

zukunft haus Kongress 2007, Berlin, 25./26.10.07

Wolfgang Schulz:  
**Kraft-Wärme-Kopplung:  
technische und wirtschaftliche  
Potenziale**

# Bremer Energie Institut

- beschäftigt sich seit langem mit KWK-Konzepten und einer Beurteilung von KWK-Systemen
- war in viele nationale KWK-Untersuchungen einbezogen
- ist ein kleines halbstaatliches Institut, das über einen breiten Erfahrungshintergrund verfügt
- beschäftigt sich mit vielen Energiethemen, wie Energieeinsparprogrammen, Regulierung der Energiemärkte, Aspekten der Anwendung erneuerbarer Energien usw.

# Gliederung

1. Grundprinzip der Kraft-Wärme-Kopplung
2. Technisches KWK-Potenzial
3. Wirtschaftliches KWK-Potenzial
4. Vorgehensweise und Ergebnisse einer nationalen KWK-Potenzialstudie
5. Hemmnisse
6. Maßnahmen zur Überwindung der Hemmnisse

# Grundprinzip der Kraft-Wärme-Kopplung

→ Nutzung der bei der auf Verbrennungsprozessen basierenden Stromerzeugung anfallenden Abwärme

- Erzeugte Wärme wird entweder mit Hilfe von kleinen oder großen Fernwärmesystemen verteilt oder
- am Ort der Erzeugung genutzt

# Grundprinzip der Kraft-Wärme-Kopplung

KWK-Technik ist inzwischen für alle Größenklassen und Einsatzfälle verfügbar:

- Motor-BHKW ab  $1 \text{ kW}_{\text{el}} / 3,3 \text{ kW}_{\text{th}}$  bis  $>5 \text{ MW}_{\text{el}}$
- Gasturbinen-KWK-Anlagen ab  $28 \text{ kW}_{\text{el}}$
- Dampfturbinenanlagen
- GuD-Anlagen (Kombination aus Gas- und Dampfturbine)
- Weiterer Ausblick:
  - Stirling-Motor
  - Brennstoffzellen
  - Dampfkraft

# Grundprinzip der Kraft-Wärme-Kopplung

Anwendungsbereiche:

- Beheizung von Wohngebäuden (insbesondere Mehrfamilienhäuser) und Bürohäusern
- Prozesswärme für Industrie- und Gewerbebetriebe
- Wärmeversorgung öffentlicher Einrichtungen
- Fernwärmesysteme (→ flächendeckende Versorgung auf der Basis von KWK)

je nach eingesetzter Technik für alle üblichen Brennstoffe (Erdgas, Kohle, Heizöl, erneuerbare Energiequellen, Abfälle etc.) geeignet

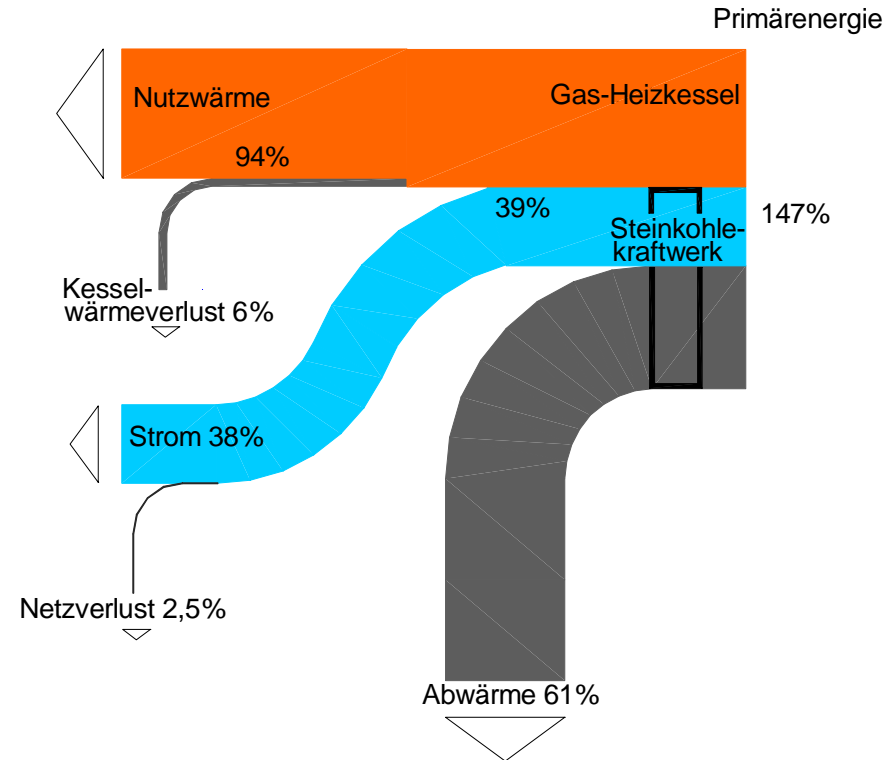
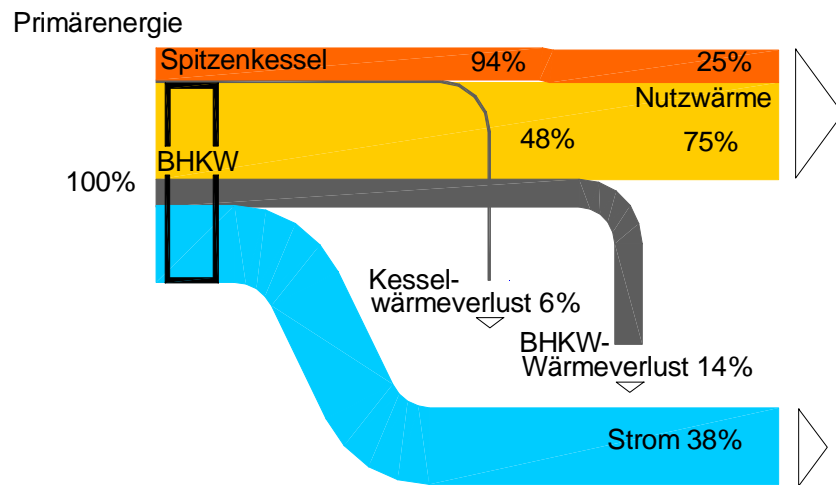
# Grundprinzip der Kraft-Wärme-Kopplung

**Die Energieeffizienz von KWK-Anlagen** gegenüber getrennter Strom- und Wärmeerzeugung hängt ab von

- der Anlagenleistung
- dem eingesetzten Brennstoff
- der KWK-Technik
- dem zum Vergleich herangezogenen Kraftwerk
  - neu oder bestandsdurchschnittlich,
  - gleicher oder ungleicher Lastbereich (z.B. Mittellast)
  - gleicher oder unterschiedlicher Brennstoff
- dem zum Vergleich herangezogenen Heizkessel
- dem Erzeugungsanteil des Spitzenkessels

# Grundprinzip der Kraft-Wärme-Kopplung

## Beispiel: Energieeffizienz eines 500 kW-Motor-BHKW



**Motor-BHKW  
+ Spitzenkessel  
100% Primärenergieeinsatz**

**Kraftwerk (bestandsdurchschn.)  
+ Heizkessel  
147% Primärenergie**

# Technisches KWK-Potenzial

**Praktisch für alle Leistungsbereiche steht eine ausgereifte KWK-Technik zur Verfügung**

**→ Sämtlicher Wärmebedarf (< ca. 500°C) ließe sich technisch gesehen mithilfe von KWK abdecken!**

# Wirtschaftliches KWK-Potenzial

**Komplexe Fragestellung aufgrund**

- **der technischen Vielfalt der KWK und**
- **der im Einzelfall recht unterschiedlichen Randbedingungen**

→ Es sind für eine entsprechende Vielfalt typischer Situationen wirtschaftliche Vergleiche zwischen KWK und getrennter Erzeugung anzustellen und auf Basis der gewonnenen Ergebnisse für das gesamte Betrachtungsgebiet hochzurechnen

# Wirtschaftliches KWK-Potenzial

für Deutschland erarbeitete Grundlage

Forschungsprojekt:

## **Analyse des nationalen Potenzials für den Einsatz hocheffizienter KWK**

(Abschlussbericht Dezember 2005)

**Bearbeiter:**

Bremer Energie Institut (BEI) und  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

**Auftraggeber:** Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit

**Hrsg. Abschl.-Bericht:** Energie und Management  
Verlagsgesellschaft

# Wirtschaftliches KWK-Potenzial

- ♦ In Artikel 6 der **EU-Richtlinie 2004/8/EG** über die *Förderung einer am Nutzwärmebedarf orientierten Kraft-Wärme-Kopplung im Energiebinnenmarkt* ist die Erstellung einer nationalen Potenzialstudie zum Einsatz *hocheffizienter KWK* gefordert
- ♦ Als hocheffiziente KWK gilt eine Technik, wenn
  - eine Primärenergieeinsparung von 10 % gegenüber der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung erzielt wird,
  - bei Anlagen bis 1 MW<sub>el</sub> Primärenergieeinsparungen erbracht werden.

# Vorgehensweise in der Potenzialstudie

- ♦ Getrennte Untersuchung von **5 Teilpotenzialen**:

Bearbeiter:

**Fernwärmeversorgung  
für Wohngebäude und den GHD-Sektor**

BEI

**Nicht leitungsgebundene Kleinst-KWK  
in Wohngebäuden**

BEI

**Nicht leitungsgebundene Objektversorgung  
in Nichtwohngebäuden**

DLR

**Industrielle KWK**

DLR

**Biomasse-KWK**

DLR

# Vorgehensweise in der Potenzialstudie

## Beispiel: Teilpotenzial Fernwärme-KWK

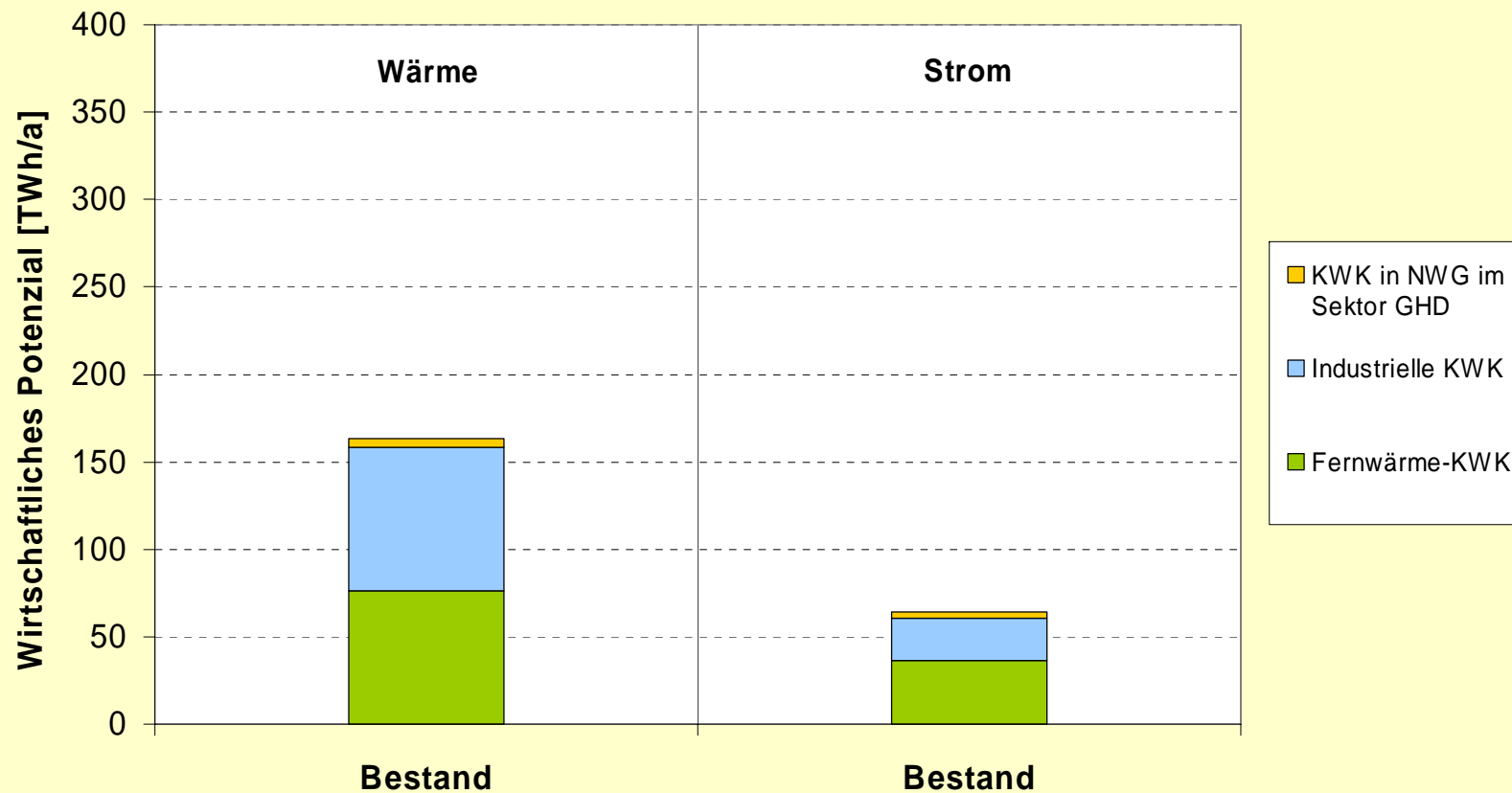
- ▶ Schritt 1: Einschätzung der Entwicklung des grundsätzlich für Fernwärme geeigneten Wärmebedarfs
- ▶ Schritt 2: Ermittlung der wirtschaftlichen FW-Ausbaupotenziale:

Fernwärmeerzeugungskosten (KWK-Anl. + Spitzenkessel)  
+ Fernwärmeverteilungskosten (inkl. Hausstationen)  
= Gesamtkosten  
dürfen max. so groß wie der anlegbare Fernwärmepreis sein

# Eingeflossene Rahmenbedingungen

- ◆ Betrachtung dreier Energiepreisszenarien
- ◆ Abstufung der Brennstoffpreise in Abhängigkeit von der Entnahmeebene
- ◆ Amortisation innerhalb der technischen Lebensdauer
- ◆ Zinssatz
  - ▶ volkswirtschaftlich: 5 % real
  - ▶ betriebswirtschaftlich: 8 % real

# Wirtschaftliches KWK-Potenzial in Deutschland



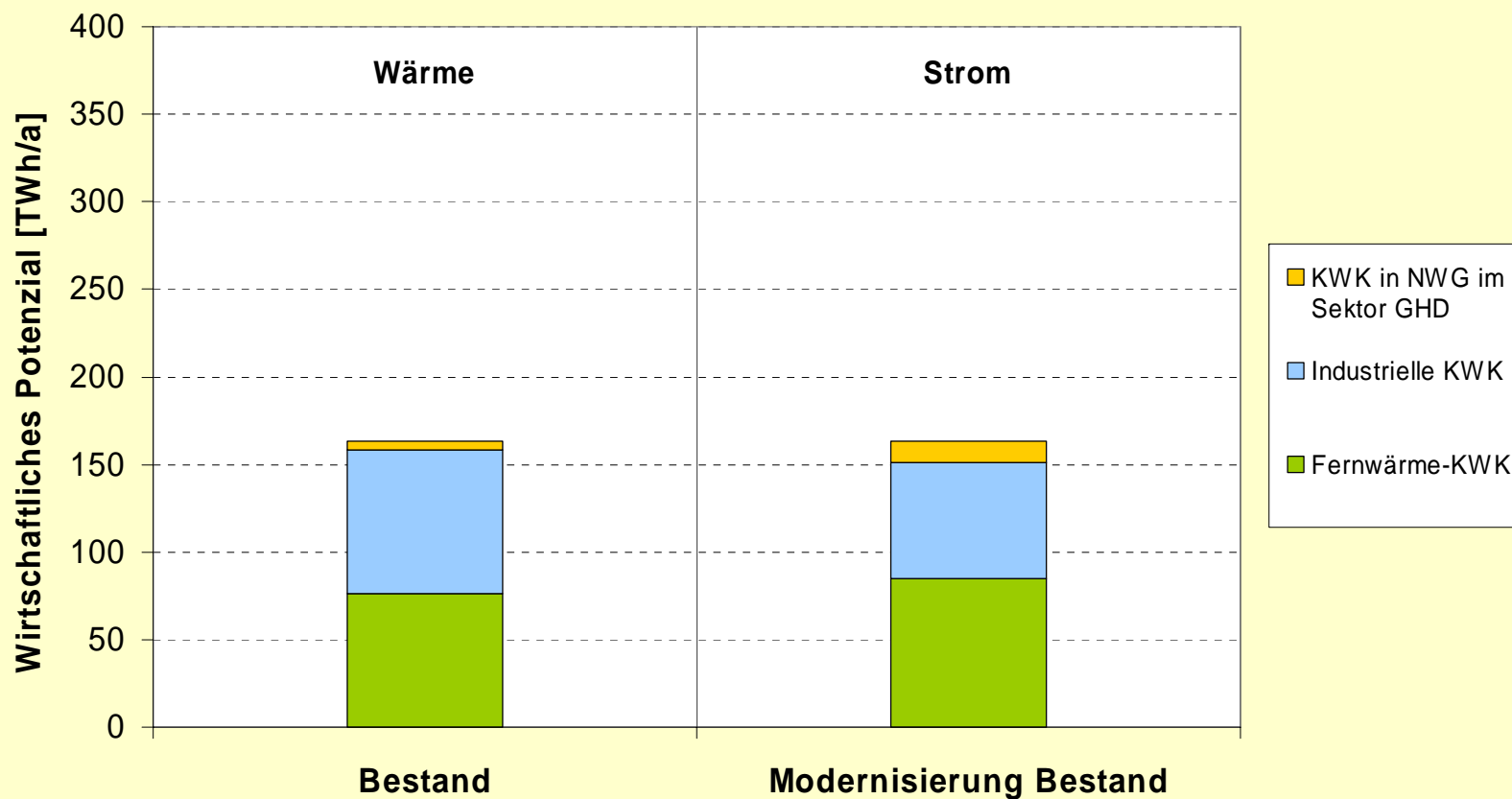
Hinweise:

Die reale Strommenge für den Fernwärmebestand 2003 beruht auf einer mittleren Stromkennzahl von 0,478.

Die Potenzial-Strommenge für den Fernwärmebestand ist mit der Stromkennzahl für das Ausbaupotenzial berechnet.

Die Bestandsanteile im Sektor GHD sind geschätzt.

# Wirtschaftliches KWK-Potenzial in Deutschland



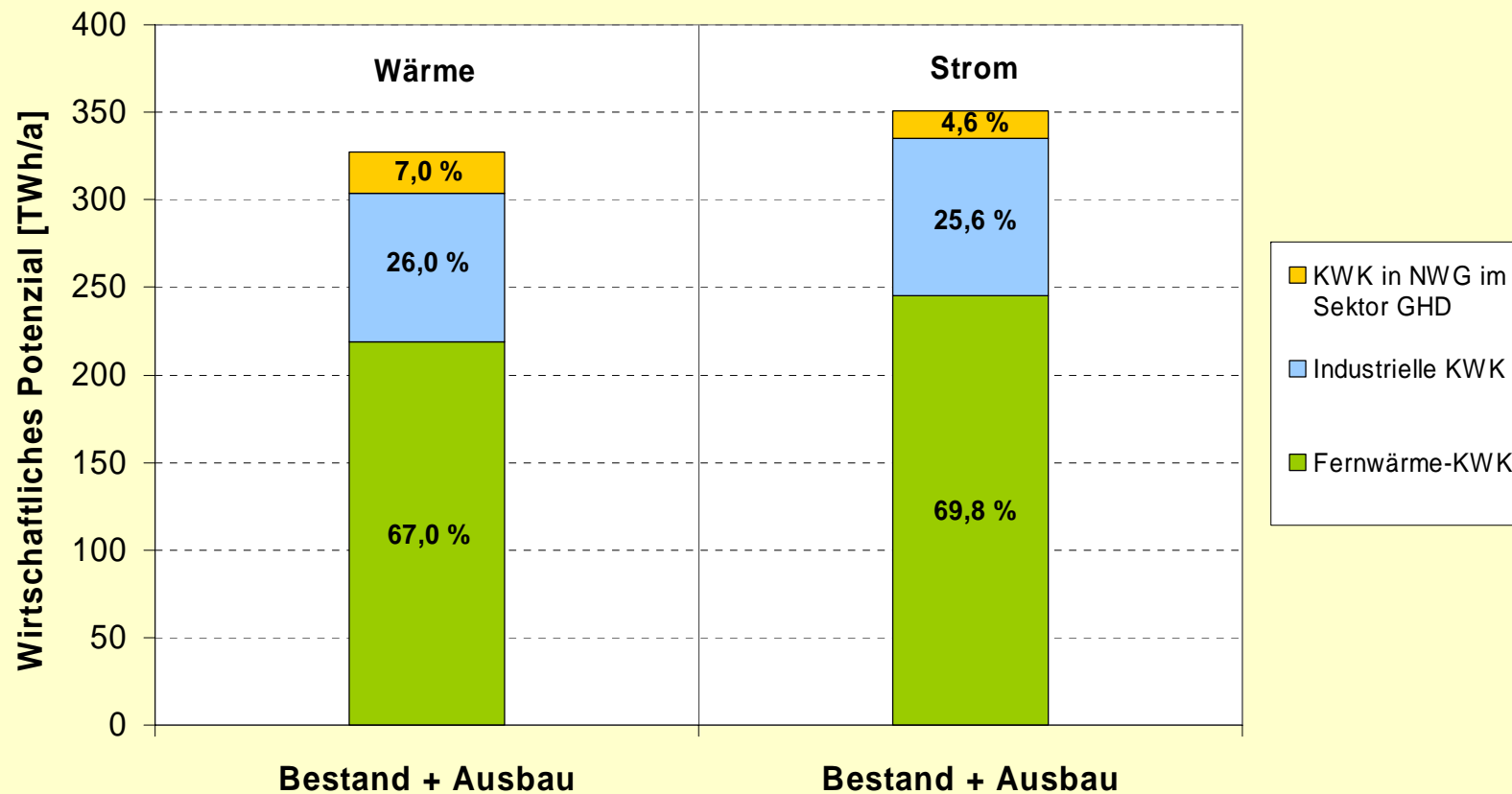
Hinweise:

Die reale Strommenge für den Fernwärmebestand 2003 beruht auf einer mittleren Stromkennzahl von 0,478.

Die Potenzial-Strommenge für den Fernwärmebestand ist mit der Stromkennzahl für das Ausbaupotenzial berechnet.

Die Bestandsanteile im Sektor GHD sind geschätzt.

# Wirtschaftliches KWK-Potenzial in Deutschland



Hinweise:

Die reale Strommenge für den Fernwärmebestand 2003 beruht auf einer mittleren Stromkennzahl von 0,478.

Die Potenzial-Strommenge für den Fernwärmebestand ist mit der Stromkennzahl für das Ausbaupotenzial berechnet.

Die Bestandsanteile im Sektor GHD sind geschätzt.

# Wirtschaftliches KWK-Potenzial in Deutschland

- ♦ Gemessen an dem heutigen Nutz**wärme**verbrauch in Deutschland könnten auf wirtschaftlicher Basis rund **30 %** in KWK-Anlagen erzeugt werden (Verdoppelung ggü. heute)
- ♦ Stromseitig können es gegenüber der derzeitigen Brutto**strom**erzeugung in Deutschland (inkl. Netzverluste und Eigenverbrauch) sogar **57 %** sein (Verfünffachung ggü. heute)

# Hemmnisse

- ♦ **Die hier als wirtschaftlich eingestuften KWK-Potenziale entwickeln sich nicht autonom!**
- ♦ Es gibt viele Hemmnisse, die je für sich allein ausschlaggebend sein können oder sich evtl. auch wechselseitig verstärken
- ♦ Es mangelt an langfristig wirksamen Signalen für einen KWK-Ausbau

**Insbesondere die auf Nah- und Fernwärmesysteme basierende KWK benötigt Rahmenbedingungen, die eine langfristige Planbarkeit ermöglichen**

# Hemmnisse

## Allgemeine Hemmnisse:

- ◆ Auslaufen des KWKG, fehlendes Fördersignal
- ◆ Hohes Investitionskostenniveau, gestiegene Rentabilitätsanforderungen
- ◆ Marktstrukturelle Behinderungen
  - ▶ elektrizitätswirtschaftliche Disparität,
  - ▶ Auskaufen von KWK-Projekten,
  - ▶ Marktmacht der größten Versorgungsunternehmen
- ◆ Volatile Erdgaspreise, Monopolstruktur auf der Transportebene
- ◆ Mangelnde Kenntnisse, Mangel an objektiver Beurteilung
- ◆ Hoher Transaktionsaufwand

# Überwindung der Hemmnisse

- ◆ **Eindeutige Signale!**

- ▶ Keine Zielproklamationen, die nicht mit Programmen hinterlegt sind!
- ▶ Programme mit langfristiger Wirkung

- ◆ **Orientierung an Ländern wie**

- ▶ Dänemark (verbindliche Wärmeversorgungspläne)
- ▶ Niederlande (trotz starker Erdgasdurchdringung, Unbundling, Förderung, unterstützende Organisation)
- ▶ Finnland (großes Verbundunternehmen schwenkt auf KWK um)

- ◆ **Fernwärme: Orientierung an deutschen Versorgungsunternehmen mit hohen Fernwärme-KWK-Anteilen**

- ◆ **Fernwärme: Kontinuierlicher Ausbau, Ausnutzen von den sich bietenden Gelegenheiten, Verfolgung langfristiger Ausbauziele**

# Überwindung der Hemmnisse

- ♦ Industrie-KWK: Schaffung günstiger Rahmenbedingungen für Contracting
- ♦ Industrie-KWK: Unterstützung von Risikoausgleichsfonds
- ♦ Ordnungsrechtliche Maßnahmen:  
z. B. festgelegte Umstände, die eine Prüfung von KWK-Optionen erforderlich machen  
(nicht die Planung einer KWK-Anlage, sondern die Rechtfertigung, dass keine KWK-Anlage geplant wird, sollte als aufwändig empfunden werden!)

# Überwindung der Hemmnisse

## Begünstigende Aspekte:

- ♦ Das inzwischen erreichte Wärmekostenniveau bietet mehr Spielraum für die Wärmeverteilung als noch vor wenigen Jahren
- ♦ Die Fernwärmetechnik ist in den letzten Jahren zugunsten niedriger Verlegekosten erheblich weiterentwickelt worden
- ♦ Ebenso konnten die Kosten der KWK-Anlagen in allen Leistungsklassen gesenkt und die Effizienz deutlich verbessert werden
- ♦ Die Margen bei der dezentralen Erdgasversorgung werden sinken (intensivere Überwachung des Leitungskostenanteils)
- ♦ Höhere Kundenbindung bei Fernwärmeanschlüssen

Ich bedanke mich für Ihre  
Aufmerksamkeit!

Wolfgang Schulz  
Bremer Energie Institut  
Reimar Lüst Hall / Campusring 1  
28759 Bremen  
Tel. 0421/200-4888  
Homepage: [www.bremer-energie-institut.de](http://www.bremer-energie-institut.de)

## Effekte des wirtschaftlichen Potenzials

Wirtschaftliche Teilpotenziale (REF)	PE-Einsparung [TWh <sub>Hu</sub> /a]	CO <sub>2</sub> -Einsparung [Mio. t/a]	Investitionskosten [Mrd. €]
Fernwärme-KWK (nur Ausbaupotenzial)	101	31	40
Objekt-Kleinst-KWK in Wohngebäuden	0,3	0,1	0,2
Industrielle KWK	60	20	15
KWK in NWG im Sektor GHD	12	3	3
KWK aus Biomasse	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>173</b>	<b>54</b>	<b>58</b>

- Das sind die Effekte gegenüber bester getrennter Erzeugung (Neuanlagen)!
- Die Investitionskosten dürfen nicht als CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten interpretiert werden!

# Zentrale vs. dezentrale KWK-Lösungen

HKW/Fernwärme-Systeme (zentrale KWK)	objektbezogene Systeme und Nahwärmekonzepte (dezentrale KWK)
<p>Vorteile gegenüber der dezentralen KWK:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- höhere Flexibilität der Stromerzeugung</li> <li>- Stromerzeugung nach Fahrplan möglich</li> <li>- höherer Transaktionsaufwand (z.B. Teilnahme am Stromhandel) tolerierbar</li> <li>- höhere Flexibilität bei der Brennstoffwahl</li> <li>- günstigere Brennstoffbezugsbedingungen</li> <li>- bei GuD-Konzepten sehr hoher Wirkungsgrad</li> <li>- hohe Stromkennzahl möglich, d.h. relativ hohe Stromerzeugung im Vergleich zum bestehenden Wärmebedarf</li> <li>- bei GuD-Konzepten hohe Primärenergieeinsparung und CO<sub>2</sub>-Minderung möglich</li> <li>- günstige Immissionssituation (Schadgaseintritt in Wohngebiete ist minimal)</li> <li>- die Wärmebedarfsdurchmischung steigt mit der Zahl der angeschlossenen Verbraucher, wodurch eine Vergleichmäßigung des Absatzes und eine Verringerung der vorzuhaltenden Wärmeleistung eintritt; dadurch nimmt der mit tels KWK abdeckbare Wärmebedarfsanteil zu</li> <li>- prädestiniert für eine flächendeckende Versorgung ganzer Stadtteile</li> </ul>	<p>Vorteile gegenüber der zentralen KWK:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- geringeres Konfliktpotenzial anlässlich der Konkurrenzsituation zur dezentralen gebäudebezogenen Erdgasversorgung</li> <li>- geringere und besser vorhersehbare Anlaufverluste (Auslastung der Anlagen erst im Laufe der Zeit)</li> <li>- stärkere Entlastung der Stromnetze aufgrund der Einspeisung in eine der unteren Spannungsebenen</li> <li>- intensivere Vermeidung von Stromnetzverlusten</li> <li>- insbesondere bei objektbezogenen Konzepten: Minimierung von Wärmeverlusten in den Wärmeverteilungsnetzen</li> <li>- günstigere Voraussetzungen zur Ausnutzung von gebotenen Gelegenheiten zur Errichtung einer KWK-Anlage</li> <li>- Investitionsumfang für viele Akteure geeignet</li> <li>- geringer Planungsvorlauf zur Errichtung einer Anlage erforderlich</li> </ul>