



# Der Endverbraucher als Stromlieferant – Blockheizkraftwerke als virtuelles Kraftwerk

Gunnar Kaestle, Institut für Elektrische Energietechnik

8. März 2008 in Hünstetten



## Gliederung

1. Mikro-Kraft-Wärme-Kopplung
2. Betriebsarten
3. Ökologie
4. Virtuelle Kraftwerke
5. Ausblick

## Was ist Mikro-KWK?

- Kleines KWK-Aggregat, das ein Gebäude mit Wärme und Strom versorgt
- Kein Fern- oder Nahwärmenetz nötig

## Technologien:

- Verbrennungsmotor (Mini-BHKW)
- Stirling-Motor
- Dampfmotor
- Mikro-Turbine
- Brennstoffzelle

## Beispiele für $\mu$ KWK (I)

### Mini-BHKW (Erdgasmotoren)

Honda Ecowill:

$$1 \text{ kW}_{\text{el}} + 3,25 \text{ kW}_{\text{th}}$$

Ecopower:

$$1,3\text{-}4,7 \text{ kW}_{\text{el}} + 4\text{-}12,5 \text{ kW}_{\text{th}}$$

Senertec Dachs:

$$5,5 \text{ kW}_{\text{el}} + 12,5 \text{ kW}_{\text{th}}$$



## Beispiele für $\mu$ KWK (II)

**Stirling-Motoren**  
(Erdgas oder Holz)

**Wispergen:**

$1 \text{ kW}_{\text{el}} + 7-14 \text{ kW}_{\text{th}}$

**sunmachine (Holzpellets):**

$1,5-3 \text{ kW}_{\text{el}} + 4,5-10,5 \text{ kW}_{\text{th}}$

**Stirling Systems (Solo):**

$2-9 \text{ kW}_{\text{el}} + 8-26 \text{ kW}_{\text{th}}$



## Beispiele für $\mu$ KWK (III)

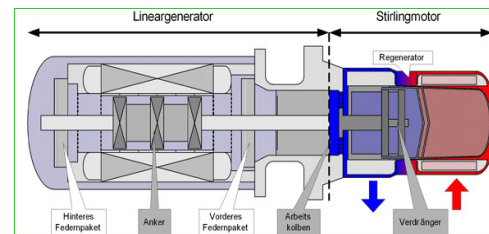
weitere  
Stirlingentwicklungen:  
SEM, SPM, Microgen, enatec



## Dampfmaschinen (Erdgas oder Holz)

Otag lion:

$0,2 - 2,2 \text{ kW}_{el} + 2,5 - 16 \text{ kW}_{th}$



## Enginion steamcell (Insolvenz Nov 2005)

## Beispiele für $\mu$ KWK (IV)

### Brennstoffzellen (PEM oder SOFC)

Hexis:

$$1 \text{ kW}_{\text{el}} + 2,5 \text{ kW}_{\text{th}}$$

Baxi innotech (efc):

$$1,5 \text{ kW}_{\text{el}} + 3 \text{ kW}_{\text{th}}$$

Vaillant:

$$1-4,6 \text{ kW}_{\text{el}} + 1,5-7 \text{ kW}_{\text{th}}$$



## KWK-Betriebsarten

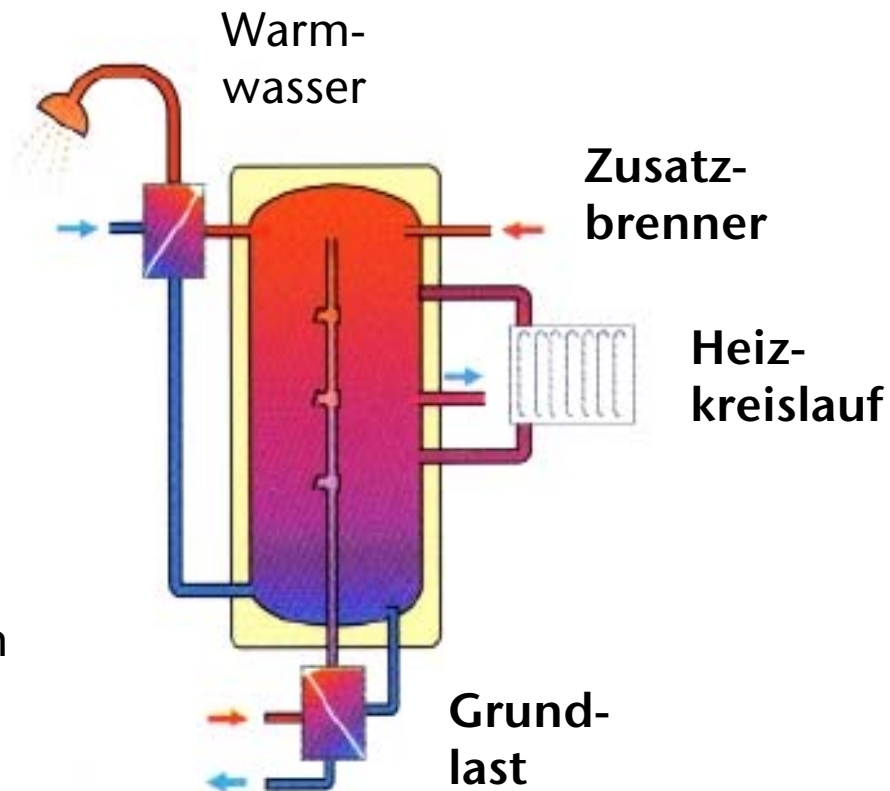
- **Wärmeführung**  $P_{\text{KWK}} = s H'_{\text{LAST}}$   
KWK-Anlage folgt mit der Wärmeerzeugung dem lokalen Wärmebedarf
- **Stromführung**  $P_{\text{KWK}} = P_{\text{LAST}}$   
KWK-Anlage folgt mit der Stromerzeugung dem lokalen Strombedarf (meist wärme gedeckelt)
- **Netzführung**  $P_{\text{KWK}} = f(\Sigma P_{\text{LAST}})$   
KWK-Anlage folgt mit der Stromerzeugung dem regionalen Strombedarf (meist wärme gedeckelt)



## Wärmespeicher

als Schalter

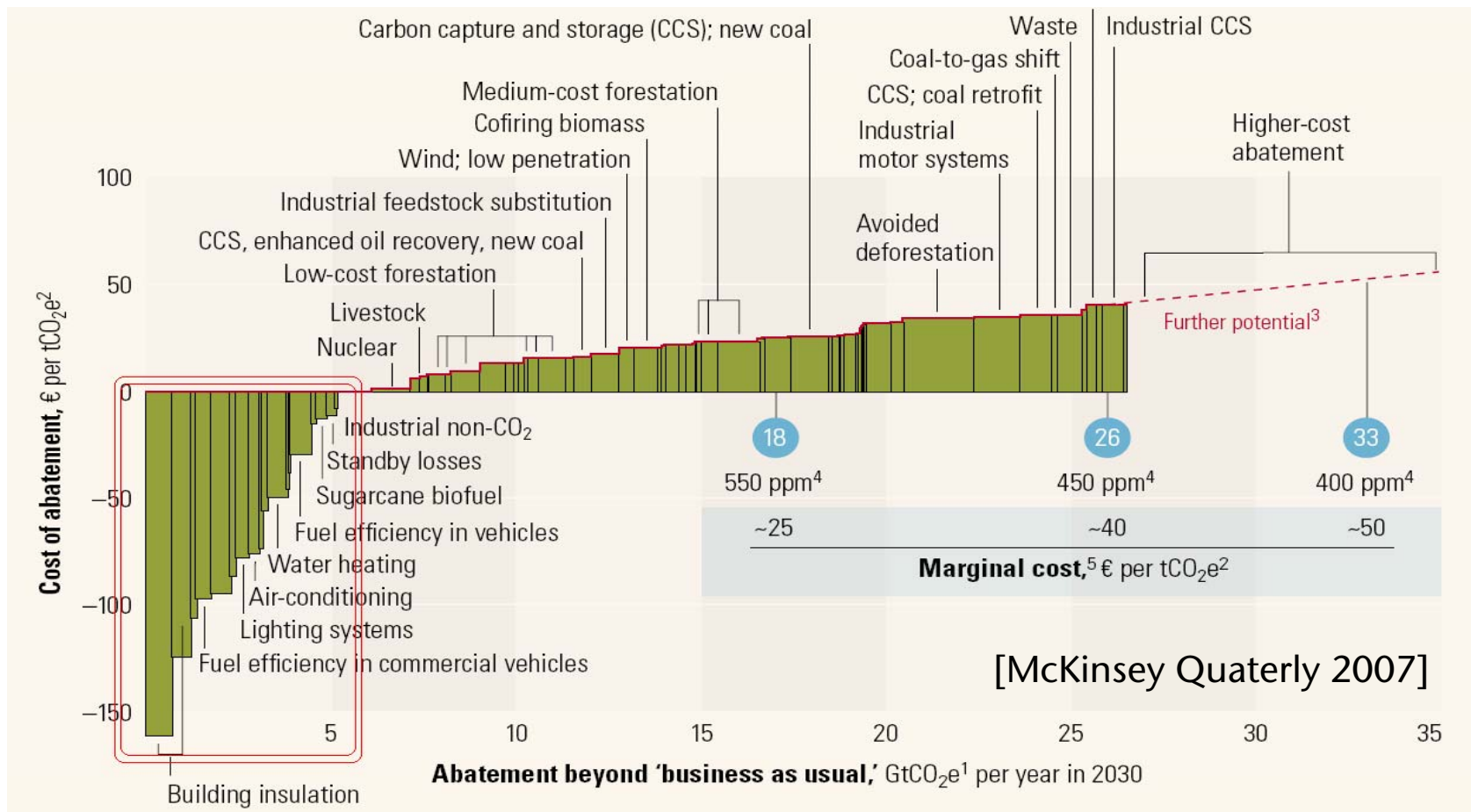
- Speicher wird voll:  
BHKW aus
- Speicher wird leer:  
BHKW an
- Speicher ist ganz leer:  
BHKW + Zusatzbrenner an



## Ökologie

- $\mu$ KWK - Heiztechnik der Zukunft
- Einsparpotential von 20-30% Primärenergie und CO<sub>2</sub> im Gebäudebestand
- Kein Wärmenetz notwendig
- Netzführung vermeidet in Szenarien mit hoher PV-Einspeisung eine Überlastung des Niederspannungsnetzes
- Mehrwert des aktiven Netzbetriebs (VKW) als zusätzlicher Anreiz für die Errichtung dezentraler Anlagen

# Kostenkurve der CO<sub>2</sub>-Minderung



## Verbesserung der Gebäudeenergieeffizienz

1. Verringerung der Lüftungsverluste
2. Modernisierung des Heizungssystems
  - Brennwerttechnik  $f_{PE, \text{Wärmevers.}} = 1,1$
  - Fernwärme  $f_{PE, \text{Wärmevers.}} = 0,7$
  - Stromerzeugende Heizung  $f_{PE, \text{Wärmevers.}} = 0,5$
3. Dämmung der Gebäudehülle
4. Einbau einer Wärmeschutzverglasung
5. Aktive Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung  
(geordnet nach absteigender Rendite)

## virtuelles Kraftwerk – gibt es das wirklich?

reale Kraft = Strom, aber virtuelles Werk mit vielen verteilten Standorten

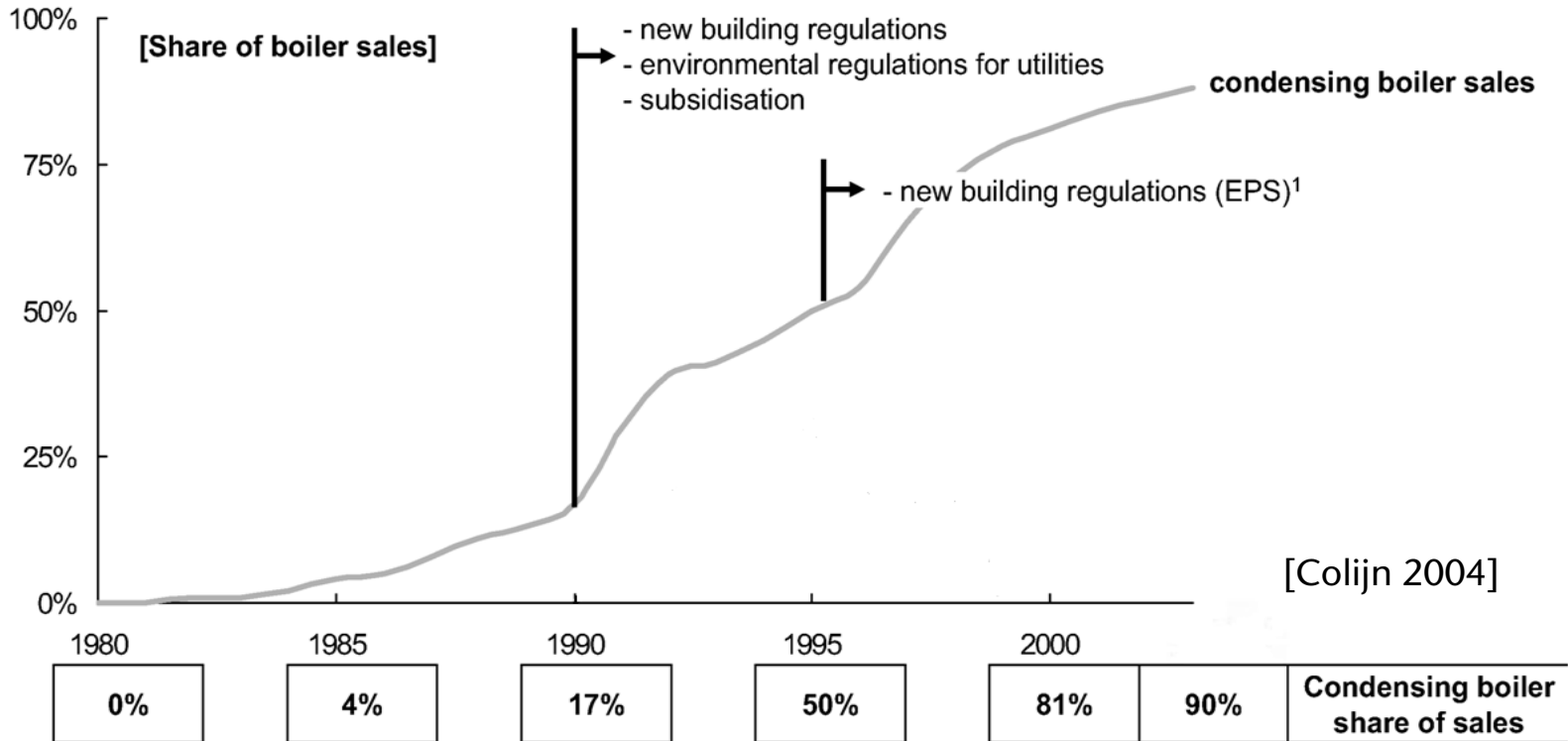
- dezentrale Energieanlagen + zentrale Ansteuerung  
(VKW Unna, VKW RLP)
- auch Konzepte mit einem Peer-to-Peer Ansatz ohne Zentrale und gleichberechtigten Marktteilnehmern  
(CRISP, CRUTIAL, SESAM)
- Stabilisierung von Inselnetzen (MicroGrids) durch Wechselrichter mit Auswertung von Netzgrößen ohne übergeordnete Leittechnik  
(selfsync, VISMA, Tecogen)

## Mehrwert der dezentralen Einspeiser im aktiven Netzbetrieb

- Zusätzliche Einnahmen neben der Erzeugung von Strom und Wärme durch Erbringen von Systemdienstleistungen
- Kommunikation zur Koordination des DEA-Clusters über Netzgrößen ist im Verteilnetz möglich
- Geschäftsmodell zur Zufriedenstellung aller Akteure schwierig: Stromhandel, KWK-Betreiber, Anlagenhersteller, Netzbetrieb, Ausrüster für Netztechnik
- Einspeisende Anlagen überwachen zu Schutzzwecken Netzparameter per ENS => Grenzkosten nahe Null, da kein apparativer Zusatzaufwand

## Wohin geht die Reise?

### Condensing boiler uptake in the Netherlands



<sup>1</sup> Energie prestatie standaard

Source: ECN, EnergieNed, Roland Berger analysis

## Wie groß ist das Tortenstück?

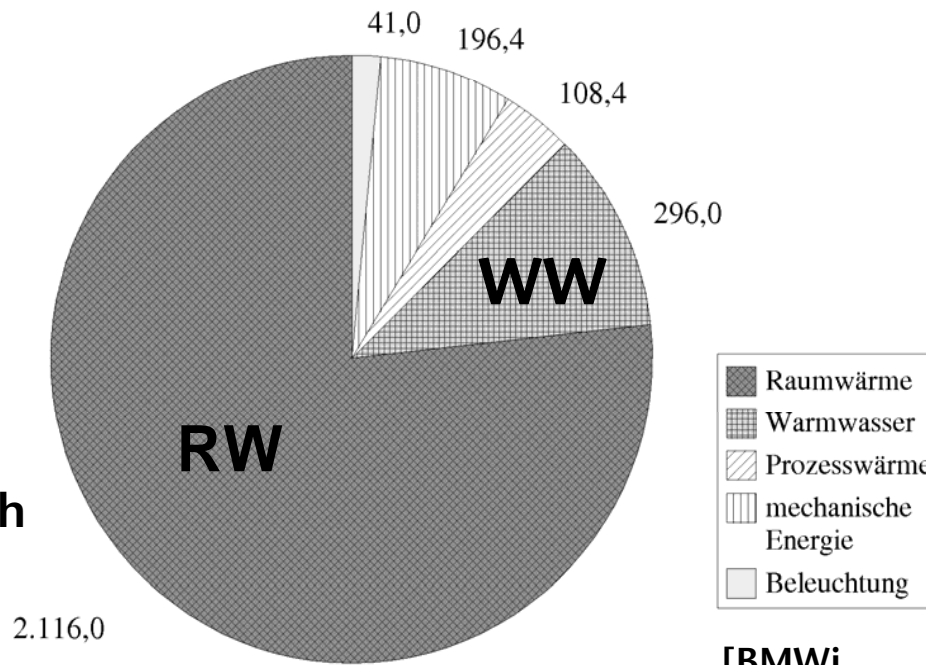
Haushaltsenergieverbrauch  
nach Anwendungsbereichen  
(Deutschland, 2002) in PJ

Raumwärme +  
Warmwasser

2400 PJ · 15%

= 100 TWh

~ 20 GW @ 5.000Bh



[BMWi  
2005]





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

[kaestle@iee.tu-clausthal.de](mailto:kaestle@iee.tu-clausthal.de)

Tel. +49 5323 997724