

# Brennstoffzellen für stationäre Stromerzeugung

A. Heinzl

Vortrag am 27.5.2003

300. WE-Heraeus-Seminar „Energieforschung“ in  
Bonn

# Motivation für die Anwendung von stationären Brennstoffzellensystemen

- guter Energienutzungsgrad durch Kraft/Wärme-Kopplung
- Eignung für dezentralen Einsatz wegen geringer Emissionen, auch Lärm
- beliebige Skalierung der Leistung durch modularen Aufbau der Brennstoffzelle selbst
- Guter Teillastwirkungsgrad

Für verschiedenen Anwendungen werden unterschiedliche Brennstoffzellentypen entwickelt

RT bis 80°C

PEMFC

AFC

200°C

PAFC

650 °C

MCFC

1000°C

SOFC

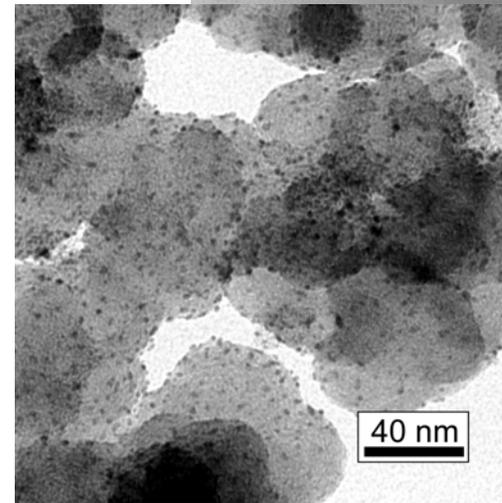
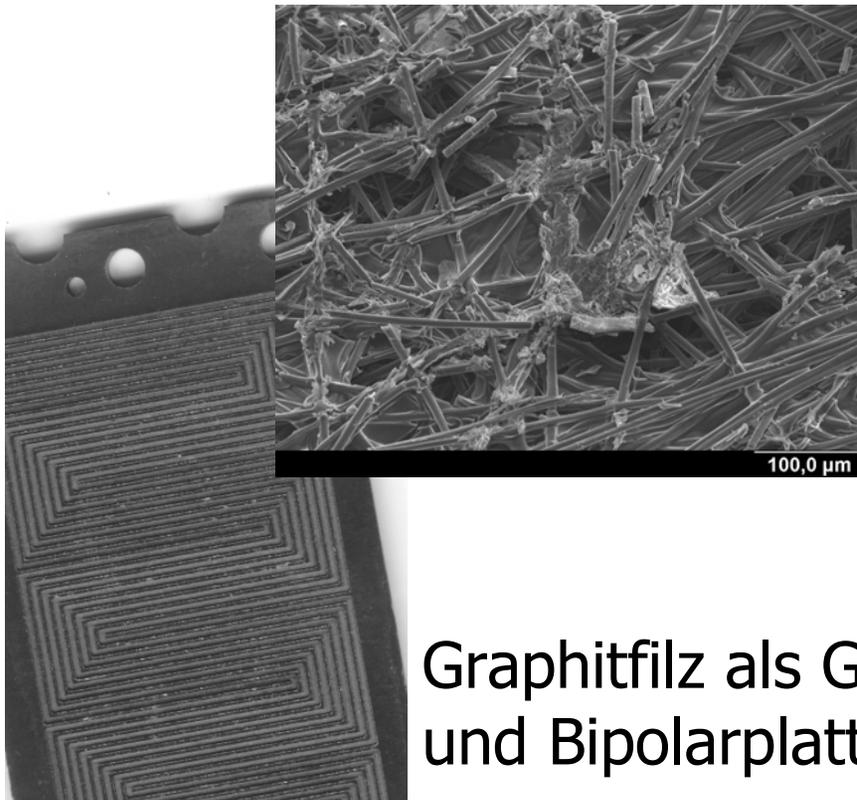
→ Niedertemperaturzellen mit Membran- oder alkalischem Elektrolyten

→ Mitteltemperaturbrennstoffzellen mit Phosphorsäure als Elektrolyt

→ Hochtemperaturbrennstoffzellen mit Karbonatschmelze oder keramischem Elektrolyten

# Die Membranbrennstoffzelle

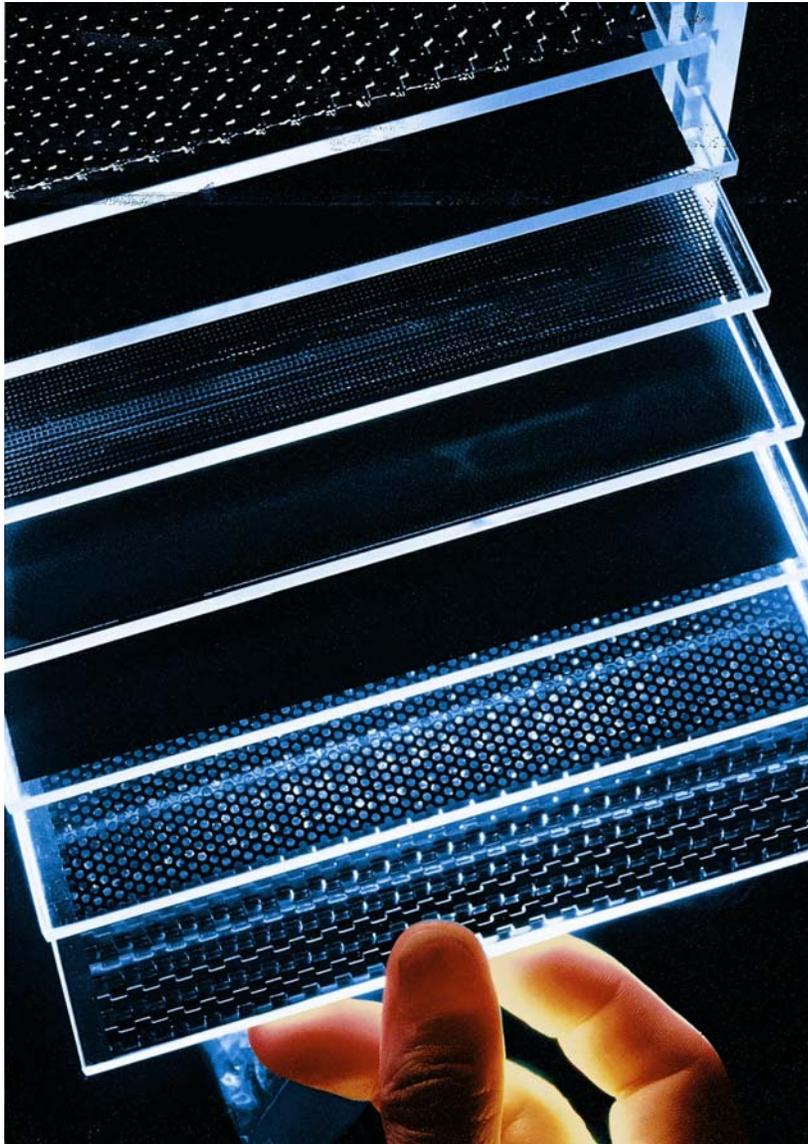
Schnitt durch eine  
Membran/Elektrodeneinheit



Aufnahme  
eines  
Katalysators  
\*

Graphitfilz als Gasdiffusionslage  
und Bipolarplatte mit Gaskanälen

\*Photo und Katalysatorherstellung:  
Max-Planck-Institut für Kohleforschung



## Die Schmelzkarbonat-Brennstoffzelle

Matrix:  $\text{LiAlO}_2$

Elektrolyt:  $\text{Li}_2\text{CO}_3/\text{K}_2\text{CO}_3$

Elektroden: Ni (+Cr, Al), NiO

Bipolarplatten: Stahl

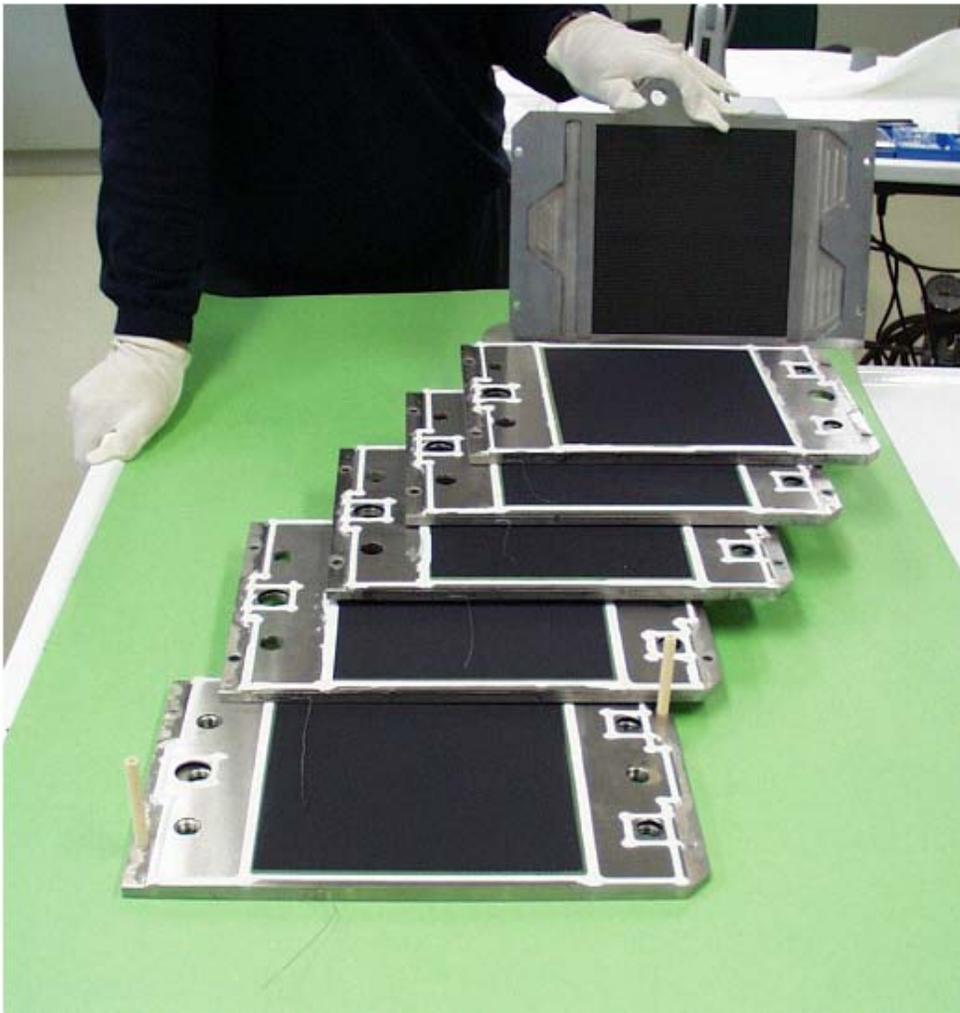
Herstellverfahren:

Bandgießen,

Heißpressen, Sintern

wichtige Kenngrößen:

Porosität der Werkstücke, da die Poren die Elektrolytverteilung steuern



## Die Festoxid-Brennstoffzelle, planarer Zelltyp

Elektrolyt:  $\text{ZrO}_2$  mit 8%  $\text{Y}_2\text{O}_3$

Elektroden:

Kathode:  $\text{LaMnO}_3$

Anode:  $\text{Ni/ZrO}_2$

Bipolarplatten: Stahl

wichtige Kenngrößen:

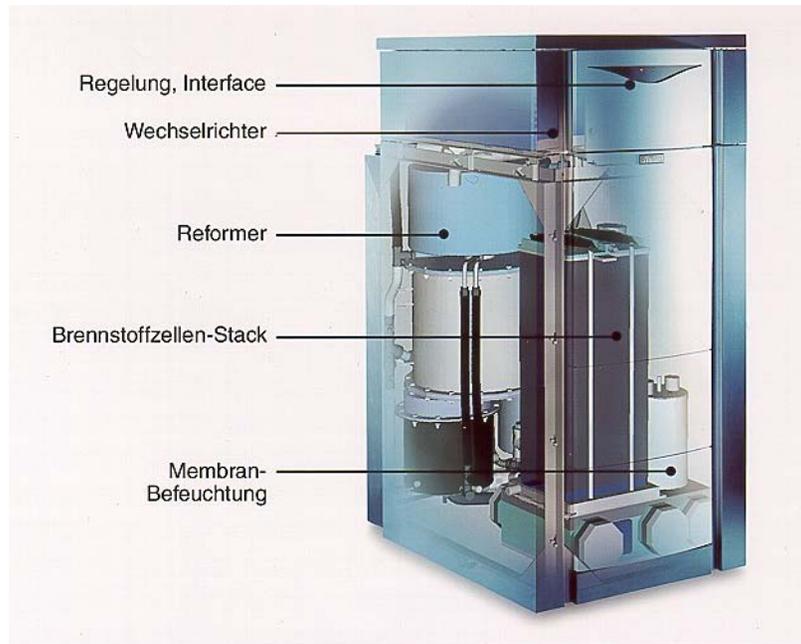
thermischer Ausdehnungskoeffizient,  
Korrosionsstabilität,  
mechanische Stabilität, Leitfähigkeit

# Stationäre Brennstoffzellensysteme heute

- 1 – 5 kW                      Hausenergiesysteme
- 250 kW                      Blockheizkraftwerke
- >1 MW                      Brennstoffzellen-Gasturbinen  
Kombianlagen

Firma/ Institut	El. Leistung	Brennstoff	Partner	Demonstrations- anlagen/Betreiber
Buderus	k.A.	Erdgas	IFC (USA)	k.A.
CETI	1,5 - 3 kW	Erdgas	k.A.	-
EFC	3 kW	Erdgas	Neue Partnerschaft	-
IdaTech	1 – 2 kW	Multifuel	Tokyo Boeki (J)	Feldtest bei Bonneville Power Administration
Nuvera	1 – 50 kW	Multifuel	DeNora fuel cells (I) und EPYX (USA)	Partnerschaften mit Mitsui, Liquide, Meteorit in Essen
Osaka Gas	1 kW	Erdgas	Sanyo Electric (J)	Japan Gas Association
Vaillant	1 – 4,6 kW	Erdgas	Plug Power (USA)	Mehrfamilienhäuser in Gelsenkirchen, Essen, Brauerei in Düsseldorf
Viessmann	1 – 3 kW	Erdgas	BMW-projekt mit deutschen Partnern	-
Hydrogenics	k.A.	Erdgas	GM	-
Toyota	k.A.	Erdgas	-	-
Mosaic Energy	1 kW	LPG	NiSource, USA Ishikawajima-Harima, Japan	6 Systeme, Nippon Oil 3/2003, ab April 100 weitere Systeme bis 2005

# Brennstoffzellenheizgerät: Brennstoff ist Erdgas



Quelle: Vaillant



## Technische Zielwerte

Elektr. Leistung 1 – 4,6 kW (netzparallel)

Therm. Leistung 1,5 – 7 kW

Wirkungsgrad > 35 % (elektrisch)

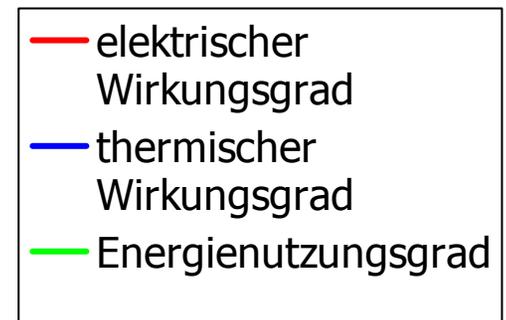
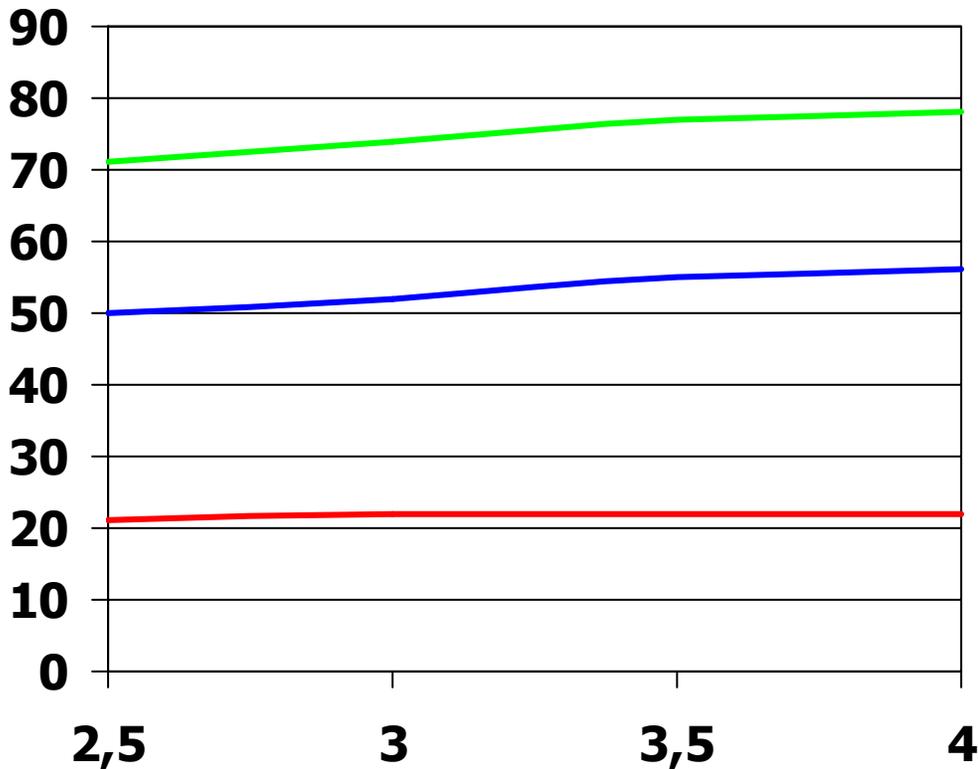
Nutzungsgrad > 80 %

Systemlebensdauer 80 000 h (15 a)

Vor- / Rücklauf 70 °C / 55 °C

# Wirkungsgrad

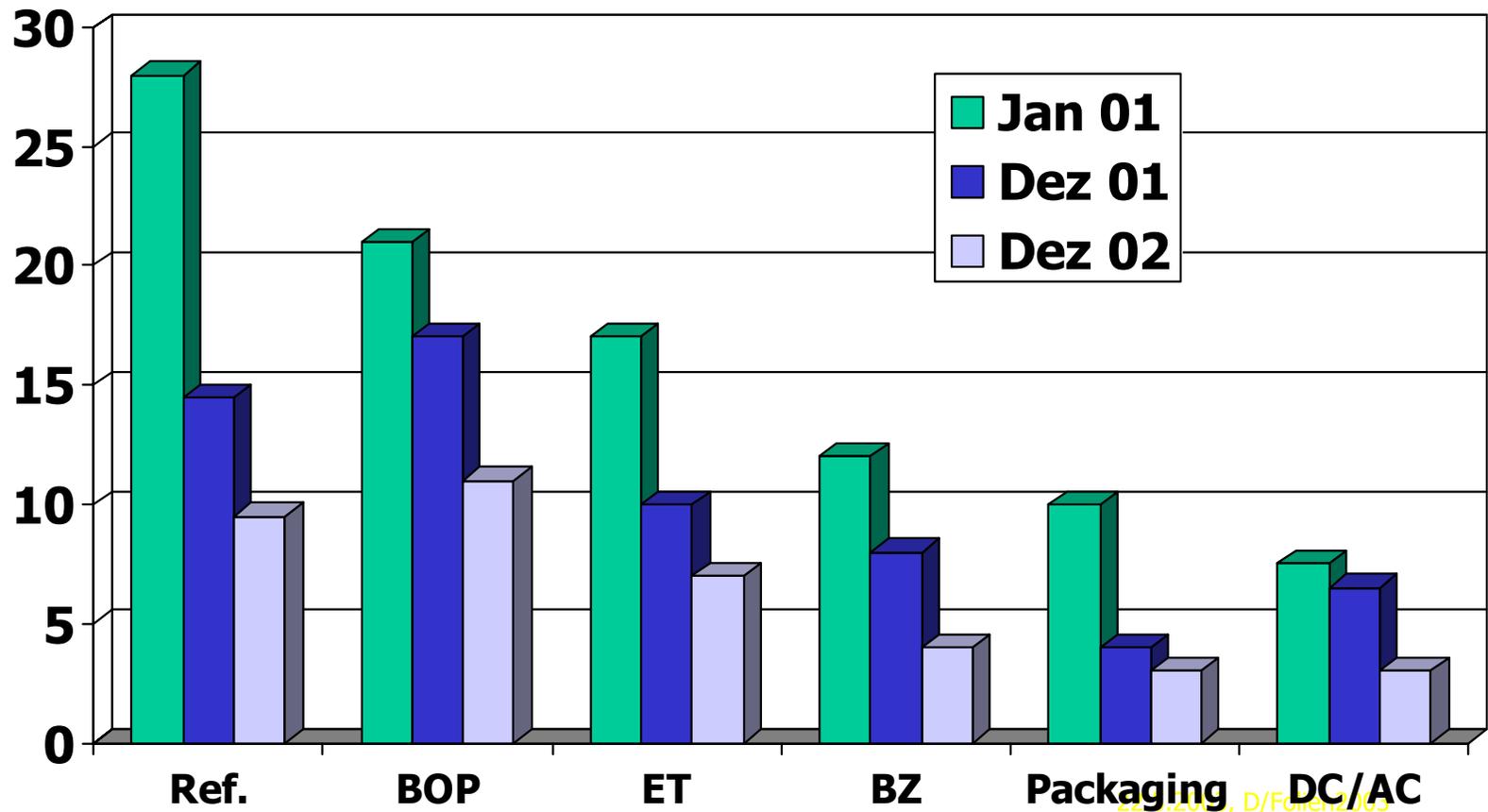
aus VDI-Berichte 1752, M. Koschowitz, Seite 20



55/65°C  
Vorlauf/Rücklauf-  
temperatur

# Kostenaspekte, Januar 2001 = 100%

aus VDI-Berichte 1752, K.Klinder, Seite 121



# Brennstoffzellenheizgerät



El. Leistung: 0 – 1 kW

El. Wirkungsgrad: >33%

Wärmeleistung: 0,5 – 20 kW

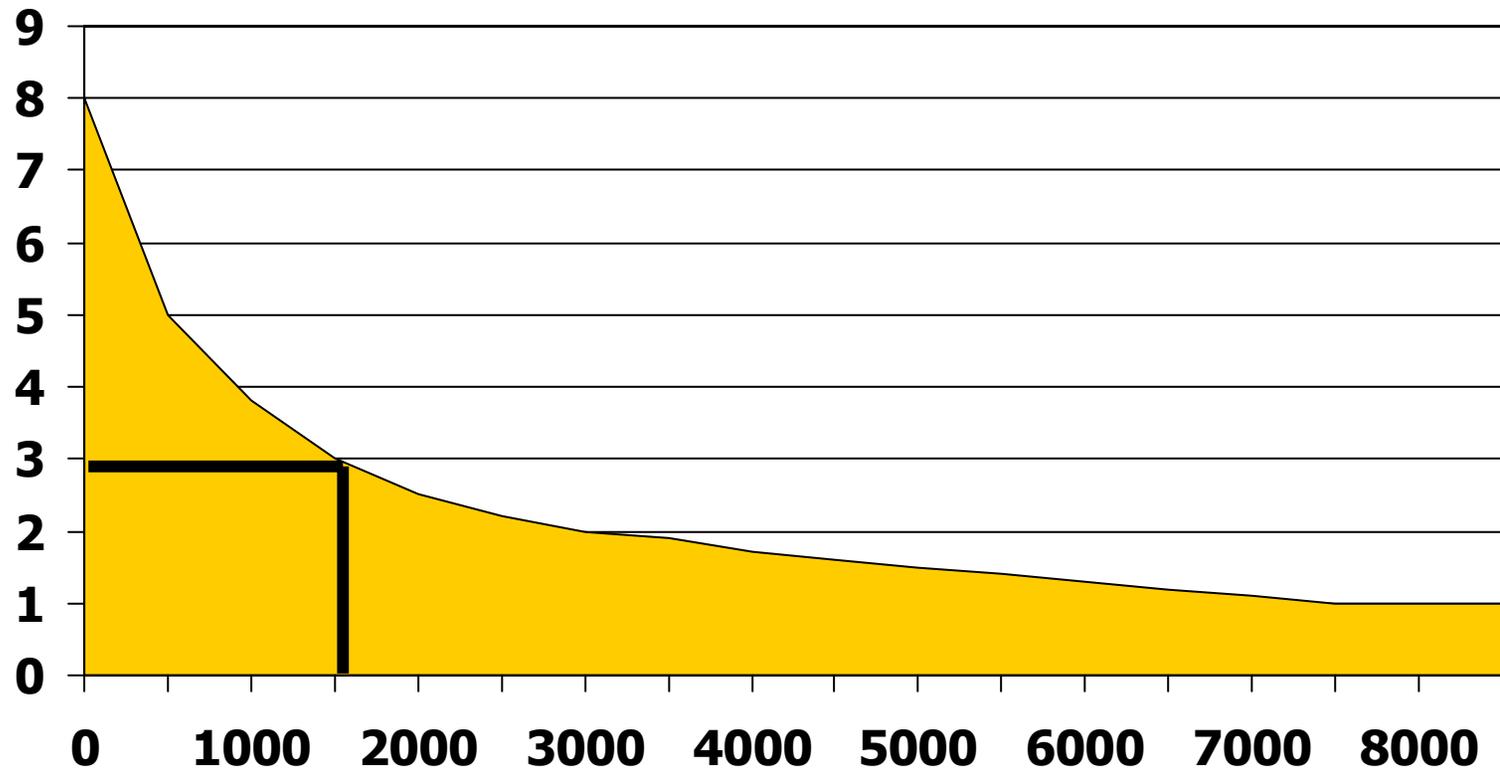
Energienutzungsgrad: 85%

Hersteller: Sulzer Hexis



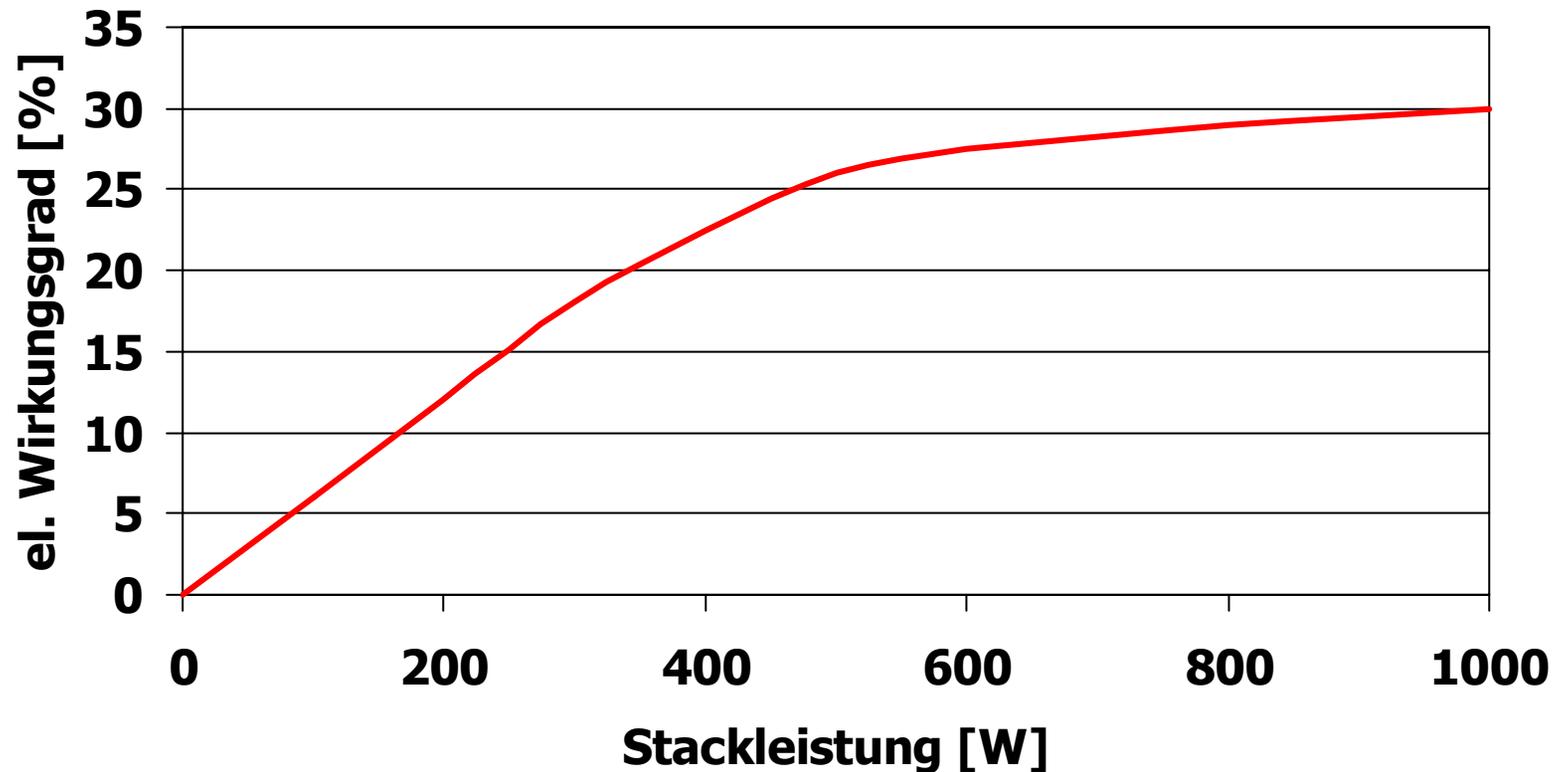
# Wärmebedarf eines Einfamilienhauses

aus VDI-Berichte 1752, G. Wisman, Seite 4



# Elektrischer Wirkungsgrad

aus VDI-Berichte 1752, G. Wisman, Seite 7



# Blockheizkraftwerke

ONSI (IFC/Toshiba)	200 kW PAFC	Über 200 Anlagen weltweit	Übergang zu PEMFC geplant
MTU/Fuel Cell Energy	250 kW MCFC	Ruhrgas AG, Dorsten Stadtwerke Bielefeld Rhön-Klinikum, Bad Neustadt DaimlerBenz, Tuscaloosa RWE, Meteorit, Essen	Europäisches Konsortium gegründet
Siemens/ Westinghouse	100 kW 250 kW 300 kW	Nuon, Niederlande RWE, Meteorit, Essen OPG, Canada BP, Alaska Stadtwerke Hannover SCE, USA RWE, Meteorit, Essen Edison, Italien	Verbesserung der tubularen Technik, Berücksichtigung der Verfügbarkeit von Gasturbinen

# PAFC-Anwendungen

Wasserstoff und Erdgas  
versorgte PAFC in Hamburg  
bei der HEW



22.5.2003, D/Folien2003

# Die MCFC - Anwendungen

BHKW mit  
250 kW  
elektrischer  
und 170 kW  
thermischer  
Leistung



# Die SOFC - Anwendungen

100 kW Anlage mit  
Reformerbereich,  
Reaktionsraum  
mit 48 Rohrbündeln  
1152 Einzelzellen



# SOFC: Anlagenkonzept mit Turbine



## Kenndaten:

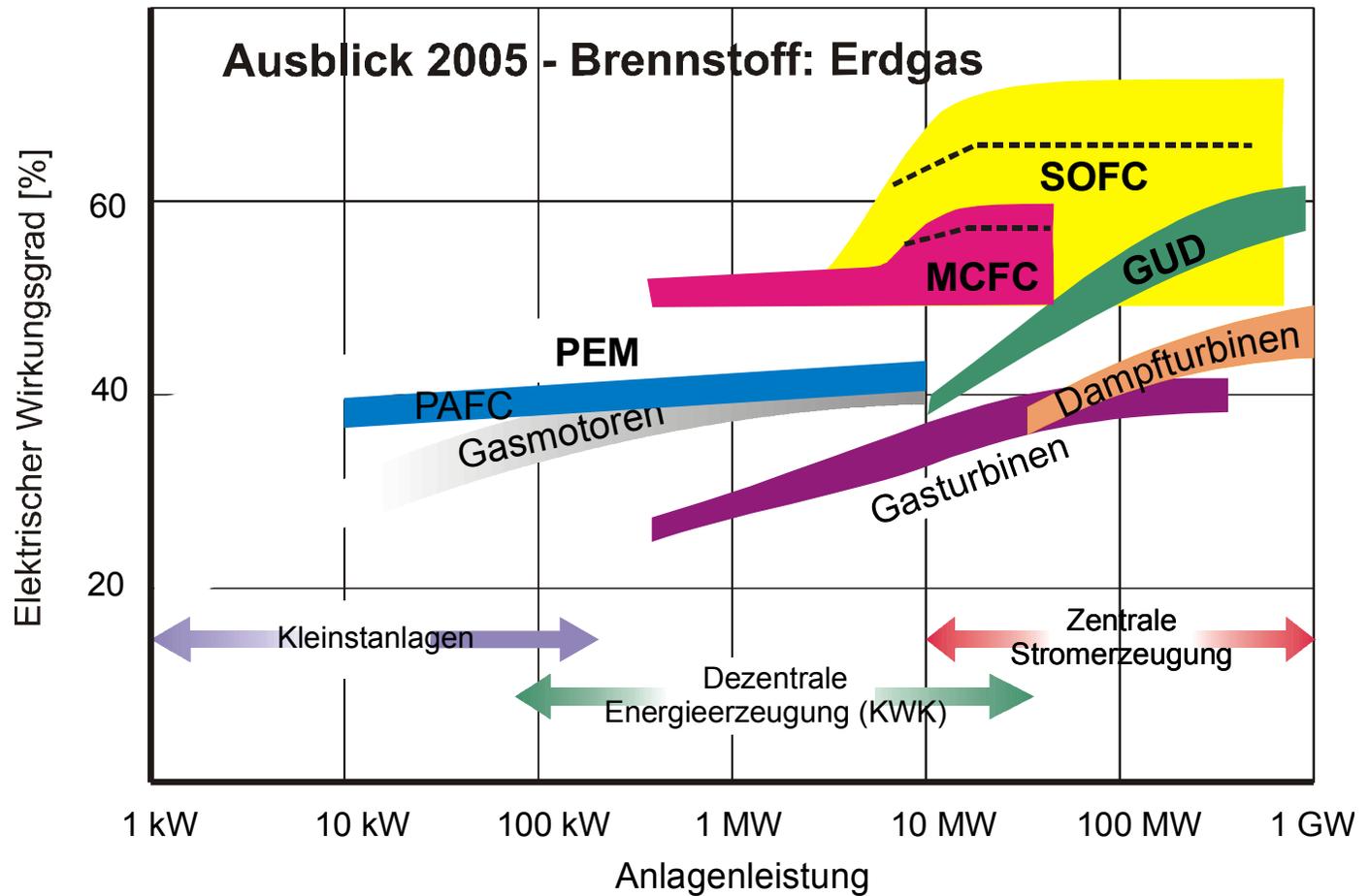
**Stackkonfiguration**  
1 x 173 kW<sub>AC,net</sub>

**Betriebsdruck**  
3 bar

**Gasturbine**  
47 kW<sub>AC,net</sub>

**Systemwirkungsgrad**  
57%

# Wirkungsgradaspekte



# Wirkungsgradspekte

MCFC, Bielefeld

55% elektrischer Wirkungsgrad

76% Energienutzungsgrad

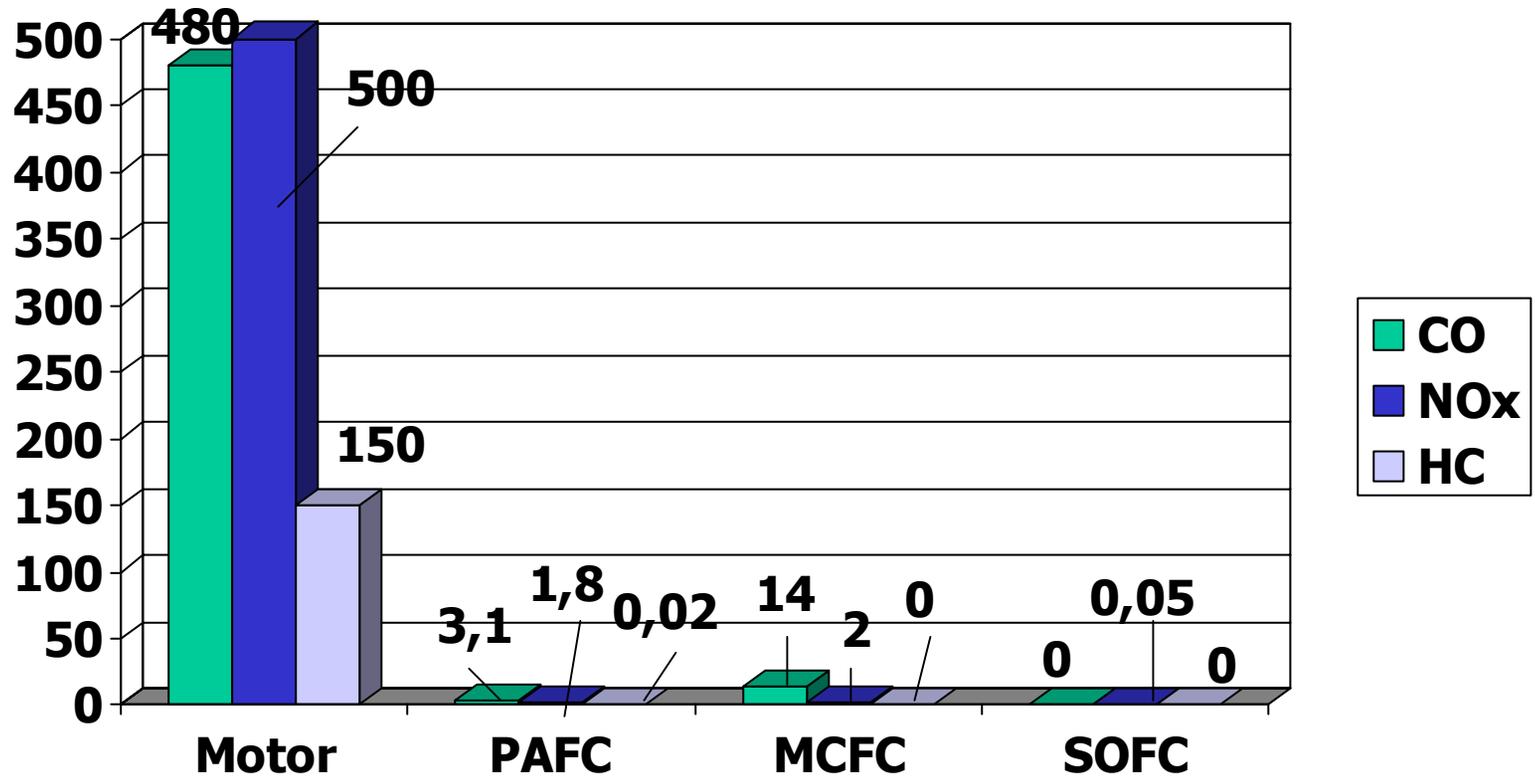
SOFC, Meteorit, 100 kW

46% elektrischer Wirkungsgrad

Energienutzungsgrad

> 80 %

# Emissionen, in mg/m<sup>3</sup>



# Was können Brennstoffzellen heute leisten?

- Erdgas mit hohem Wirkungsgrad in Kraftwerken verstromen, außer CO<sub>2</sub> kaum Emissionen
- Dezentral in Häusern aus Erdgas Strom und Wärme erzeugen, außer CO<sub>2</sub> kaum Emissionen, als virtuelles Kraftwerk Spitzenlast im Stromnetz abdecken
- Unterbrechungsfreie Stromversorgung
- Emissionsfreie Mobilität mit Wasserstoff als Kraftstoff, zunächst für Flottenfahrzeuge mit festen Routen
- Als portable Energieerzeuger Batterien und kleine motorisch Notstromaggregate ersetzen

# Kostenaspekte

Kostenziele:

BHKW stationär < 1500 € kW

MCFC: Zielkosten können bei 10 MW/a erreicht werden\*

\* Nach P.Berger, VDI-Berichte 1752, S. 49