

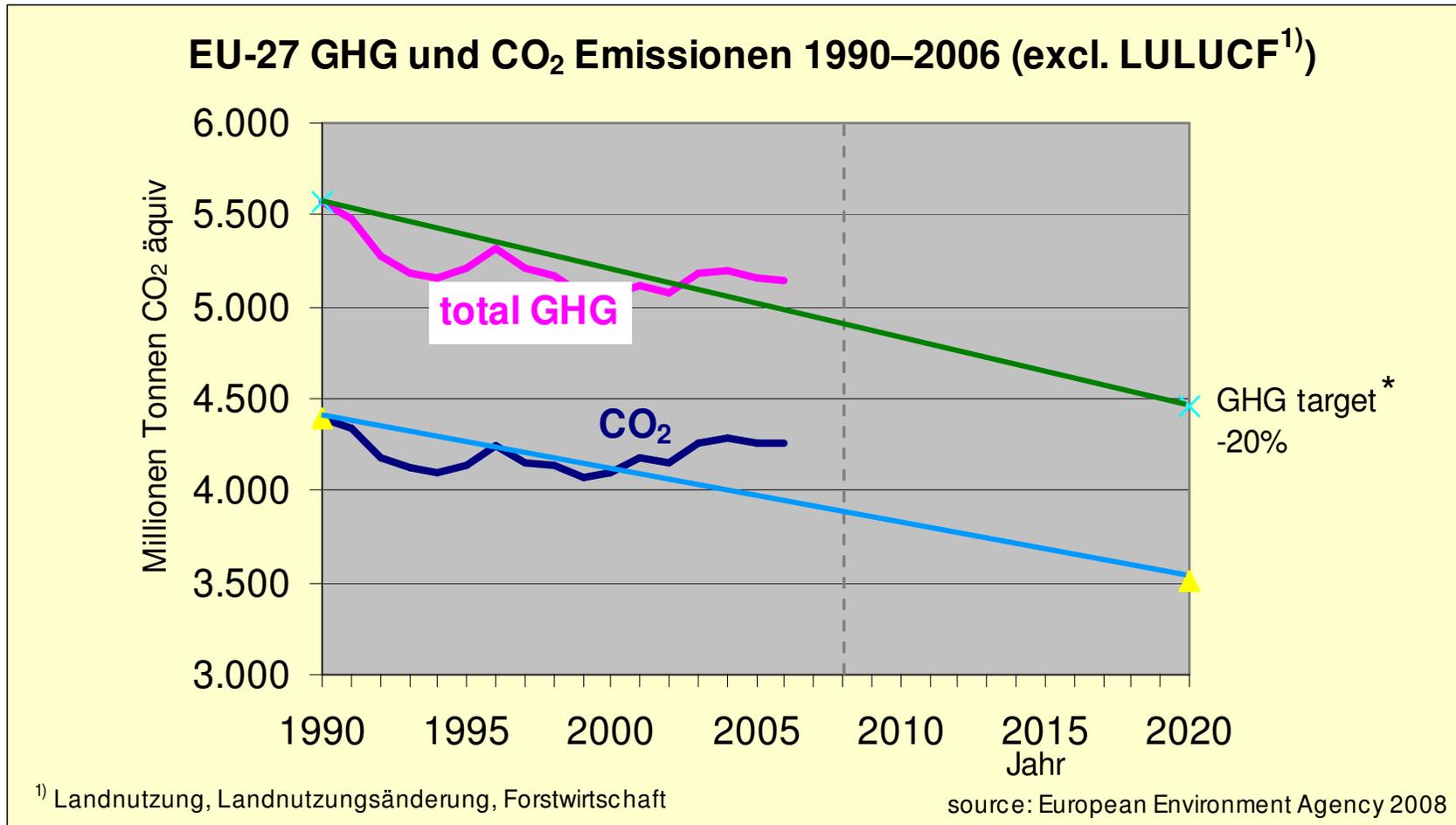
Brennstoffzellensysteme im Haushaltssektor – ein Beitrag zur CO₂ Reduktion

10. November 2008, Systemanalyse im FVS

K. U. Birnbaum

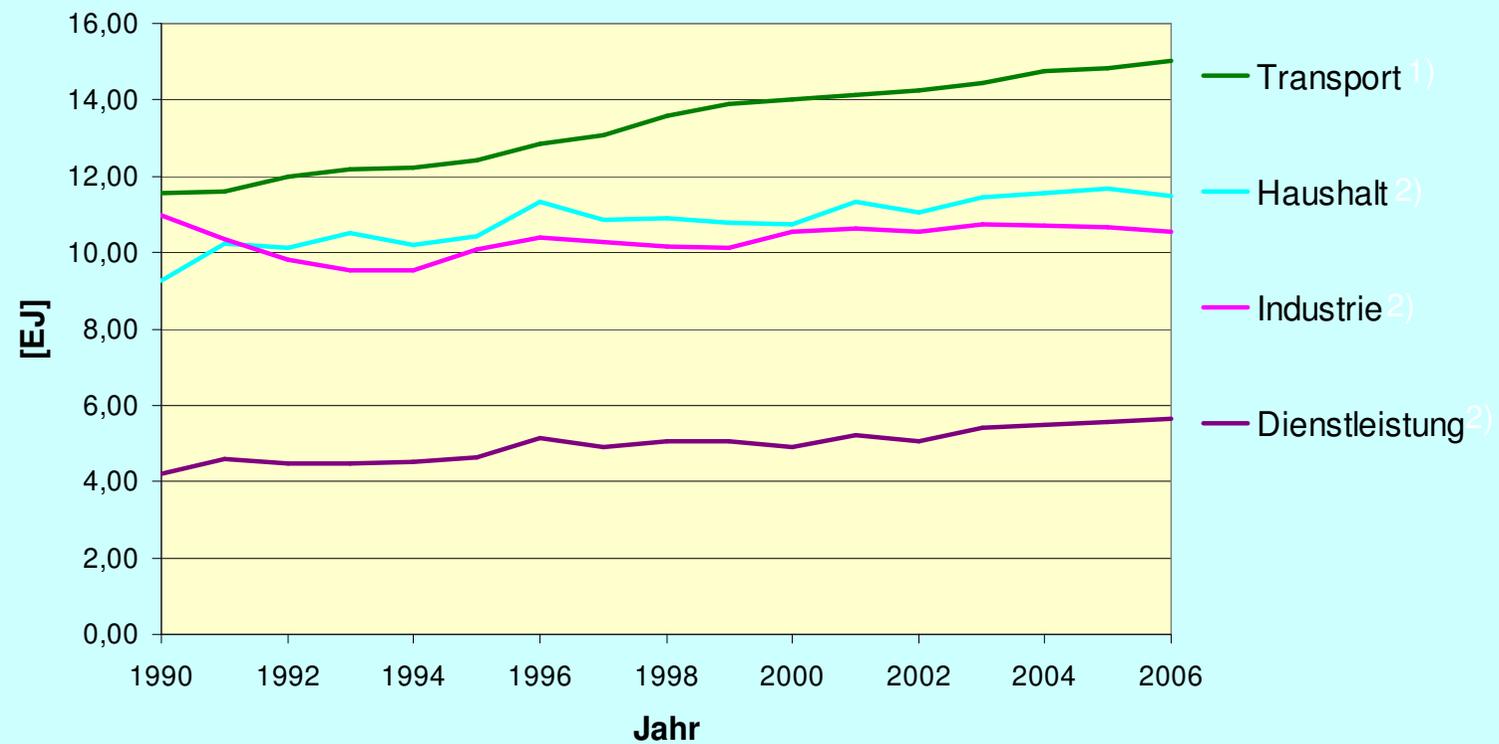
Institut für Energieforschung (IEF)

Systemforschung und Technologische Entwicklung (IEF-STE)



* Beschluss der Staats- und Regierungschefs der EU vom 8./9. März 2007

Entwicklung des Energieträgerbedarfs in den Endenergiesektoren EU-27

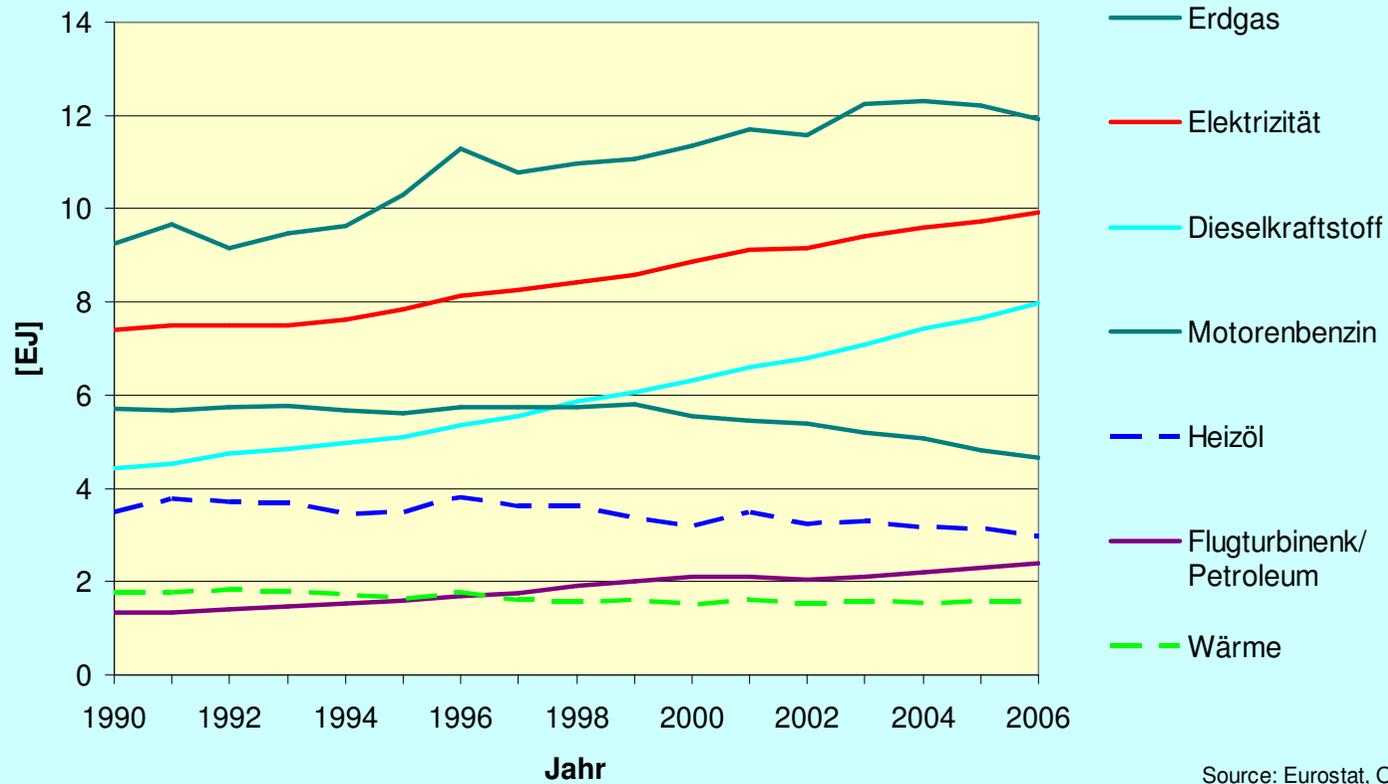


¹⁾ Strasse, Schiene, Luft

²⁾ Elektrizität- und Wärmebedarf sind berücksichtigt

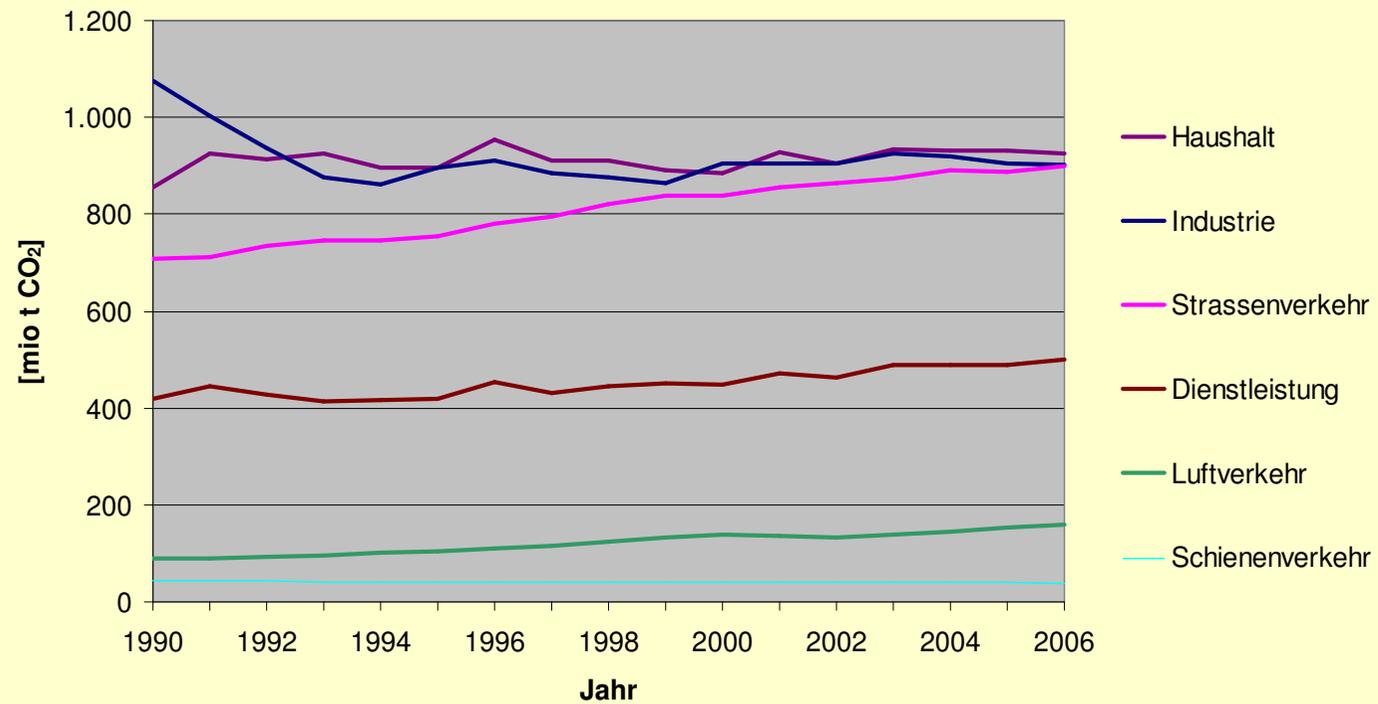
Source: Eurostat, Oct. 2008

Entwicklung des Endenergieträgereinsatzes EU-27



Source: Eurostat, Oct. 2008

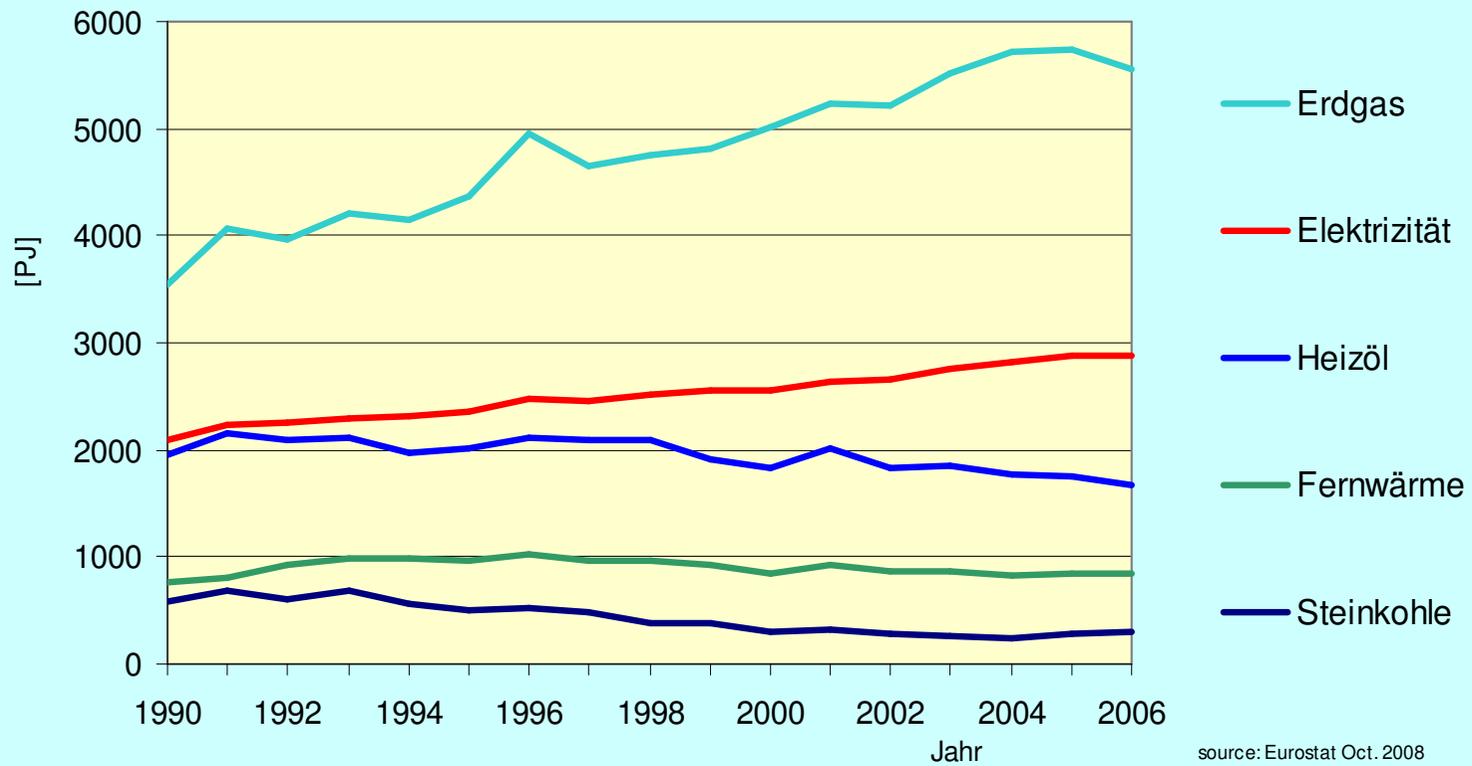
Entwicklung der CO₂-Emissionen der Endenergiesektoren¹⁾, EU-27



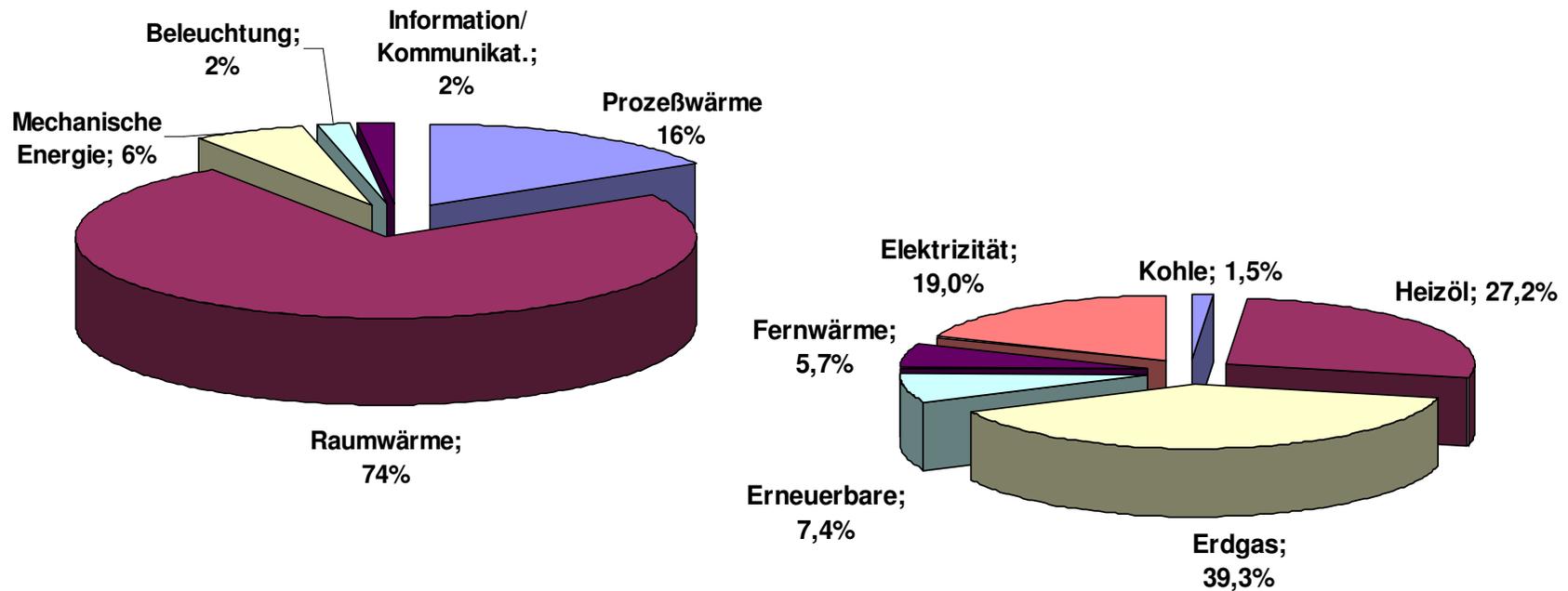
¹⁾ Emissionen der Energieträger Wärme und Strom berücksichtigt

Source: Eurostat, Oct. 2008

Entwicklung des Endenergeträgerbedarfs im Sektor Haushalt, EU-27



Sektor Haushalt, Endenergieträger und Verwendungszwecke, Deutschland 2006

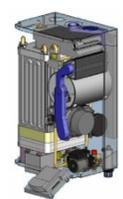


Source: Tzscheutschler, P. et.al.: Energieverbrauch in Deutschland, Stand 2006, BWK Bd 60 (2008) Nr.3, S 46 ff

Brennstoffzellenhausheizungssysteme I

		Polymerelektrolytmembran Brennstoffzellen Systeme						
Unternehmen		Inhouse Engineering	Baxi Innotech (ehemals EFC)	Viessmann	Vaillant/ PlugPower	EBARA/Ballard	Matsushita Electric Industrial Co	Toyota/Aisin
Typ		inhouse 5000	Beta 1.5	HEVA II				
		Komplettsystem	Komplettsystem	Komplettsystem	Komplettsystem			
Prinzip		low temp PEM FC	low temp PEM FC	low temp PEM FC	low temp PEM FC	low temp PEM FC	low temp PEM FC	low temp PEM FC
Brennstoff		Erdgas	Erdgas	Erdgas	Erdgas	Citygas (Japan) ²⁾	Citygas (Japan)	Citygas (Japan)
Elektrische Leistung	kW_{el}	1 - 5	1.5	2	5	1.0	1.0	1.0
Thermische Leistung	kW_{th}	2 - 10	3	3,5		~1,3³⁾	~1,3³⁾	~1,3³⁾
integrierter Spitzenkessel	kW _{th}		3,5 - 15	17 - 24				
elektrischer Wirkungsgrad	%	25 - 30	bis zu 30	32	Ziel: 35	31 (HHV)	33 (HHV)	33 (HHV)
thermischer Nutzungsgrad	%		48 (Ziel 50)			40 (HHV)	44 (HHV)	
Gesamteffizienz	%	60 - 90	~ 78	> 87	Ziel: 85			79 (HHV)
spezifischer Preis	Euro / kW _{el}	17.000						
spezifischer Zielpreis	Euro / kW _{el}	5.000	~ 10.000	3.200 - 4.000	750 ¹⁾			
Status		in Feldtests	in Feldtests			in Feldtests	in Feldtests	in Feldtests
Anlagen in Feldtests		5	12		-	183	88	24
¹⁾ Gesamtsystemkosten bei Massenfertigung, ²⁾ 90% Erdgas, ³⁾ berechnet								

Brennstoffzellenhausheizungssysteme II

		Solid oxide fuel cell Systeme				
Unternehmen		Ceramic Fuel Cell Limited	Hexis	Acumentrics	MTS / Elco / Acumentrics	Kyocera / Osaka Gas
Typ		NetGen ^{Plus} fuel cell module ¹⁾	Galileo 1000 N	AHEAD		
		Stack module	Komplettsystem	Komplettsystem	Komplettsystem	Komplettsystem
Prinzip		SOFC planar	SOFC planar	SOFC tubular	SOFC tubular	SOFC
Brennstoff		Erdgas	Erdgas	Erdgas	Erdgas	Citygas (Japan) ²⁾
elektrischer Wirkungsgrad	%	> 50	25 - 30 (Ziel > 30)	30	25 - 30	45
elektrische Leistung	kW _{el}	1	1	1 (2.5 peak)	1	0,7
thermische Leistung	kW _{th}	~0,25 - Abgas auf 60°C gekühlt ~0,65 - Abgas auf 20°C gekühlt	2.5	1 - 24	2	0,47
integrierter Spitzenkessel	kW _{th}	vorgesehen	20		22	
Gesamteffizienz	%	60 - 85	> 90	90	~85	75
Status		verfügbar	under development	pre-commercial	under development	Prototyp
Anlagen in Feldtests		4	4	min 30	0	1
¹⁾ bereit für die Integration, ²⁾ 90% Erdgas						

Source: Unternehmensangaben

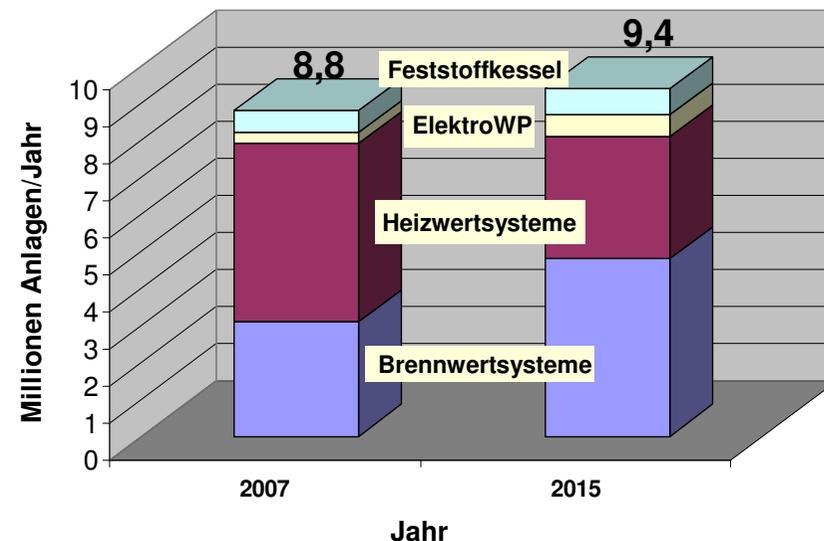
Marktentperspektiven für Brennstoffzellensysteme

Grundlage für maximale Obergrenzen von Brennstoffzellensystemen in der von uns entworfenen Markteinführung bzw. Marktdurchdringung bilden die Daten des jährlichen Marktreport von Bosch. Nach dem 2007er Report werden in 2015 noch immer etwa drei Millionen Heizwertkessel in Europa installiert bzw. könnten, so unser Ansatz, durch Brennstoffzellensysteme substituiert werden.

Außerdem wurde der Kessel-Weltmarktüberblick der “Building Services Research and Information Association” (BSRIA) berücksichtigt. Er sieht die konventionellen Kesselsysteme auf dem Rückzug und erwartet insbesondere bei den wandhängenden Brennwertsystemen zweistellige Zuwachsraten.

Der Europäische Markt für Hausheizungssysteme

	2007	2015	2007 / 2015
	[mio]	[mio]	
Brennwertkessel Öl/Gas	3,1	4,8	+ 6% p.a.
Heizwertkessel Öl/Gas	4,8	3,3	- 4% p.a.
Elektrowärmepumpen	0,3	0,6	+ 10% p.a.
Festbrennstoffkessel	0,6	0,7	+ 3% p.a.
Summe	8,8	9,4	



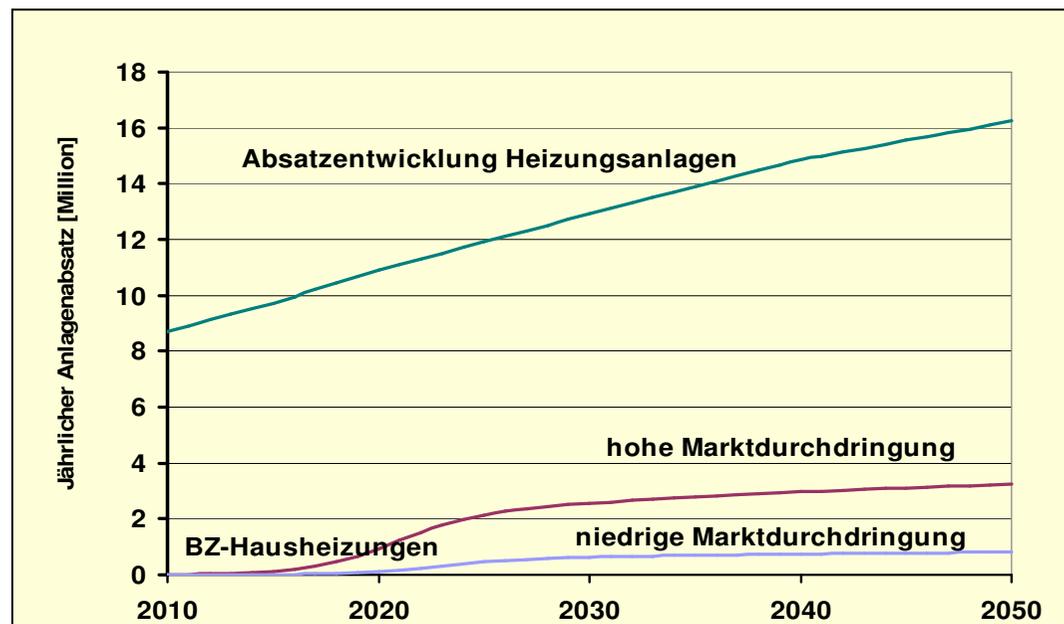
Source: Bosch Marktreport 2007

Annahmen zur Markteinführung und –durchdringung I

Das Marktvolumen von Hausheizungsanlagen erreicht 2014 etwa 9,5 Millionen und steigt bis 2050 auf 16 Millionen Anlagen an.

In einem Szenario mit hoher Marktdurchdringung lassen wir als erreichbaren Anteil für BZ-Systeme 20% des Absatzes von Heizungsanlagen zu, starten mit 68.000 Anlagen in 2014 und steigern den Absatz über 2,5 Millionen bis auf 3,2 Millionen Brennstoffzellenanlagen in 2050. Dann sind 82 Millionen Anlagen in Betrieb

Im Szenario mit niedriger Marktdurchdringung können BZ-Systeme maximal 5% des Marktvolumens erreichen. In 2014 werden knapp 6.000 Anlagen in Betrieb genommen. Bis 2050 steigt der Absatz auf 812.000 Anlagen an.



Annahmen zur Markteinführung und –durchdringung II

Bei der Beurteilung der Frage, ob unsere Annahme bezüglich der Verfügbarkeit von Anlagen überhaupt möglich sind, stützen wir uns auf Aussagen/Erwartungen in den R&D Reports von NEDO , Japan, sowie auf Ausführungen in der “Deployment Strategy“ und im “Implementation Plan“ der European Hydrogen & Fuel Cell Platform.

Japan ist eindeutig Vorreiter und setzt Maßstäbe, über 2000 Anlagen sind in Betrieb, ein Viertel aller Wohnhäuser soll bis 2020 mit BZ-Systemen ausgestattet sein, weshalb wir unsere Annahmen als möglich ansehen.

Land/Region	Publiziert in	Installationsjahr	installierte Anlagen pro Jahr	Quelle
Japan	2006	2015	500.000	"Overview of Fuel Cell R&D on NEDO", October 2006
		2020 ~ 2030	> 500.000	
Japan	2007	2009	1.000 - 10.000	"R&D activities Japan", Japanese presentation at IEA Advanced FC Annex meeting march 2007, Juelich
		201?	100.000	
EU	2005	until 2020	100.000 - 200.000	European Hydrogen & Fuel Cell Technology platform, Deployment Strategy, August 2005
EU	2007	until 2015	100.000	European Hydrogen & Fuel Cell Technology platform, Implementation Plan, January 2007

Hauscharakteristika und Heizungsanlagen

Einfamilienhaus aus den 1960er Jahren

niedriger Dämmstandard		
spezifischer Wärmebedarf	192	kWh/m ²
Wärmebedarf	~ 32.000	kWhth/a
Wärmeversorgungssystem		
Baxi PEMFC	1.500 / 2.500	W_{el} / W_{th}
Kyocera SOFC	700 / 467	W_{el} / W_{th}
integrierter Spitzenkessel	19.000	W_{th}
200 ltr Warmwasserspeicher	5.820	Wh_{th}

Einfamilienhaus aus 2002

Dämmstandard nach Energieeinsparverordnung		
spezifischer Wärmebedarf	60	kWh/m ²
Wärmebedarf	7.100	kWhth/a
Wärmeversorgungssystem		
Baxi PEMFC	1.500 / 2.500	W_{el} / W_{th}
Kyocera SOFC	700 / 467	W_{el} / W_{th}
integrierter Spitzenkessel	10.000	W_{th}
200 ltr Warmwasserspeicher	5.820	Wh_{th}

Systeme der Einzeltechnik-Analyse

	PEMFC KWK Anlage	SOFC KWK Anlage	Referenz: Brennkessel plus Kohlekraftwerk	
Hersteller	Baxi Innotech	Kyocera		
Prinzip	low temp PEM FuelCell	SOFC	Brennkessel	Wärmeleistung
Brennstoff	Erdgas	Erdgas	Erdgas	Kohle
elektrische leistung	1,5 kW _{el}	0,7 kW _{el}		1 GW
thermische leistung	2,5 kW _{th}	0,467 kW _{th}	4 / 19 kW _{th}	
elektrischer Wirkungsgrad [%] (@ year)	30 / 32 / 33 / 34 / 34 (2014 / 2020 / 2030 / 2040 / 2050)	45 / 48 / 50 / 51 / 51 (2014 / 2020 / 2030 / 2040 / 2050)		36 / 38 / 41 (2014 / 2015 / 2030)
thermischer Nutzungsgrad [%] (@ year)	50 / 53 / 56 / 57 / 57 (2014 / 2020 / 2030 / 2040 / 2050)	30 / 32 / 33 / 34 / 34 (2014 / 2020 / 2030 / 2040 / 2050)	95	
CHP-Koeffizient	0,60	1,50		
¹⁾ DIN 4702				

Szenario mit hoher, dynamischer Marktdurchdringung

Ergebnisse für 2050 und den Haustyp mit ENEV-Dämmstandard

	Leistung el/th	Leistung Spitzenkessel	Bestand in 2050	Betriebsstunden Brennstoffzelle	Betriebsstunden Spitzenkessel	Stromerzeugung Brennstoffzellen	gesamter Gasverbrauch
	[Watt]	[Watt]	[Millionen]	[h/a]	[h/a]	[GW _{el} /a]	[GWh Gas]
Baxi	1.500 / 2.500	10.000	83	3.406	29	422.278	1.261.996
Kyocera	700 / 467	10.000	83	5.117	642	296.028	1.136.445

	CO ₂ -Emission Brennstoffzellen	CO ₂ -Emission Referenzsystem	vermiedene CO ₂ -Emission	CO ₂ -Emission des Haushaltsektors in der OECD	prozentuale CO ₂ -Reduktion / 100.000 GW _{el}	ET-Bedarf Referenzsystem	ET-Bedarf BZ-Hausheizungen	prozentuale ET-Reduktion / 100.000 GW _{el}
	[Mt CO ₂ /a]	[Mt CO ₂ /a]	[Mt CO ₂ /a]	[Mt CO ₂ /a]	[%]	[GWh]	[GWh]	[%]
Baxi	253	512	259	1.507	4,08%	1.418.276	1.261.996	2,61%
Kyocera	228	405	177	1.507	3,97%	1.488.416	1.136.445	7,99%

Szenario mit geringer Marktdurchdringung

Ergebnisse für 2050 und Haustyp mit unzureichender Dämmung

	Leistung el/th	Leistung Spitzenkessel	Bestand in 2050	Jahresbetriebsstunden Brennstoffzelle	Betriebsstunden Spitzenkessel	Stromerzeugung Brennstoffzelle	gesamter Gasverbrauch
	[Watt]	[Watt]	[Millionen]	[h]	[h]	[GWh _{el} / a]	[GWh]
Baxi	1500 / 2500	19.000	83	3676	1250	455.704	3.401.104
Kyocera	700 / 467	19.000	83	4139	1632	238.972	3.182.413

	CO ₂ -Emission Brennstoffzellen	CO ₂ -Emission Referenzsystem	vermiedene CO ₂ -Emission	CO ₂ -Emission des Haushaltsektors in der OECD	prozentuale CO ₂ -Reduktion / 100.000 GW _{el}	ET-Bedarf Referenzsystem	ET-Bedarf BZ-Hausheizungen	prozentuale ET-Reduktion / 100.000 GW _{el}
	[Mt CO ₂ /a]	[Mt CO ₂ /a]	[Mt CO ₂ /a]	[Mt CO ₂ /a]	[%]	[GWh]	[GWh]	[%]
Baxi	682	962	280	1.507	4,08%	3.977.934	3.401.104	3,18%
Kyocera	638	781	143	1.507	3,98%	3.466.983	3.182.413	3,43%

Ergebnisvergleich

Kyocera 750/467 W_{el/th}	Betriebsstunden BZ	Betriebsstunden SP Kessel	Stromerzeugung BZ	Gasverbrauch BZ Hausheizung	CO ₂ BZ	Verbrauch Referenz	CO ₂ Referenz
	h	h	GWh _{el}	GWh	M t CO ₂	GWh	Mt CO ₂
ungedämmt	4.139	1.632	238.972	3.182.413	638	3.466.983	781
gedämmt	5.117	642	296.028	1.136.445	228	1.488.416	405

Baxi 1.500/2.500 W_{el/th}	Betriebsstunden BZ	Betriebsstunden SP Kessel	Stromerzeugung BZ	Gasverbrauch BZ Hausheizung	CO ₂ BZ	Verbrauch Referenz	CO ₂ Referenz
	h	h	GWh _{el}	GWh	M t CO ₂	GWh	Mt CO ₂
ungedämmt	3.676	1.250	455.704	3.401.104	682	3.977.934	962
gedämmt	3.406	29	422.278	1.261.996	253	1.418.276	512

Zeigen Sie den steigenden Energiekosten die rote Karte

Für Energiespare F



**750€ Kesseltauschbonus
bis Ende 2009 verlängert!**

Jetzt Kessel tauschen, Energie sparen und die höchsten Fördermittel aller Zeiten kassieren!

2.210€ staatliche Förderung

gibt es aktuell z.B. für ein Junkers Brennwert-Solarsystem mit der CerapurComfort-Eco und 5 Solar-kollektoren. Deshalb unser Tipp: zeigen Sie den steigenden Energiekosten die rote Karte, modernisieren Sie jetzt und profitieren Sie von den höchsten Fördermitteln aller Zeiten! Mehr zum Thema Förderung unter www.junkers.com.

Vom Staat die Fördermittel – von Junkers das perfekte System!

Brennwertgeräte
z.B. CERAPURCOMFORT-ECO
mit serienmäßiger
Energiesparpumpe



Solarsysteme
z.B. mit FKZ Flachkollektoren –
langlebig und leistungsstark



Das e-on Förderprogramm 2008:

Go e-on mit Junkers

Jetzt modernisieren und richtig sparen!

FÖRDERPROGRAMM
2008



e-on

bis zu
450€
Beim Einbau in eine
Etagenwohnung



bis zu
1.875€
Beim Einbau in ein
Mehrfamilienhaus



Jetzt Heizung modernisieren
heißt fette e-on-Prämien kassieren!

“Kleine Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen (KWK) einzusetzen, ist die zukünftige Art der Dezentralen Energieversorgung. Sie rechnet sich immer dort, wo gleichzeitig Strom und Wärme benötigt werden, beispielsweise in der Haustechnik.

Neben dem elektrischen Wirkungsgrad bestimmt im Wesentlichen die Nutzung der Wärme die Anlagenlaufzeit und damit die Wirtschaftlichkeit einer KWK-Anlage.

Sie sollte jährlich ca. 5.000 Stunden in Betrieb sein - eine Standardbelastung, die der eines durchschnittlichen (besser: normalen) Einfamilienhauses entspricht. “

Source: Webseite Baxi