

# Status der Forschung und Entwicklung Brennstoffzellen-basierter mikro-Kraft-Wärme-Kopplung (mKWK)

**Dr. Christian Spitta**

Mikro-KWK / dezentrale Energieversorgung /  
Smart Grid in Luxemburg

Sanem, 20.03.2014



## Institut

- Gründung 2001
- F&E von Brennstoffzellen, Wasserstofferzeugung und Energiespeicherung
- Fokus auf Industriebedarf zur Markteinführung der BZ-Technik
- Unabhängiger Entwicklungsdienstleister
- 100 Festangestellte + 40 Studenten

## Infrastruktur

- 1200 m<sup>2</sup> Labor
- 4 separate Geheimplabore mit 220 m<sup>2</sup>
- Flexible Teststände mit umfangreicher Messtechnik und Analytik
- 3 Klimakammern
- Erstes akkreditiertes Prüflabor für Brennstoffzellen
- 120 m<sup>2</sup> Technikum zur Fertigung und Assemblierung von Brennstoffzellen



Project supported by the European Funds for Regional Development and the Region of North Rhine-Westphalia, Germany





### Zweck und Ziele:

- Förderung von Forschung u. Entwicklung auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnik am ZBT
- Unterstützung bei der Suche nach industriellen Partnern
- Unterstützung bei der Einwerbung von Sponsoren und vergleichbaren "Fremdmitteln"
- Öffentlichkeitsarbeit
- Zusammenarbeit mit dem ZBT bei Aufstellung des Forschungs- und Entwicklungsprogramms

### Fakten:

- Gründung am 24. September 2002
- Sitz des Vereins ist Duisburg
- Förderverein ist Mitglied des Beirates der ZBT GmbH
- 2002: 8 Gründungsmitglieder
- Aktueller Stand: 31 Mitglieder (Januar 2014)
- 2 Mitgliederversammlungen pro Jahr

### Vorstand:

- Achim Edelmann, 1. Vorsitzender
- Dr. Frank Koch, stv. Vorsitzender & Schatzmeister



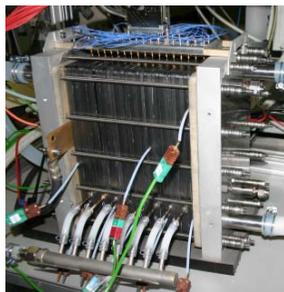
## Gasanalytik

- Gasgemische & Spuren
- Brennstoff- & Produktgasanalytik
- Entschwefelung
- Filter- und Sensor-Qualifizierung
- Stabilitäts- und Lebensdauertests



## Gasprozesstechnik

- Katalysatorqualifizierung
- Simulationen
- Reaktoren, Brenner & Wärmeübertrager
- Reformer für PEM- und SOFC-Systeme



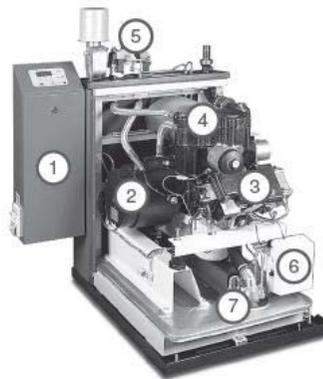
## PEM-Brennstoffzelle

- NT- & HT-PEM-BZ
- Compound-basierte Bipolarplatten
- Stacks
- Systeme



## BZ-Systeme

- SOFC und PEM basiert
- KWKK mit Adsorptionkälteanlage
- Basis- & Detail-Engineering
- Komponenten- & System-Tests



## Motor-BHKW

- Systemtests unter Anwendungsbedingungen
- Erdgas Anreicherung
- Wasserstoffbetrieb
- Thermochemische Rekuperation (TCR)



## Systemtests und -Anpassungen

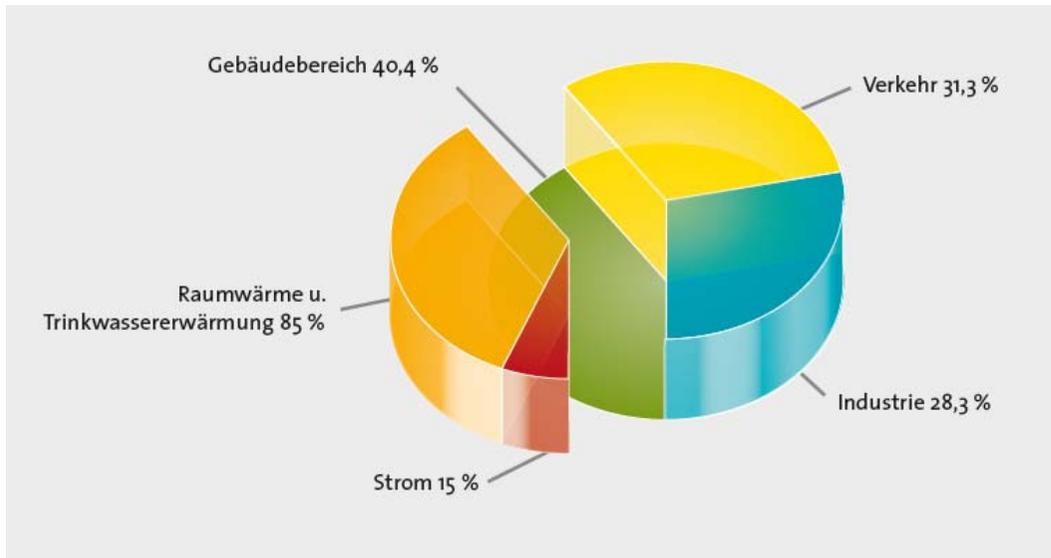
- Systemtests unter Anwendungsbedingungen
- (Unterstützung der) Zertifizierung

## Weiterbildung für Planer

- In Vorbereitung für Juni/Okt 2014

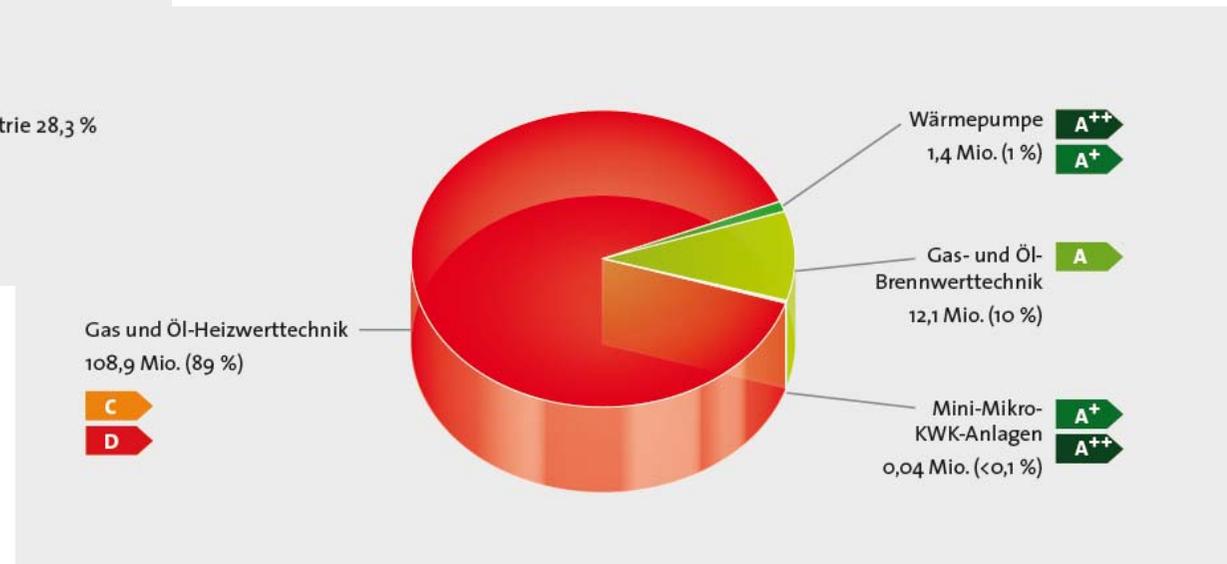


- **Verbrauch: 40 % des gesamten Endenergiebedarfs**
- Davon 85 % für Raumwärme & Trinkwasser
- Einsparpotential 20 % (Modernisierung von Anlagen & Gebäude)
- 122,4 Mio. Wärmeerzeuger; **davon 89 % nicht effizient**



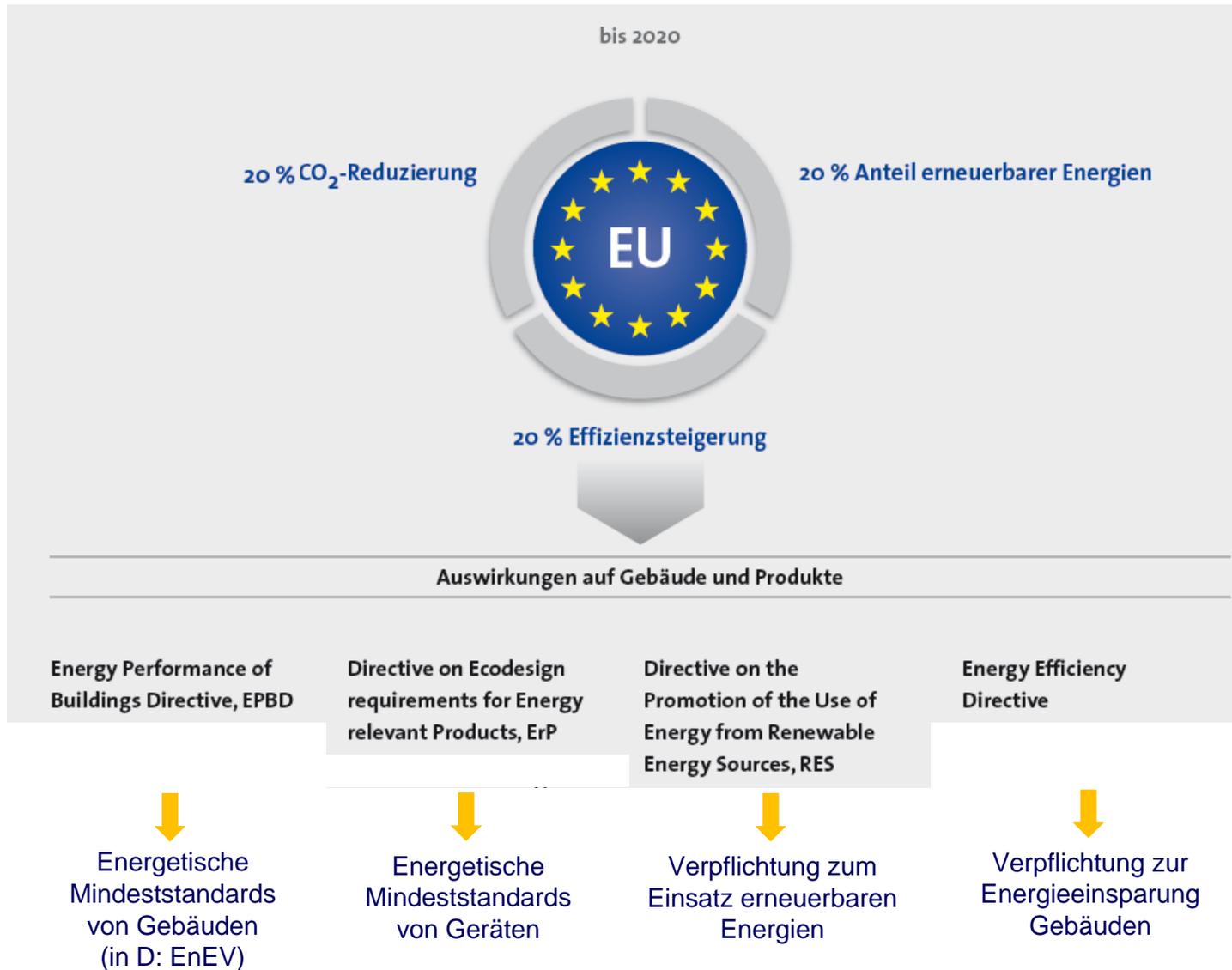
Endenergieverbrauch nach Sektoren in 2013

Anlagenbestand, ca. 122,4 Mio. (Stand: 2013)

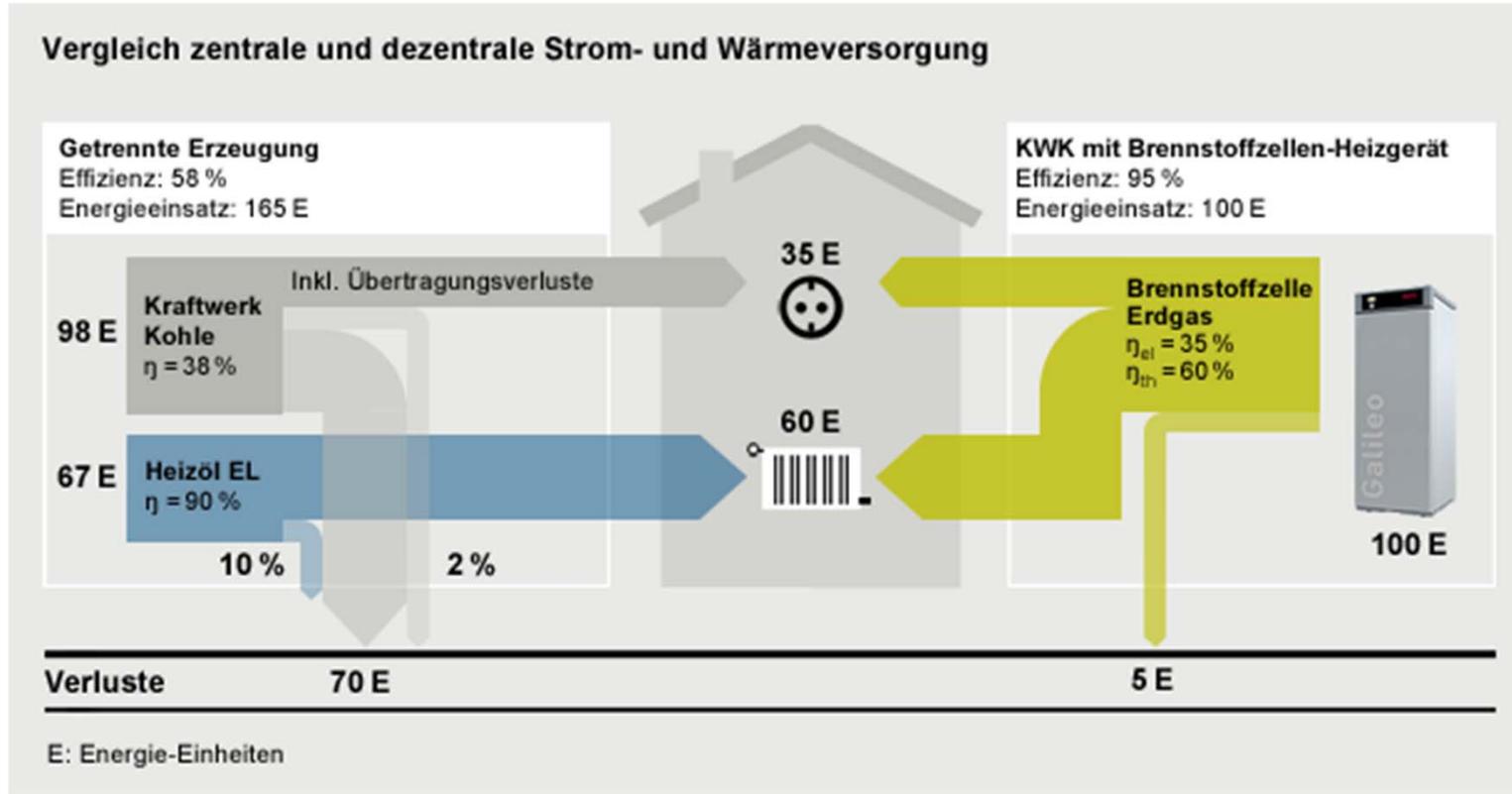


Quelle: BDH 2013

# Ziele der EU-Richtlinien für die Gebäudeenergieversorgung bis 2020



Quelle: BDH 2013



## Begriffe:

- Stromerzeugende Heizung
- Brennstoffzellenheizgerät (BZHG)

- Zeitgleiche Bereitstellung von Strom (Kraft) und Wärme
- Keine Übertragungsverluste
- CO<sub>2</sub>-Einsparung 30-50 %
- Primärenergie-Einsparung 30-40 %

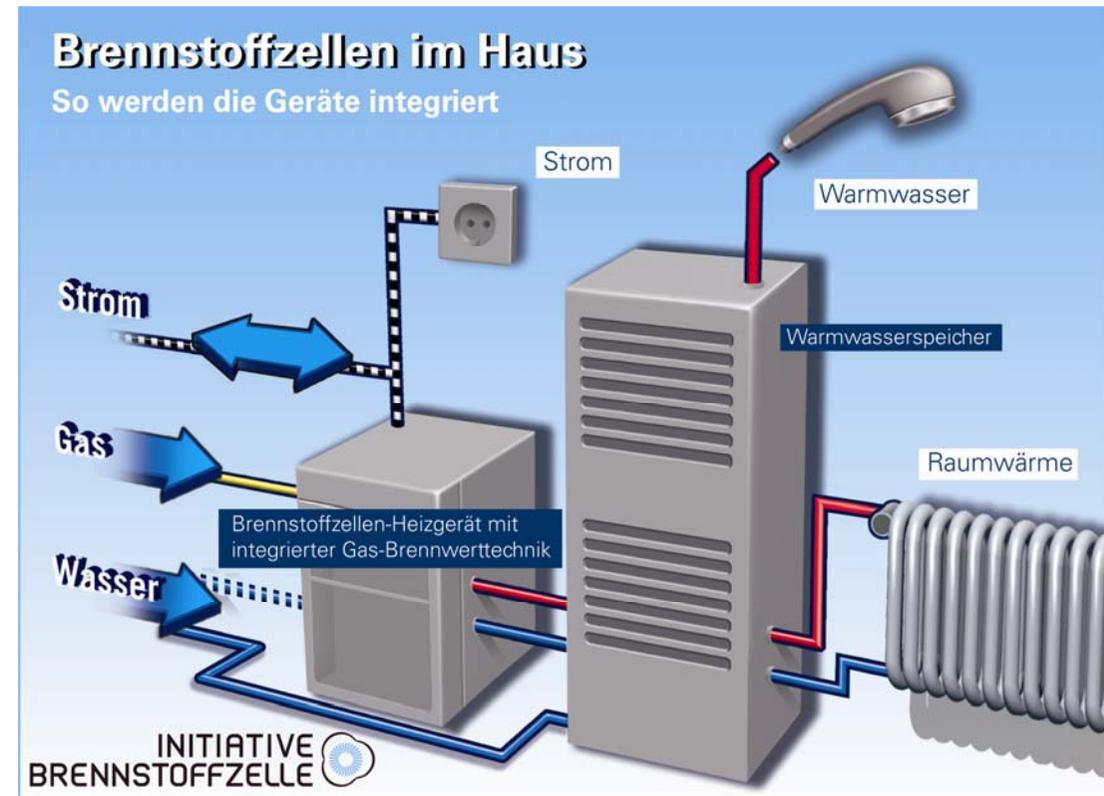
Quellen: Hexis 2013

## Technische Eigenschaften

- Hoher Energienutzungsgrad
- Hohe elektrische Effizienz / Stromkennzahl (in Voll- und Teillast)
- Geringe Emissionen und Geräusche
- Verfügbar in kleinen Leistungsgrößen
- Wärme- oder stromgeführter Betrieb\*

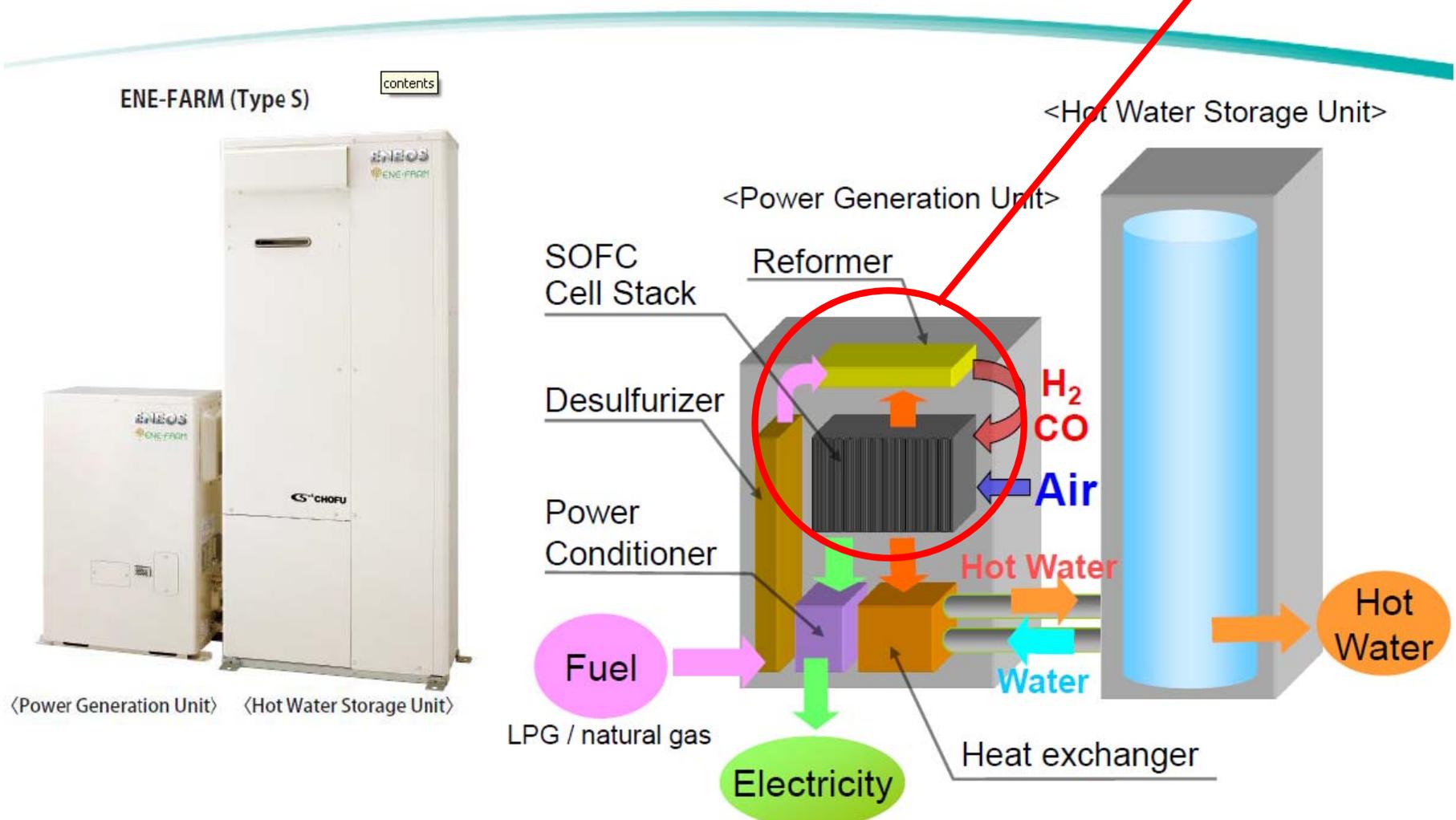
(\* möglicher Einsatz als virtuelles Kraftwerk zur Kompensation fluktuierender erneuerbarer Energien)

⇒ **Effiziente und flexible Energiewandlung**

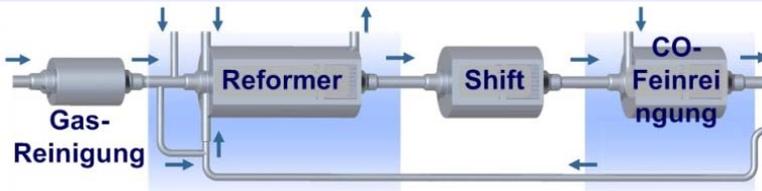
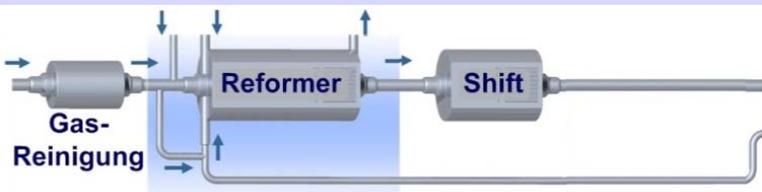
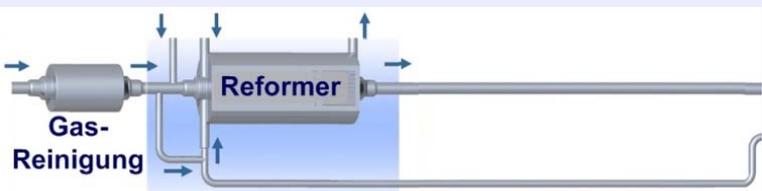


Quelle: IBZ 2013

Subsystem:  
Reformer und Brennstoffzelle



Quelle: JX Nippon Oil and Energy, 2012

| Reformer<br>(Erdgas => Reformatgas)   | Brennstoffzelle<br>(Reformatgas => Strom & Wärme) |   |                     |   |
|---|---|---|---------------------|---|
| Katalytischer, mehrstufiger Prozess<br>Komplexität abhängig von Brennstoffzelle     | Typ   | Reformatgas-<br>Qualität                      | El.<br>Wirkungsgrad | Betriebs-<br>bedingungen                        |
|    | NT-PEM  | H <sub>2</sub> ,<br>CO < 50 ppm               | bis 40 %            | Kurze Startzeit,<br>hohe<br>Zyklusstabilität    |
|   | HT-PEM  | H <sub>2</sub> ,<br>CO < 1 %                  | bis 45 %            | Mittlere Startzeit,<br>hohe<br>Zyklusstabilität |
|  | SOFC  | H <sub>2</sub> ,<br>CO,<br>(CH <sub>4</sub> ) | bis 60 %            | Lange Startzeit,<br>geringe<br>Zyklusstabilität |

# Brennstoffzellen-mKWK-Geräte vor der Markteinführung in Deutschland



| Hersteller                                       | Baxi Innotech   | Buderus  | Ceramic Fuel Cells  | Elcore   | Hexis                                    | Junkers                                       | Vaillant  | Viessmann  |
|--|---|--|---|--|--|---|---|--|
| Typ  | NT-PEM  | SOFC   | SOFC  | HT-PEM   | SOFC                                     | SOFC  | SOFC  | NT-PEM   |
| Leistung (el/th)                                 | 1,0/1,87 kW   | 0,7/0,7 kW   | 1,5/0,61 kW   | 0,3/0,6 kW   | 1,0/1,8 kW                               | 0,7/0,7 kW                                    | 1,0/1,4 kW  | 0,75/1 kW  |
| Thermische Leistung des Zusatzbrenners           | 3,5-20 kW   | 14 bzw. 24 kW  | extern, individuell wählbar   | extern, individuell wählbar  | 7-21 kW                                  | 13,3 bzw. 23 kW                               | 5,8-27 kW   | 5,5-19 kW  |
| Speicher   | extern, individuell wählbar   | Warmwasserspeicher 75 l, Pufferspeicher 150 l  | extern, individuell wählbar   | extern, individuell wählbar  | extern, individuell wählbar              | Warmwasserspeicher 75 l, Pufferspeicher 150 l | extern, individuell wählbar                           | Warmwasserspeicher 46 l, Pufferspeicher 170 l                |
| Elektrischer Wirkungsgrad                        | 34 %  | 45 %   | bis zu 60 %   | 33 %   | 30-35 %                                  | 45 %  | 38 %  | 37 %   |
| Gesamtwirkungsgrad                               | 96 %  | 90 %   | bis zu 85 %   | 98 %   | 95 %                                     | 90 %  | 90 %  | 90 %   |
| Abmessungen in mm                                | 600 x 600 x 1515  | 600 x 1200 x 1800  | 660 x 600 x 1100  | 500 x 500 x 900  | 580 x 620 x 1650                         | 600 x 1200 x 1800                             | 600 x 625 x 986                                       | 1085 x 600 x 1998  |
| Gewicht in kg                                    | ca. 200   | 280 (SOFC-Modul 115)<br>(Gas-Brennwertmodul 45)<br>(Pufferspeicher 80)<br>(Trinkwasserspeicher 40) | ca. 200   | 85   | 210                                      | 220   | 160   | 290 (Brennstoffzellenmodul 125)<br>(Spitzenlastmodul 165)    |
| Feldtests, Kooperationen, Demonstrationsprojekte | Callux (DE), ene.field (EU), eigene Feldtests mit Energieversorgern | ene.field (EU)   | verschiedene Kunden z.B. aus der Energiewirtschaft, Kooperation mit Gas- und Wärme-Institut Essen (InnovationCity Ruhr) und Gasversorgern | ene.field (EU), verschiedene Partner aus der Energiewirtschaft und dem Hausbau | Callux (DE), Pharos (CH), ene.field (EU) | ene.field (EU)                                | Feldtest in Callux (DE), Kleinserie in ene.field (EU) | Januar 2013 Pretest; Juli 2013 bis März 2014 großer Feldtest |
| Markteinführung                                  | 2015  | 2016   | 2012  | 2014   | Ende 2013                                | 2016  | 2016/2017   | April 2014   |

## Staatl. Markteinführungsprogramm “Ene-Farm”

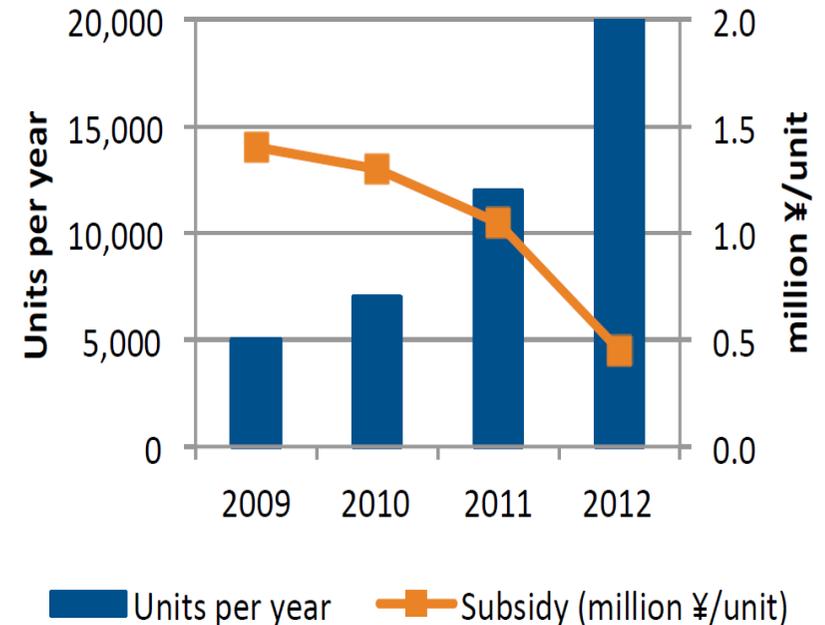
- Kommerzialisierung 2009-2015
- 2009 erstes kommerziell erhältliches BZHG
- Preis (aktuell): 15.600 - 21.500 €
- Förderung: degressiv (2013: 3.500 €)
- Stückzahlen (aktuell): **75.000**
- 10 Jahre Garantie

### ⇒ Ziel 2015

- 300.000 BZHG installiert
- Preis < 8.000 €
- Massenproduktion
- Lebensdauer 100.000 Std.
- Marktwachstum ohne staatl. Förderung

### ⇒ Mittelfristige Perspektive

- Eintritt in internationale Märkte (Europa, ...)



Source: Fuel Cell Today, 2013

## Projekt “Callux” (Deutsches Demonstrationsprogramm)

- Förderung durch Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS)
- Begleitet durch die Nationale Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW)
- Zeitraum: 2008 - 2015

### ⇒ 560 BZHG installiert

- Technik-Demonstration
- Vorbereitung Markteinführung
- Entwicklung der Lieferantenkette
- Unterstützung bei der Aus- und Weiterbildung der Marktpartner
- Aufnahme der Anforderungen der Endkunden



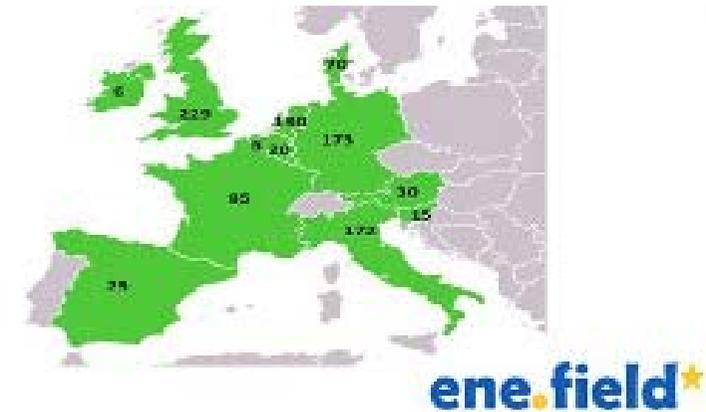
Source: [www.callux.net](http://www.callux.net)

## Projekt “ene.field” (Europäisches Demonstrationsprogramm)

- Organisation durch EU Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking
- Start: 1. September 2012

### ⇒ 1000 BZHG in 12 Ländern

- Demonstration des Marktpotentials sowie der ökonomischen und ökologischen Vorteile der BZHG
- Marktfokussierte Produktspezifikationen
- Harmonisierte Normen und Richtlinien
- Weiterentwicklung der Lieferketten
- Ermittlung der Kosten und der Einsparpotentiale, die zur Beschleunigung der politischen Unterstützung von Regierungen und der Marktakzeptanz verwendet werden kann



Source: Platinum Today, Johnson Matthey

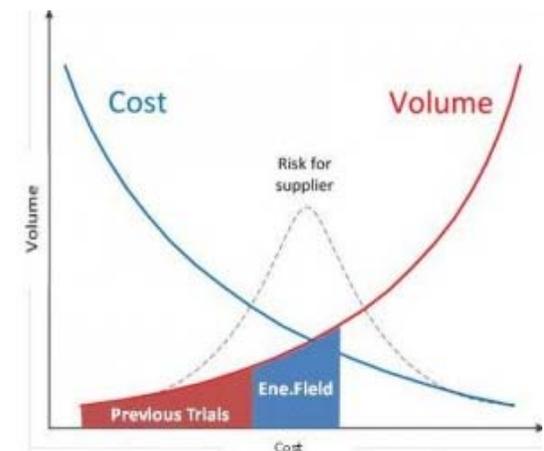
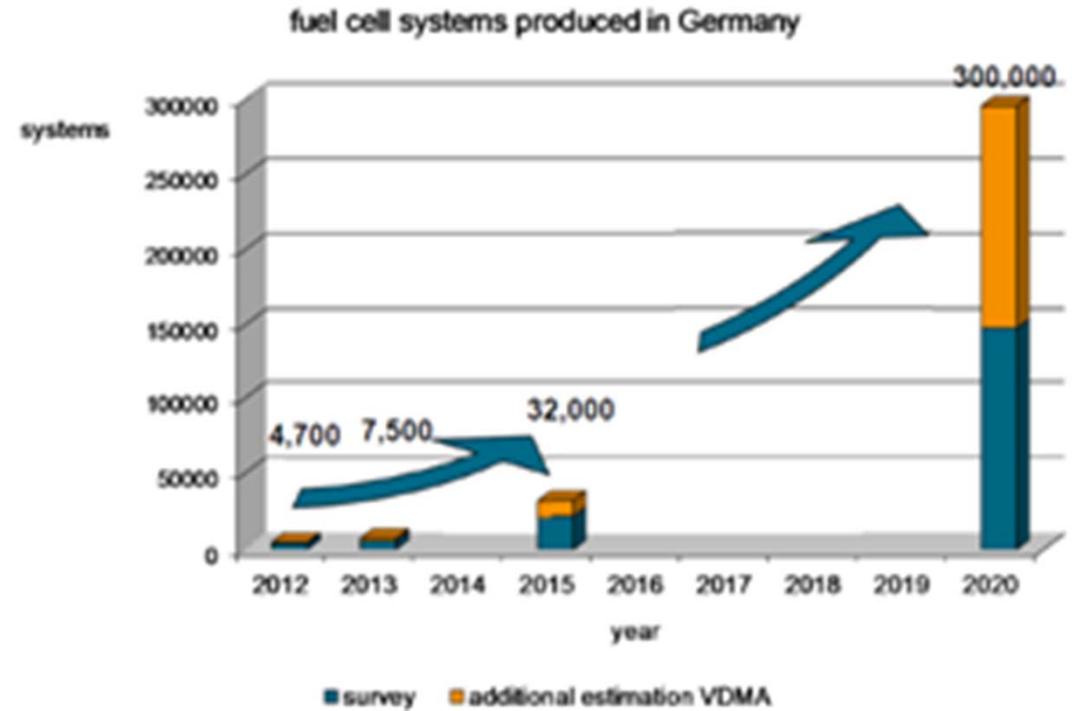


Figure - Cost, volume and risk

Source: www.enefield.eu



| Ausbaupfad 2020  | BZ-Standard-Geräte     |        |                      |        | BZ-Grundlast- und |        |
|------------------|------------------------|--------|----------------------|--------|-------------------|--------|
|                  | bis 1 kW <sub>el</sub> |        | 1-5 kW <sub>el</sub> |        | Beistellgeräte    |        |
|                  | Heimischer Markt       | Export | Heimischer Markt     | Export | Heimischer Markt  | Export |
| Basisszenario    | 25.000                 | 10.000 | 1.000                | 300    | 18.000            | 10.000 |
| Szenario Dynamik | 75.000                 | 75.000 | 7.500                | 7.500  | 75.000            | 75.000 |

Quellen: ifeu 2012, VDMA 2013

**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

**Kontakt**

**Dr.-Ing. Christian Spitta**

(Stellv. Leiter Abteilung Gasprozesstechnik, [c.spitta@zbt-duisburg.de](mailto:c.spitta@zbt-duisburg.de) / +49 (0)203/7598-4277)

