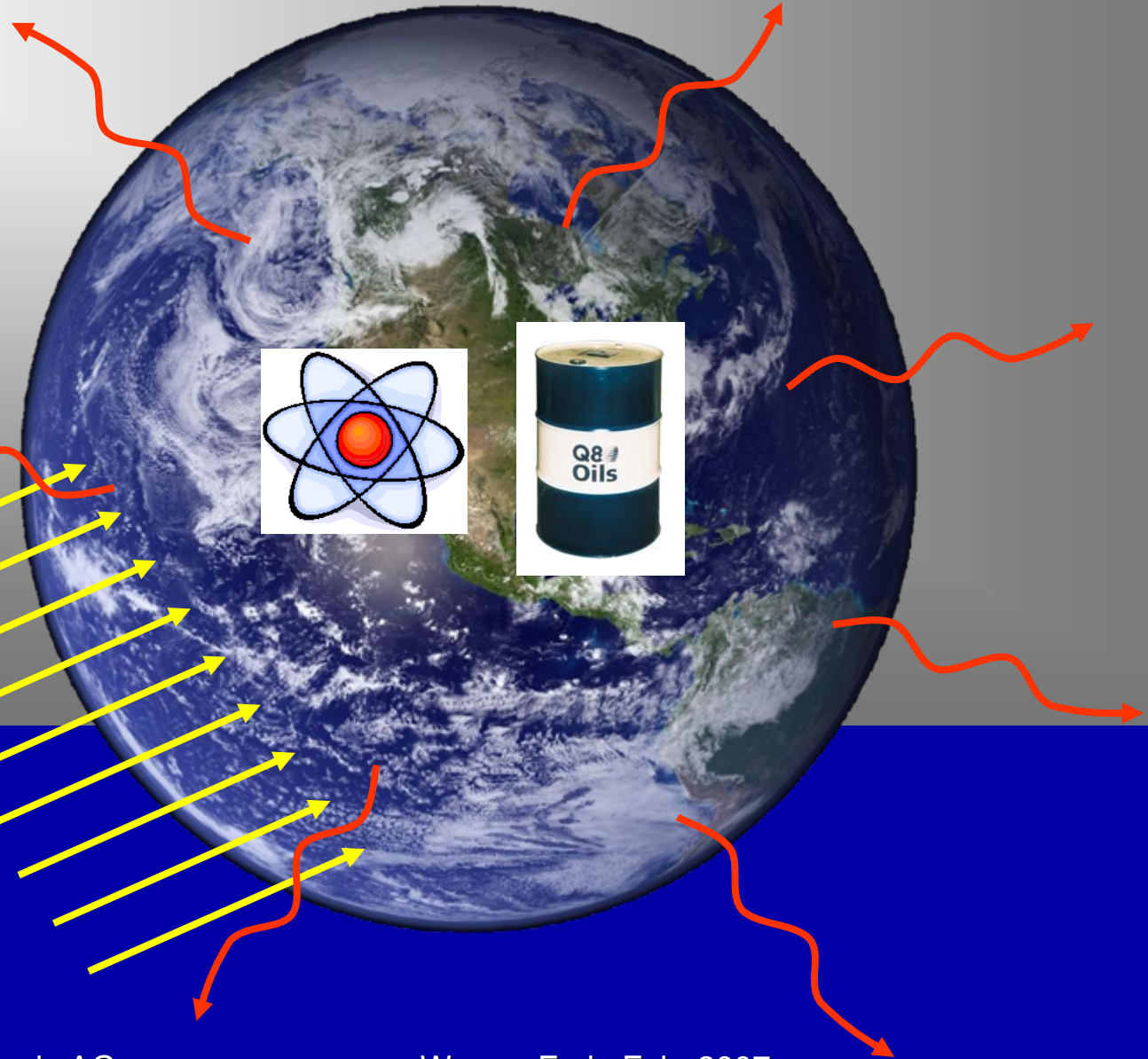
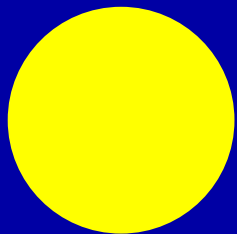
- umweltverträglich
  - sozial
  - global
- in einem Wort: nachhaltig

*eine **nachhaltige** Versorgung, ist eine Versorgung, die die Grundbedürfnisse aller Menschen befriedigt und die Gesundheit und Integrität des Erd-Ökosystems bewahrt, schützt und wiederherstellt, ohne zu riskieren, dass zukünftige Generationen ihre Bedürfnisse nicht befriedigen können und die Grenzen der Tragfähigkeit der Erde überschritten werden (nach Stappen)*

# Globales Energiesystem der Erde

Die gesamte eingestrahelte Energie der Sonne wird durch Wärmeabstrahlung kompensiert.  
→ Gleichgewicht

Alle zusätzlich zugeführte Energie kann nur durch eine zusätzliche Abstrahlung kompensiert werden.  
→ Temperaturerhöhung



# Spruch des Monats

- von **Bertrand Piccard** im MigrosMagazin

Wie riskant wird der Flug mit der «Solar Impulse» sein?

*Es ist viel weniger gefährlich, in einem Solarflugzeug die Welt zu umrunden, als ungebremst mit der Verschwendung von Energie und Rohstoffen fortzufahren.*

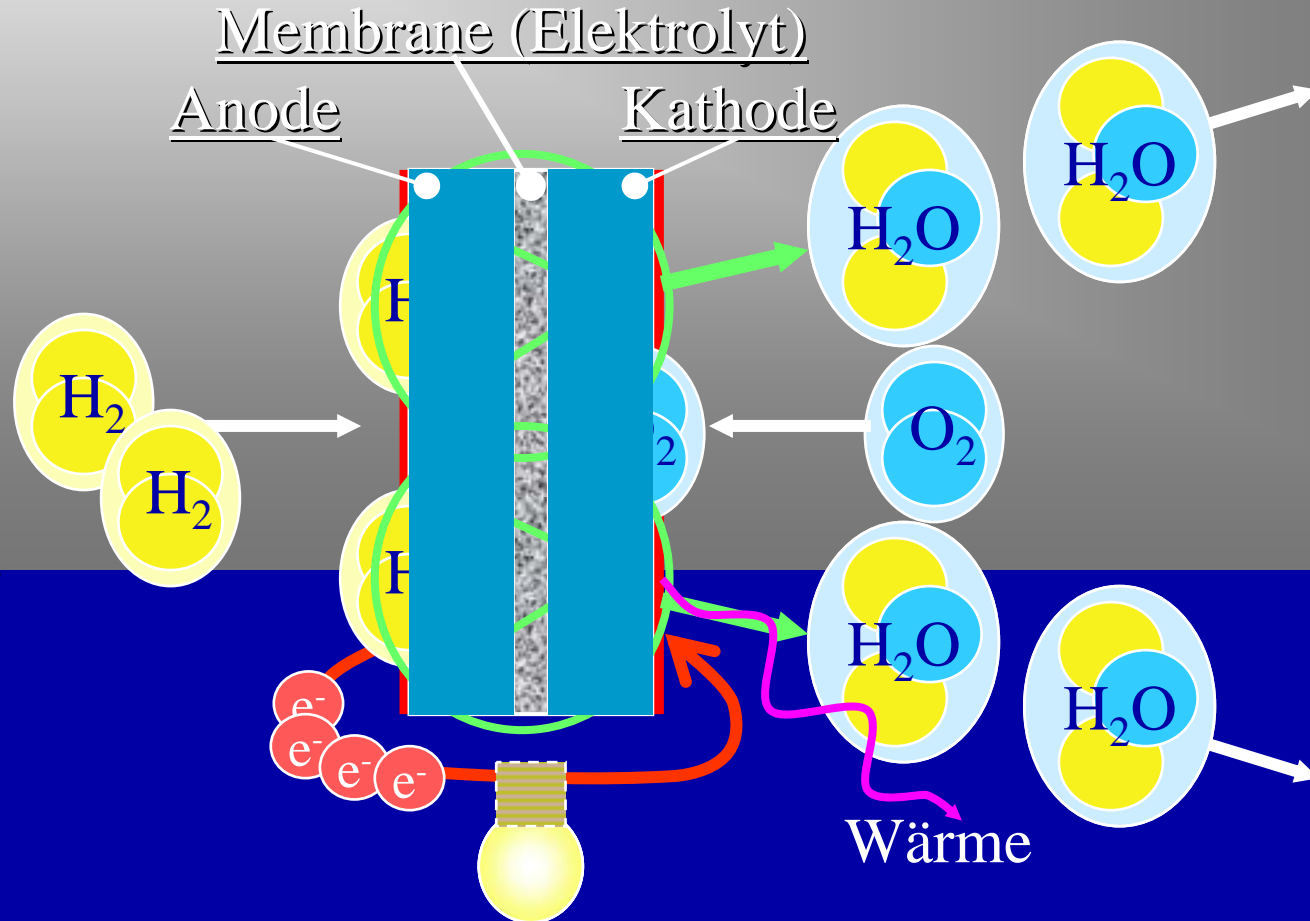
# Brennstoffzelle – Was ist das?

- Ganz Einfach: ***Eine Batterie, die anstatt Kohle und Zink Wasserstoff verbraucht***
- Eine technische Revolution:
  - Umwandlung von Primärenergie direkt in Strom
- Nichts Neues:
  - Das Prinzip wurde schon um 1838 vom Basler Professor C.F. Schönbein entdeckt und 1845 vom Engländer W.R. Grove erstmalig in einem funktionsfähigen Laboraufbau umgesetzt.

# Brennstoffzelle - Wie funktioniert das?

## Beispiel: ‚kalte‘ Verbrennung PEM oder PAFC

Wasserstoffmoleküle treffen auf die Anode und werden zerlegt in atomaren Wasserstoff. Hier geben sie ihre Elektronen ab und wandern als Ionen (Kation: positiv geladen) durch die Membrane (=engmaschiges Gitter, das nur Atomkerne ohne Elektronen durchlässt). Die Elektronen werden durch die leitende Oberfläche der Anode über den Verbraucher zur Kathode geleitet wo sie zusammen mit den Wasserstoffionen und dem Sauerstoff zu Wasser reagieren (verbrennen).



# Brennstoffzelle gegenüber konventionellen Technologien

- viel versprechend:
  - hohe Wirkungsgrade (kein Carnot-Prozess)
  - Minimale Abgasemissionen (Chemische Umformung, keine Verbrennung)
  - kein Russ / Staub (Russ entsteht bei jedem Verbrennungsprozess)
  - Wartungsfrei (kein Schmieröl, keine bewegliche Teile, kein Verschleiss)
  - Einfacher Aufbau, geringe Kosten (...jedenfalls in der Serienproduktion)
- aber: je nach Typ und Hersteller
  - reine Brennstoffe notwendig (prinzipiell nur Wasserstoff und Sauerstoff)
  - Gasaufbereitung bedingt teure Wartung
  - Degradation der Zellen (Stapellebensdauer meist gering)
  - Produktionsverfahren müssen erst entwickelt werden

# Brennstoffzelle – Welche Typen gibt es?

## Wir unterscheiden grundsätzlich zwei Typen von Brennstoffzellen

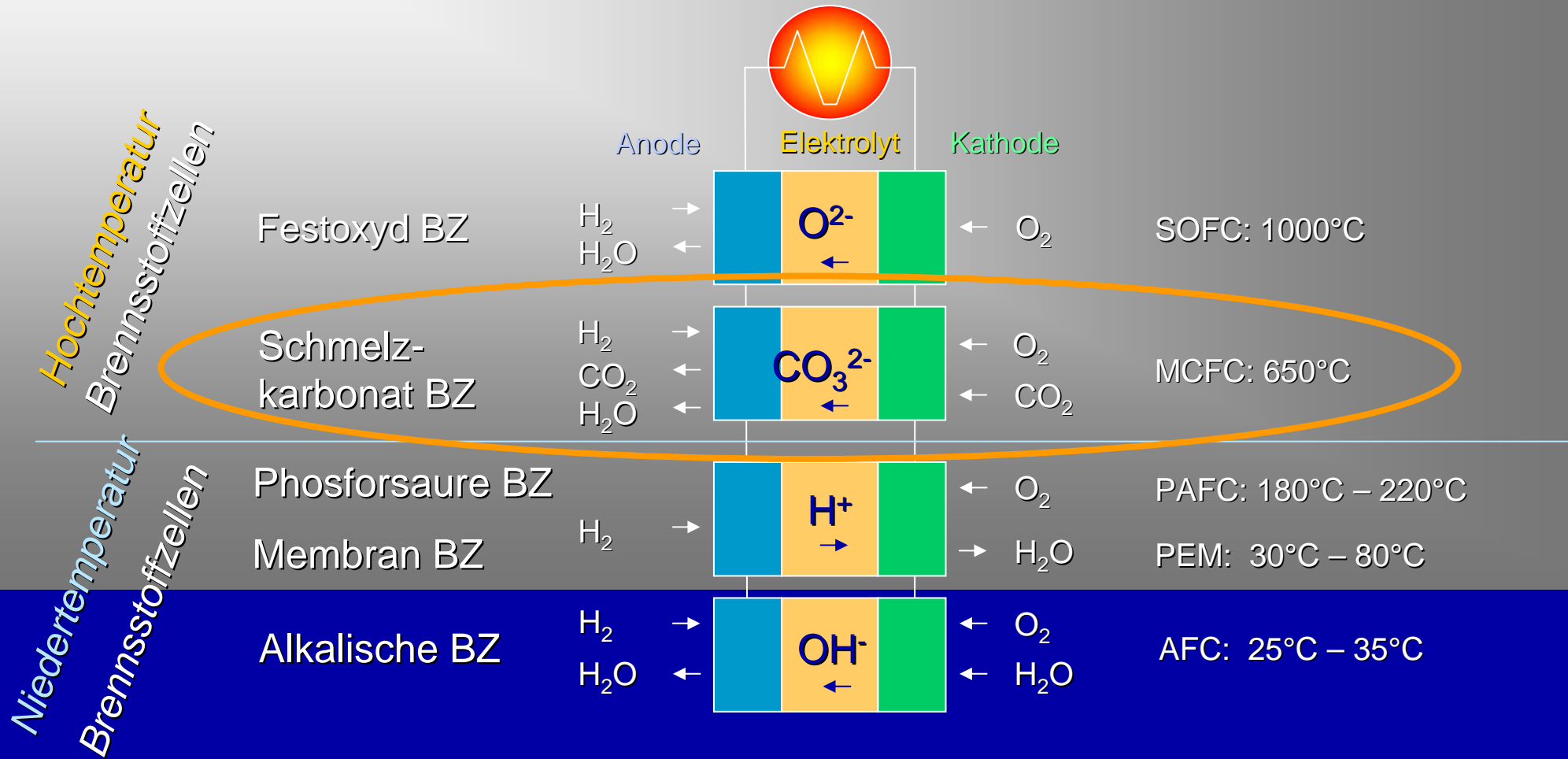
### ➤ A) mit ‚kalter‘ Verbrennung bis ca. 200°C

- ⇒ kann nur Wasserstoff direkt verwenden
- ⇒ hohe Ansprüche an die Gasqualität z.B.: kein CO (wirkt toxisch)
- ⇒ Reformer extern
- ⇒ Komplexe Zusammensetzung mit teilweise problematischen Materialien
- ⇒ **PAFC, PEM**
- ⇒ Entwicklungsstand: Feldtest / Serieneinführung teilweise seit mehreren Jahren auf dem Markt.
- ⇒ Anwendung: Fahrzeuge (Stationärbetrieb solange keine Alternative besteht)

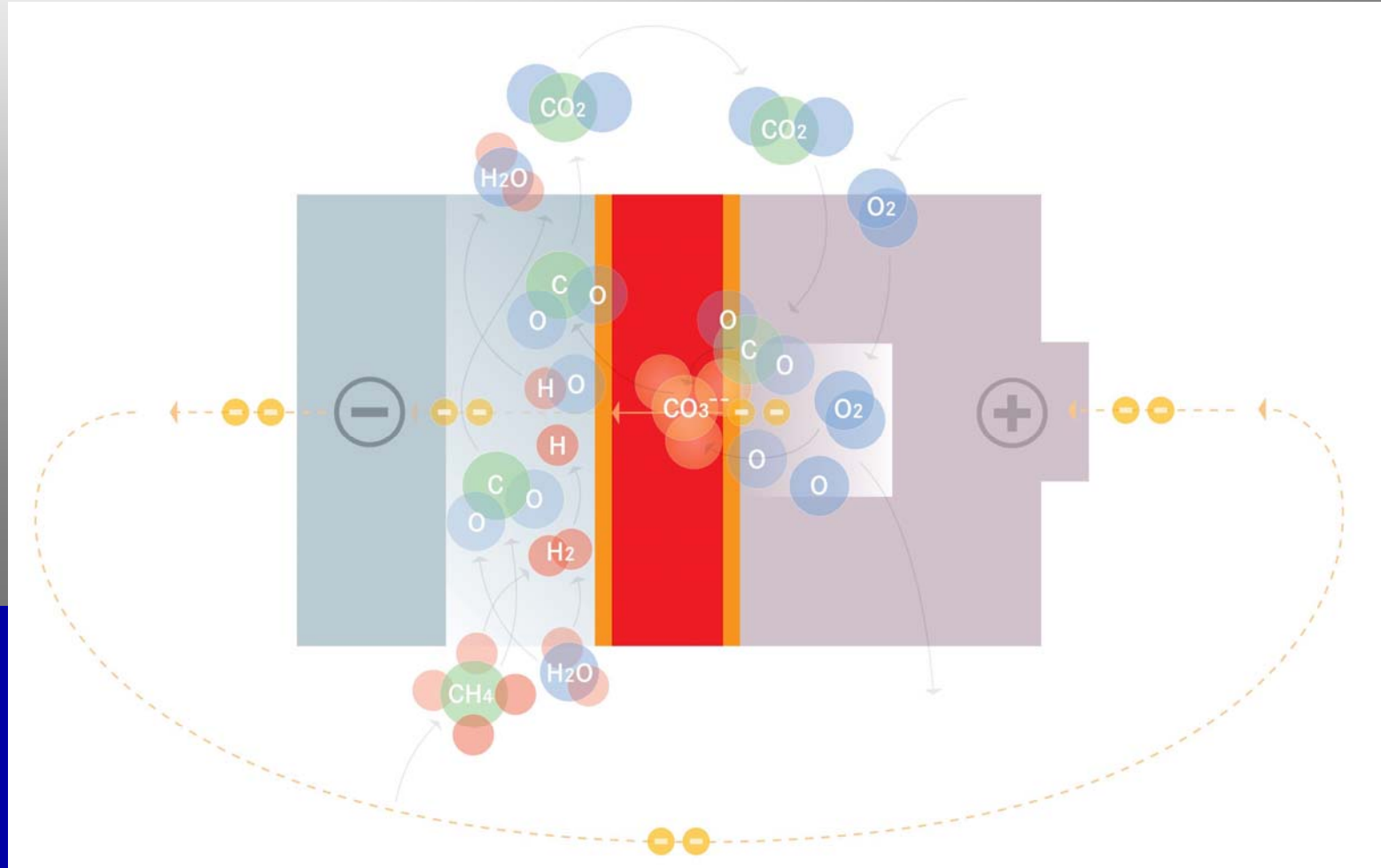
### ➤ B) mit ‚heisser‘ Verbrennung über 600°C

- ⇒ Reformer intern (Dampfreformer)
- ⇒ geringere Ansprüche an die Gasqualität.
- ⇒ Erdgas und Biogas als Energiequelle direkt nutzbar. (Ev. sogar mit Erdöl)
- ⇒ Unproblematische Materialien
- ⇒ **MCFC, SOFC**
- ⇒ Entwicklung: Labor / Feldtestanlagen, Markteinführung in wenigen Jahren
- ⇒ Anwendung: voraussichtlich nur Stationärbetrieb

# Brennstoffzellen Typen



# Funktionsweise der MCFC Brennstoffzelle



# hotmodule

- Die Brennstoffzelle der MTU CFC wird HotModule genannt und baut auf der Schmelzkarbonat Brennstoffzelle auf, der so genannten Molten Carbonate Fuell Cell resp. MCFC.
- Vorteile des **hotmodule** gegenüber anderen Techniken
  - Hohe Arbeitstemperatur von 650°C (Hochtemperatur-Zelle)
  - Im Gegensatz zur SOFC mit über 900°C (z.B. Hexis) kann mit handelsüblichen Metallwerkstoffen gearbeitet werden; Kein Keramik
  - Mittlere Leistung mit 250kW el; Anlagenbau
  - Hoher Wirkungsgrad 47% netto, 55% DC (Zellstapel)
  - Hohe Ablufttemperatur; weites Anwendungsgebiet für Wärmeverwendung → Dampf, Absorber...
  - kein Kühlkreislauf notwendig; überschüssige Wärme in der Abluft

# Karbonat-Brennstoffzelle

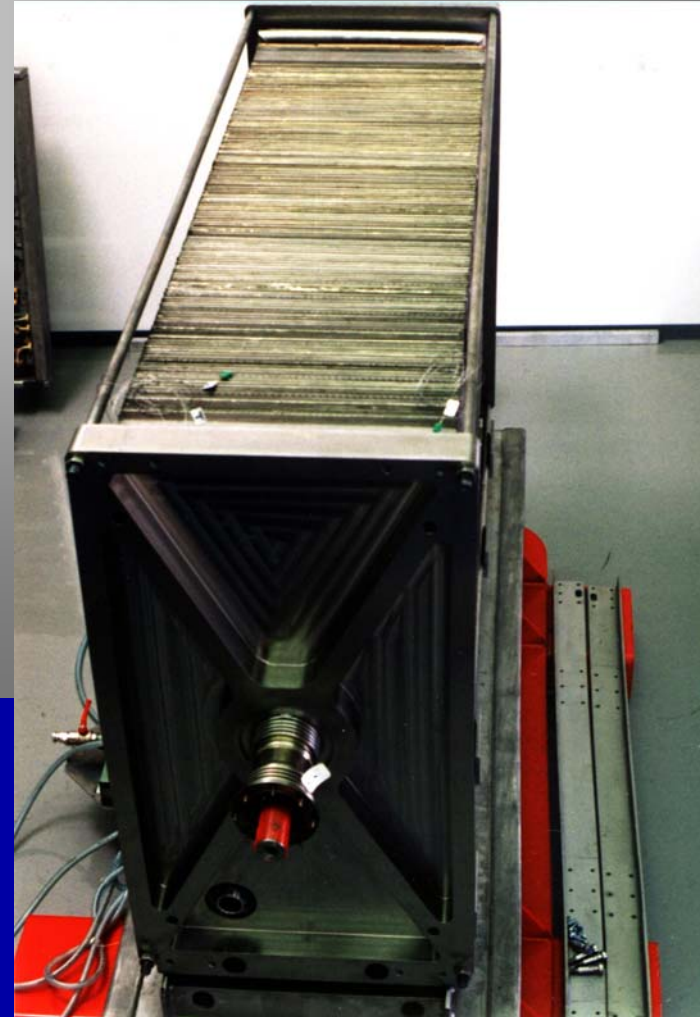
## Der Zellstapel

Der so genannte Stack besteht aus 300 Zellen.

Eine einzelne Zelle gibt eine Spannung von ca. 0,7V und ist aus min. drei Platten aufgebaut: Anode, Elektrolyt, Kathode. Zwischen den Platten müssen leitende Stromkollektoren und andere Zwischenschichten angebracht werden.

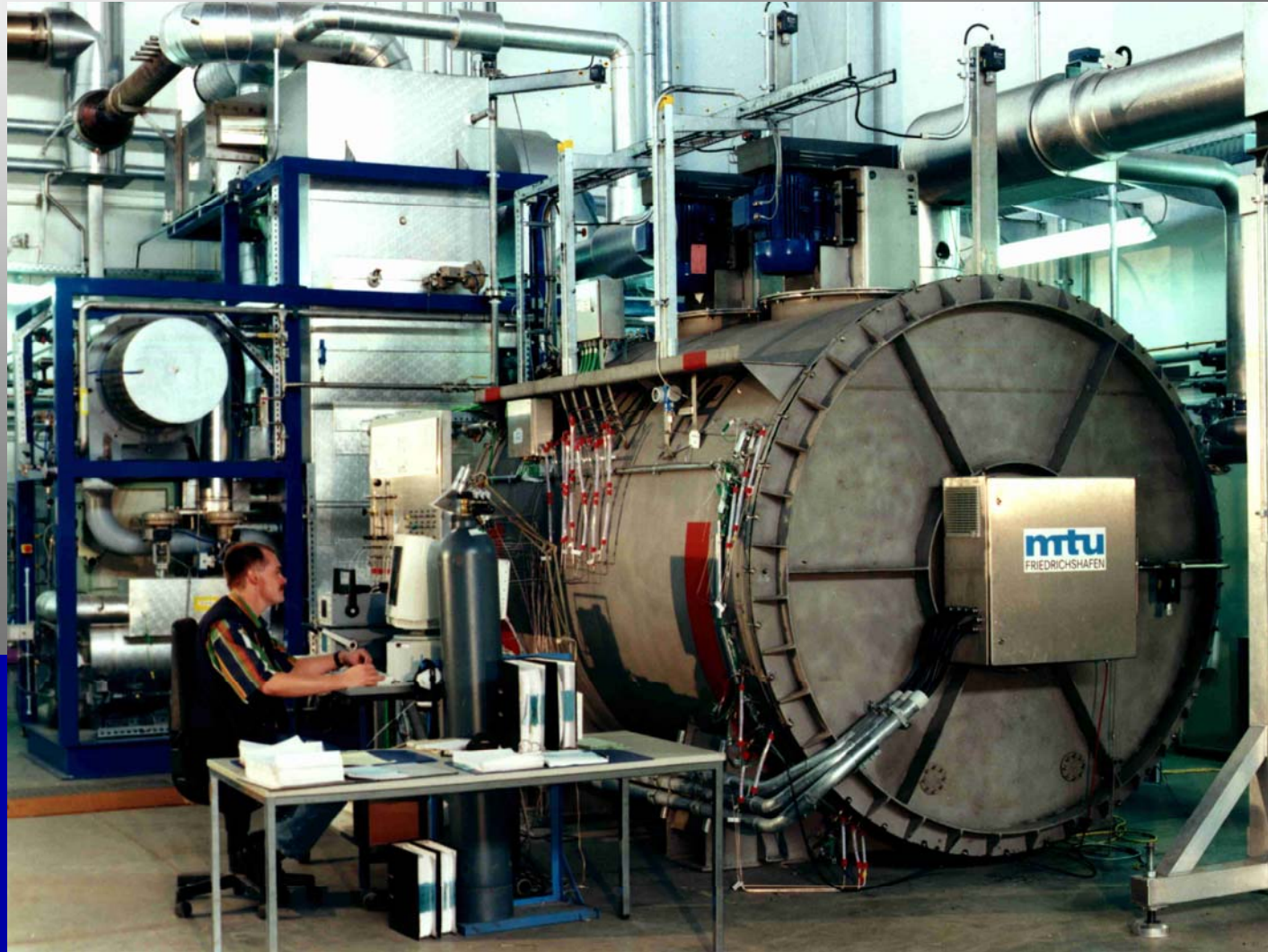
Zur Zeit müssen noch alle Schichten von Hand zusammengebaut werden!

Im Bild: Einer der Urstapel



# Das erste HotModule

im  
Labor-  
test



Das erste HotModule wurde 1997 bei der Ruhrgas AG In Dorsten getestet

# hotmodule

Im Bild:  
Anlage im  
Röhn-Klinikum

Von diesem Typ  
sind derzeit 16  
Feldtestanlagen  
in Betrieb und  
haben bereits  
bis zu 30'000  
Stunden ohne  
Nennenswerte  
Störungen  
gearbeitet.



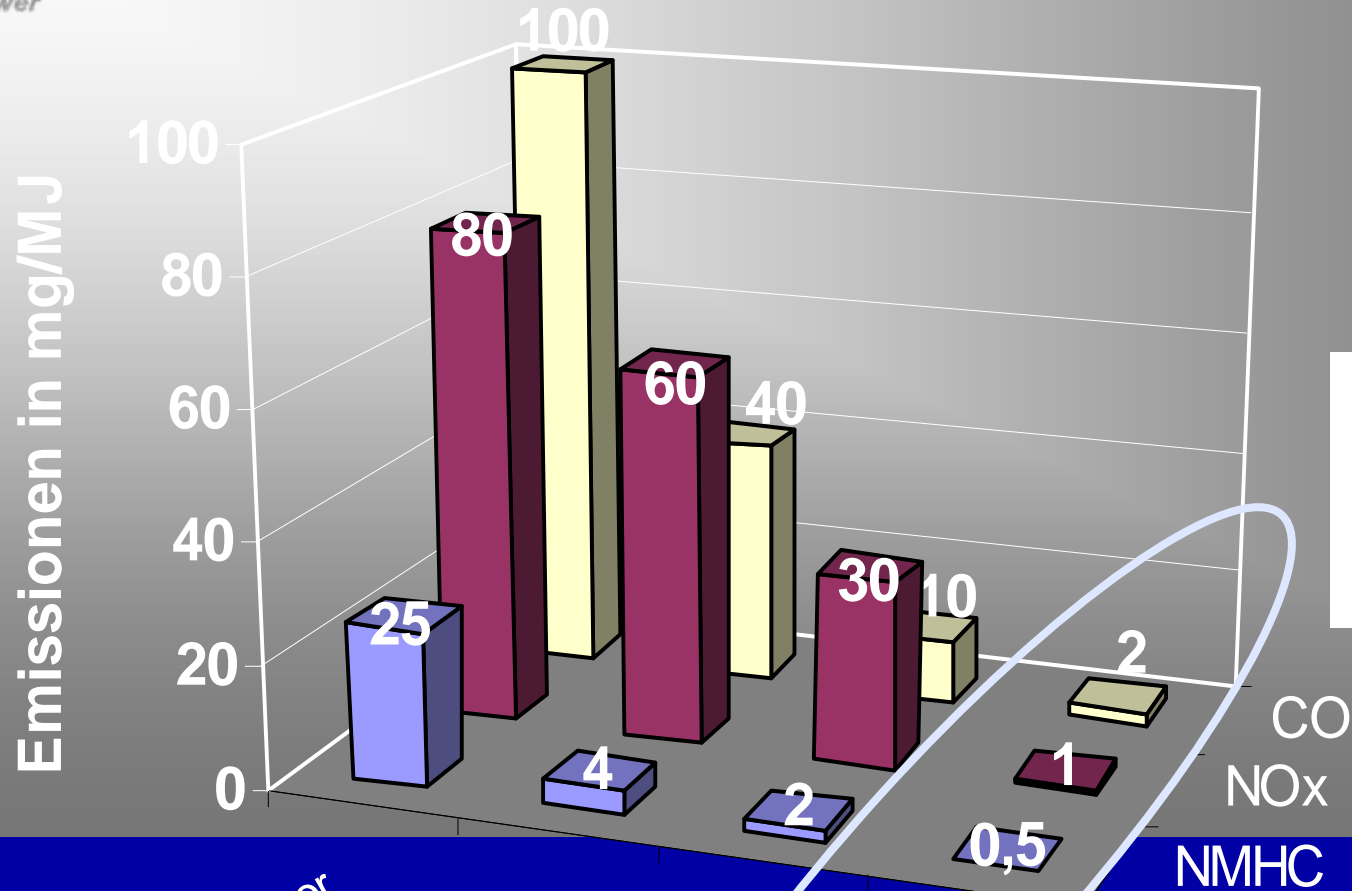
# hotmodule

Im Bild:  
Anlage Vattenfall  
in Berlin

Zweistoff-Anlage mit  
Methanol / Erdgas  
im Betrieb  
umschaltbar.



# Emissionen

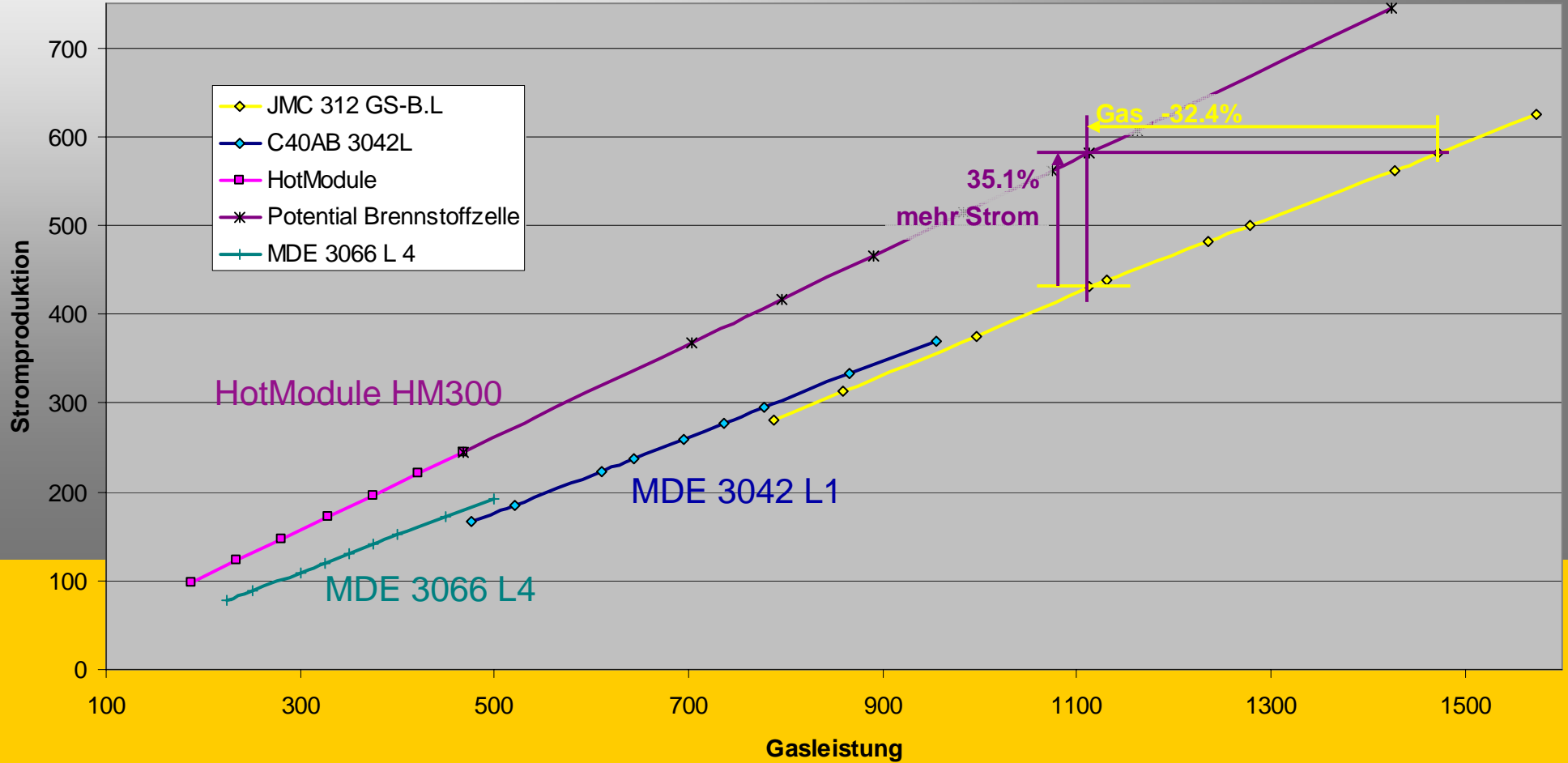


**Emissionen der Brennstoffzelle an der Nachweisgrenze**

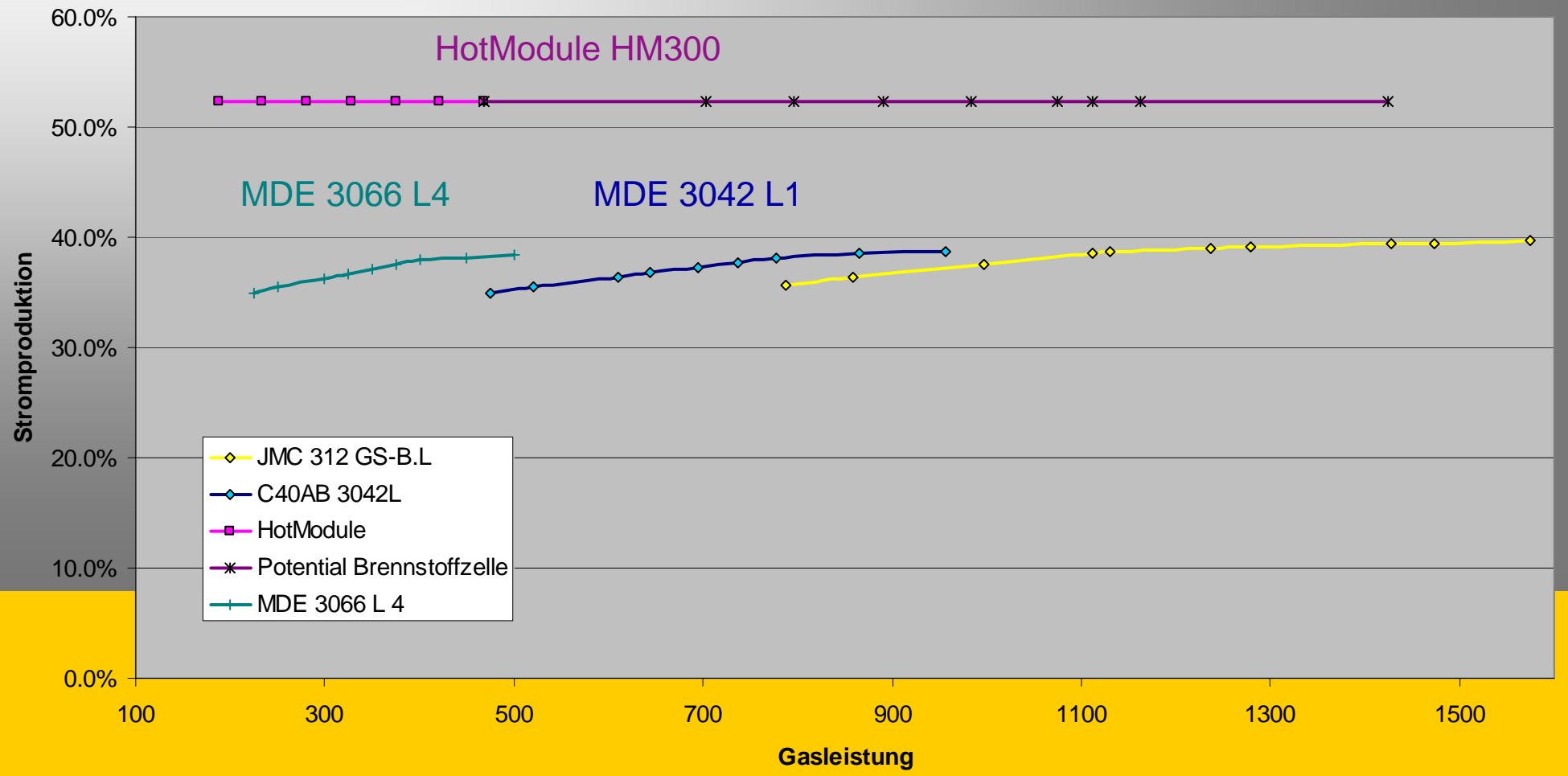
(Non-Methane Hydrocarbons)

Quelle: DLR1999 S.124

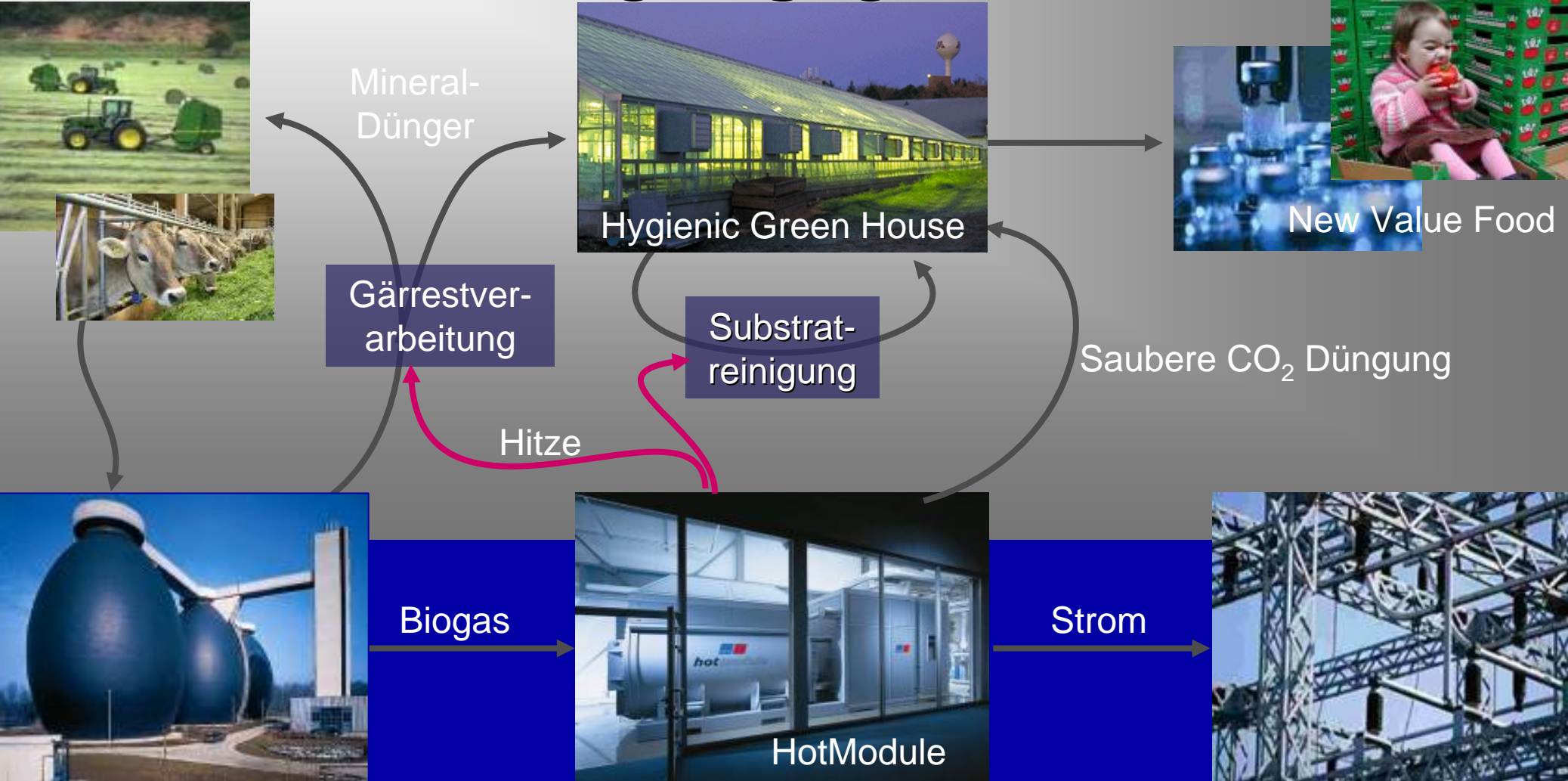
## Biogas-Anlage Stromproduktion Brennstoffzelle / Gasmotor



### Biogas-Anlage Wirkungsgrad Brennstoffzelle / Gasmotor




# Systemansatz BIOVISION



# Unsere Produkte

- Gasmotoren Magerturbo für Biogas  $\eta$  el 38%
  - 50 kW el MAN
  - 100 kW el MAN
  - 120 kW el MAN
  - 180 kW el MDE
  - 360 kW el MDE
- Brennstoffzelle  $\eta$  el 50%
  - 245 kW el / 180 kW th
- Dieselmotoren 75...9000 kW el





# 24h Pickettdienst 079 / 834 11 70

Innerhalb der Bürozeiten verwenden Sie bitte:  
**044 / 738 28 10**

Sollte es einmal vorkommen, dass der Pickettdienst nicht erreichbar ist (technische Panne, vorübergehend kein Empfang ...), dann versuchen Sie es bitte in dringenden Fällen unter einer der folgenden Nummern:

Jost Mathis 079 / 401 83 63  
René Walti 079 / 823 72 29

Erich von Arx 079 / 404 92 58  
Werner Frei 079 / 300 24 29

