

Mehr als Heizung und Warmwasser: Innovative Fernwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung

Dienstag, 05. Mai 2009

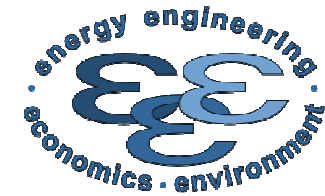
KWK-Symposium
Initiative KWK Modellstadt Berlin

Berliner Energietage 2009



Technische Universität Berlin

Institut für Energietechnik



Die Zukunft der Fernwärme: Wie erneuerbar kann Fernwärme sein?

George Tsatsaronis, Berit Erlach

05.05.2009 – Berliner Energietage

*tsatsaronis@iet.tu-berlin.de
www.energietechnik.tu-berlin.de*

- ▶ Was ist Fernwärme?
- ▶ Kraft-Wärme-Kopplung
- ▶ Erzeugungs- und Bedarfsstruktur
- ▶ Fernwärme aus Erneuerbaren Energien
- ▶ Komplexe Energiesysteme
- ▶ Beispiel: Konkurrenzeffekte Solarenergie und KWK
- ▶ Fazit

Was ist Fernwärme?

Juristische Definition laut Bundesgerichtshof

(Urteil v. 25. Oktober 1989 in NJW 1990, 1181):

„Wird aus einer nicht im Eigentum des Gebäudeeigentümers stehenden Heizungsanlage von einem Dritten nach unternehmenswirtschaftlichen Gesichtspunkten eigenständig Wärme produziert und an andere geliefert, so handelt es sich um Fernwärme. Auf die Nähe der Anlage zu dem versorgenden Gebäude oder das Vorhandensein eines größeren Leitungsnetzes kommt es nicht an.“

Rechtlich wird zwischen Nah- und Fernwärme nicht unterschieden.

Vor- und Nachteile von Fernwärme

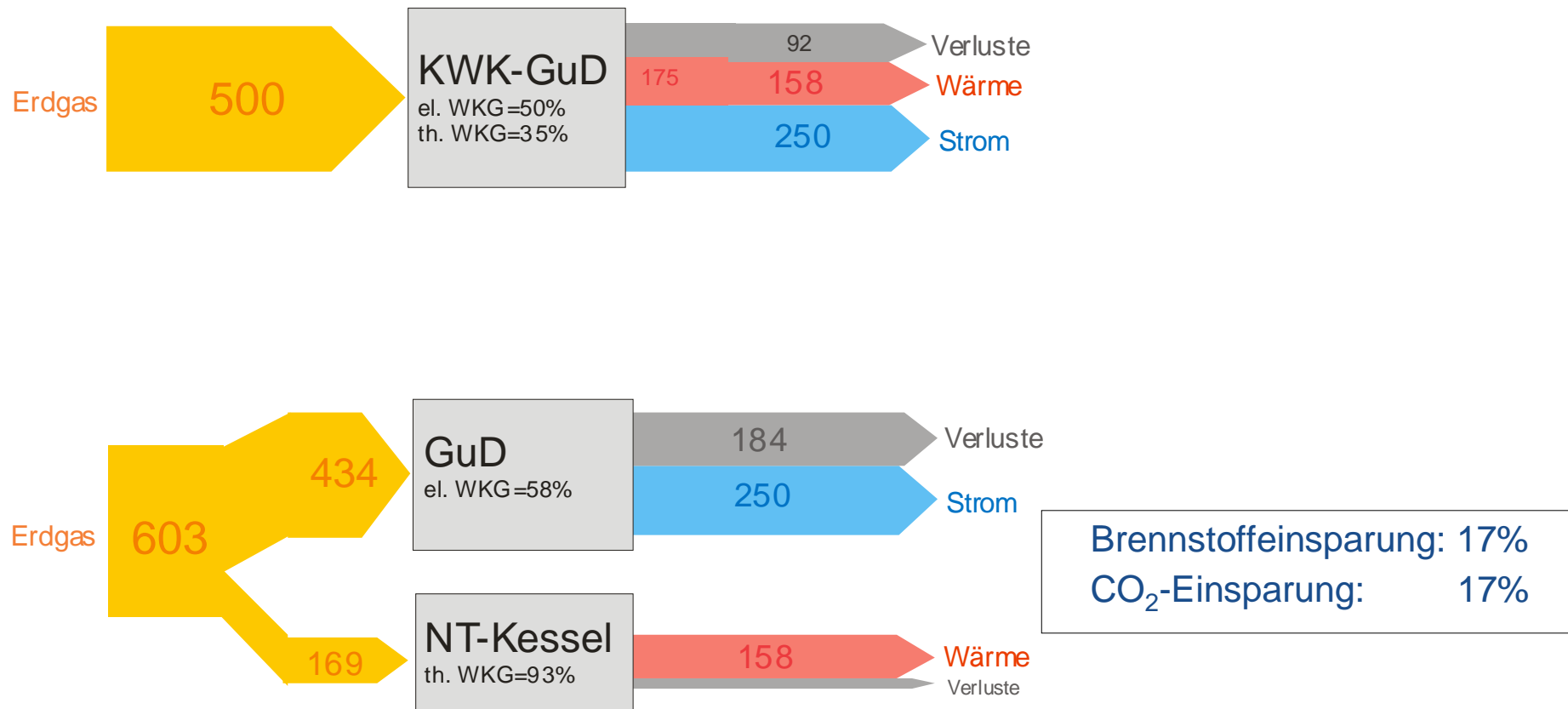
Vorteile

- ▶ weniger Feuerungsstätten in der Stadt:
 - niedrigere lokale Emissionen
 - Verringerung der Brand- und Explosionsgefahr
- ▶ komfortabel für Verbraucher
 - niedriger Platzverbrauch für Hausstation
 - geringer Wartungsaufwand
- ▶ in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kopplung
 - Einsparung an Primärenergie und CO₂-Emissionen

Nachteile

- ▶ höhere Leitungsverluste
- ▶ nur bei relativ dichter Bebauung wirtschaftlich
- ▶ Verlegung von Trassen, besonders in bestehender Bebauung, ist teuer

Fernwärme und Kraft-Wärme-Kopplung: GuD-Kraftwerk



Kraft-Wärme-Kopplung: Brennstoffwechsel

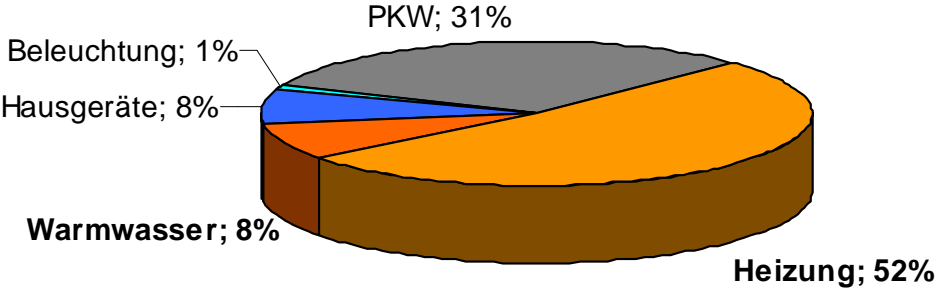
		getrennte Erzeugung	KWK (Kohle)	KWK (Erdgas)
		Dampfkraftwerk (nur Strom)	Dampfkraftwerk (mit Fernwärme)	BHKW (Nahwärmenetz)
Brennstoff		Kohle	Kohle	Erdgas
el. Ausbeute	[-]	42%	30%	40%
th. Ausbeute	[-]		55%	45%
Verluste Wärmenetz	[-]		10%	5%
Stromerzeugung	[GWh/a]	250	250	250
Wärme (frei Hauszentrale)	[GWh/a]		413	267
Brennstoffverbrauch	[GWh/a]	596	833	625
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	203.863	285.000	126.000
		NT-Kessel	NT-Kessel	NT-Kessel
		Erdgas	Erdgas	Erdgas
Wärmeerzeugung	[GWh/a]	1.000	588	733
Brennstoffverbrauch	[GWh/a]	1.075	632	788
CO ₂ -Emissionen	[t/a]	216.774	127.355	158.855
Brennstoffverbrauch, gesamt	[GWh/a]	1.671	1.465	1.413
CO₂-Emissionen, gesamt	[t/a]	420.637	412.355	284.855
Brennstoffeinsparung	[-]		12%	15%
CO₂-Einsparung	[-]		2%	32%

Alle Szenarien:
Strom: 250 GWh/a
Wärme: 1000 GWh/a

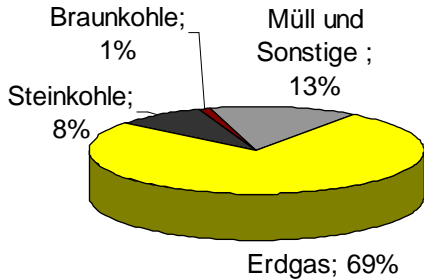
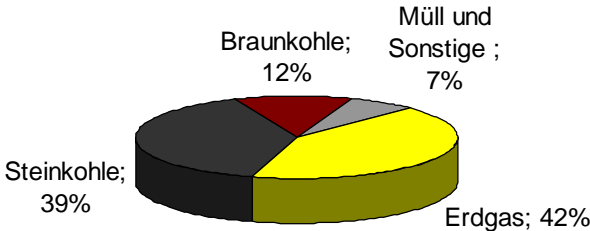
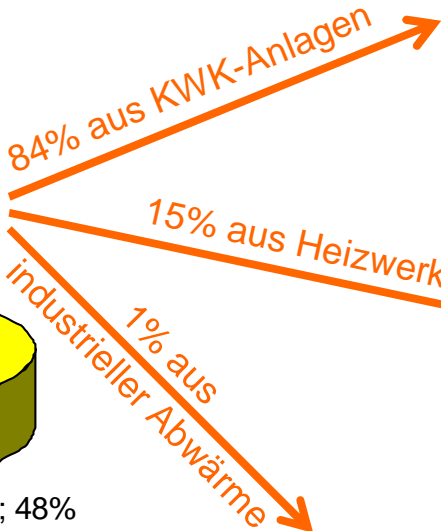
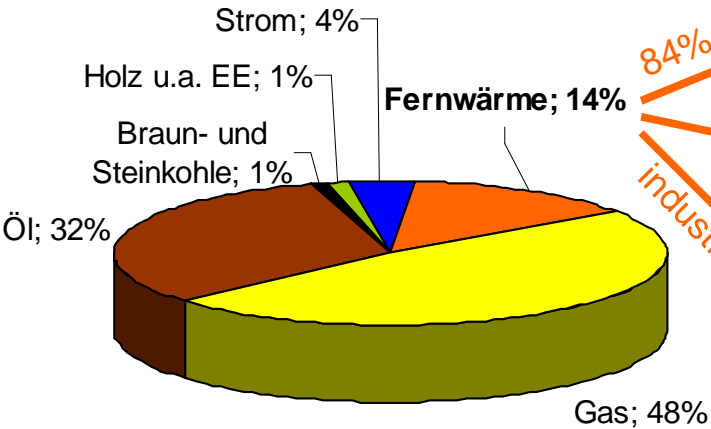
dezentrale Heizkessel:
th. WKG=93%

Strom- und Wärmebedarf in Haushalten (Deutschland)

Endenergieeinsatz in Haushalten



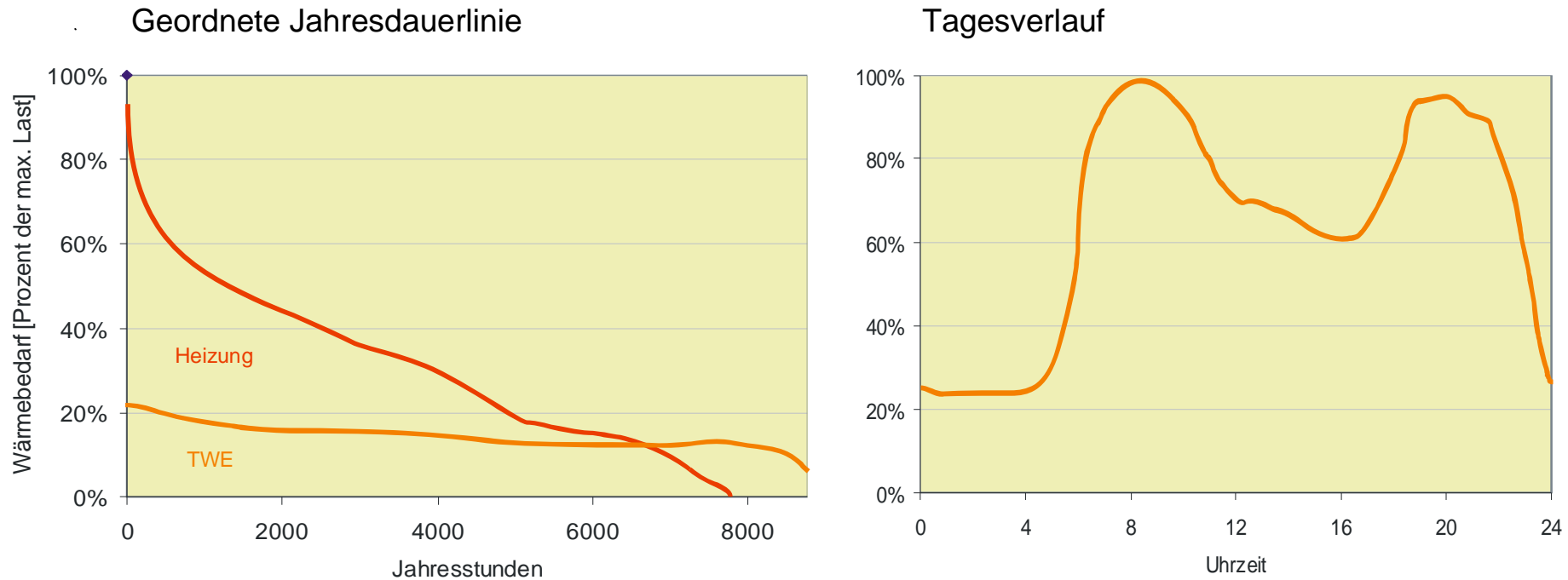
Beheizungen von Wohngebäuden



Daten: AGFW Branchenreport 2006 und 2007

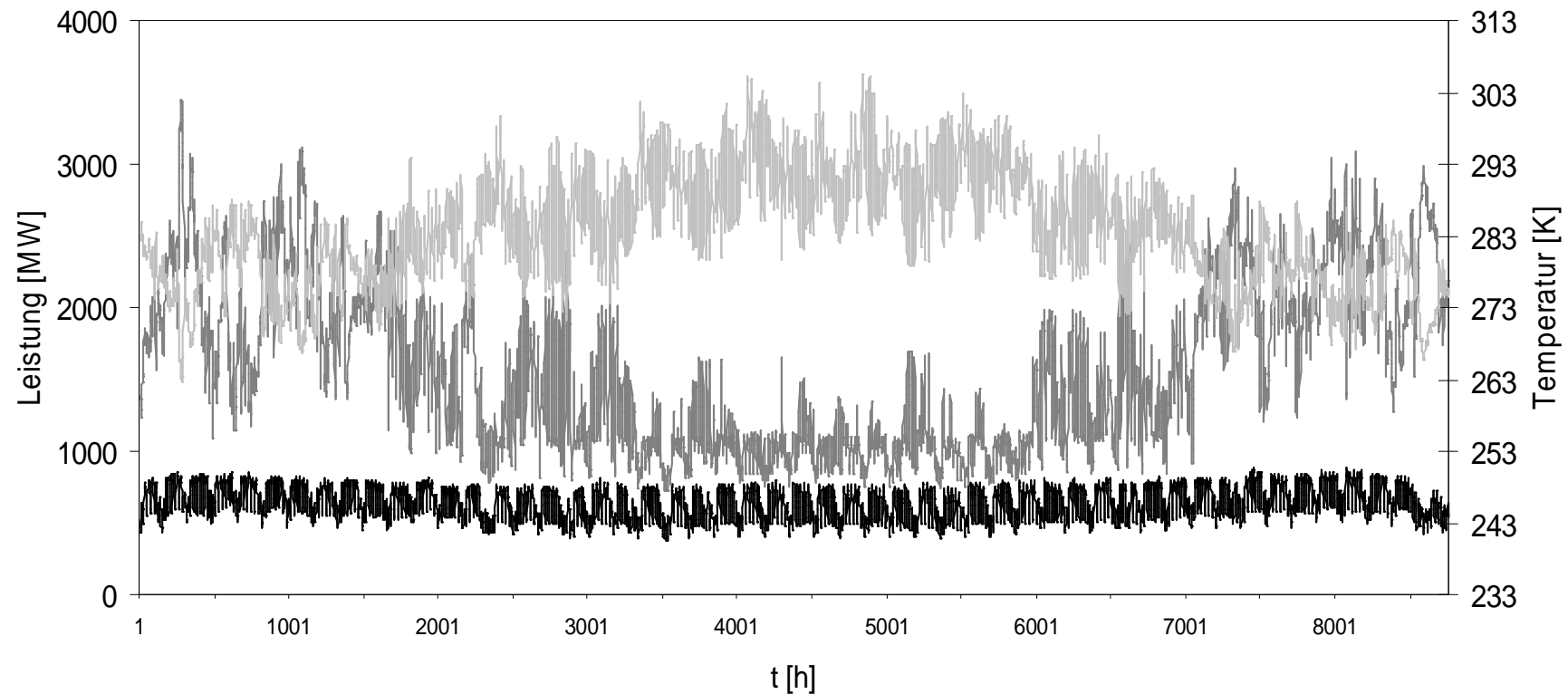
Berliner Energietage • Berlin • 05.05.2009

Zeitliche Abhängigkeit des Wärmebedarfs



Der konstant über das Jahr anfallende Bedarf an Trinkwassererwärmung (TWE) beträgt bei bestehenden Wohngebäuden ca. 20% des Heizwärmeverbrauchs, bei Gebäuden nach aktueller WSchV 30% und bei Niedrigenergiehäusern 45%

Gleichzeitigkeit des Strom- und Wärmebedarfs



Nachfrage nach Wärme (dunkelgrau, linke Achse) und elektrischer Energie (schwarz, linke Achse), in der Modellstadt Berlin. Die dazugehörige Außentemperatur ist hellgrau (rechte Achse) dargestellt.

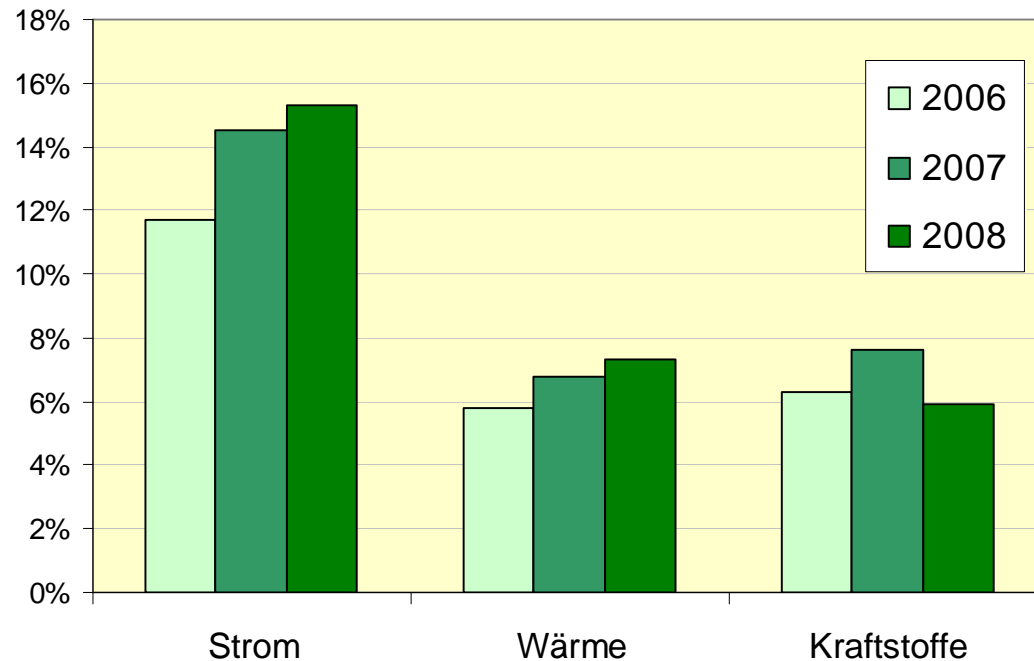
Quelle: Bruckner und Berking: Kraft-Wärme-Kopplung und Solarthermie. Synergie- und Konkurrenzeffekte beim gemeinsamen betrieboptimierten Einsatz von Solarkollektoren und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Leipzig/Berlin 2009

Fernwärme aus Erneuerbaren Energien



Biomasse-Heizkraftwerk Lünen (Foto: Rainer Sielker)

Anteil der Erneuerbaren Energien am Energiemix (Deutschland)



Erneuerbare Wärme 2008:
 92% Bioenergie
 5% Geothermie
 3% Solarthermie

Bei der Wärmeerzeugung aus erneuerbaren Energien kommen im wesentlichen biogene Festbrennstoffe (Holz) zum Einsatz.

Daten: Bundesverband Erneuerbare Energie e.V.

Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)

Eigentümer von **neu errichteten Gebäuden** müssen den Wärmebedarf anteilig durch Erneuerbare Energien decken.

Mindestanteile, je nach verwendetem Energieträger:

- ▶ Solarenergie: 15%
- ▶ gasförmige Biomasse (KWK): 30%
- ▶ flüssige und feste Biomasse: 50%
- ▶ Geothermie und Wärmepumpen: 50%

Alternativ: Deckung des Wärmebedarfs zu mindestens 50% aus

- ▶ KWK-Anlagen
- ▶ Abwärme (Wärmerückgewinnung aus raumluftechnischen Anlagen)
- ▶ Nah- oder Fernwärmeversorgung (mit 50% KWK oder wesentlicher Anteil EE)
- ▶ Energieeinsparung, die über die gesetzlichen Anforderungen hinausgehen

Für den Einsatz Erneuerbarer Energien im **Gebäudebestand** werden Fördermittel bereitgestellt.

Geothermie

Temperaturniveau:	Niedrig, 40-100°C
Verfügbarkeit:	Grundlast kaum jahres- und tageszeitliche Schwankungen
Zentral oder dezentral?	Anlagen > 5 MW, sonst aufgrund der hohen Erschließungskosten nicht wirtschaftlich Wärmeverteilung über Fernwärmenetz erforderlich
Einschränkungen:	Wärmebedarf und die für die Fernwärmeverteilung erforderliche Besiedlungsdichte müssen in der Nähe zur Geothermiequelle vorhanden sein
KWK-geeignet?	Bei Thermalwassertemperaturen > 150°C Stromerzeugung mit ORC oder Kalina-Prozess el. Wirkungsgrad ca. 10%
Bestehende Anlagen:	Installierte Gesamtleistung in Deutschland: ca. 100 MW _{geo} Hauptsächlich reine Wärmeenergieerzeugung. Geothermische Stromerzeugung: Pilotprojekte und einige in Planung befindliche Anlagen

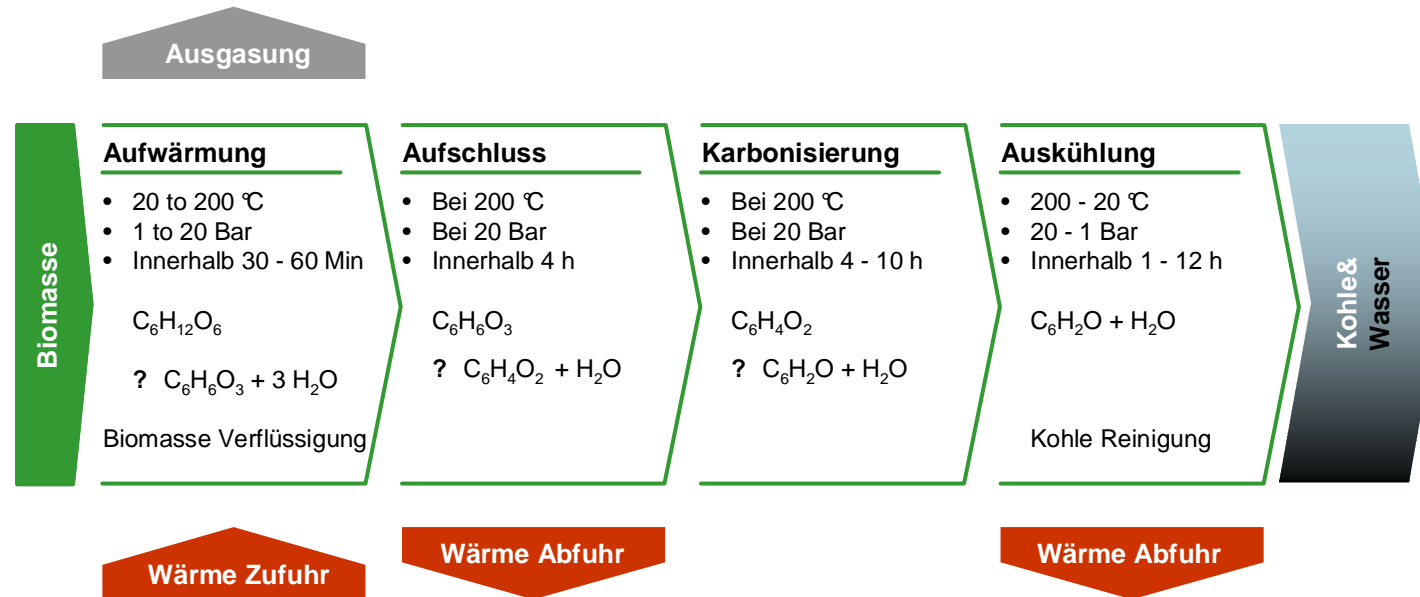
Solarenergie

Temperaturniveau:	60-400°C, abhängig von Anlagentyp
Verfügbarkeit:	Jahreszeitlich mit Heizwärmebedarf antikorreliert Erreichbare solare Deckungsrate (Haushalte): - ohne Langzeitspeicher: 10-20% - mit Langzeitspeichern: 50-60%
Zentral oder dezentral?	Meist dezentrale Trinkwassererwärmung und ggf. anteilige Raumwärmeerzeugung Einspeisung ins Fernwärmenetz möglich
Einschränkungen :	Verfügbarkeit von Dach- und Freiflächen
KWK-geeignet?	Nur bedingt. An Standorten, wo sich solare Stromerzeugung eignet (z.B. Südeuropa) ist meist kein ausreichender Wärmebedarf vorhanden
Bestehende Anlagen:	Beispiele für solare Fernwärme: Stadion Graz-Liebenau (Österreich): 1.400 m ² , 540 MWh/a Messehalle Wels (Österreich): 3.800 m ² , 1220 MWh/a

Biomasse

Temperaturniveau:	Beliebig hoch
Verfügbarkeit:	Grundlast gut speicherbar
Zentral oder dezentral?	Dezentrale Heizungsanlagen weit verbreitet (Holzpellets) Zentrale Heizwerke und Heizkraftwerke (meist Holz) Biogas-BHKW (Nahwärmeversorgung)
Einschränkungen:	Qualität verschiedener Biomassen ist sehr unterschiedlich Gesamtpotenzial wird sehr unterschiedlich eingeschätzt (Flächennutzungskonkurrenz, Konkurrenz zu Nutzung für Biokraftstoffe)
KWK-geeignet?	Ja, z.B. Holz-Heizkraftwerke und Biogas-BHKW, wenn Wärmebedarf und Biomasseverfügbarkeit räumlich zusammentreffen
Bestehende Anlagen:	Beispiele Heizkraftwerke: Lünen (Altholz, 20 MW _{el}) Ilmenau (Holz, 5 MW _{el})

Hydrothermale Karbonisierung von Biomasse



Biomasse => HTC-Kohle + Wasser + Wärme

- ▶ nasse, weiche Biomasse wird in einen transport- und lagerfähigen Energieträger umgewandelt
- ▶ HTC-Kohle enthält 70-90% der Energie der Biomasse
- ▶ Einsatz der HTC-Kohle in bestehenden Kohlekraftwerken möglich?

Die Zukunft der Fernwärme



Fernwärmehöhle unter dem Rhein in Köln (Foto: Frank Spakovski)

Fernwärme in der Energieversorgung der Zukunft

- ▶ Die Entkopplung von Angebot und Bedarf wird verstärkt erforderlich, wenn mehr Wind- und Solarenergie zum Einsatz kommen.
Speicherung bekommt eine stärkere Bedeutung.
- ▶ Durch bessere Wärmedämmung von Gebäuden wird der Wärmebedarf pro Quadratmeter Wohnfläche voraussichtlich sinken.
Sind Fernwärme-Neuanschluss-Gebiete wirtschaftlich?
- ▶ Steigt der Bedarf an Gebäudeklimatisierung? => Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung
- ▶ negative Regelenergie hat an der Strombörse einen Preis bekommen.
Ist Wärmeerzeugung aus überschüssigem Windstrom (Nachtstrom) eine Option?
- ▶ Wie konkurrieren die verschiedenen Erneuerbaren Energieträger untereinander und mit KWK-Anlagen?

Komplexe Modellierung von Energiesystemen

Für eine volkswirtschaftliche Analyse eines Systems mit hohem Anteil an KWK und Erneuerbaren muss die Modellierung folgendes berücksichtigen:

- ▶ Kann der gesamte in KWK erzeugte Strom abgenommen werden?
 - zeitlich hochaufgelöste Modellierung des Wärme- und Strombedarfs und der Wärme- und Stromerzeugung erforderlich,
 - dies ist besonders wichtig, wenn ein erheblicher Ausbau der Windkraft angenommen wird.

- ▶ Die Emissionen, die durch den Einsatz von KWK vermieden werden, sind nicht konstant sondern hängen vom sogenannten Grenzkraftwerk ab, das zur Erzeugung der „letzten kWh Strom“ eingesetzt wurde.
 - Modellierung muss die Einsatzreihenfolge (Merit Order) der Kraftwerke abbilden

- ▶ Der Energiemarkt ist nicht zentral gesteuert, sondern besteht aus vielen Akteuren, die ihre Anlagen gewinnmaximierend einsetzen.

Konkurrenzeffekte KWK und Solarthermie: Ergebnisse

Technologien der **Solarthermie**, der **Kraft-Wärme-Kopplung** und der **Wärmedämmung** führen zu einer substanziellen Senkung der Treibhausgasemissionen im Vergleich zum Referenzszenario mit Gaskesseln und Strombezug aus dem bundesdeutschen Netz.

Beim gemeinsamen Einsatz der Technologien zeigen sich ausgeprägte **Konkurrenz- und Verdrängungseffekte**. Die Emissionsminderungen sind sub-additiv.

- ▶ Der **Konkurrenzeffekt** fällt bei steinkohlebefeuelten Entnahme-Kondensations-Kraftwerken geringer aus als bei gasbefeuelten Gegendruck-Heizkraftwerken.
- ▶ Bei der Integration von **Solarthermie-Anlagen in ein Fernwärmenetz**, das durch hocheffiziente gasbefeuelte Heizkraftwerke versorgt wird, ist eine **Erhöhung der CO₂-Emissionen** im kostenoptimierten Betrieb möglich.
- ▶ **Wärmedämmmaßnahmen** führen einerseits zur weiteren Senkung der Emissionen und Kosten; andererseits **verschärfen sie die Konkurrenzeffekte** der eingesetzten Versorgungstechnologien.

Quelle: Bruckner und Berking: Kraft-Wärme-Kopplung und Solarthermie. Synergie- und Konkurrenzeffekte beim gemeinsamen betrieboptimierten Einsatz von Solarkollektoren und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Leipzig/Berlin 2009

Fazit

- ▶ Derzeit beträgt der Anteil an EE an der Wärmeerzeugung nur ca. 7%, hauptsächlich Holz für dezentrale Heizungen.
- ▶ Biomasse, Geothermie, Solarenergie und ggf. sogar Windenergie können in Zukunft eine Rolle bei der Wärmeversorgung spielen, teilweise in Kombination mit KWK.
- ▶ Durch den Einsatz von Kraft-Wärme-Kopplung kann die Entwicklung bei der Wärmeerzeugung, z.B. hinsichtlich der CO₂-Emissionen, nicht unabhängig von der Stromerzeugung untersucht werden.
- ▶ In Energiesystemen mit einem hohen Anteil an Wind- und Solarenergie wird die zeitliche Übereinstimmung von Bedarf und Erzeugung zunehmend wichtiger.
- ▶ Welche Technologien die größten CO₂-Einsparungen bringen, und welche sich unter den wirtschaftlichen und politischen Rahmenbedingungen durchsetzen können, kann nur anhand von komplexen, zeitlich hochaufgelösten Modellierungen des Gesamtsystems eingeschätzt werden.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Konkurrenzeffekte EE und KWK

Analyse der dynamischen Interaktion und potenzieller Konkurrenzeffekte von KWK und EE

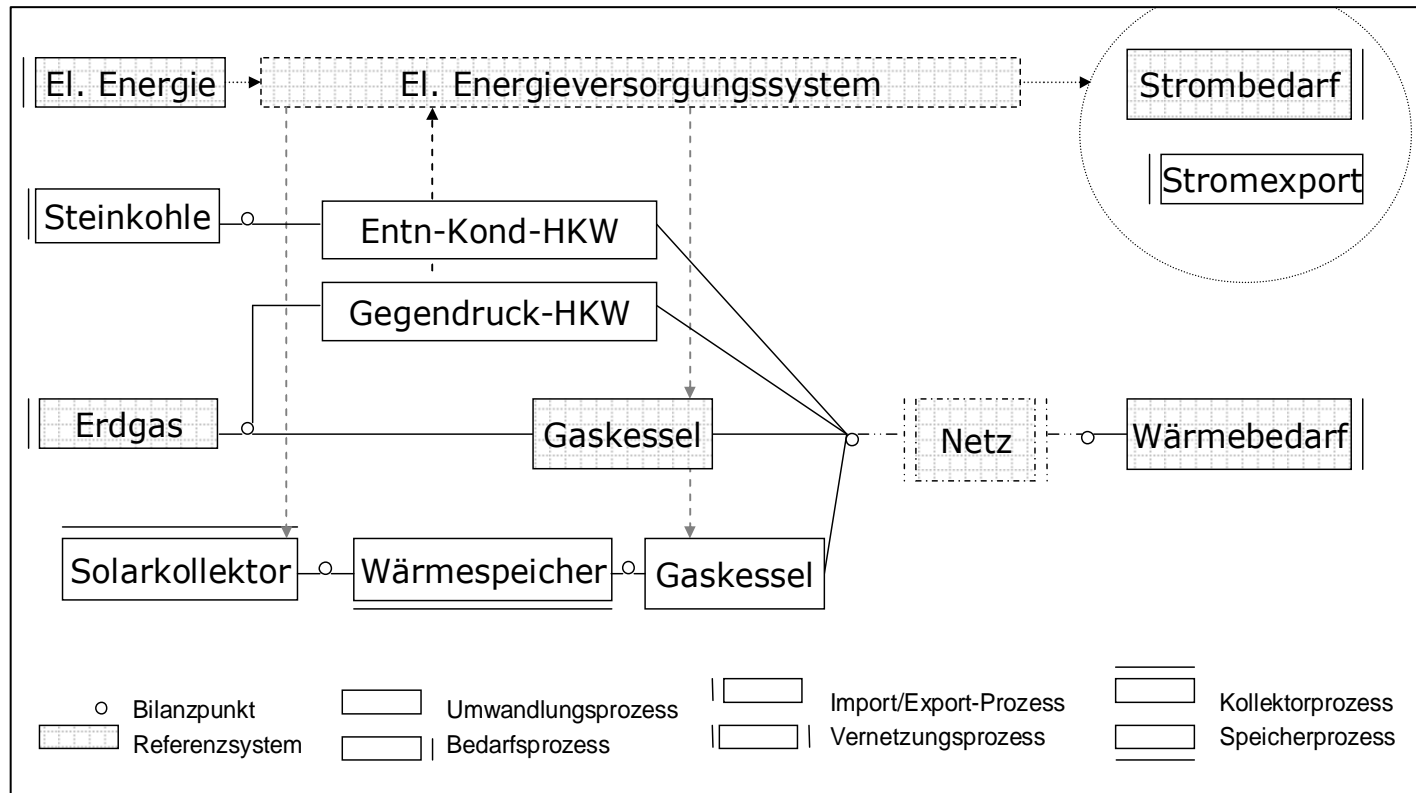
Beispiel: KWK und Solarthermie

Modellierung mit **deeco**:

- ▶ zeitlich und räumlich hoch aufgelöstes Energiesystemoptimierungsmodell unter Berücksichtigung von Kosten, Energieverbrauch, Emissionen
- ▶ umfangreiche Modulbibliothek:
verschiedene Kraftwerkstypen, BHKW, Solarthermie, Photovoltaik, Windkraft, industrielle Abwärmenutzung, Speicher, transparente Wärmedämmung u.a.
- ▶ Außentemperatur, Solarstrahlung, Windgeschwindigkeit
- ▶ Vor- und Rücklauftemperatur von Wärmeströmen

Konkurrenzeffekte KWK und Solarthermie: Modellierung

„Modellstadt Berlin“



Quelle: Bruckner und Berking: Kraft-Wärme-Kopplung und Solarthermie. Synergie- und Konkurrenzeffekte beim gemeinsamen betrieboptimierten Einsatz von Solarkollektoren und Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen. Leipzig/Berlin 2009

KWK Modellstadt Berlin



Eine Initiative der Berliner Energieagentur
in Kooperation mit der GASAG, Vattenfall und
der Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt
und Verbraucherschutz.

KWK Modellstadt Berlin
c/o Berliner Energieagentur GmbH
Französische Straße 23 | 10117 Berlin
Telefon: 030 29 33 30 - 602
Telefax: 030 29 33 30 – 99
info@kwk-modellstadt-berlin.de
www.kwk-modellstadt-berlin.de