

---

# DEKARBONISIERUNG DER FERNWÄRME

---



Wolfgang Schulz

Berater des IFAM Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung

OE Energiesystemanalyse  
(ehem. Bremer Energie Institut)

Berliner Energietage 2016

**Wie verschmelzen Strom- und Wärmesektor?**

Veranstalter: Agora Energiewende

Berlin, 13. April 2016

---

# INHALT

---

- **Bestehende Spielräume** für eine Dekarbonisierung der Fernwärme
- **Ausgangspunkt**
- **Dänische Spezialitäten**
- **Solarthermieeinspeisung**
- **Integration von flexibler KWK, Wärmepumpen und PtH**
- **Upgrade der Fernwärmesysteme**
- **Fazit**

# Bestehende Spielräume

## Allgemein:

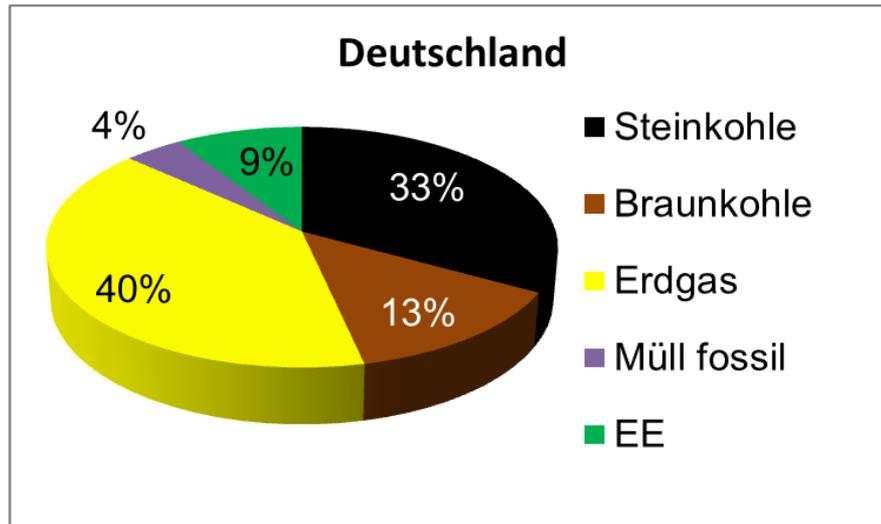
- **Bei der Fernwärmeversorgung ist Dekarbonisierung leichter anreizbar und umsetzbar als bei dezentraler Wärmeversorgung!**

## Grundsätzliche Strategien:

- **Umstellung der Erzeugungsbasis**
  - Zwischenschritt: kohlenstoffarme Brennstoffe
  - Steigerung des Einsatzes von EE und Abwärme
- **Steigerung der Wärmeerzeugungseffizienz**
  - Maximierung der durch KWK ermöglichten Brennstoffeinsparung
- **Steigerung der energetischen Effizienz der Wärmeverteilung**

# Ausgangspunkt

## ■ Aktuelle Wärmeerzeugungsbasis der Fernwärmeversorgung



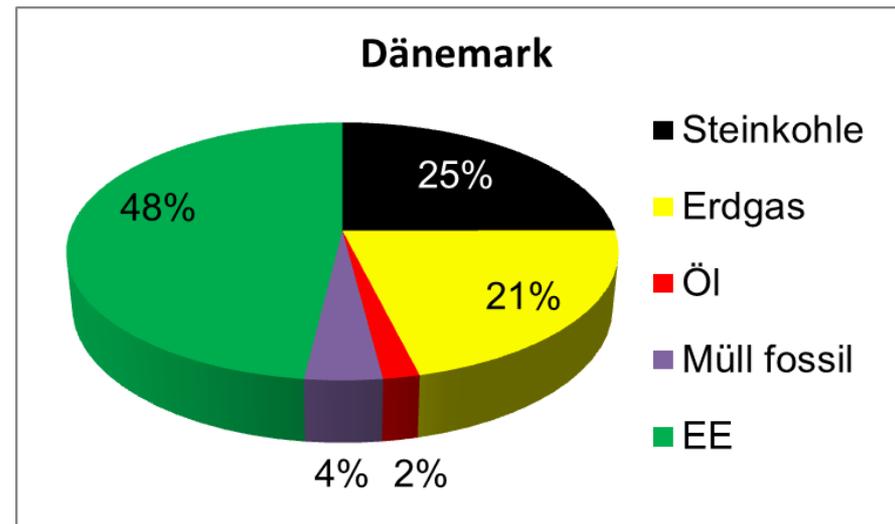
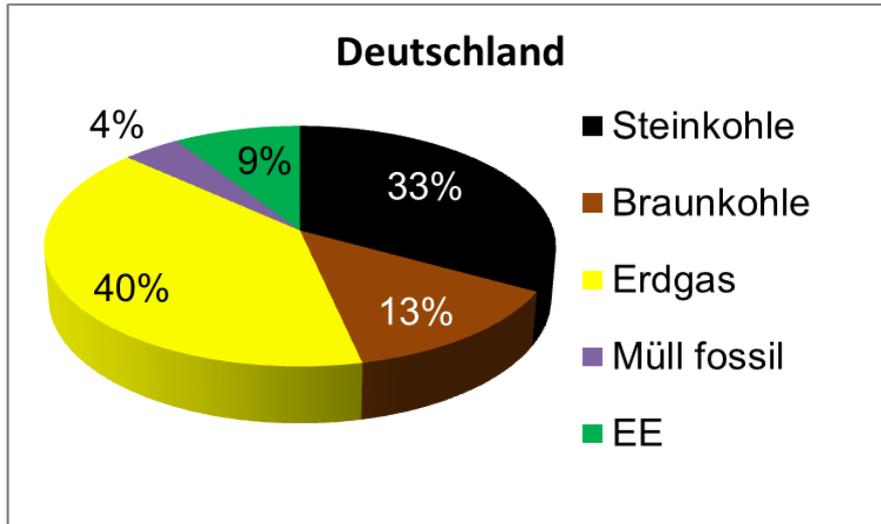
Quelle: gemäß AGFW-Hauptbericht 2014

Die Darstellung enthält Vereinfachungen: Sie berücksichtigt lediglich den Brennstoffeinsatz der Fernwärmeversorger in eigenen KWK-Anlagen und lässt Brennstoffe, die einen geringen Anteil annehmen, unberücksichtigt. Außerdem sind die überwiegend mit Biobrennstoffen in Verbindung stehenden Fernwärmesysteme (z.B. der sog. Bioenergiedörfer) unberücksichtigt

Für Hausmüll ist die Hälfte als biogener Anteil angenommen

# Ausgangspunkt

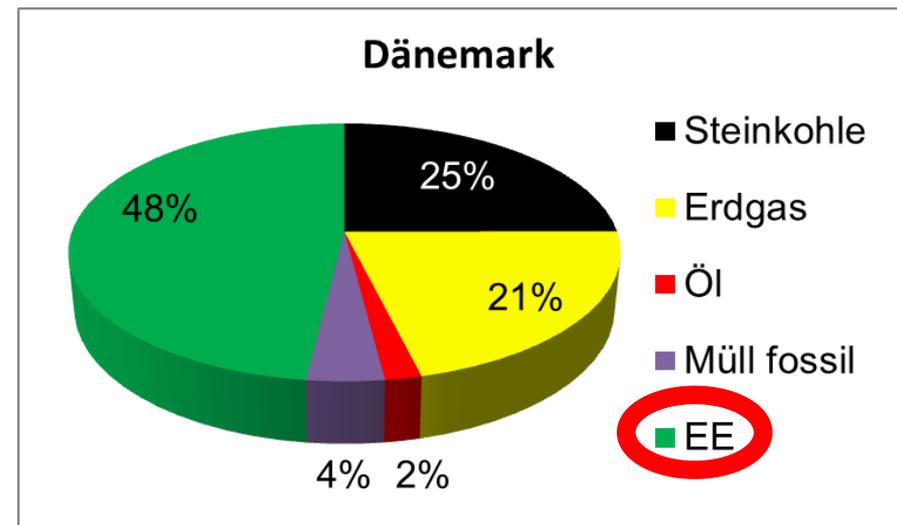
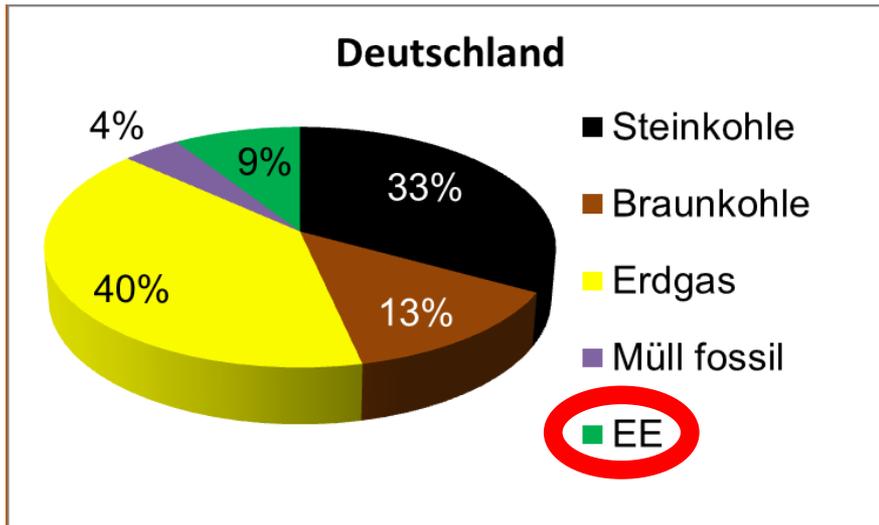
## Aktuelle Wärmeerzeugungsbasis der Fernwärmeversorgung



Quelle: gemäß Energistyrelsen/Danish Energy Agency  
„Fjernvarme-Udbredelse i DK - Brændsler i varmesystemet“, 2012 in  
Verbindung mit „District Heating – Danish Experiences“, 2014 S. 5  
Bei Hausmüll ist die Hälfte als biogener Anteil unterstellt

# Ausgangspunkt

## Aktuelle Wärmeerzeugungsbasis der Fernwärmeversorgung



- **Es lohnt sich offenbar zu schauen, was in Dänemark anders gelaufen ist**

# Dänische Spezialitäten

**neben dem hohen Anteil an EE in der Fernwärmeerzeugung ...**

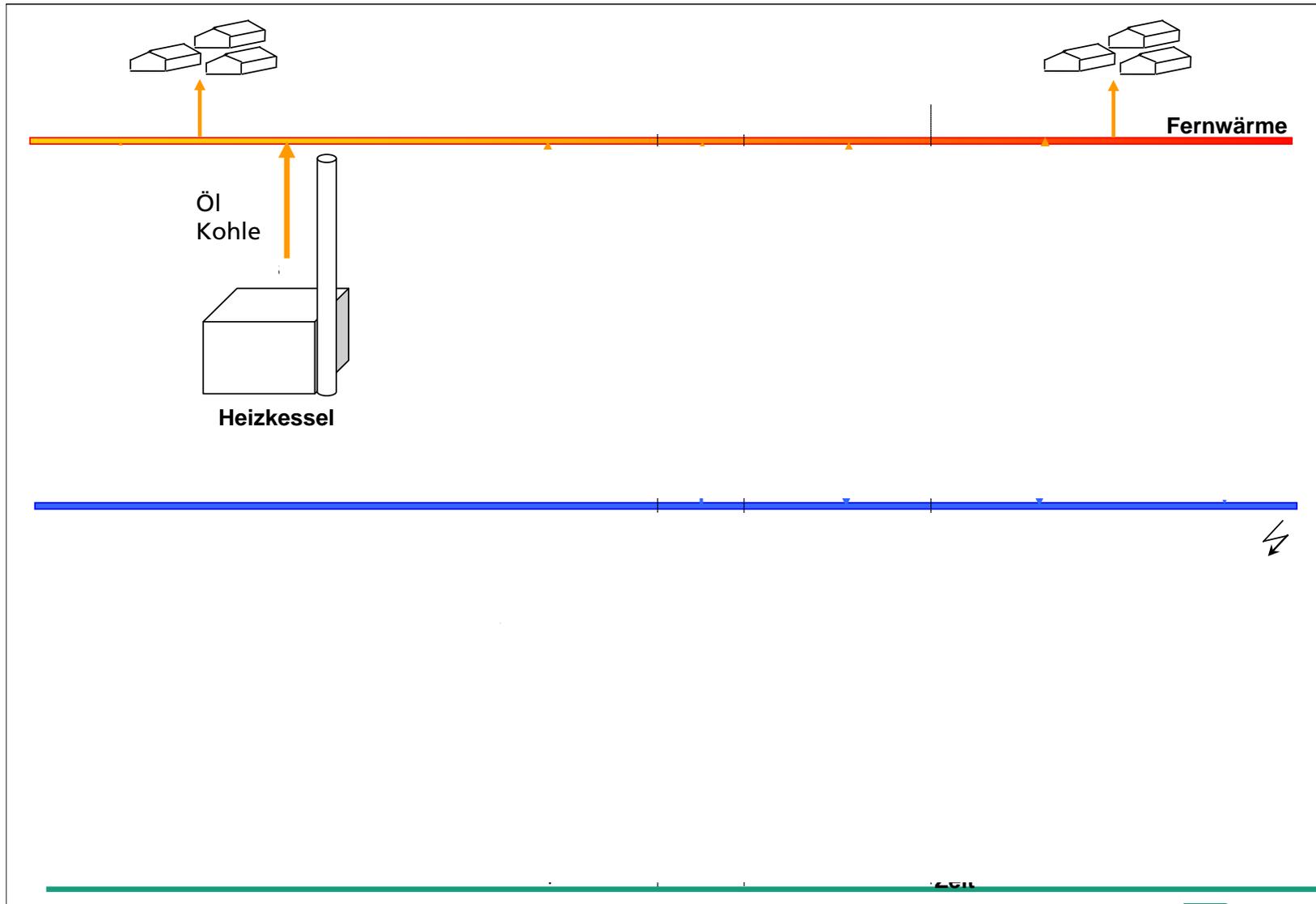
- **hoher Fernwärmeversorgungsanteil > 60% der Wohngebäude (D: 14%)**
- **Fernwärme fast in allen geschlossenen Ortschaften**
- **hoher KWK-Stromanteil von >50% (D: 16%)**
- **Wärmeabsatzdichte in den Wärmenetzen im Durchschnitt nur ein Drittel gegenüber deutschen Verhältnissen! (Dk: 1.260 kWh/m, D 4.130 kWh/m)**
- **Fernwärmepreise etwa auf deutschem Niveau**

**vor dem Hintergrund:**

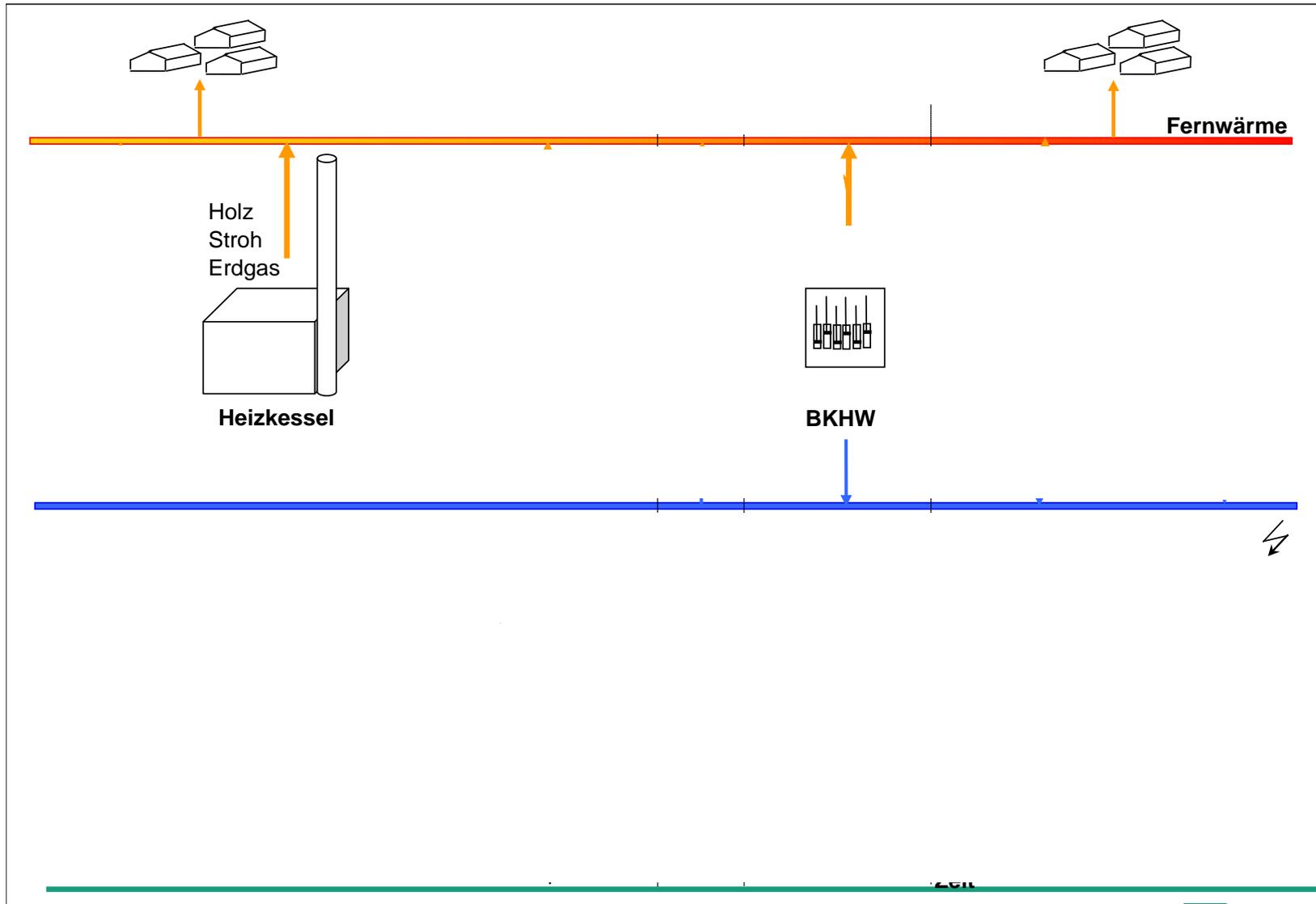
- **hoher Windkraftanteil in der Stromversorgung: >40% (D: 13%)**

**Wie ist es dazu gekommen?**

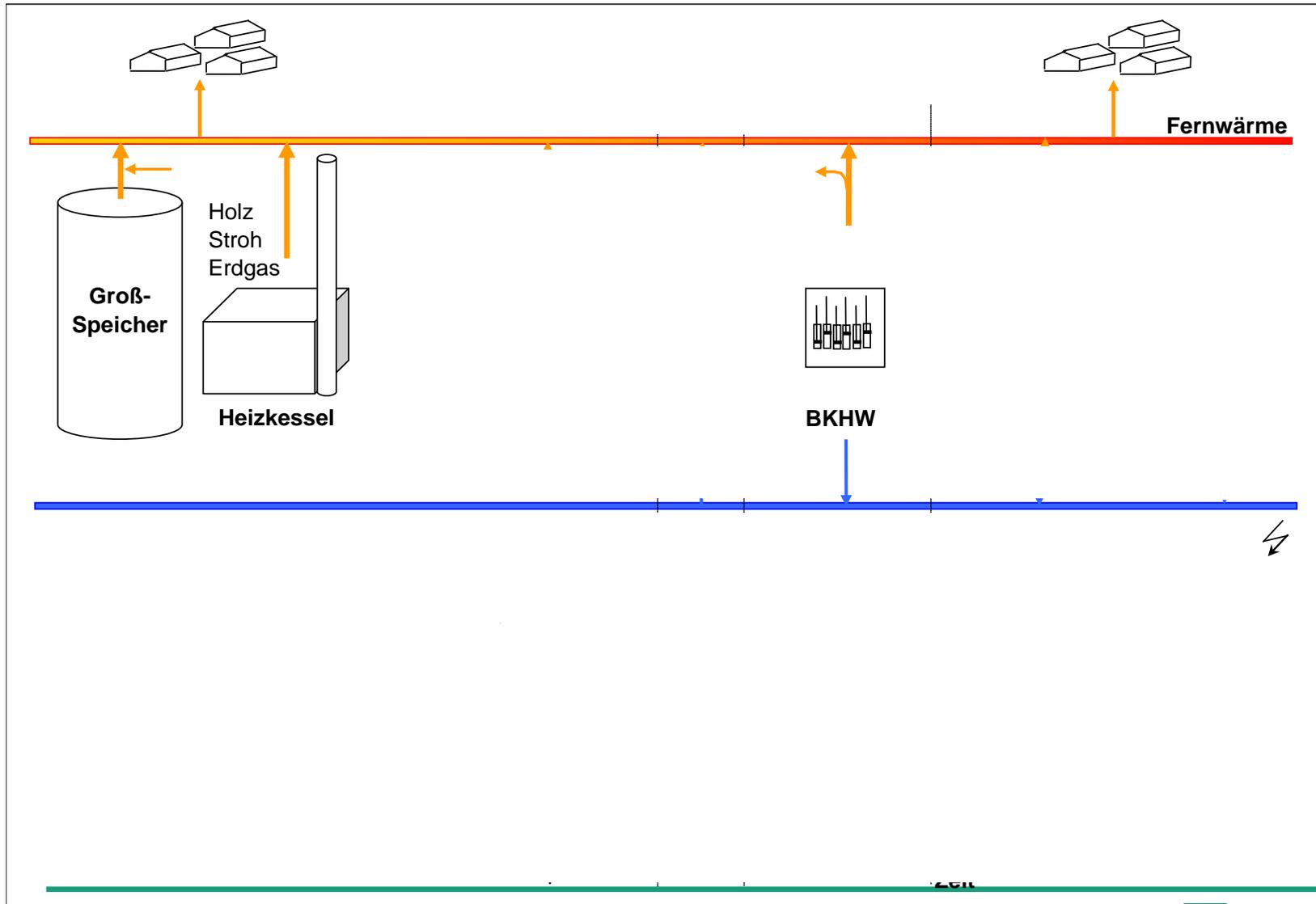
# Dänische Spezialitäten



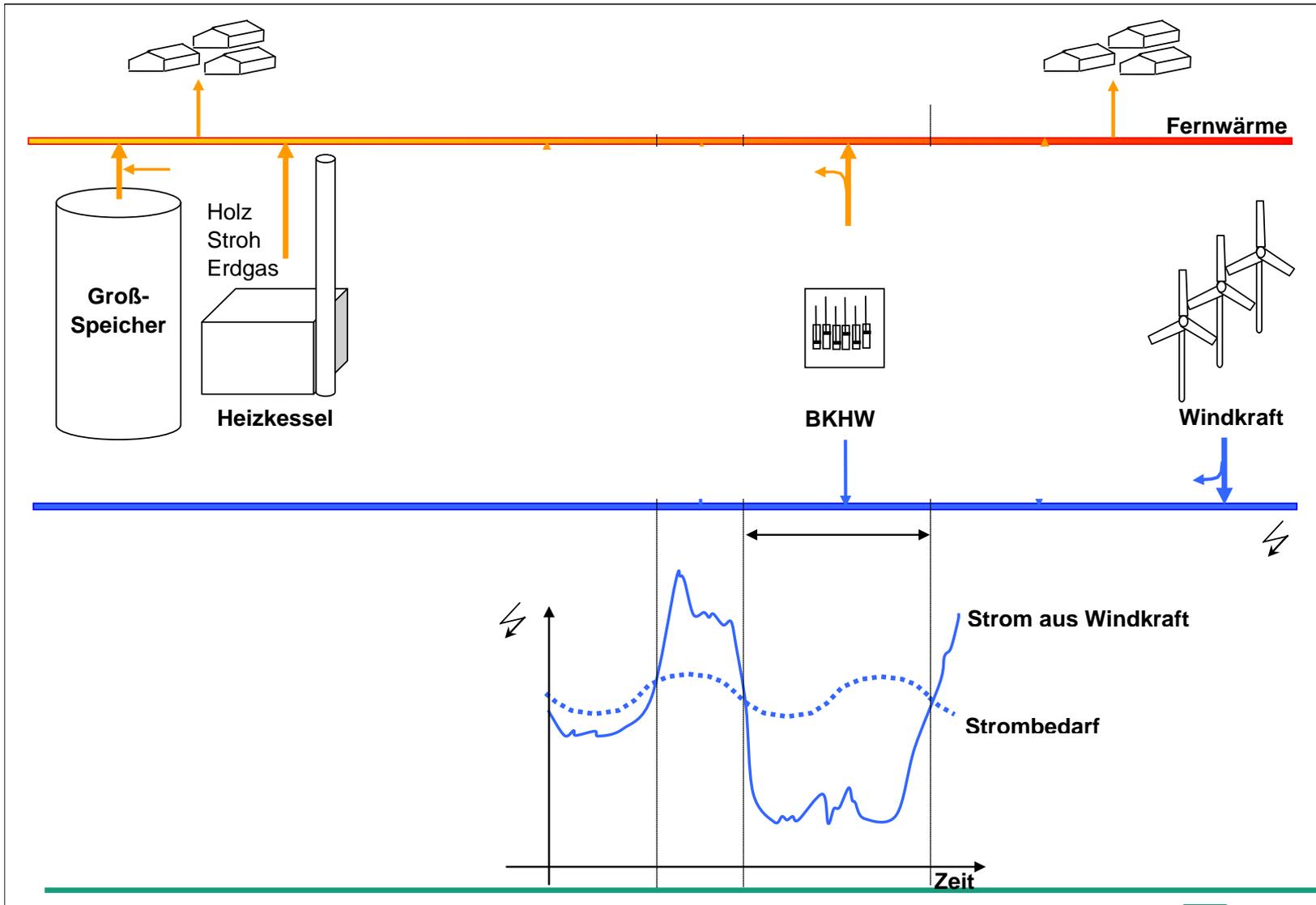
# Dänische Spezialitäten



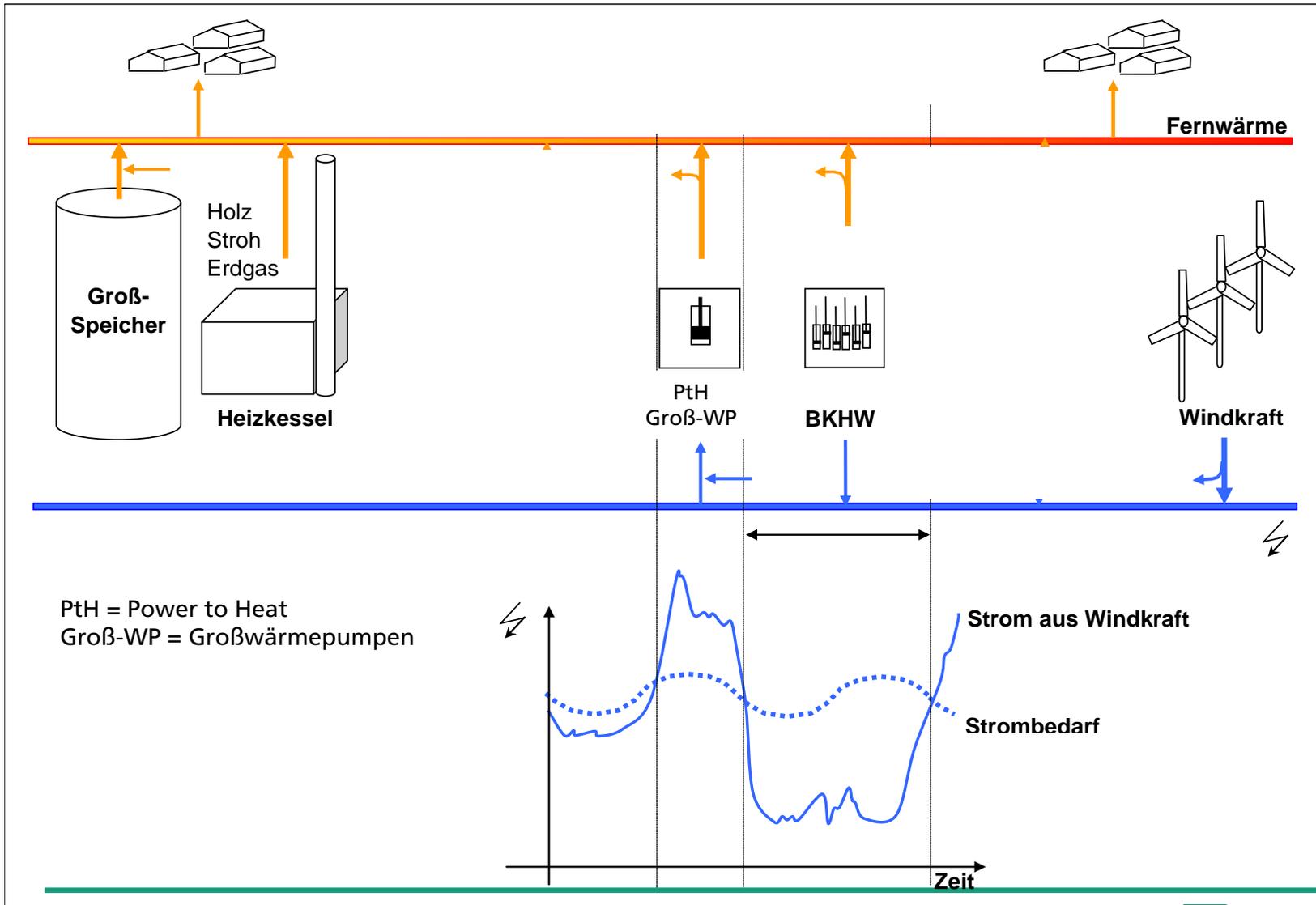
# Dänische Spezialitäten



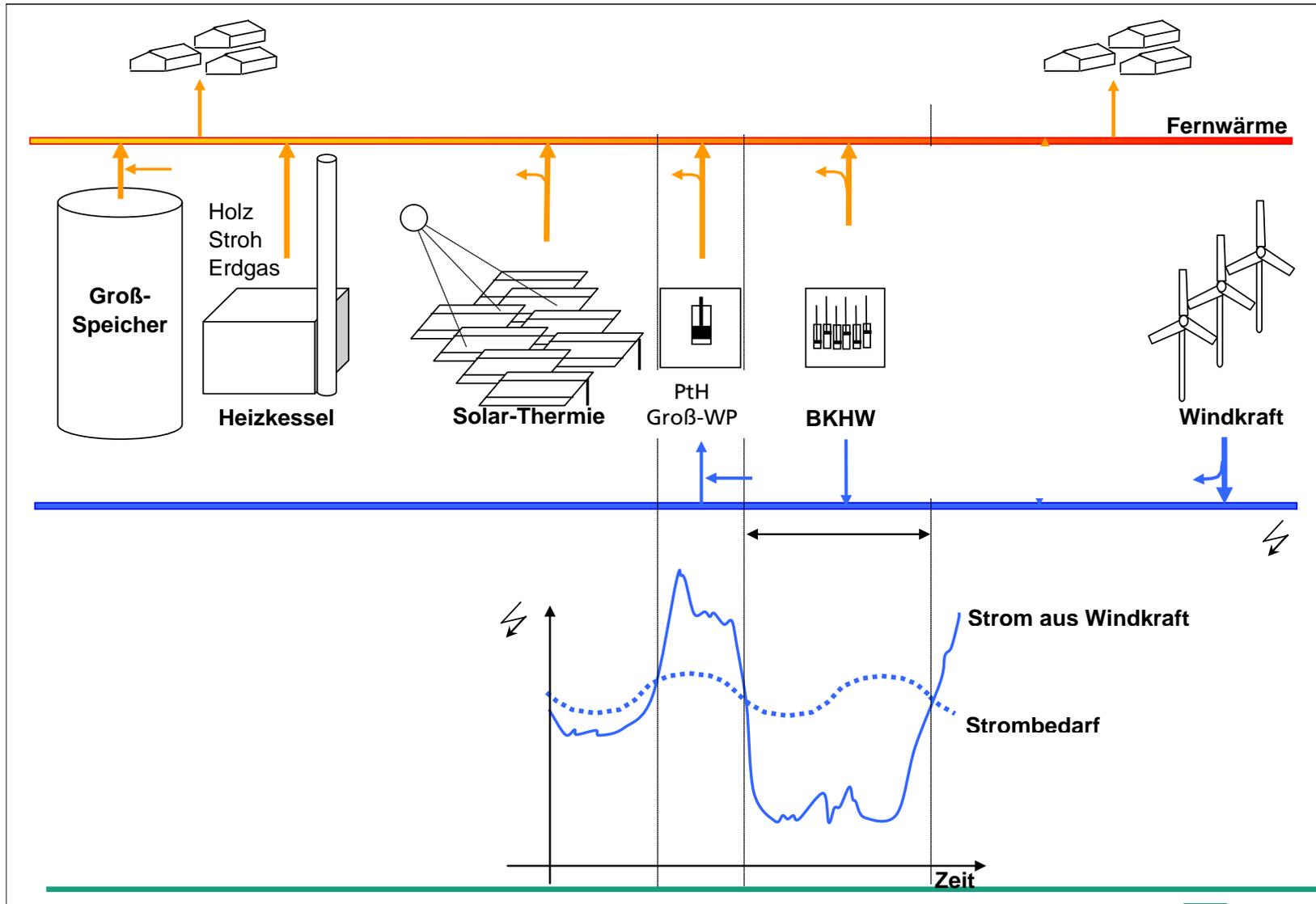
# Dänische Spezialitäten



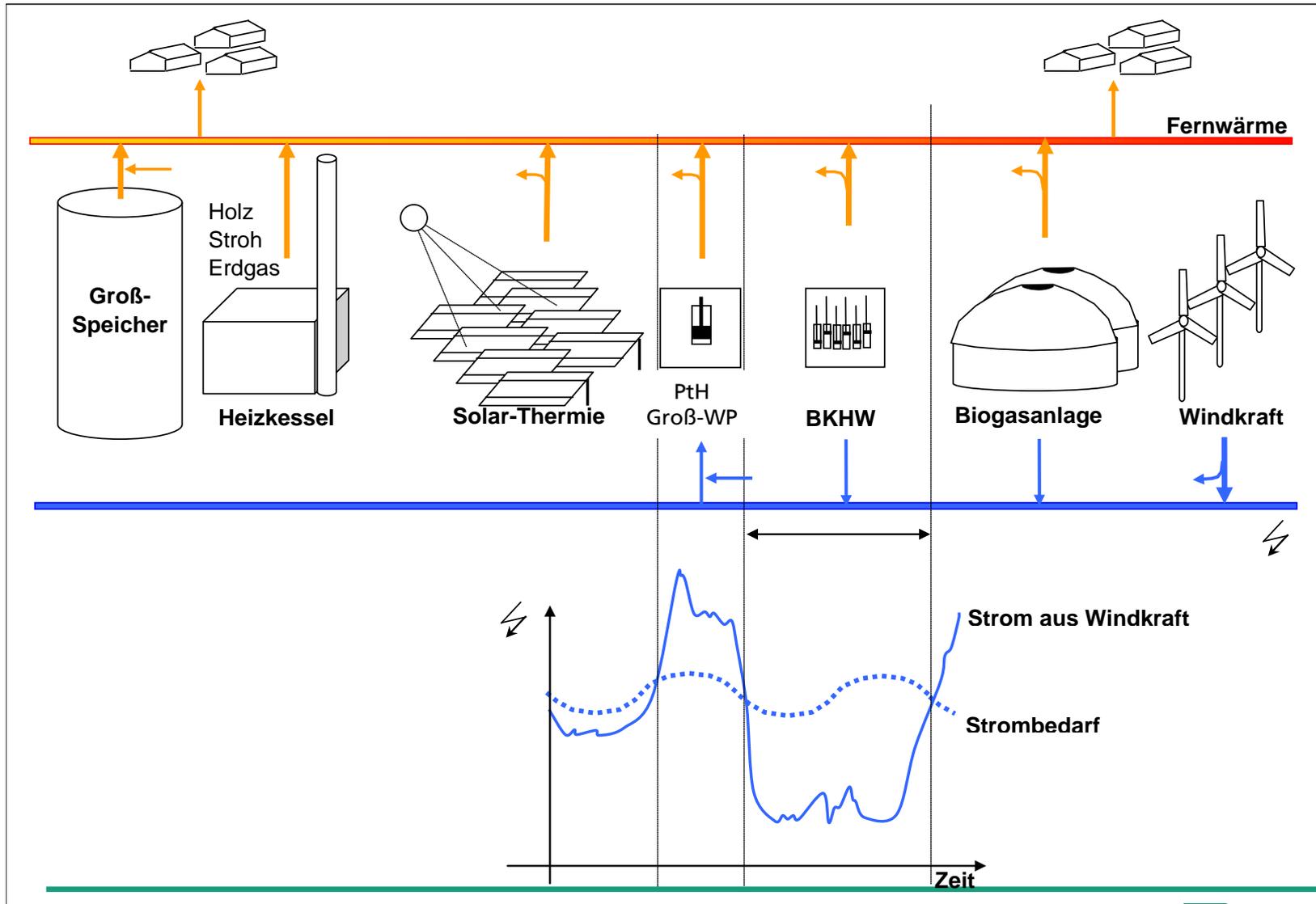
# Dänische Spezialitäten



# Dänische Spezialitäten

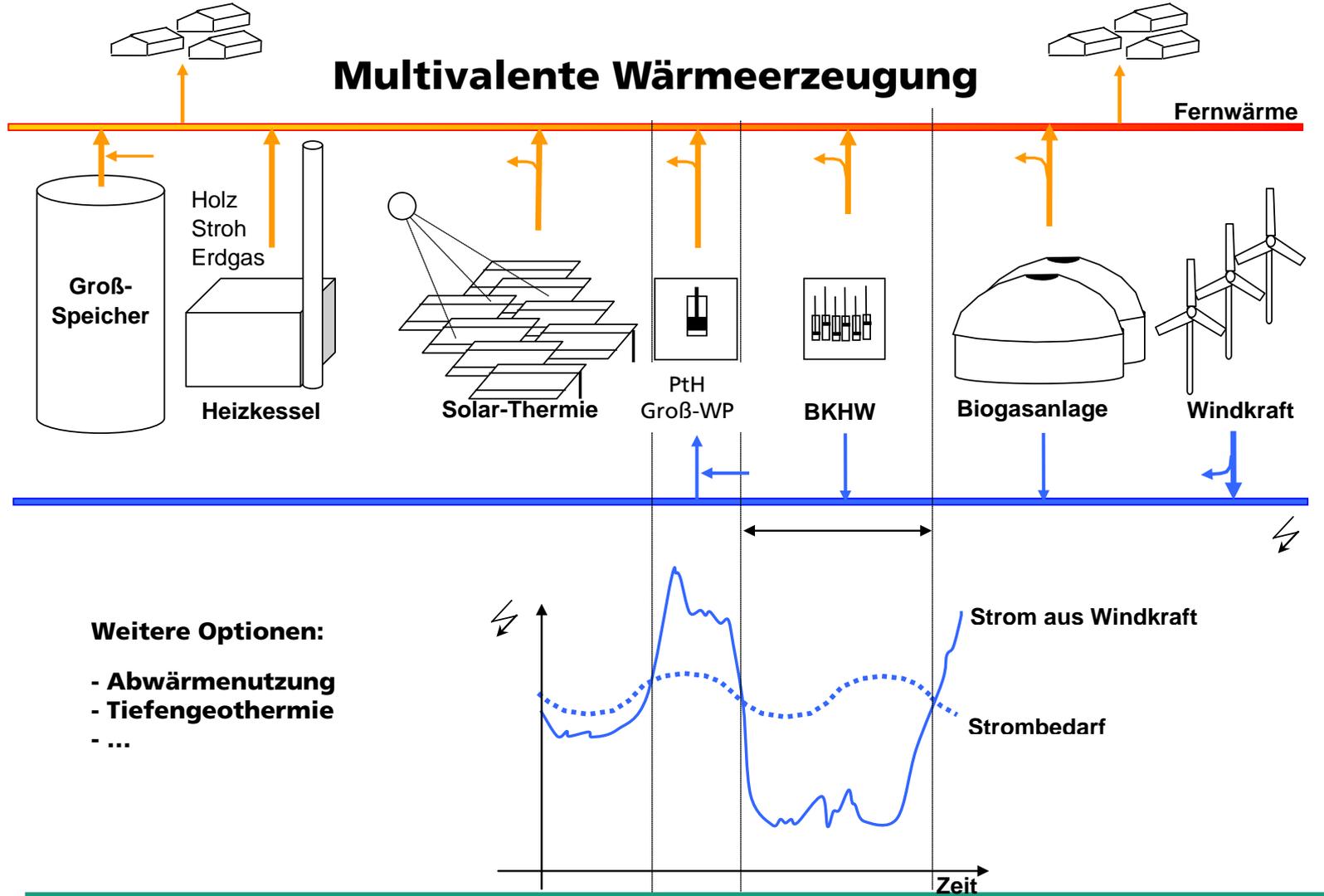


# Dänische Spezialitäten



# Dänische Spezialitäten

## Multivalente Wärmeerzeugung



### Weitere Optionen:

- Abwärmenutzung
- Tiefengeothermie
- ...

# Dänische Spezialitäten

## Fortsetzung folgt ...

- Neubau: keine Gas- oder Ölheizung ab 2013 zugelassen
- Gebäudebestand: keine neue Ölheizung ab 2016 zugelassen
- 50 % des Stroms aus Windkraft bis 2020
- Biogasausbaustrategie
- Optimierung des Biomasseeinsatzes
- Steigerung der Gebäudeenergieeffizienz
- ...

# Solarthermieeinspeisung



Foto: Wolfgang Schulz

Bei Auslegung für  $< 20\%$  der jährlichen Fernwärmeerzeugung:

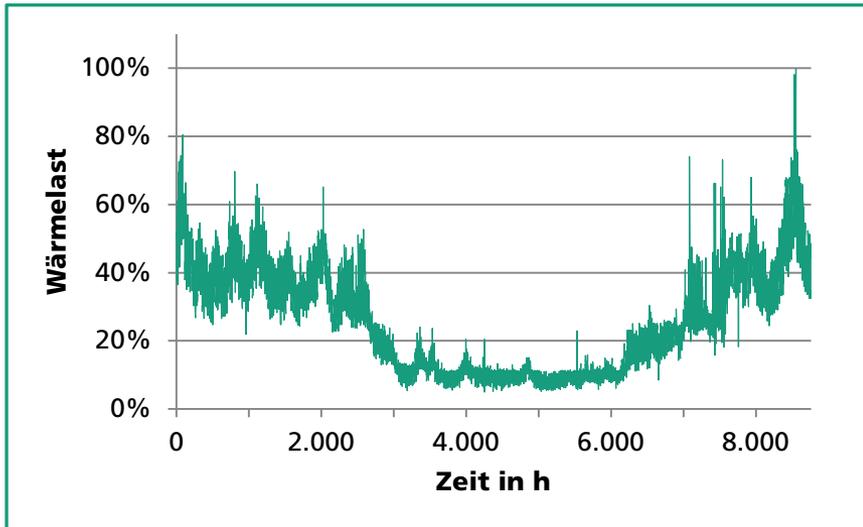
- nutzbarer Energieertrag etwa 4mal höher als bei PV oder dezentraler Solarthermie
- Wärmegestehungskosten von 3 – 5 Ct/kWh möglich

# Integration von flexibler KWK, Wärmepumpen und PtH

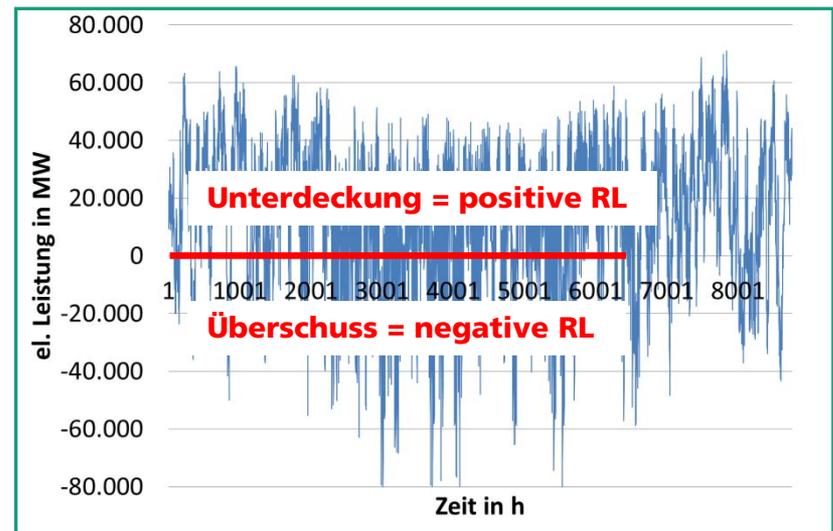
Fernwärme = gebündelter Wärmebedarf

→ führt zu Leistungsklassen, die nebeneinander wirtschaftlichen Einsatz von KWK, Groß-WP und PtH erlauben, deren Einsätze sich strikt nach Wärmebedarf und momentanen Stromangebot orientieren

## Wärmebedarf



## Strom: Residuallast RL (ca. 2030)



Beide Abb. gemäß eigener Studie „Flexibilitätsreserven aus dem Wärmemarkt“, 2013

- KWK bei Stromunterdeckung (flexible KWK) → Brennstoffeinsparung
- Groß-WP bzw. PtH bei Stromüberschüssen → EE-Wärmeerzeugung

# Integration von flexibler KWK, Wärmepumpen und PtH

- **BHKW der Megawattklasse**: besonders flexibel und energieeffizient
- Sie weisen zudem auch bei verminderter Auslastung relativ niedrige Erzeugungskosten auf
- **KWK** (→Betrieb bei positiver RL) und **Groß-WP** (→Betrieb bei negativer RL) ergänzen sich in idealer Weise
- **PtH** sind besonders geeignet für extreme Überschusssituationen und steile Lastverläufe
- Dagegen ist **multivalente Wärmeerzeugung** bei gebäudebezogenen Lösungen im Allgemeinen unwirtschaftlich
- So sind **dezentrale Elektro-Wärmepumpen** vor dem Hintergrund der Flexibilitätsanforderungen problematisch (das Problem lässt sich auch nicht mithilfe von Wärmespeichern überwinden)

# Integration von flexibler KWK und PtH in Dänemark

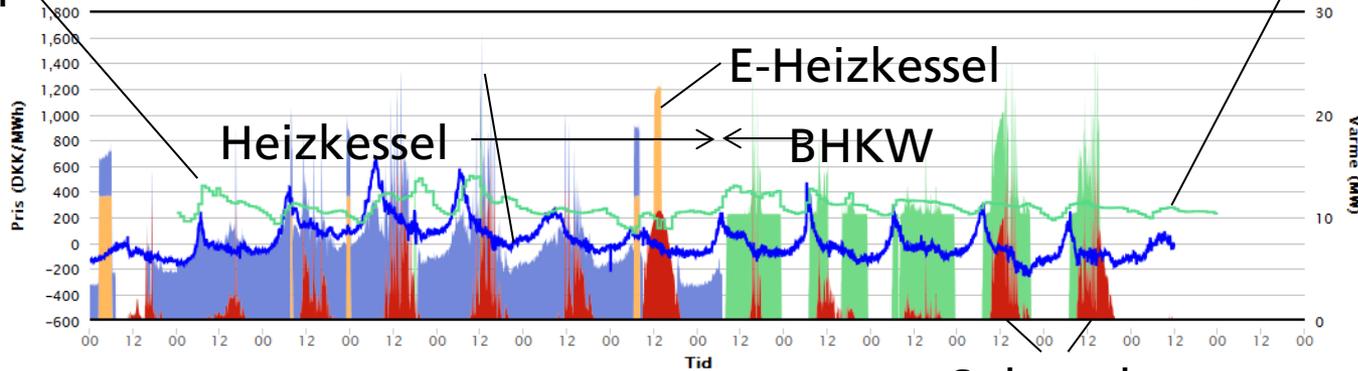
## Beispiel: Protokoll (14 Tage) für das Fernwärmesystem in Ringkøbing



Strompreis  
Spotmarkt

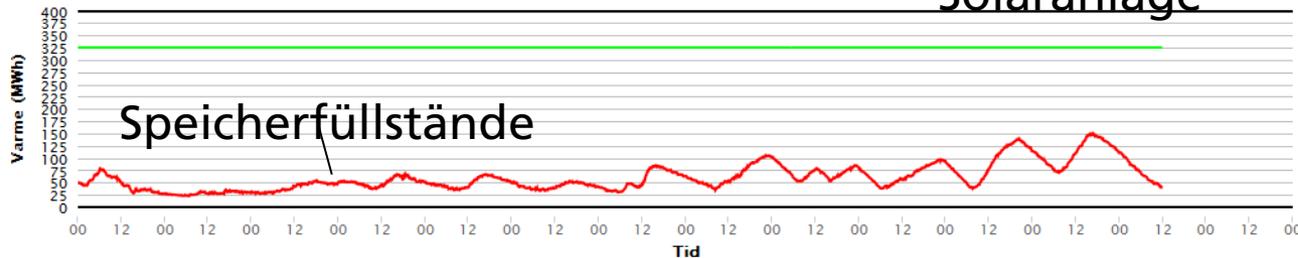
1 € = 7,5 DKr

Strompreisprognose



- Elspotpris
- Opreguleringspris
- Nedreguleringspris
- Positiv Primærreserve
- Negativ Primærreserve
- Varmeforbrug
- Solfanger
- Solindstråling
- Gasmotor
- Gasturbine
- El-kedel
- Gas-kedler
- Energiindhold, lagertank
- Lagerkapacitet

Solaranlage



Denne side hostes og vedligeholdes af EMD International A/S



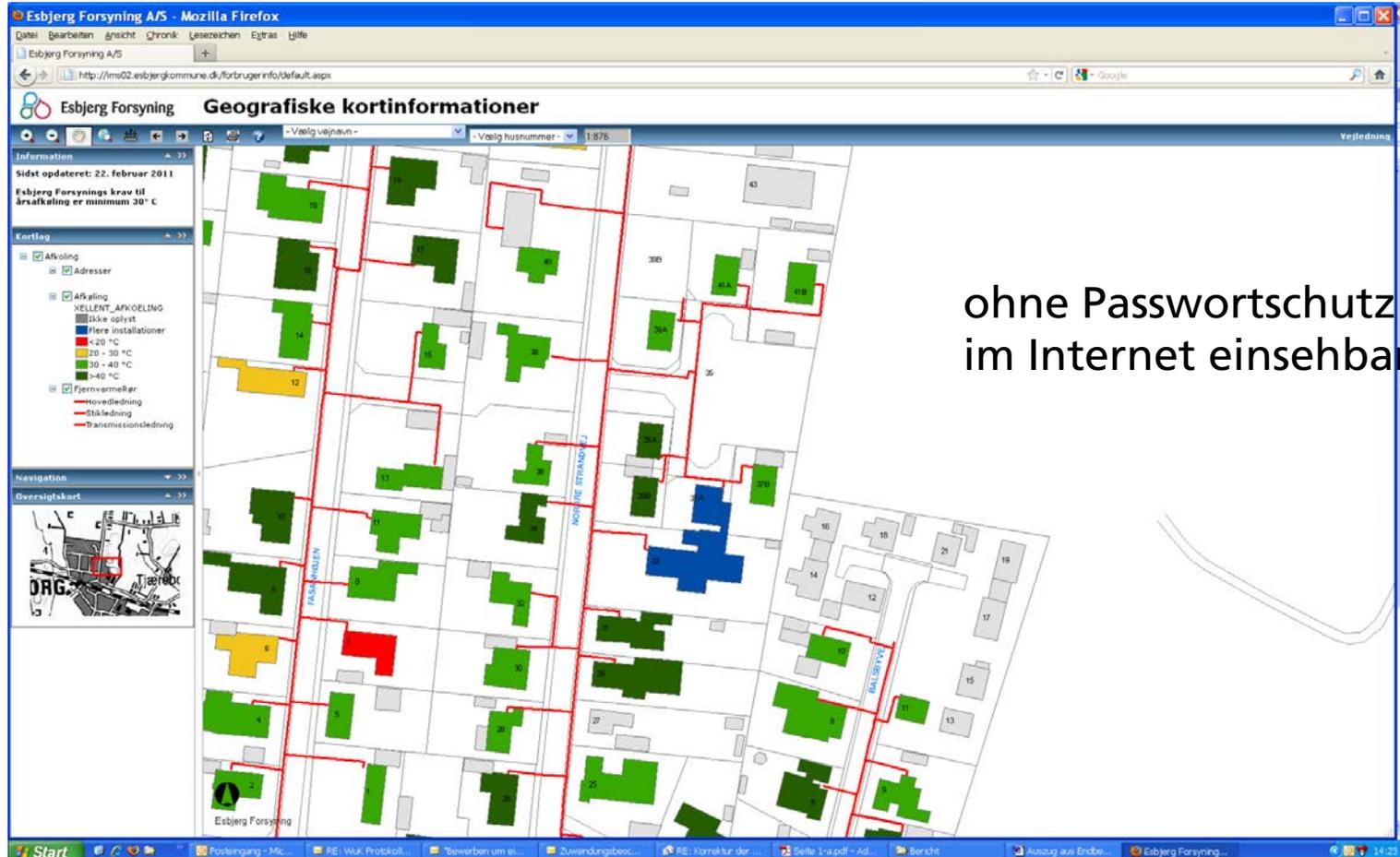
# Upgrade der Fernwärmesysteme

## Effizienzsteigerung der Fernwärmeverteilung mittels **Absenkung der Systemtemperaturen**

- besonders wichtig: Absenkung der Rücklauftemperaturen
- Diese sind in erster Linie von der gebotenen Temperaturspreizung der Gebäudeheizsysteme abhängig
- Abgesenkte Vor- und Rücklauftemperaturen
  - vereinfachen Wärmespeicherung im Rahmen der Fernwärmeversorgung
  - mindern die Wärmeverluste aus den Leitungen (die Leitungsverluste werden kaum von der Größe der Fernwärmesysteme beeinflusst!)
  - verbessern die Einspeisebedingungen von Abwärme und EE
  - Vermindern die mechanische Beanspruchung der Fernwärmesysteme
  - Erhöhen die Vielfalt der möglichen Rohrsysteme
- Stärkere Wärmedämmung der Fernwärmerohre

# Upgrade der Fernwärmesysteme

- das Bemühen um niedrige Rücklauftemperaturen in Dänemark



ohne Passwortschutz  
im Internet einsehbar!

# Fazit

## **Dekarbonisierung:**

### ■ **Umstellung der Erzeugungsbasis**

- Zwischenschritt: Erdgas statt Kohle, später auch Gas aus PtG
- Steigerung des Einsatzes von Biomasse, Groß-WP, Solarthermie, Tiefengeothermie und Abwärme

### ■ **Steigerung der Wärmeerzeugungseffizienz**

- Steigerung des Einsatzes flexibler KWK und von Biomasse-KWK

### ■ **Steigerung der energetischen Effizienz der Wärmeverteilung**

- Temperaturabsenkung

### ■ **Ausbau der Fernwärme, um die betrachteten Strategien in großer Breite zur Verfügung zu haben**

# Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

## Kontakt:

Wolfgang Schulz

Berater des IFAM

Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung  
OE Energiesystemanalyse

Wiener Straße 12 | 28359 Bremen | Germany

Web: [www.ifam.fraunhofer.de](http://www.ifam.fraunhofer.de)

E-Mail: [Wolfgang.Schulz@ifam-extern.fraunhofer.de](mailto:Wolfgang.Schulz@ifam-extern.fraunhofer.de)

