



Perspektiven für die Fernwärme in Hamburg effizient - bezahlbar - klimaverträglich

Vortrag beim Hamburger Energietisch
Dr. Stephan Richter, GEF Ingenieur AG
15.09.2014

GEF Ingenieur AG, Leimen



- Ingenieurbüro mit 40 Mitarbeiter/innen
- 4 Abteilungen: Studien, Trassenplanung, Erzeugung, Bauüberwachung
- 30 Jahre Erfahrung in der Planung von Fernwärme-Trassen und Fernwärme-Erzeugungsanlagen

- Kunden: Fernwärmeversorgungsunternehmen aller Größen (von Laubach/Mittelhessen bis Paris)
öffentliche Hand (Kommunen, Ministerien)

- Projekte (Auswahl)
 - Wärmemasterplan Mainz (Stadtwerke Mainz)
 - FW-Einsatz im Quartierskonzept Dulsberg (BSU HH)
 - Planung FW-Leitung im Rheindüker in Köln (RheinEnergie, Köln)
 - Hydraulik , Trassenplanung u. Bauüberwachung FW-Netz Grünwald (Erdwärme Grünwald)
 - Planung u. Bauüberwachung Fernwärme/-kältezentrale Campus Neuenheim (Uni HD)



Informationen zum Forschungsprojekt Trafo

Titel: Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien

Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Referat Ki III, Berlin

Förderkennzeichen: 0325184

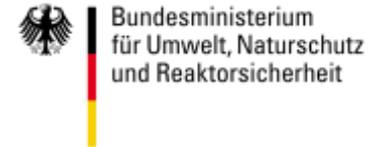
Projektträger: Projektträger Jülich

Projektteam: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

GEF Ingenieur AG, Leimen

AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., Frankfurt a. M.

Laufzeit: Oktober 2010 - August 2012



Inhalt

- Grundbegriffe Fernwärme
- Eckpunkte Fernwärmesystem Vattenfall Wärme Hamburg
kombiniert mit
- Ausgewählte Ergebnisse aus der „Trafo“-Studie
- Wege zu höheren EE-Anteile in der Fernwärme
am Beispiel Vattenfall Wärme Hamburg
- Zusammenfassung: Herausforderungen bei der Erhöhung des
EE-Anteils an der Fernwärme in Hamburg

Grundbegriffe
Fernwärme

Eckpunkte FW-System
Vattenfall Wärme HH

Ausgewählte Ergebnisse
Trafo-Studie

Wege zu mehr EE in der
Fernwärme

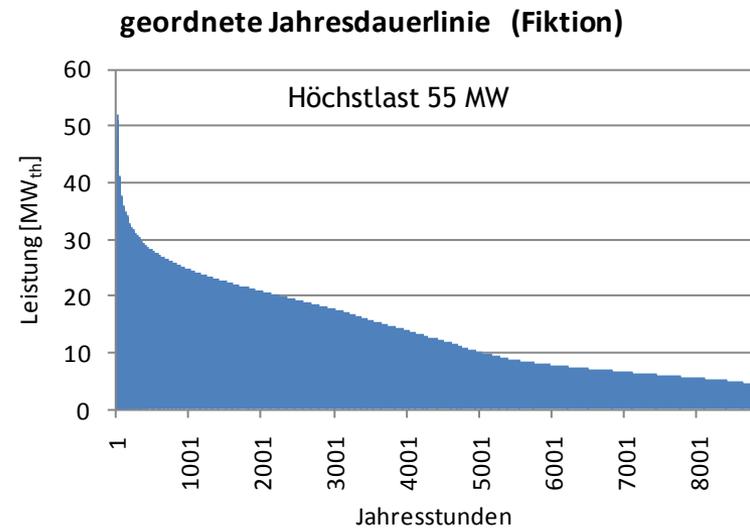
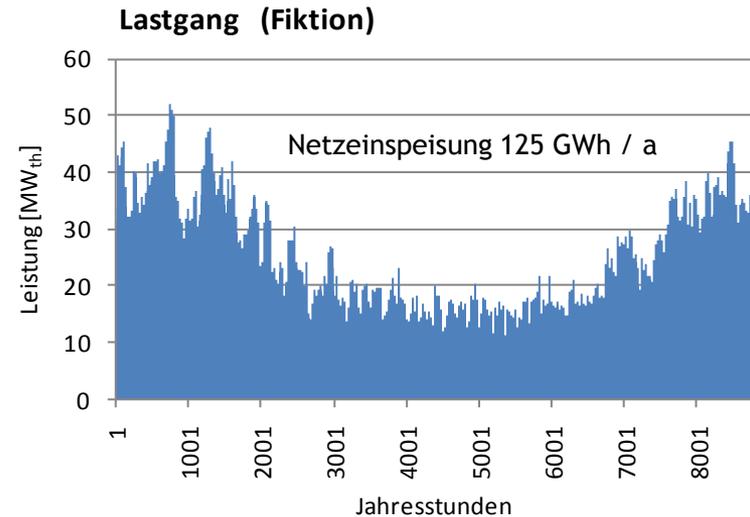
Zusammenfassung

Lastgang (LG)

Aufschlüsselung (der Netzeinspeisung)
chronologisch für ein Jahr
(z.B. 8760 Stundenschritte)

geordnete Jahresdauerlinie (JDL)

Werte des Lastgangs der Größe nach
absteigend sortiert



Inhalt

- Grundbegriffe Fernwärme
- Eckpunkte Fernwärmesystem Vattenfall Wärme Hamburg
kombiniert mit
- Ausgewählte Ergebnisse aus der „Trafo“-Studie
- Wege zu höheren EE-Anteile in der Fernwärme
am Beispiel Vattenfall Wärme Hamburg
- Zusammenfassung: Herausforderungen bei der Erhöhung des
EE-Anteils an der Fernwärme in Hamburg

Grundbegriffe
Fernwärme

Eckpunkte FW-System
Vattenfall Wärme HH

Ausgewählte Ergebnisse
Trafo-Studie

Wege zu mehr EE in der
Fernwärme

Zusammenfassung

Spitzenlast

oft Kessel

Anteil fossile Kessel i. d. Grafik 30 %

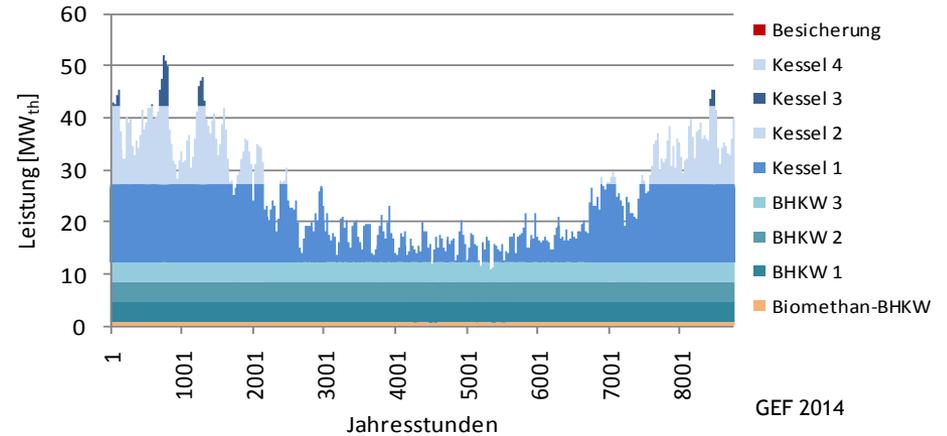
Grundlast

Anlage mit niedr. spez. Wärmegehungskosten
oft KWK-Anlagen

Anteil erneuerbare KWK i. d. Grafik 6 %

Anteil fossile KWK i. d. Grafik 64 %

Erzeugereinsatzreihenfolge (Fiktion)



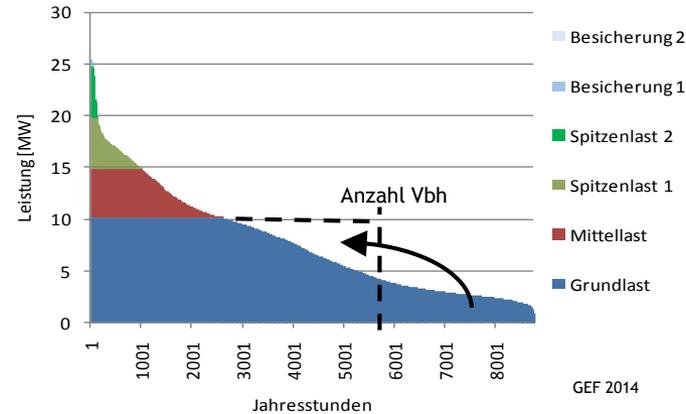
GEF 2014

Erzeugereinsatzreihenfolge (EER)

Äquival. Vollbenutzungsstunden (Vbh)

von einer Anlage eingespeiste
Wärmemenge geteilt durch die
Nennleistung der Anlage

Erzeugereinsatzreihenfolge



GEF 2014

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Anschlusswert (AW)

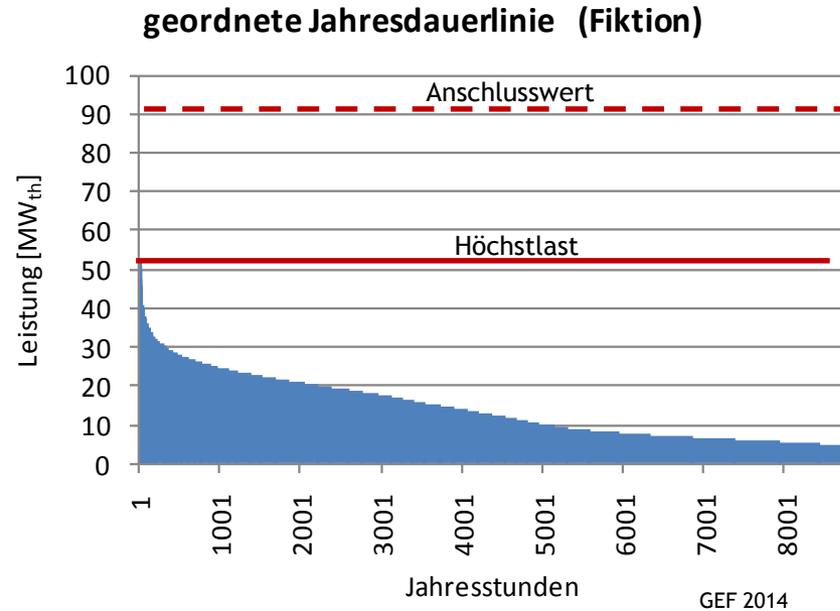
Summe der Anschlusswerte aller Kundenstationen

Höchstlast Fernwärmenetz (HL)

maximale ins Netz eingespeiste Leistung
außentemperaturabhängig

Gleichzeitigkeitsfaktor (GZF)

Anteil der Höchstlast am Anschlusswert



Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Gleitende Temperaturfahrweise

Vorlauftemperatur

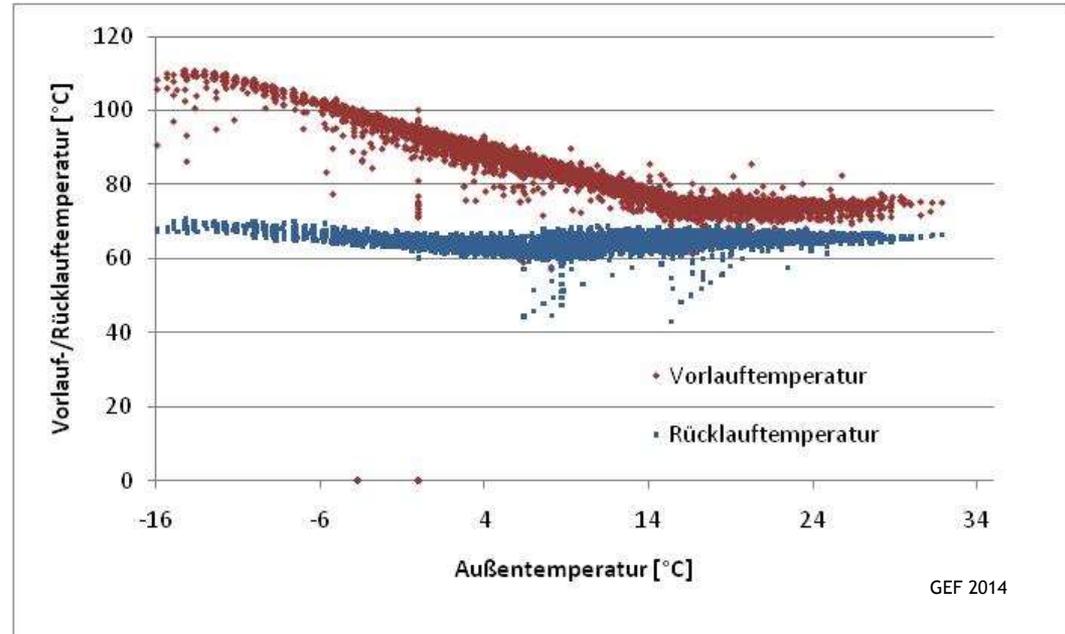
wird vom FVU festgelegt

gleitende Temperaturfahrweise in Abhängigkeit von der Außentemperatur

- reduziert Netzverluste
- verbessert Regelbarkeit

Rücklauftemperatur

wird von der Kundenanlage bestimmt



GEF 2014

Wärmetransport

$$\dot{Q} = \dot{m} \times c_p \times (T_{VL} - T_{RL})$$

\dot{Q}	Wärmeleistung	T_{VL}	Vorlauftemperatur	Vattenfall Wärme Hamburg
\dot{m}	Massenstrom	T_{RL}	Rücklauftemperatur	max. T_{VL} 130 °C
c_p	Wärmekapazität von Wasser			zulässige T_{RL} 50 °C (real 60 °C ?)

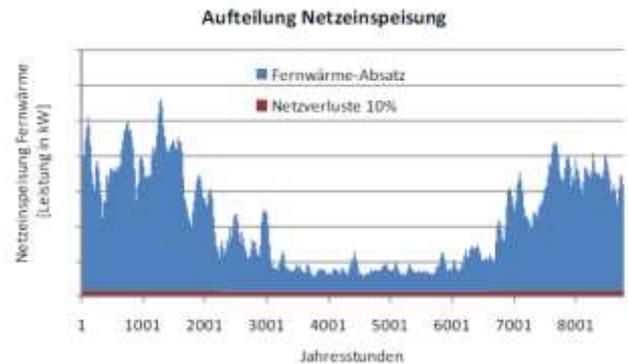
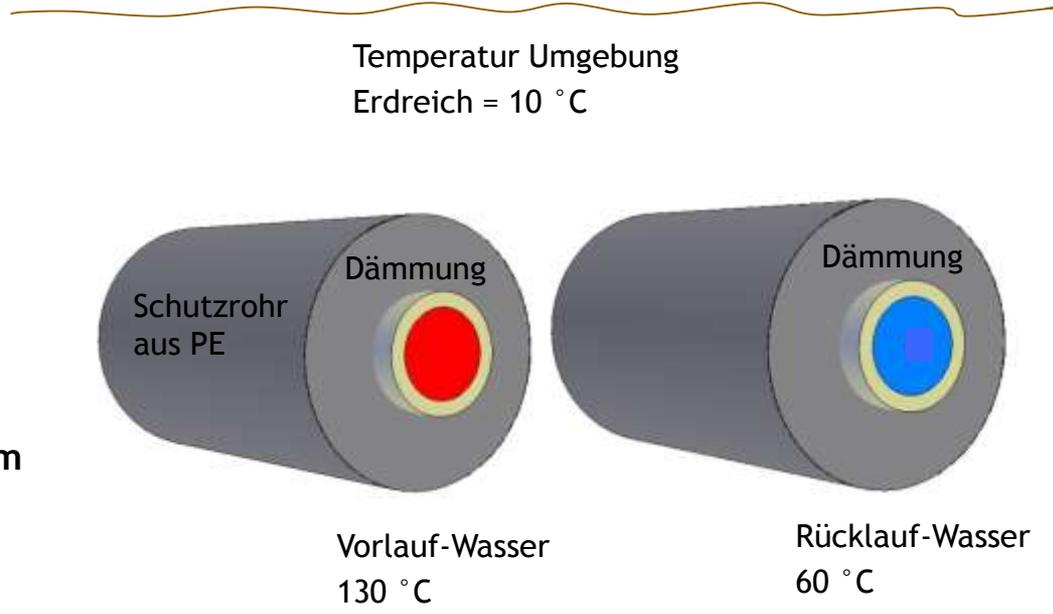
Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Netzverluste

bestimmt durch

- Oberfläche der Leitungen (Vorlauf + Rücklauf), d.h. Leitungslänge und Leitungsdurchmesser
- Dämmung (k-Wert)
- Temperaturdifferenz zwischen Medium und Umgebung

Die Netzverluste sind - verglichen mit dem Fernwärme-Absatz - übers Jahr gesehen fast konstant.



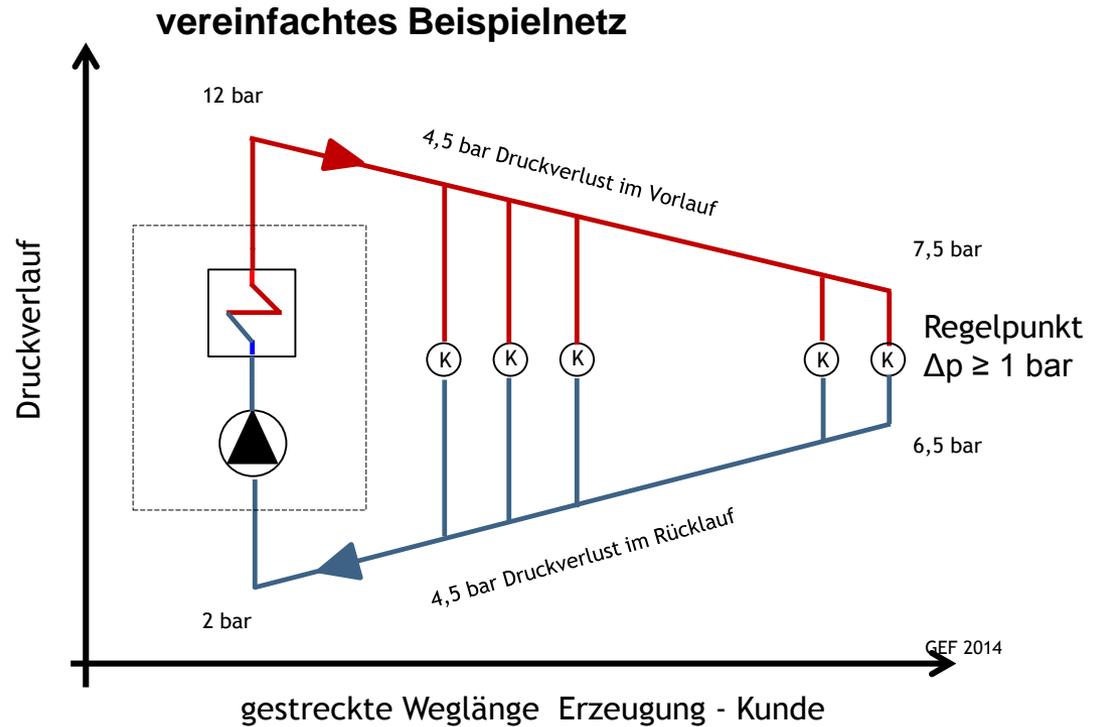
Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Druckverlust, Differenzdruck und kritischer Kunde

10 m Wassersäule = 1 bar

typische max. Drücke liegen zwischen 10 und 40 bar

üblicher Differenzdruck beim kritischen Kunde: 1 bar



Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Kostenblöcke in der Fernwärme

Beispiel: Machbarkeitsstudie Nahwärmenetz Nordlippe

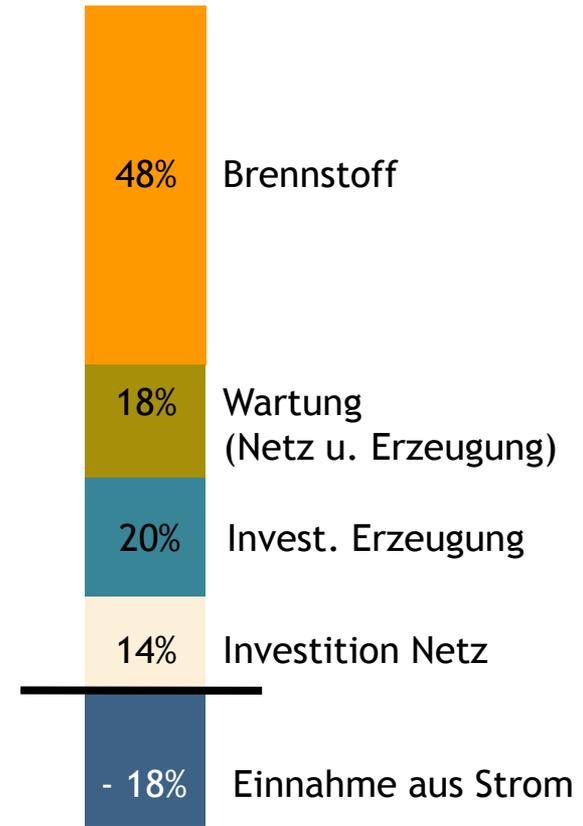
(hoher Anteil erneuerbarer Wärme)

Fixkosten: Kapitalkosten Netz
 Wartungskosten Netz
 Kapitalkosten Erzeugung
 fixe Wartungskosten Erzeugung

Variable Kosten: var. Betriebskosten Netz
 var. Wartungskosten Erzeugung
 Brennstoffkosten
 Stromeinnahmen (= negative Kosten)

= Wärmegestehungskosten

+ Overhead
 + Marge



Insgesamt Mischkalkulation aus Einnahmen für Strom und Wärme

Quelle: GEF
Regionales Energiekonzept Nordlippe 2010

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Wärmenetz Vattenfall Wärme Hamburg (VWH)

700 km Trassenlänge Heißwasser

6 km Trassenlänge Dampf

ca. 1.800 MW_{th} Erzeugerleistung

ca. 4.200 GWh Arbeit/a

ca. 9.700 Hausanschlüsse

ca. 3.200 MW Anschlusswert

- 330 kW AW/HA
- 4,5 MW/km Trasse



Quelle: 3 | Innovationskraftwerk Wedel | Dr. Martin Erker | 25.04.2013



Primärenergiefaktor 0,57

KWK-Anteil ca. 90 %

EE-Anteil (Altholz + Müll/2) ca. 14 %

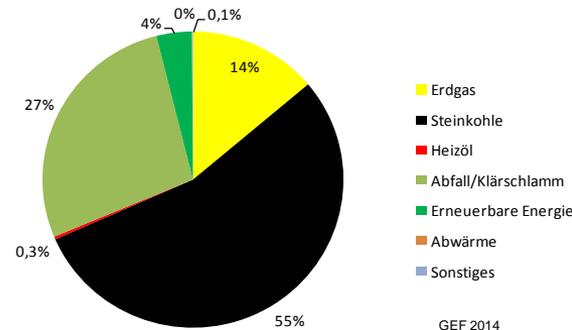
T_{VL} 90 - 130 °C
 T_{RL} 60 °C (?)

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

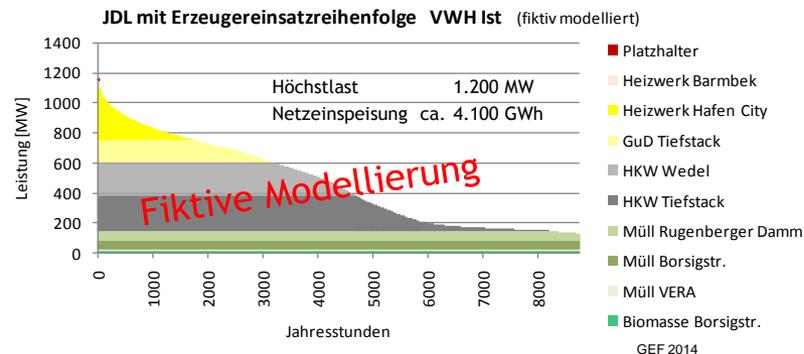
Erzeugungsanlagen

Erzeugungsmix VWH	real 2013	Modell (s. JDL unten)
Biomasse	31,20%	4%
Abfall		27%
Steinkohle	54,7%	55%
Erdgas	13,8%	13,9%
Öl	0,3%	0,0%
Strom	0,1%	

Erzeugungsmix Vattenfall Wärme Hamburg (modelliert nach Drs. 20/8931)



	MW _{brutto} Strom	MW _{th} Fernwärme	Brennstoff
Heizkraftwerke			
HKW Tiefstack	321	785	Steinkohle
HKW Wedel	258	418	Steinkohle
GuD Tiefstack	125	145	Erdgas
MVA Rug. Damm	29	70	Abfall
Bio-HKW	20	15	Altholz
MVA Vera	12,3	9	Abfall
Heizwerke			
HW HafenCity		350	Erdgas
MVA Borsigstr.		60	Abfall
HW Barmbek		45	Erdgas
neue bzw. geplante Anlagen			
HW Haferweg		150	Erdgas
GuD Wedel		400	Erdgas



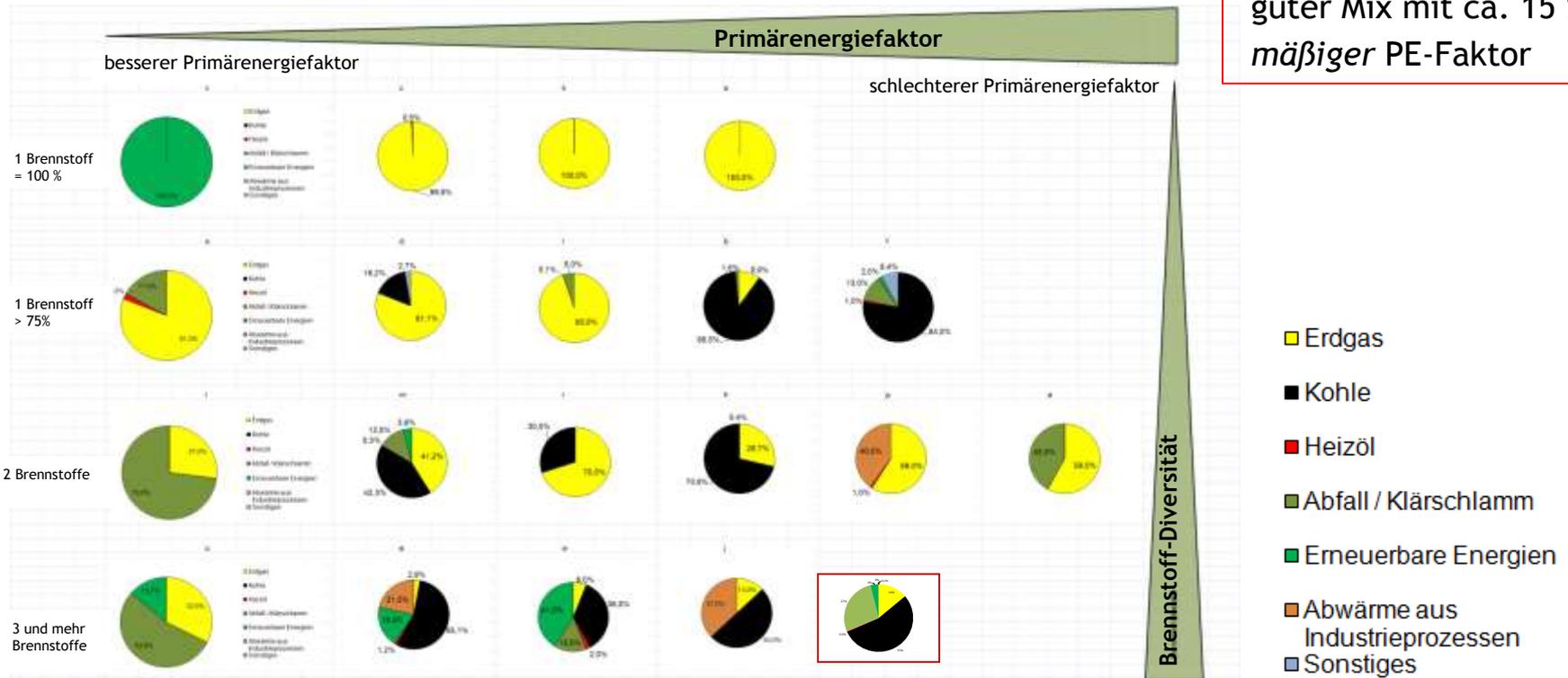
- Leistung HKW 1.400 MW, HW 450 MW
- Höchstlast ca. 1.200 MW

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Vergleich mit Trafo Bestandsnetzen

- Untersuchung von 19 Bestandsnetzen in Deutschland
- Fossile Energieträger Erdgas und Steinkohle dominieren
- Nutzung von Abfall, Abwärme und Biomasse

Vattenfall Wärme HH
 guter Mix mit ca. 15 % EE
 mäßiger PE-Faktor



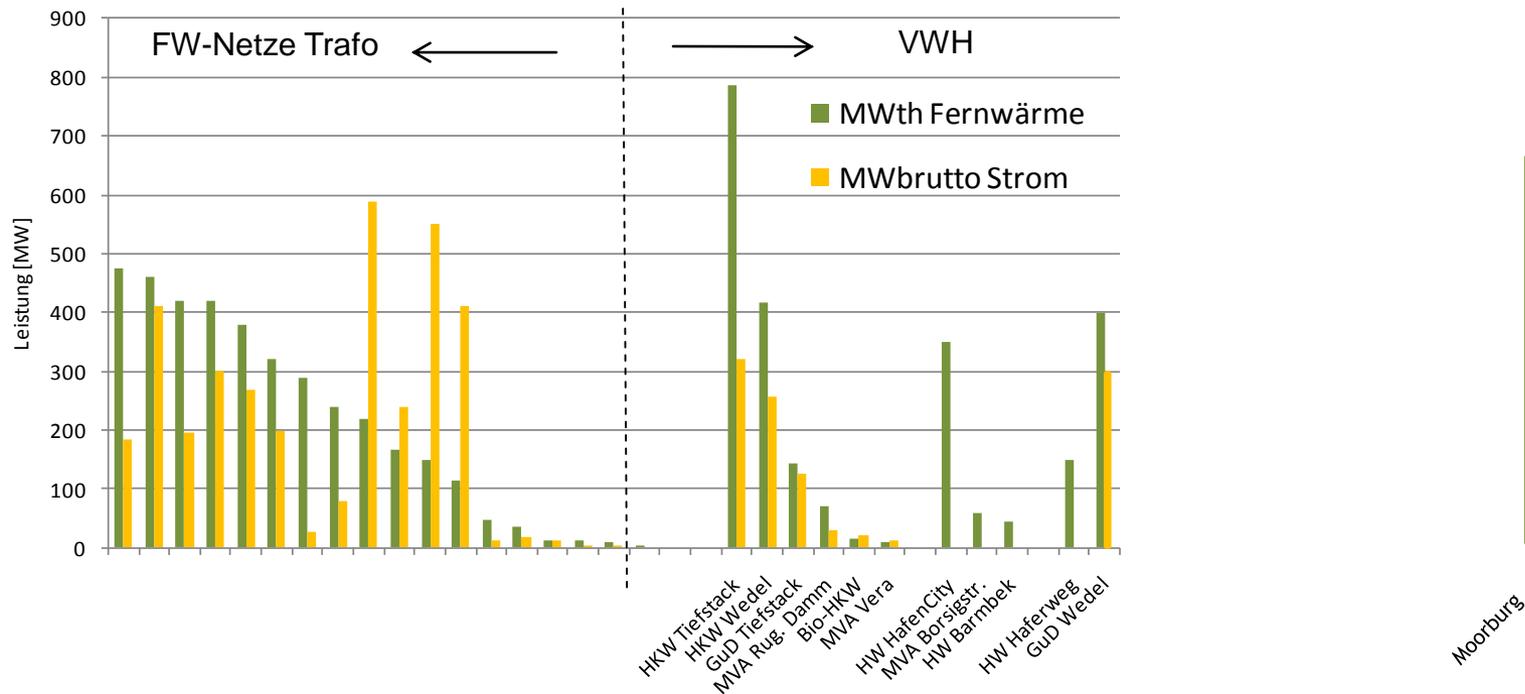
GEF 2014

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Vergleich mit Erzeugungsanlagen in den Trafo-Bestandsnetzen

- Trafo: Untersuchung von 19 Bestandsnetzen in Deutschland (linke Seite Grafik)
- bei VHW deutlich größere Leistungsklassen in der Erzeugung (-> größeres Netz!)
- bei VHW orientiert sich Anlagengröße eher am Wärmebedarf als am Strom (außer Moorburg)

Leistung der (größten) Erzeugungsanlagen



Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	--	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Parameter/Kategorie Ausprägung	holzartige Biomasse		Biomassemit- verbrennung		
Ausreichende Verfügbarkeit des EE	Biomasse in welcher Menge beschaffbar?				
Erzeugertyp	Kessel	KWK		Kessel	KWK
		Dampf- kraft- Prozess	ORC/KC	in Kohle- kesseln	Kohle Dampf- kraft-Proz.
therm. Leistungsklasse					
<i>bis 1 MW</i>	✓		✓		
<i>1 bis 5 MW</i>	✓		✓		
<i>5 bis 10 MW</i>	✓		✓		
<i>10 bis 20 MW</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>> 20 MW</i>	✓	✓		✓	✓
elektr. Leistungsklasse					
<i>bis 1 MW</i>			✓		
<i>1 bis 5 MW</i>			✓		
<i>5 bis 10 MW</i>		✓			✓
<i>10 bis 20 MW</i>		✓			✓
<i>> 20 MW</i>		✓			✓
Lasttyp					
<i>Spitzenlast</i>	✓	3)	3)	✓	3)
<i>Grundlast</i>	✓	✓	✓	✓	✓
<i>Sommerlast</i>					
Temperaturniveau					
<i>Dampfnetz</i>	✓	✓		✓	✓
<i>Hochtemperaturnetz ($T_{VI} > 140^{\circ}C$)</i>	✓	✓		✓	✓
<i>Heißwassernetze ($140^{\circ}C > T_{VI} > 110^{\circ}C$)</i>	✓	✓		✓	✓
<i>$110^{\circ}C > T_{VL} > 90^{\circ}C$</i>	✓	✓		✓	✓
<i>Low-Ex-Netz</i>	✓	✓	✓	✓	✓

Feste Biomasse

Vorteile

- hohe Temperaturen möglich
- große Leistungsklassen möglich
- Holz ist lagerbar, Holzeinsatz ist regelbar
- Logistik ähnlich wie Importkohle

Nachteile

- inhomogene Brennstoffqualität
- niedrigerer Heizwert/Tonne als Kohle
- Feinstaubproblematik
- Altholzverbrennung
- begrenzte erneuerbare Ressource
- regionale Holzlogistik fehlt z.T.

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Parameter/Kategorie <i>Ausprägung</i>	<i>Biomethan</i>	
Ausreichende Verfügbarkeit des EE	Biomethan in welcher Menge beschaffbar?	
Erzeugertyp	Kessel	KWK
		alle Erdgas-KWK-Anlagen möglich
therm. Leistungsklasse		
<i>bis 1 MW</i>	✓	✓
<i>1 bis 5 MW</i>	✓	✓
<i>5 bis 10 MW</i>	✓	✓
<i>10 bis 20 MW</i>	✓	✓
<i>> 20 MW</i>	✓	✓
elektr. Leistungsklasse		
<i>bis 1 MW</i>		✓
<i>1 bis 5 MW</i>		✓
<i>5 bis 10 MW</i>		✓
<i>10 bis 20 MW</i>		✓
<i>> 20 MW</i>		✓
Lasttyp		
<i>Spitzenlast</i>	✓	3)
<i>Grundlast</i>	✓	✓
<i>Sommerlast</i>		
Temperaturniveau		
<i>Dampfnetz</i>	✓	✓
<i>Hochtemperaturnetz ($T_{VI} > 140^{\circ}C$)</i>	✓	✓
<i>Heißwassernetze ($140^{\circ}C > T_{VI} > 110^{\circ}C$)</i>	✓	✓
<i>$110^{\circ}C > T_{VI} > 90^{\circ}C$</i>	✓	✓
<i>Low-Ex-Netz</i>	✓	✓

Gasförmige Biomasse

Vorteile

- hohe Temperaturen möglich
- große Leistungsklassen möglich
- Einsatz gasförmiger Biomasse ist regelbar
- Erdgas-Infrastruktur kann genutzt werden (Transport, Speicherung)

Nachteile

- Biomethanproduktion reduziert den Nettoenergieertrag im Vgl. zu Biogas
- begrenzte erneuerbare Ressource
- beim Anbau von Energiepflanzen Zielkonflikte mit Umwelt- u. Naturschutz, Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Parameter/Kategorie Ausprägung	<i>hydrothermale Tiefengeothermie</i>	
Ausreichende Verfügbarkeit des EE	Geothermie regional verfügbar	
Erzeugertyp	reine Wärme- nutzung	KWK
		ORC/KC
therm. Leistungsklasse		
<i>bis 1 MW</i>		
<i>1 bis 5 MW</i>	Leistungsklassen standortspezifisch (abhängig von Temperaturniveau, Förderrate)	
<i>5 bis 10 MW</i>		
<i>10 bis 20 MW</i>		
<i>> 20 MW</i>		
elektr. Leistungsklasse		
<i>bis 1 MW</i>		✓ ⁵⁾
<i>1 bis 5 MW</i>		✓ ⁵⁾
<i>5 bis 10 MW</i>		
<i>10 bis 20 MW</i>		
<i>> 20 MW</i>		
Lasttyp		
<i>Spitzenlast</i>	4)	3)
<i>Grundlast</i>	✓	✓
<i>Sommerlast</i>		
Temperaturniveau		
<i>Dampfnetz</i>		
<i>Hochtemperaturnetz ($T_{VL} > 140^{\circ}C$)</i>		
<i>Heißwassernetze ($140^{\circ}C > T_{VL} > 110^{\circ}C$)</i>	standortspezifisch	
<i>$110^{\circ}C > T_{VL} > 90^{\circ}C$</i>		
<i>Low-Ex-Netz</i>		

Geothermie

Vorteile

- unbegrenzte erneuerbare Ressource
- ganzjährig verfügbar, regelbar

Nachteile

- regional eingeschränkt verfügbar
- in der Leistungsklasse begrenzt
- im Temperaturbereich begrenzt
- hoher Pumpstromaufwand
- Fündigkeitsrisiko, geologische Risiken
- geothermische Wärmedirektnutzung konkurriert mit (fossiler und erneuerbarer) KWK-Wärme

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Parameter/Kategorie Ausprägung	Solarthermie	
Ausreichende Verfügbarkeit des EE	für Großanlagen Aufstellungsfläche 1500 m ² oder größer	
Erzeugertyp	Flach- Kollektor	Vakuum- röhren- Kollektor
therm. Leistungsklasse		
bis 1 MW	(✓) flukt.	(✓) flukt.
1 bis 5 MW	(✓) flukt.	(✓) flukt.
5 bis 10 MW	(✓) flukt.	(✓) flukt.
10 bis 20 MW		
> 20 MW		
elektr. Leistungsklasse		
bis 1 MW		
1 bis 5 MW		
5 bis 10 MW		
10 bis 20 MW		
> 20 MW		
Lasttyp		
Spitzenlast		
Grundlast		
Sommerlast	✓	✓
Temperaturniveau		
Dampfnetz		
Hochtemperaturnetz ($T_{VI} > 140^{\circ}\text{C}$)		
Heißwassernetze ($140^{\circ}\text{C} > T_{VI} > 110^{\circ}\text{C}$)		✓ ²⁾
$110^{\circ}\text{C} > T_{VI} > 90^{\circ}\text{C}$	✓ ²⁾	✓ ²⁾
Low-Ex-Netz	✓ ²⁾	✓ ²⁾

Solarthermie

Vorteile

- unbegrenzte erneuerbare Ressource
- in großen Fernwärmenetzen auch im Sommer kontinuierlich Wärmenachfrage; bei niedrigen Netztemperaturen hohe spez. Kollektorerträge möglich
- Angebot parallel zum Angebot von PV

Nachteile

- in der Leistungsklasse begrenzt
- enger Temperaturbereich (VL, RL)
- fluktuierend, im Winter nicht verfügbar; begrenzter Beitrag zur Jahreswärmearbeit
- Konkurrenz um Flächen
- im Sommer Konkurrenz zu Abwärme und KWK-Wärme

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Direktelektrische Heißwasserbereitung

TECHNIK / BETRIEB

- Technik weitgehend unproblematisch
- schwierige Übereinstimmung von Wärmebedarf und Wärmeerzeugung bei Abhängigkeit von Regelenergie - hochkomplexes Erzeugungsmanagement
- Anzahl der möglichen Betriebsstunden ?
- große Wärmespeicher erforderlich

ÖKONOMIE

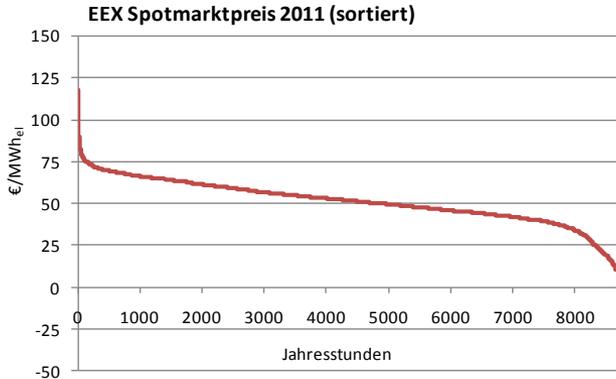
- Zukünftige Entwicklung des Gaspreises vs. Börsenstrompreis?
- Wirtschaftlichkeit von KWK-Anlagen?

ÖKOLOGIE

- E-Kessel vs. Großwärmepumpen

GESAMTEINSCHÄTZUNG

- Bewertungsunterschiede heute und in der Zukunft (bei höheren EE-Anteilen im Strommarkt)



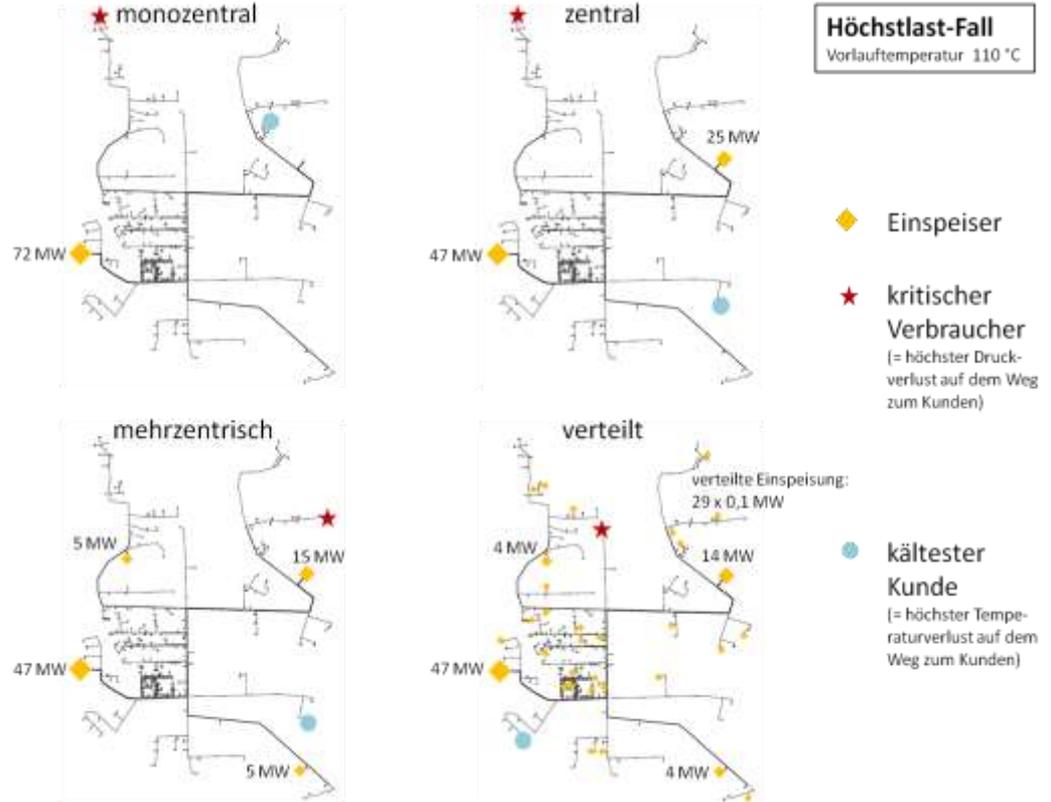
negative Strompreis EEX	
Jahr	Stunden/Jahr
2009	71
2011	15
2012	56
2013	63

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Technische Analyse - verteilte Einspeisung ins Netz

mono zentral mehrzent. verteilt

■ Netzverlustleistung [% d. Einspeisung]	2%	2%	2%	2%
	++	++	++	++
■ Pumpstromleistung [kW]	293	271	207	211
	o	+	++	++
■ Regelung	++	++	+	o / - / --
■ Versorgungssicherheit	o	+	++	++
■ TVL beim kältesten Kunden [°C]	104	103	103	102



++ / sehr gut, + / gut, o / befriedigend, - / schlecht, -- / sehr schlecht

Parameter: 30 km Trassenlänge, Netz dimensioniert auf mehrzentrische Erzeugung, Summe der Einspeiseleistung 72 MW_{th}, Netztemperaturen 110 °C / 60 °C

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Weitere zentrale Ergebnisse Trafo-Studie

■ Keine Scheu vor kleinen Schritten

Eine Transformation von fossiler in Richtung erneuerbarer Fernwärme ist in großen Bestandsnetzen möglich. Aus einem Ausgleich wesentlicher Einflussgrößen (technologische Umsetzbarkeit, Investitionsvolumen, Ertragskraft bzw. Preissteigerungsmöglichkeiten, Zeitrahmen) leitet sich ein schrittweises, auf das individuelle Netz angepasstes Vorgehen ab.

■ 100 % Erneuerbare Fernwärme

Die Modellrechnungen ergeben, dass sehr hoher Anteil an EE und ein vertretbarer Endkundenpreis gleichzeitig schwer zu erreichen sind. Ein Anteil von 50 - 75 % erneuerbarer Wärme scheint ein Grenzwert zu sein.

■ Umgang mit verteilter Einspeisung

Für eine stark räumlich verteilte Einspeisung existieren keine umfangreich erprobten Regelkonzepte.

■ Konkurrenz wärmegeführte KWK und fluktuierende Erneuerbare

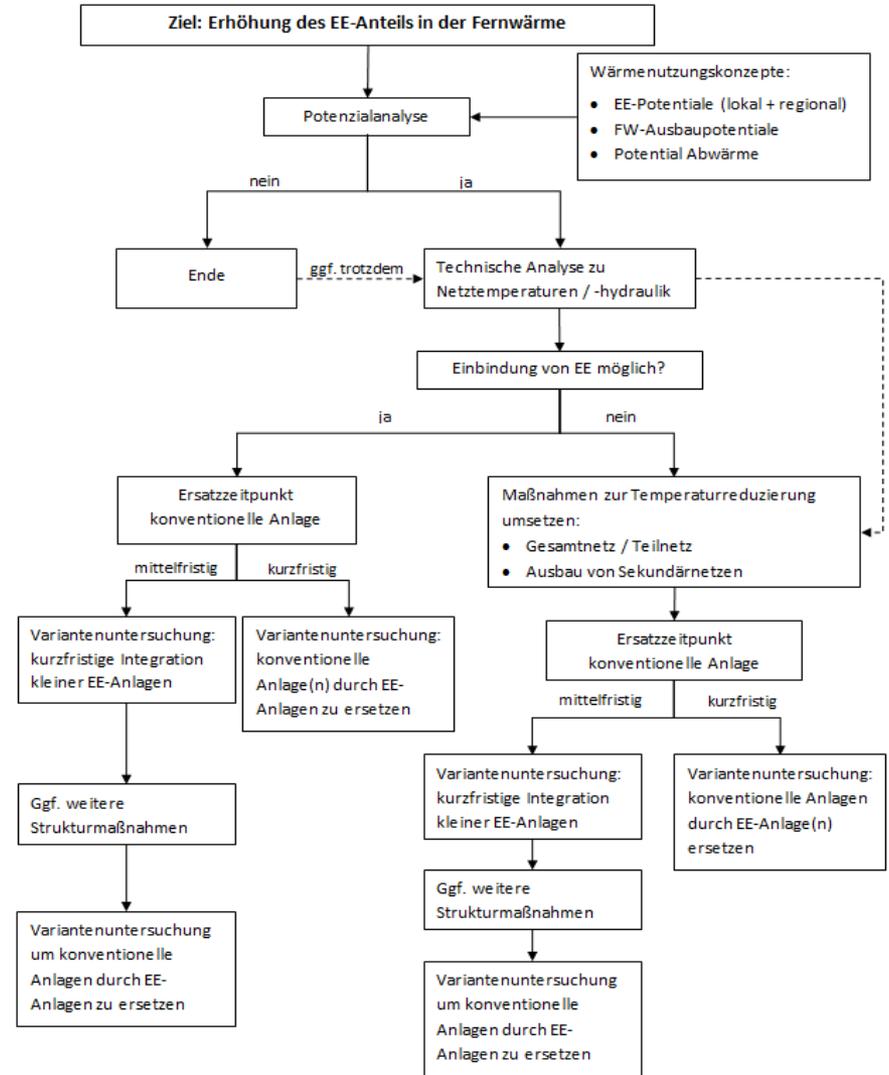
Die existierende Konkurrenz auf dem Strommarkt zwischen (heute noch weitgehend fossiler) wärmegeführter KWK und fluktuierenden EE wird voraussichtlich weiter zunehmen. Diese Konkurrenz trifft wärmegeführte EE-KWK in gleicher Weise wie fossile KWK.

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Entscheidungsbaum Trafo

zur Entwicklung individueller Transformationsstrategien

- mit welchen Schritten kann ein Netz transformiert werden?
- welche Analysen sind erforderlich?



Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Verfügbare EE-Potenziale für die Fernwärme in Hamburg

- Abfall weitgehend ausgeschöpft ?
- Holz Altholz wird bereits genutzt - weitere Potenziale ?
Holz aus dem Stadtgebiet (Grünschnitt, etc.) ?
Import nach Hamburg (von Restholz, Frischholz) ?
- Biomethan Wie viel ist in Hamburg verfügbar? Ansonsten
Import nach Hamburg (bilanzielle Verrechnung)
- Solarenergie Flächen für zentrale Großanlagen ?
Flächenkonkurrenz mit Fotovoltaik ?
- Geothermie ?
- Abwärme Temperaturniveau ?
zeitliche Verfügbarkeit ?

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Netztemperaturen

- Abfall auch für hohe Netz-Vorlauftemperaturen geeignet
- Holz auch für hohe Netz-Vorlauftemperaturen geeignet
- Biomethan auch für hohe Netz-Vorlauftemperaturen geeignet
- Solarenergie im wesentlichen nur Temperaturen im Sommerhalbjahr relevant (aber $T_{VL} + T_{RL}$!)
VWH -> in etwa gelbe Kurve
offene Frage: wo liegt die T_{RL} real?

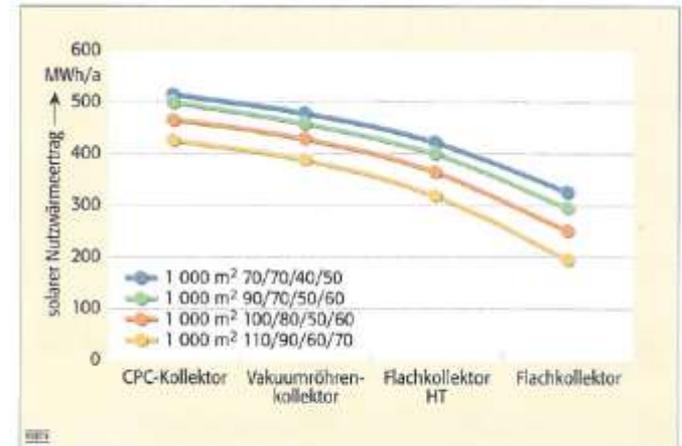


Bild 4. Solarer Nutzwärmeertrag für verschiedene Kollektortypen und Netzbetriebstemperaturen (Vorlauf Winter/Vorlauf Sommer/Rücklauf Winter/Rücklauf Sommer) für das dezentrale System in Würzburg

- Abwärme Temperaturniveau d. Abwärme?
niedrigere Netztemperaturen
vergrößern das Spektrum
möglicher Abwärmelieferanten

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

Zeitpunkt: Ersatz der konventionellen Anlage

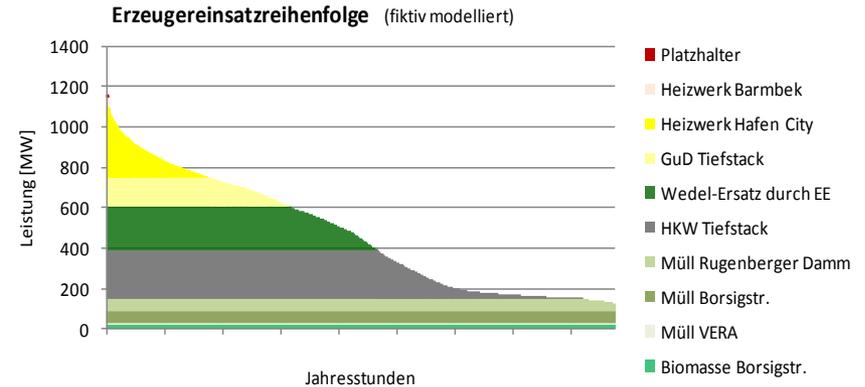
Ja! passt

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	---	-----------------

EE-Neuanlage(n): EER, Leistungsklasse und Vollbenutzungsstunden

EE-Neuanlage ersetzt Wedel in EER

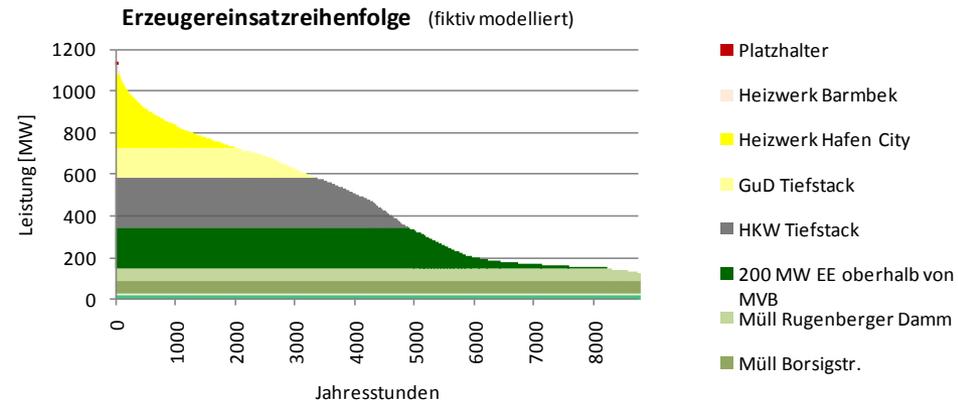
- Leistung Neuanlage(n) 220 MW
- Vbh Neuanlage 4000 h (Mittellast)
- Anteil der EE-Neuanlage 22 %
- EE-Anteil insgesamt 39 %
- Steinkohle-Anteil 33 %



EE-Neuanlage oberhalb der MVB's in EER

HKW Tiefstack rutscht in EE nach oben

- Leistung Neuanlage(n) 200 MW
- Vbh Neuanlage 5800 h (Mittellast)
- Anteil der EE-Neuanlage 28 %
- EE-Anteil insgesamt 46 %
- Steinkohle-Anteil 25 %

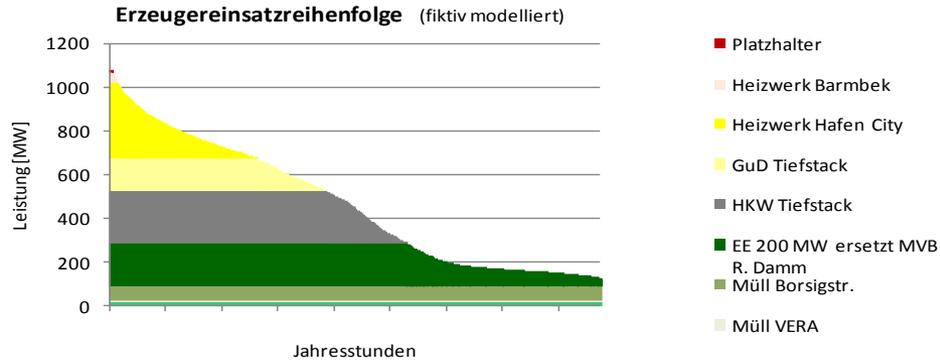


Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

EE-Neuanlage(n): EER, Leistungsklasse und Vollbenutzungsstunden

EE-Neuanlage ersetzt MVB Rug. Damm in EER

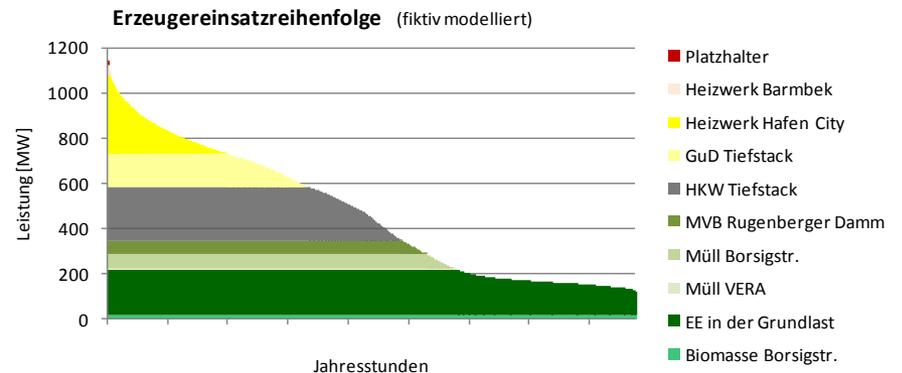
- Leistung Neuanlage(n) 200 MW
- Vbh Neuanlage 6800 h (Grundlast)
- Anteil der EE-Neuanlage 34 %
- EE-Anteil insgesamt 45 %
- Steinkohle-Anteil 27 %



EE-Neuanlage unterhalb der MVB's in EER

HKW Tiefstack rutscht in EE nach oben

- Leistung Neuanlage(n) 200 MW
- Vbh Neuanlage 8000 h (Grundlast)
- Anteil der EE-Neuanlage 39 %
- EE-Anteil insgesamt 51 %
- Steinkohle-Anteil 25 %



Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
-------------------------	---	-------------------------------------	----------------------------------	-----------------

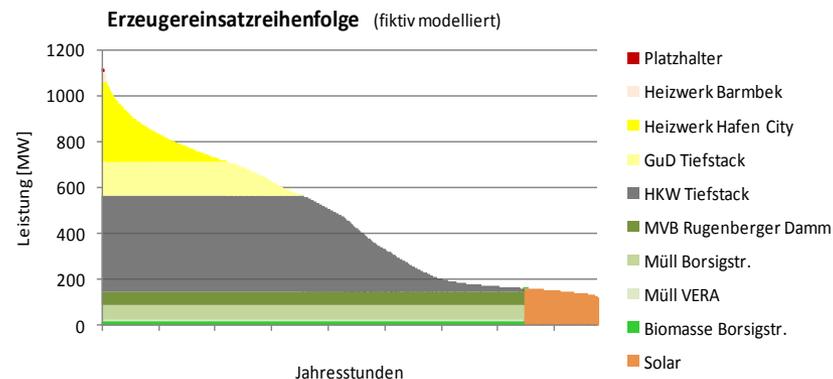
EE-Neuanlage(n): Überschlagsrechnung Solarthermie

EE-Neuanlage auf einer Aufstellfläche mit der Größe der Außenalster

(zur Visualisierung des Flächenbedarfs)

Annahmen:

- Fläche der Außenalster ca. 1.640.000 m²
- Kollektorfläche ca. 550.000 m²
(x 15 größer als Marstal, DK)
- spezifischer Ertrag 350 kWh/m²_{KF} a
- Jahresertrag 194 GWh
- Anteil der EE-Neuanlage 5 % (zur besseren Visualisierung in der EER auf 1000 h verdichtet)
- EE-Anteil insgesamt 20 %
- Steinkohle-Anteil 51 %



In dieser Variante wird das HKW Wedel in der EER zum größten Teil durch das HKW Tiefstack und zum kleineren Teil durch die Solarthermie anlage ersetzt.

Es ist möglich, dass eine solche Variante aus hydraulischen Gründen nicht realisierbar wäre. Evtl. muss ein gewisser Teil der Erzeugerleistung von Westen aus in das Netz eingespeist werden, um alle Kunden im Höchstlastfall sicher versorgen zu können.

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Öffnung des Netzes für Einspeisung von Dritten

- Im Modell würde Einspeisung von EE-Wärme durch Dritte in der Grundlast Müllwärme verdrängen, nicht Steinkohle.
- Möglichkeit zur Einspeisung von einem bestimmten Standort muss auf hydraulische Machbarkeit für verschiedenen Lastfällen geprüft werden.
- Vergütung für die eingespeiste Wärme in der Größenordnung der spez. Kosten der verdrängten Wärme ?
-> wird günstige Wärme durch teurere Wärme ersetzt, steigen die Wärmegestehungskosten insgesamt
- Regelbarkeit des Netzes wird mit zunehmender Anzahl der Einspeiser komplexer

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Herausforderungen bei der Erhöhung des EE-Anteils an der Fernwärme in Hamburg (1)

- **EE in der Mittellast?** Die Grundlast wird bereits durch MVB und kleine Biomasse gedeckt
 - > neue EE-Anlage(n) müssten z.T. in der Mittellast laufen
 - > negative Auswirkung auf die Wirtschaftlichkeit (speziell für Anlagen mit hohen Investitionskosten, wie z.B. Holz-HKW)

EE in der Grundlast? Welche Möglichkeiten gibt es, „Platz“ in der Grundlast zu schaffen? Zurückgehende Müllmengen?

- **große (oder viele) Anlage(n) für nennenswerte EE-Anteile in einem großem FW-Netz:**
 - > z.B. Holz-HKW mit $200 \text{ MW}_{\text{th}}$ und $50 \text{ MW}_{\text{el}}$ (eine der größten Anlagen in D)
 - oder 2x mit $80 \text{ MW}_{\text{th}}/20 \text{ MW}_{\text{el}}$ und 1x $40 \text{ MW}_{\text{th}}/5 \text{ MW}_{\text{el}}$
 - > z.B. 20 Biomethan-BHKW mit $10 \text{ MW}_{\text{th}}$ und $10 \text{ MW}_{\text{el}}$

- **EE-Brennstoff:** Welche Potenziale an erneuerbare Energie lassen sind für den Standort Hamburg erschließen?

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Herausforderungen bei der Erhöhung des EE-Anteils an der Fernwärme in Hamburg (2)

- **EE-Fernwärme und EEG 2014:** Das novellierte EEG begrenzt die Förderung auf eine Bemessungsleistung von 20 MW_{el} pro Anlage und einen jährlichen Ausbau-Korridor für Biomasse-KWK von 100 MW_{el}. Boni für Einsatzstoffklassen wurden gestrichen, so dass die Wirtschaftlichkeit von Biomasse-KWK in Frage steht.

- **Welche Vorteile / welche Nachteile bringt eine stärkere Verteilung der Erzeugung im Netz?**

- **ABER:** für den Neubau fossiler KWK sind die Rahmenbedingungen z.Zt. ungünstig: niedrige Strompreise an der Börse erschweren den Neubau, besonders für Gas-KWK (Stichwort Kapazitätsmarkt)

Grundbegriffe Fernwärme	Eckpunkte FW-System Vattenfall Wärme HH	Ausgewählte Ergebnisse Trafo-Studie	Wege zu mehr EE in der Fernwärme	Zusammenfassung
----------------------------	--	--	-------------------------------------	-----------------

Ergänzungsfolien

Technische Analyse erneuerbare Erzeugung - Ergebnisse (Auszug)

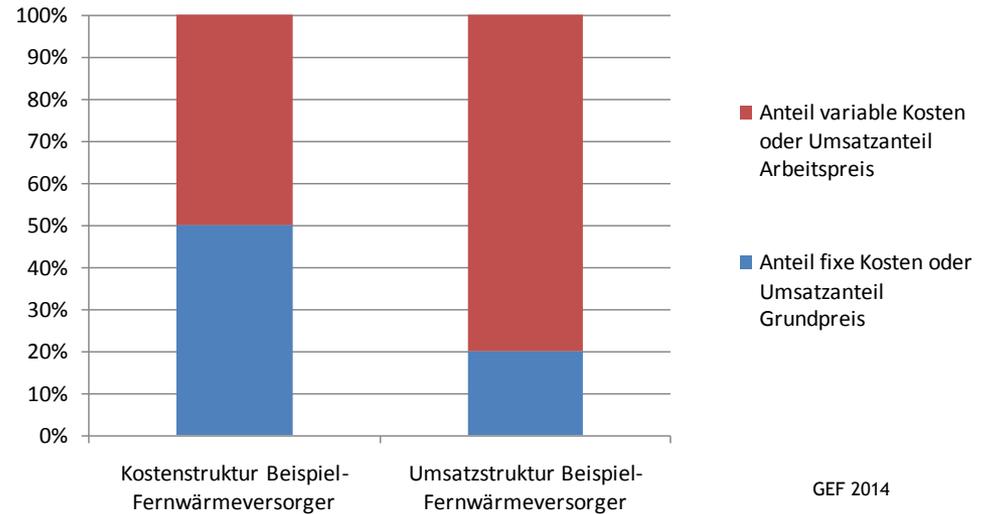
Parameter/Kategorie Ausprägung	holzartige Biomasse		Biomasse- Mitverbrennung		Biogas		Biomethan		hydrothermale Tiefengeothermie		Solarthermie		Wärmepumpe (Abwasser)				
	Biomasse in welcher Menge beschaffbar? Feinstaubvorbelastung am Standort?				Biogas in welcher Menge beschaffbar?		Biomethan in welcher Menge beschaffbar?		Geothermie regional verfügbar		für Großanlagen Aufstellungsfläche 1500 m² oder größer		gerader Kanalabschnitt mit > 1 m Durchmesser, Fließrate 15 l/s bei trock. Wetter (Tagesmittelwert)				
Erzeugertyp	Kessel	KWK		Kessel	KWK	Kessel	KWK		Kessel	KWK	reine Wärme- nutzung	KWK ORC/KC	Flach- Kollektor	Vakuu- röhren- Kollektor			
		Dampf- kraft- Prozess	ORC/KC	in Kohle- kesseln	Kohle Dampf- kraft-Proz.		BHKW	Mikro- Gas- turbine		alle Erdgas-KWK- Anlagen möglich							
therm. Leistungsklasse																	
bis 1 MW	✓		✓			(✓) ¹⁾	✓	✓	✓	✓			(✓) flukt.	(✓) flukt.	✓ ⁷⁾		
1 bis 5 MW	✓		✓			(✓) ¹⁾	✓	✓	✓	✓	Leistungsklassen standortspezifisch (abhängig von Temperaturniveau, Förderrate)		(✓) flukt.	(✓) flukt.	✓ ⁷⁾		
5 bis 10 MW	✓		✓			(✓) ¹⁾	✓		✓	✓				(✓) flukt.	(✓) flukt.	✓ ⁷⁾	
10 bis 20 MW	✓	✓	✓	✓	✓	(✓) ¹⁾			✓	✓							bei größerem Abwärme-Potenzial (Meerwasser, Industrie) auch größer
> 20 MW	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾			✓	✓							
elektr. Leistungsklasse																	
bis 1 MW			✓				✓	✓		✓		✓ ⁵⁾					
1 bis 5 MW			✓				✓	✓		✓		✓ ⁵⁾					
5 bis 10 MW		✓			✓		✓			✓							
10 bis 20 MW		✓			✓					✓							
> 20 MW		✓			✓					✓							
Lasttyp																	
Spitzenlast	(✓) ⁸⁾	3)	3)	(✓) ⁸⁾	3)	(✓) ⁸⁾	3)	3)	✓	3)	4)	3)			4)		
Grundlast	✓	✓	✓	✓	✓	(✓) ¹⁾	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓		
Sommerlast													✓	✓			
Temperaturniveau																	
Dampfnetz	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾		✓	✓	✓							
Hochtemperaturnetz ($T_{VI} > 140^{\circ}C$)	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾		✓	✓	✓							
Heißwassernetze ($140^{\circ}C > T_{VI} > 110^{\circ}C$)	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾	✓ ²⁾	✓	✓	✓				✓ ⁶⁾			
$110^{\circ}C > T_{VL} > 90^{\circ}C$	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾	✓ ²⁾	✓	✓	✓	standortspezifisch		✓ ⁶⁾	✓ ⁶⁾			
Low-Ex-Netz	✓	✓	✓	✓	✓	(✓) ¹⁾	✓	✓	✓	✓				✓ ⁶⁾	✓ ⁶⁾	✓ ⁷⁾	

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Preisbildung in der Fernwärme

Obwohl die Fixkosten i.d.R. einen hohen Anteil an den Gesamtkosten haben, wird der Umsatz i.d.R. zum größeren Teil aus dem Arbeitspreis erwirtschaftet.

Das hat energiepolitische und kommunikative Gründe.



Zentrale Ergebnisse

■ Keine Scheu vor kleinen Schritten

Eine Transformation von fossiler in Richtung erneuerbarer Fernwärme ist in großen Bestandsnetzen möglich. Aus einem Ausgleich wesentlicher Einflussgrößen (technologische Umsetzbarkeit, Investitionsvolumen, Ertragskraft bzw. Preissteigerungsmöglichkeiten, Zeitrahmen) leitet sich ein schrittweises, auf das individuelle Netz angepasstes Vorgehen ab.

■ 100 % Erneuerbare Fernwärme

Die Modellrechnungen ergeben, dass sehr hoher Anteil an EE und ein vertretbarer Endkundenpreis gleichzeitig schwer zu erreichen sind. Ein Anteil von 50 - 75 % erneuerbarer Wärme scheint ein Grenzwert zu sein.

■ Hohes Temperaturniveau als Hemmnis

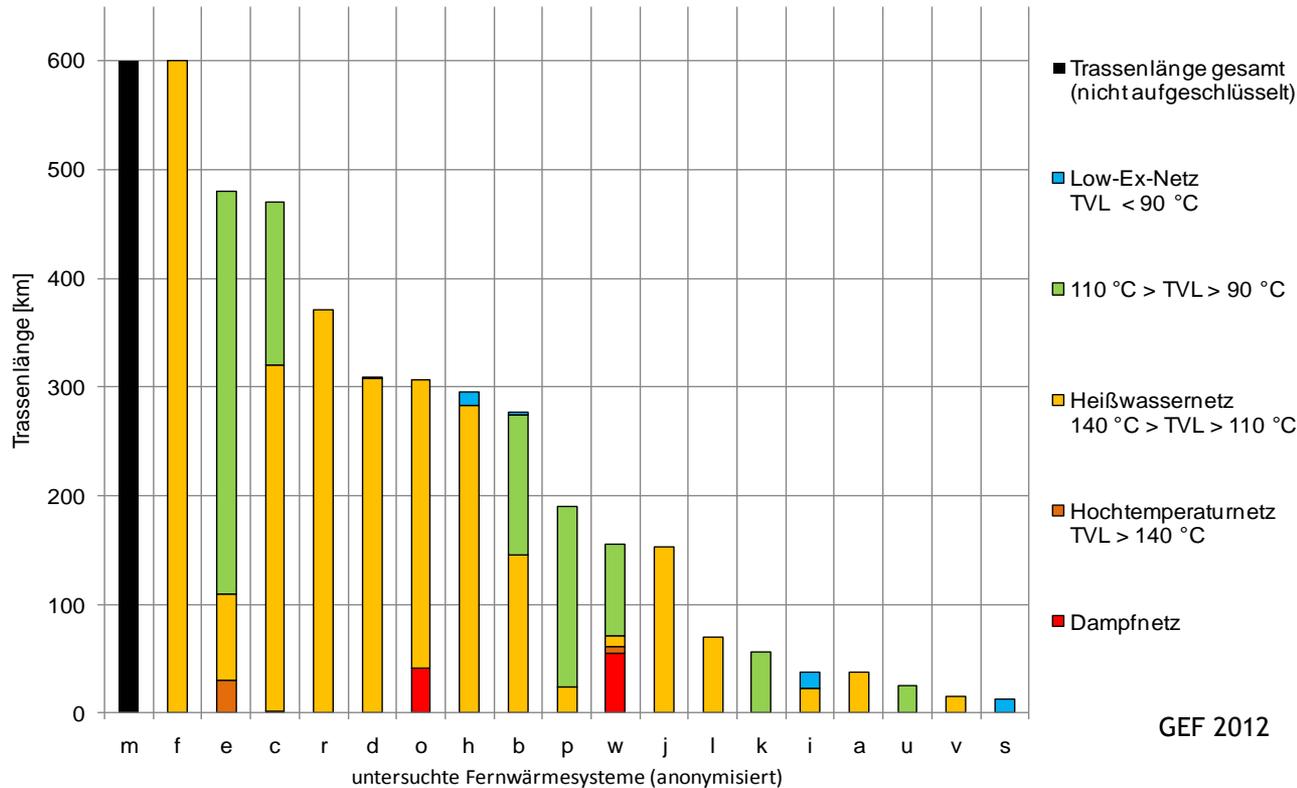
Um das Spektrum erneuerbarer Energiequellen zu verbreitern, die für eine Netzintegration in Frage kommen, ist es hilfreich, sowohl die Vorlauf-, als auch die Rücklauftemperaturen zu reduzieren.

■ Umgang mit verteilter Einspeisung

Für eine stark räumlich verteilte Einspeisung existieren keine umfangreich erprobten Regelkonzepte.

Bestandsaufnahme von 19 Fernwärmenetzen in Deutschland

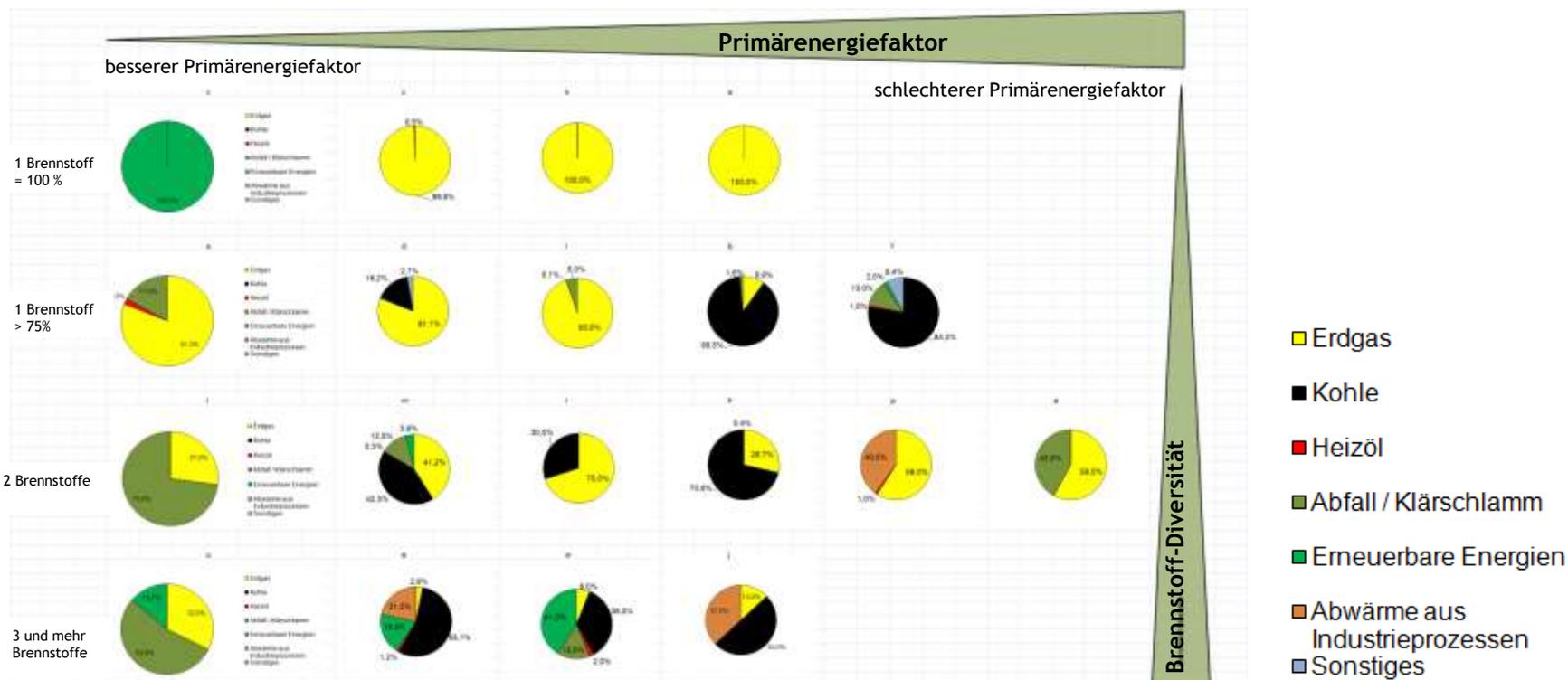
- hohe Temperaturen > 110 °C Vorlauftemperatur dominieren
- häufig unterschiedliche Temperaturniveaus in Teilnetzen



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Bestandsaufnahme von 19 Fernwärmenetzen in Deutschland

- Fossile Energieträger Erdgas und Steinkohle dominieren
- Nutzung von Abfall, Abwärme und Biomasse



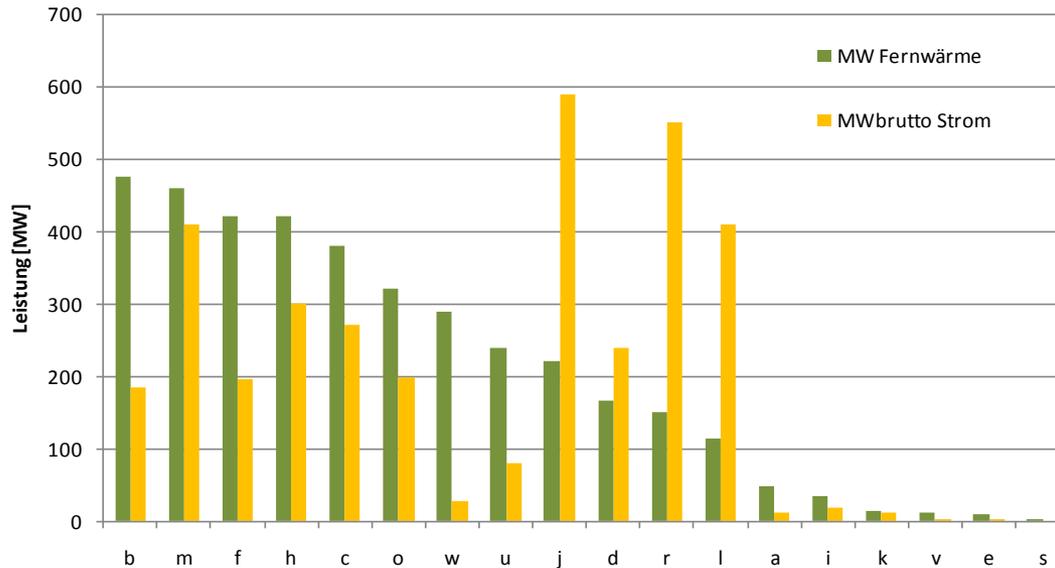
GEF 2012

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Bestandsaufnahme von 19 Fernwärmenetzen in Deutschland

- In den untersuchten Netzen liegt die Leistung der größten Erzeugungsanlage bei der Mehrzahl der Anlagen zwischen 100 - 500 MW Fernwärmeauskopplung.
- Das Verhältnis der Leistungen von Fernwärmeauskopplung zu Stromerzeugung variiert stark.

Leistung der größten Erzeugungsanlage



GEF 2012

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Best-Practice-Analyse

- Fragebögen und Telefoninterviews für 9 Fernwärmenetze
- Vertiefende Analyse mit Vor-Ort-Besichtigung in Ulm, Wels, Poing und Lemgo

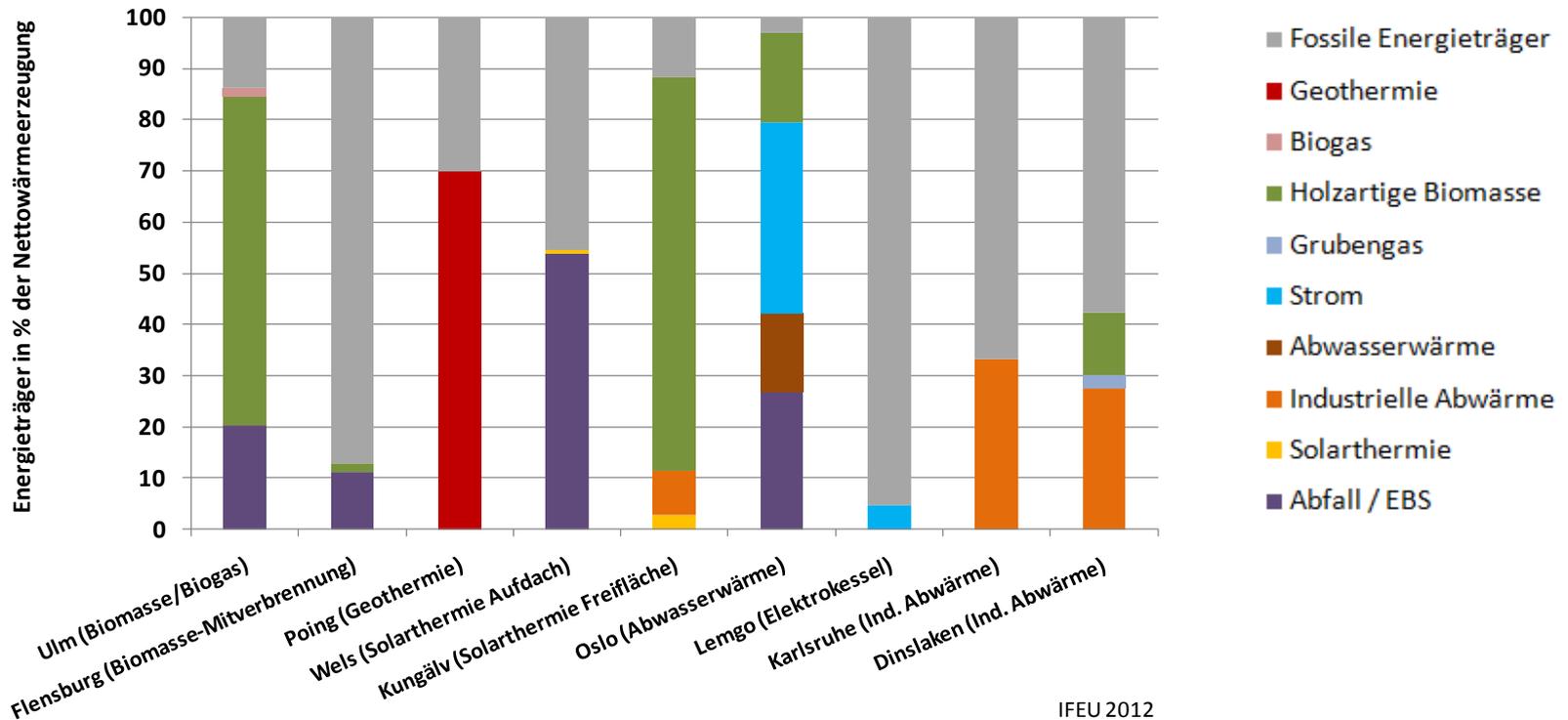
Nr	Best-Practice-Beispiel	Fossile Energieträger	Erneuerbare Energien	Nutzungsarten der erneuerbaren Energien
1	Ulm	Kohle, Erdgas, HEL, Restmüll	Feste Biomasse, Biogas, Bioöl	Biomasse-HKW Biogas-BHKW
2	Flensburg	Kohle, Schweröl, EBS	Feste Biomasse	Biomasse-Mitverbrennung
3	Wels	Erdgas, Abfall	Solarthermie	Vakuumröhrenkollektoranlage (Aufdachanlage)
4	Kungälv	HEL	Solarthermie	Flachkollektoranlage (Freiflächenanlage)
5	Poing	Erdgas	Geothermie	Geothermieheizkraftwerk
6	Lemgo	Erdgas	direktelektrisch	Heizstäbe
7	Karlsruhe	Kohle, Erdgas, HEL	Industrielle Abwärme	Wärmeübertrager (Mineralö Raffinerie)
8	Niederrhein	Kohle, HEL, Erdgas	Industrielle Abwärme	Wärmeübertrager (Stahl- und Chemieindustrie)
9	Oslo	Restmüll, HEL	Abwasserwärme	Großwärmepumpen



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	------------------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Brennstoffeinsatz bezogen auf Nettowärmeerzeugung

- Hohe Anteile erneuerbarer Energien werden über feste Biomasse und Geothermie in der Grundlast erzielt
- Solarthermie, Biogas und direktelektrische Wärme nur geringe Anteile



IFEU 2012

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Untersuchte erneuerbare Energien

- holzartige Biomasse
- Mitverbrennung von Holz
- Biogas/Biomethan
- Solarthermie
- Tiefen-Geothermie

- Abwasser-Wärme
- Industrie-Abwärme
- direktelektrische Heißwasser-Erzeugung aus Überschusswindstrom



Analyseraster

Technik

- Einbindung in die Fernwärme (Temperaturniveau, Anlagenleistungs-klassen, KWK-fähig)
- Verfügbarkeit (Grundlast / Spitzenlast / fluktuierend)
- Wechselwirkung mit Netztransformation

Ökonomie

- Wirtschaftlichkeit
- Gesamteffizienz Strom- / Wärmesystem

Ökologie

- Potenzielle EE
- Flächenbedarf
- Treibhausgasemissionen

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	-------------------------------	--------------------------	--------------

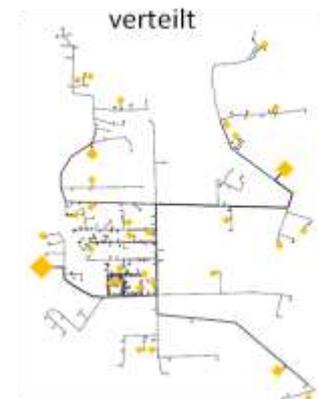
Technische Analyse - verteilte Einspeisung ins Netz

Hydraulische Parameterstudie für verschiedene Einspeisevarianten

- Netzverlustleistung (abs. u. rel.)
- Förderhöhe
- Pumpstrombedarf
- Temperaturabfall zum kältesten Kunden
- räumliche Verlagerung kritischer Kunde

Qualitative Bewertung

- Relative Wärmeverluste
- Pumpstrombedarf
- Regelungsfähigkeit
- Versorgungssicherheit



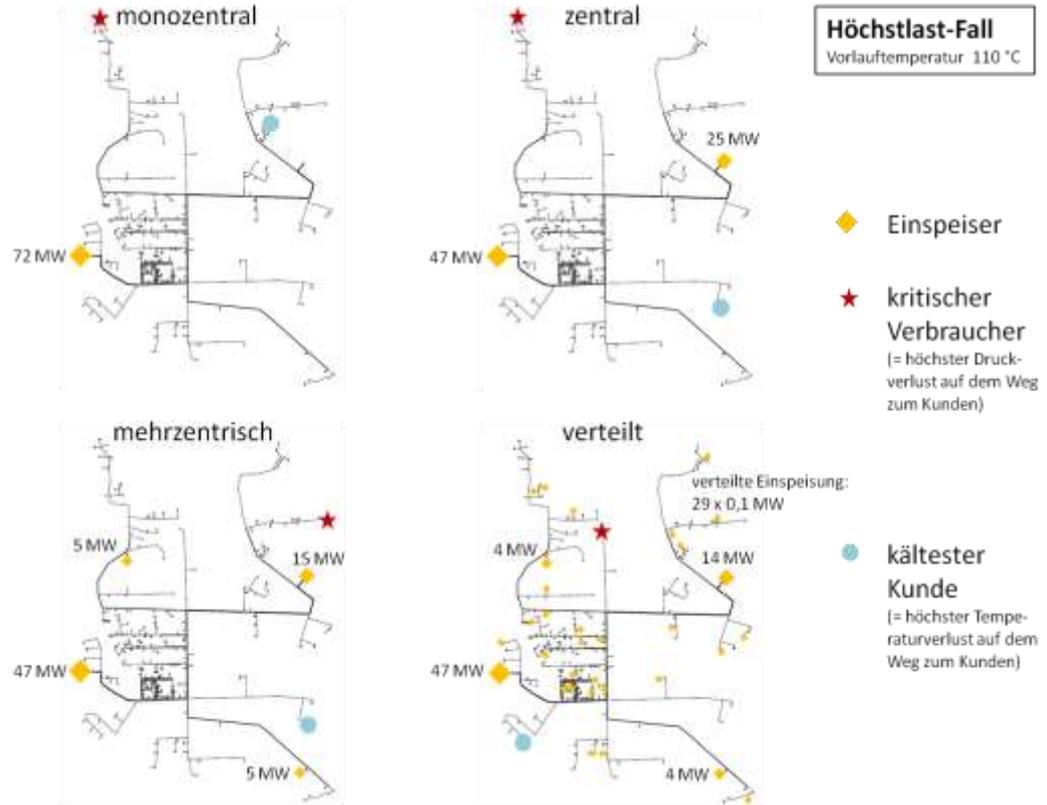
Parameter: 30 km Trassenlänge, Netz dimensioniert auf mehrzentrische Erzeugung, Summe der Einspeiseleistung 72 MW_{th}, Netztemperaturen 110 °C / 60 °C

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Technische Analyse - verteilte Einspeisung ins Netz

mono zentral mehrzent. verteilt

■ Netzverlustleistung [% d. Einspeisung]	2%	2%	2%	2%
	++	++	++	++
■ Pumpstromleistung [kW]	293	271	207	211
	0	+	++	++
■ Regelung	++	++	+	o / - / --
■ Versorgungssicherheit	0	+	++	++



++ / sehr gut, + / gut, o / befriedigend, - / schlecht, -- / sehr schlecht

Parameter: 30 km Trassenlänge, Netz dimensioniert auf mehrzentrische Erzeugung, Summe der Einspeiseleistung 72 MW_{th}, Netztemperaturen 110 °C / 60 °C

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Technische Analyse erneuerbare Erzeugung - Ergebnisse (Auszug)

Parameter/Kategorie Ausprägung	holzartige Biomasse		Biomasse- Mitverbrennung		Biogas		Biomethan		hydrothermale Tiefengeothermie		Solarthermie		Wärmepumpe (Abwasser)			
	Kessel	KWK	Kessel	KWK	Kessel	KWK	Kessel	KWK	reine Wärme- nutzung	KWK	Flach- Kollektor	Vakuu- röhren- Kollektor	gerader Kanalabschnitt mit > 1 m Durchmesser, Fließrate 15 l/s bei trock. Wetter (Tagesmittelwert)			
Ausreichende Verfügbarkeit des EE	Biomasse in welcher Menge beschaffbar? Feinstaubvorbelastung am Standort?				Biogas in welcher Menge beschaffbar?		Biomethan in welcher Menge beschaffbar?		Geothermie regional verfügbar		für Großanlagen Aufstellungsfläche 1500 m² oder größer					
Erzeugertyp		Dampf- kraft- Prozess	ORC/KC	in Kohle- kesseln	Kohle Dampf- kraft-Proz.		BHKW	Mikro- Gas- turbine		alle Erdgas-KWK- Anlagen möglich						
therm. Leistungsklasse																
bis 1 MW	✓		✓			(✓) ¹⁾	✓	✓	✓	✓			(✓) flukt.	(✓) flukt.	✓ ⁷⁾	
1 bis 5 MW	✓		✓			(✓) ¹⁾	✓	✓	✓	✓	Leistungsklassen standortspezifisch (abhängig von Temperaturniveau, Förderrate)		(✓) flukt.	(✓) flukt.	✓ ⁷⁾	
5 bis 10 MW	✓		✓			(✓) ¹⁾	✓		✓	✓				(✓) flukt.	(✓) flukt.	✓ ⁷⁾
10 bis 20 MW	✓	✓	✓	✓	✓	(✓) ¹⁾			✓	✓						bei größerem Abwärme-Potenzial (Meerwasser, Industrie) auch größer
> 20 MW	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾			✓	✓						
elektr. Leistungsklasse																
bis 1 MW			✓				✓	✓		✓		✓ ⁵⁾				
1 bis 5 MW			✓				✓	✓		✓		✓ ⁵⁾				
5 bis 10 MW		✓			✓		✓			✓						
10 bis 20 MW		✓			✓					✓						
> 20 MW		✓			✓					✓						
Lasttyp																
Spitzenlast	(✓) ⁸⁾	3)	3)	(✓) ⁸⁾	3)	(✓) ⁸⁾	3)	3)	✓	3)	4)	3)			4)	
Grundlast	✓	✓	✓	✓	✓	(✓) ¹⁾	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	
Sommerlast													✓	✓		
Temperaturniveau																
Dampfnetz	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾		✓	✓	✓						
Hochtemperaturnetz ($T_{VI} > 140^{\circ}C$)	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾		✓	✓	✓						
Heißwassernetze ($140^{\circ}C > T_{VI} > 110^{\circ}C$)	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾	✓ ²⁾	✓	✓	✓				✓ ⁶⁾		
$110^{\circ}C > T_{VL} > 90^{\circ}C$	✓	✓		✓	✓	(✓) ¹⁾	✓ ²⁾	✓	✓	✓	standortspezifisch		✓ ⁶⁾	✓ ⁶⁾		
Low-Ex-Netz	✓	✓	✓	✓	✓	(✓) ¹⁾	✓	✓	✓	✓				✓ ⁶⁾	✓ ⁶⁾	✓ ⁷⁾

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

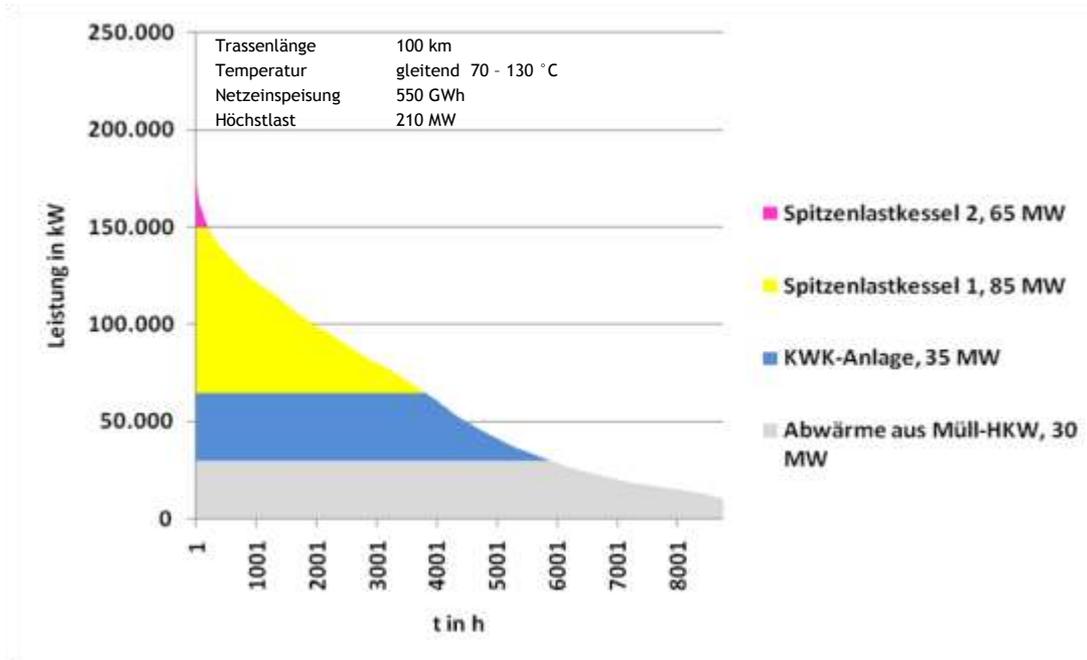
Technische Analyse erneuerbare Erzeugung - Fazit

- Die erreichbaren **Temperaturniveaus** und **Leistungsklassen** sind - neben der **Verfügbarkeit** - die wichtigen Parameter bei der Entscheidung über die Eignung einer erneuerbaren Technik.
- Die gängigen Anlagenleistungsklassen **orientieren sich stark an den Fördergrenzen des EEG**, d.h. sie sind klein verglichen mit den bisher eingesetzten fossilen Anlagen.
- **Biomasse** und **Biomethan** können hohe Temperaturen bereitstellen und sind in größeren Leistungsklassen einsetzbar. Ihre Eingliederung stellt technisch kein Problem dar.
- Die **Absenkung der Netztemperaturen** ($T_{VL} \leq 90 \text{ °C}$) vergrößert das Spektrum an EE, die in Fernwärmenetze integriert werden können (Geothermie, Solarthermie, ORC, Wärmepumpen, etc.)
- Eine **stärkere räumliche Verteilung** von Erzeugungsanlagen ist in Netzen mit höheren EE-Anteilen wahrscheinlicher. Hierfür gibt es kein umfänglich erprobtes **Regelkonzept**, das allgemein übertragbar ist.

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	-------------------------------	--------------------------	--------------

Ökonomische und ökologische Analyse

- Problem: hohe Individualität der Fernwärmenetze
- Vorgehen: Analyse auf Basis eines Modellnetzes

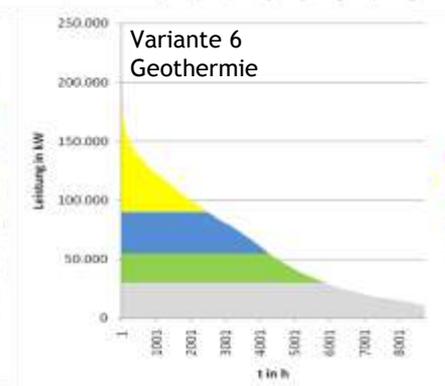
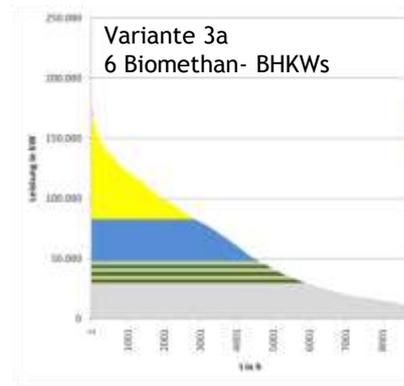
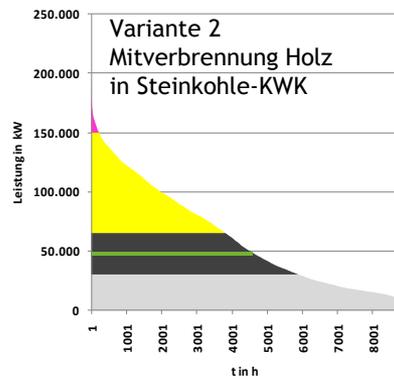
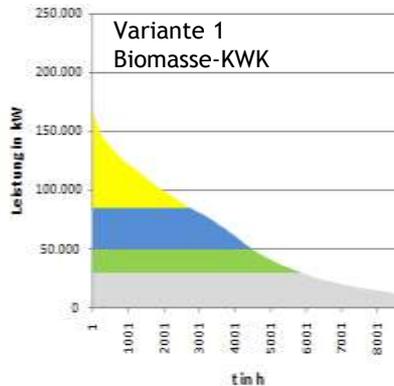
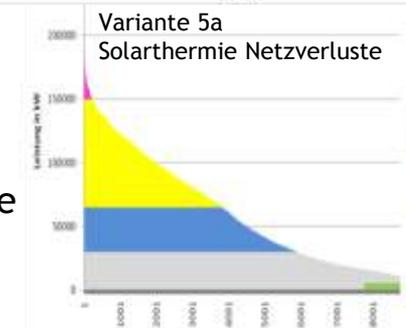
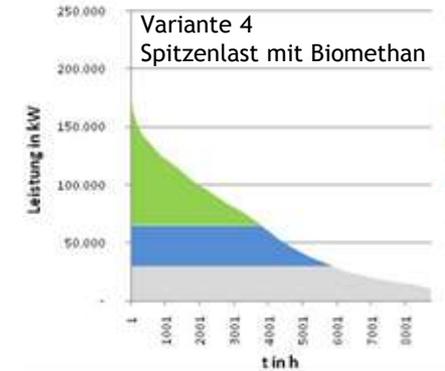


- Basis-Variante mit Abwärme und fossilen Wärmeerzeugern
- Integration von Wärmeerzeugern auf Basis fester Biomasse, Biomethan, Solarthermie und Geothermie in die Erzeugereinsatzreihenfolge (9 Varianten)
- Annuitätische Wirtschaftlichkeitsrechnung

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Varianten ökon. und ökol. Analyse Modellnetz

- Var 1 Biomasse-KWK mit Hackschnitzeln (20 MW_{th})
- Var 2 Biomasse-Mitverbrennung: 10 % (Pellets und HHS)
- Var 3a Biomethan-BHKWs 6 kleine Anlagen (ins. 17,4 MW_{th})
- Var 3b Biomethan BHKWs 3 größere Anlagen (ins. 21,6 MW_{th})
- Var 4 Spitzenlastkessel mit Biomethan
- Var 5a Solarthermie: Dimensionierung auf Netzverluste (5,6 MW)
- Var 5b Solarthermie: Dimensionierung auf 90 % Sommerlast (9 MW)
- Var 5c Solarthermie: Dimensionierung auf Sommerlast - eine Großanlage
- Var 6 Geothermie: reine Wärmenutzung (25 MW_{th})

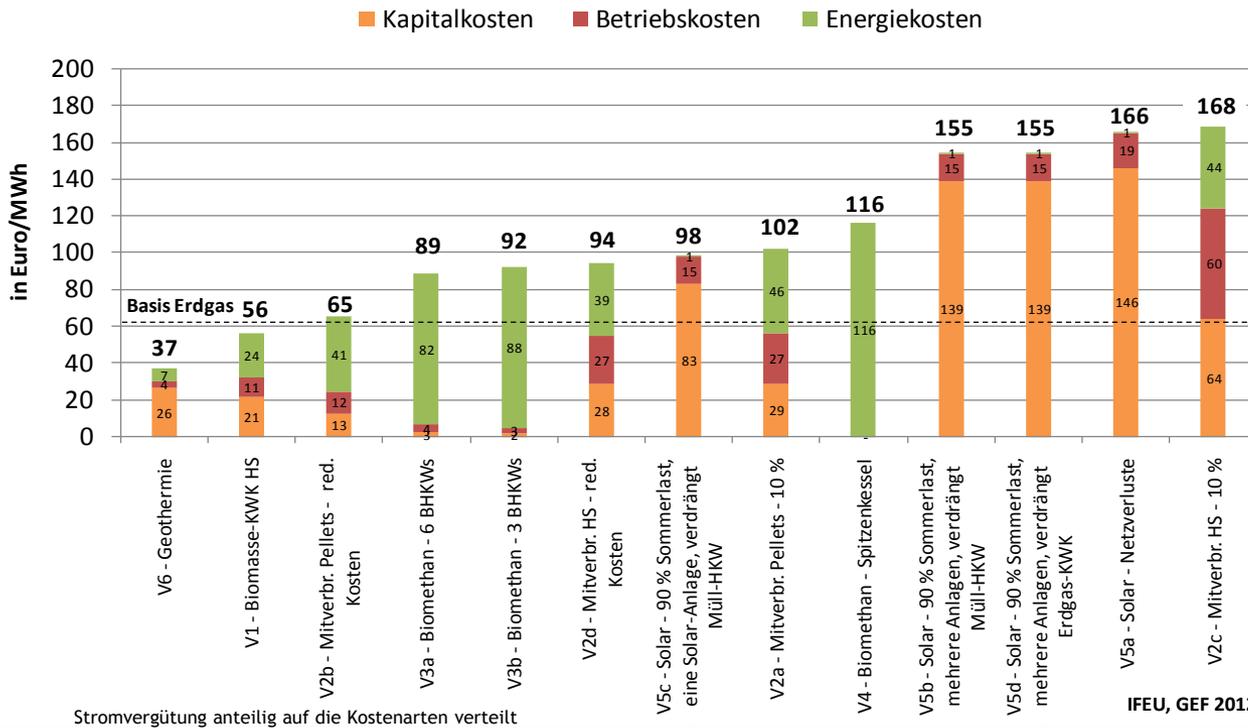


Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Ergebnisse ökonomische Analyse

- Biomasse-KWK und Geothermie (ausreichende Schüttung und Temperatur vorausgesetzt) bieten wirtschaftlich interessante spez. Wärmegestehungskosten

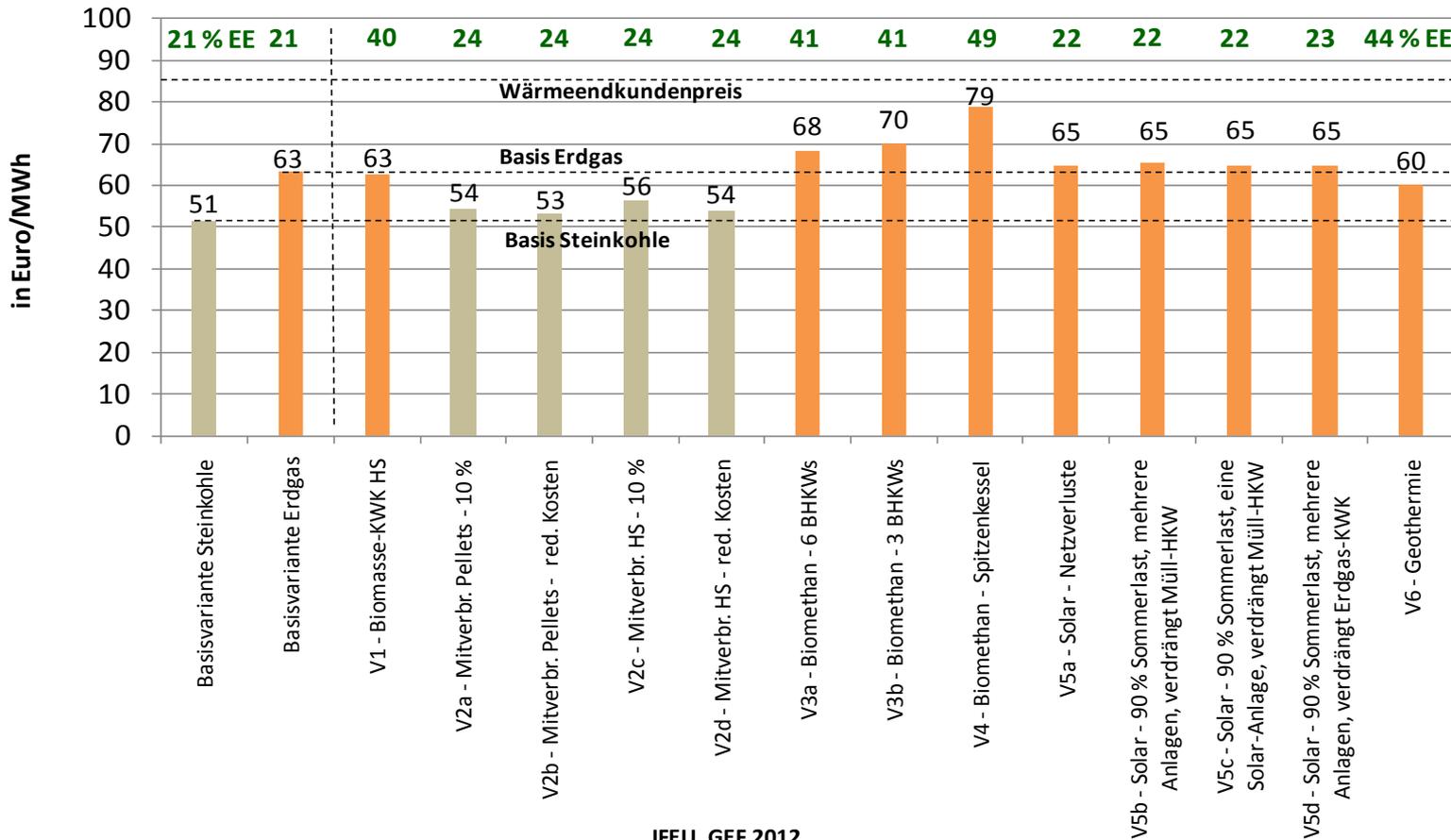
Spezifische Netto-Wärmegestehungskosten Modellnetz



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

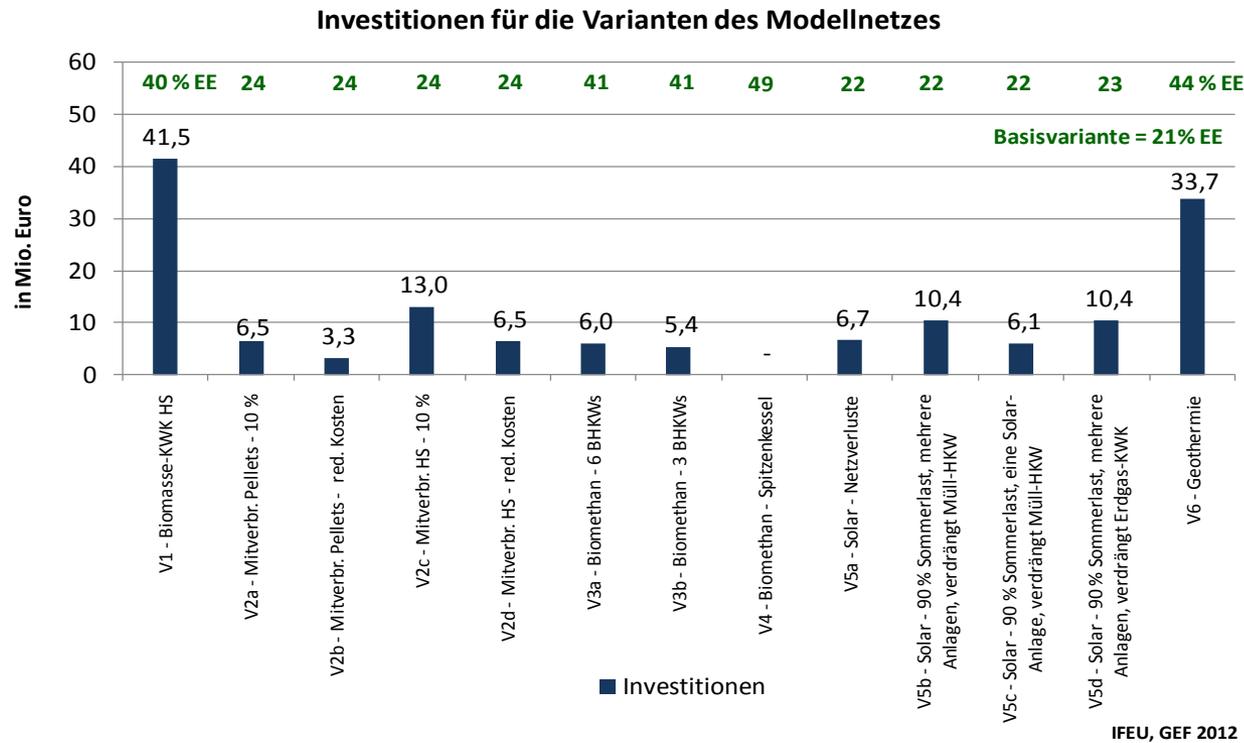
Ergebnisse ökonomische Analyse

Netto-Wärmegestehungskosten für die Varianten des Modellnetzes



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

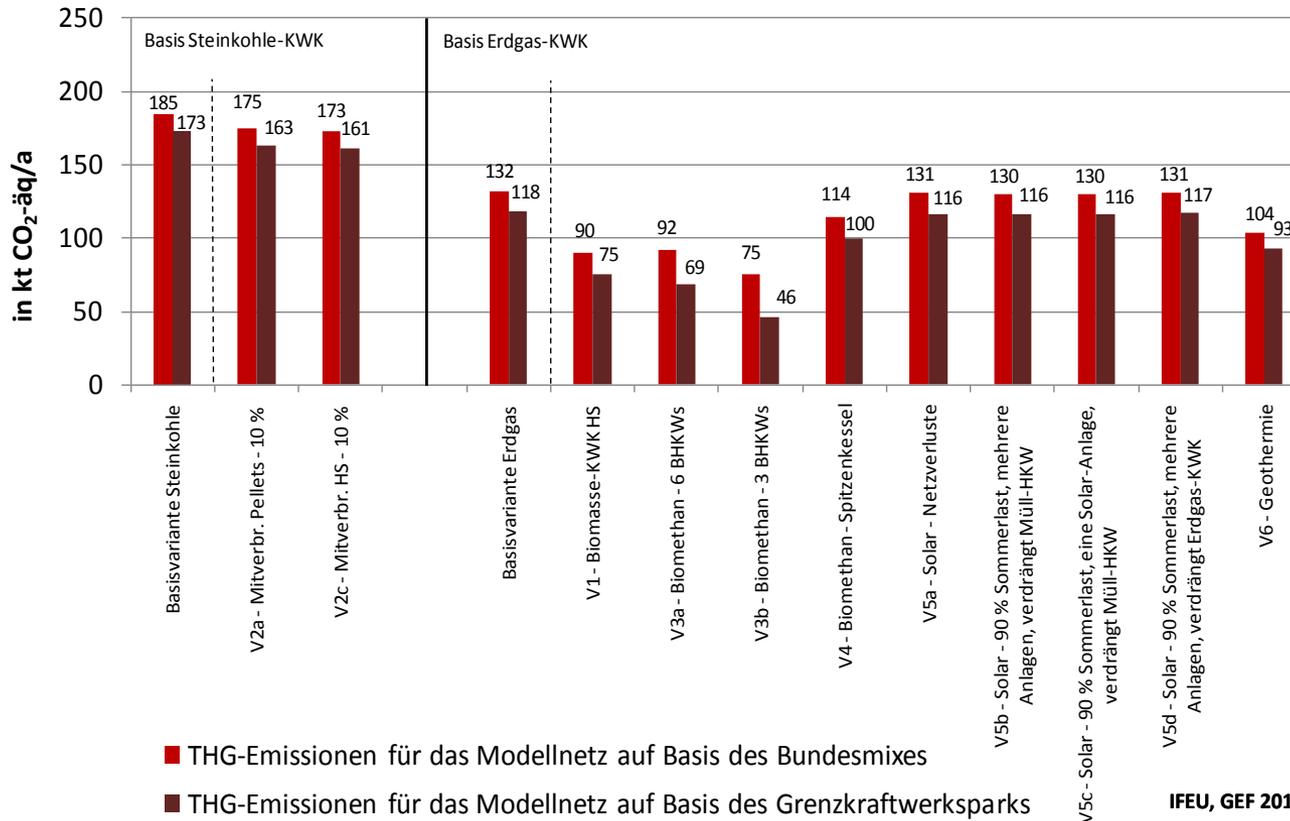
Ergebnisse ökonomische Analyse



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	-------------------------------	--------------------------	--------------

Ergebnisse ökologische Analyse

THG-Emissionen für die Varianten des Modellnetzes



Ermittlung Treibhausgasemission inkl. Vorkette und mit Stromgutschriftmethode - 610 g CO₂-Äq/kWh Bundesmix, 750 g CO₂-Äq/kWh Grenzkraftwerk

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Ökonomische und ökologische Analyse Modellnetz - Fazit

- **Keine** der untersuchten Varianten liegt bei **allen fünf Kriterien** in der Spitzengruppe.
- **Biomasse-KWK**
gutes Abschneiden bei spez. Kosten, Gesamtkosten, EE-Anteil und THG-Reduktion;
jedoch hohe Investition erforderlich
- **Geothermie**
wenn ausreichende Temperatur und Schüttung erzielt werden kann, ökonomisch darstellbar, hoher EE-Anteil möglich; jedoch hohe Investition erforderlich und als reine Wärmetechnik im Modellnetz niedrigere THG-Reduktion als bei KWK-Optionen
- **Biomethan-BHKW**
durch hohen Stromwirkungsgrad großes THG-Reduktionspotenzial; überschaubare Investition; Kosten höher als in der Basisvariante; vorteilhaft ist die Möglichkeit zur Umsetzung in kleinen Teilschritten.
- Ob zu **100 % EE in Wärmenetzen** genutzt werden können, ist fraglich. Sehr hohe Anteile EE gehen i.d.R. mit prohibitiven Kosten einher. Das Optimum zwischen EE und fossiler Wärme muss für jedes Netz speziell definiert werden.

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	-------------------------------	--------------------------	--------------

Kriterien Gesamtbewertung

Technik

- Einbindung in die Fernwärme (Temperaturniveau, Anlagenleistungsklassen, KWK-fähig) / Erzeugereinsatzreihenfolge
- Verfügbarkeit (Grundlast / Spitzenlast / fluktuierend)
- Wechselwirkung mit Netztransformation



Ökonomie

- spez. Wärmegestehungskosten
- Investitionsvolumen



Ökologie

- Potenzielle EE
- Flächenbedarf
- Treibhausgasemissionen
- Sonstige Umweltauswirkungen
- Gesamteffizienz Strom- / Wärmesystem



Kein erneuerbarer Energieträger erreicht bei allen Kriterien die Spitzengruppe

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	-------------------------------	--------------------------	--------------

Gesamtbewertung Erneuerbare Energieträger

Eigenschaft / Merkmal	Holzartige Biomasse	Biomasse mitverbrennung	Biogas / -methan	Geothermie	Solarthermie	Großwärmepumpe	E-Kessel (Windstrom)	Industr. Abwärme
Potenziale	O	O	O	++	+	+	O	+
Einbindung in Fernwärme	++	++	O	O	-	O	++	+
Erzeugereinsatzreihenfolge	++	+	++	+	-	+	-	+
Verfügbarkeit bei der Wärmeerzeugung	+	+	++	++	--	+	--	O
Wirtschaftlichkeit (Investitionskosten)	O	O	++	-	--	-	+	+
Wirtschaftlichkeit (spez. Wärmegestehungskosten)	+	--	-	++	--	O	+	+
Treibhausgasemissionen	++	++	+	+	++	+	+	++
Sonstige Umweltwirkungen	O	+	O	++	++	++	+	++
Flächenbedarf	-	-	--	++	O	++	++	++
Gesamteffizienz Strom- / Wärmesystem	+	++	++	O	O	+	O	+

Bewertung: ++ / sehr gut, + / gut, o / befriedigend, - / schlecht, -- / sehr schlecht

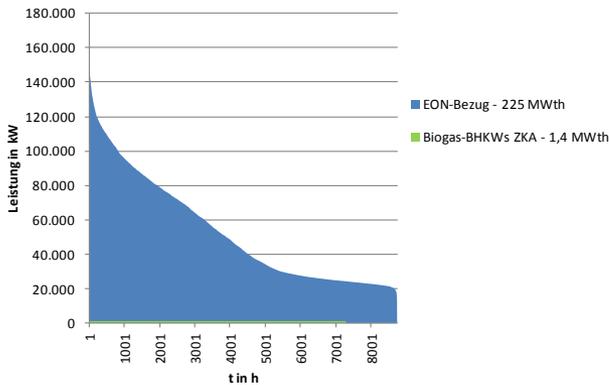
ifeu 2012

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

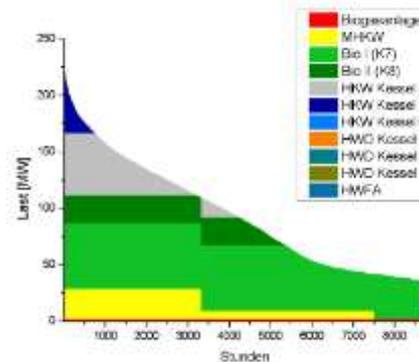
Entwicklung einer Transformationsstrategie

- Entwicklung verschiedener Varianten mit unterschiedlichem Erzeugerpark
- Modellregion Jena (SWEJ) und Modellregion Ulm (FUG)
- Ökonomische Bewertung
 - Investitionsvolumen
 - spez. Wärmegestehungskosten EE
 - Wärmegestehungskosten Gesamtsystem
 - Anteil EE
 - Treibhausgasemissionen
- Ökologische Bewertung

Modellregion Jena heute 2 % EE-Wärme



Modellregion Ulm heute über 50 % EE-Wärme



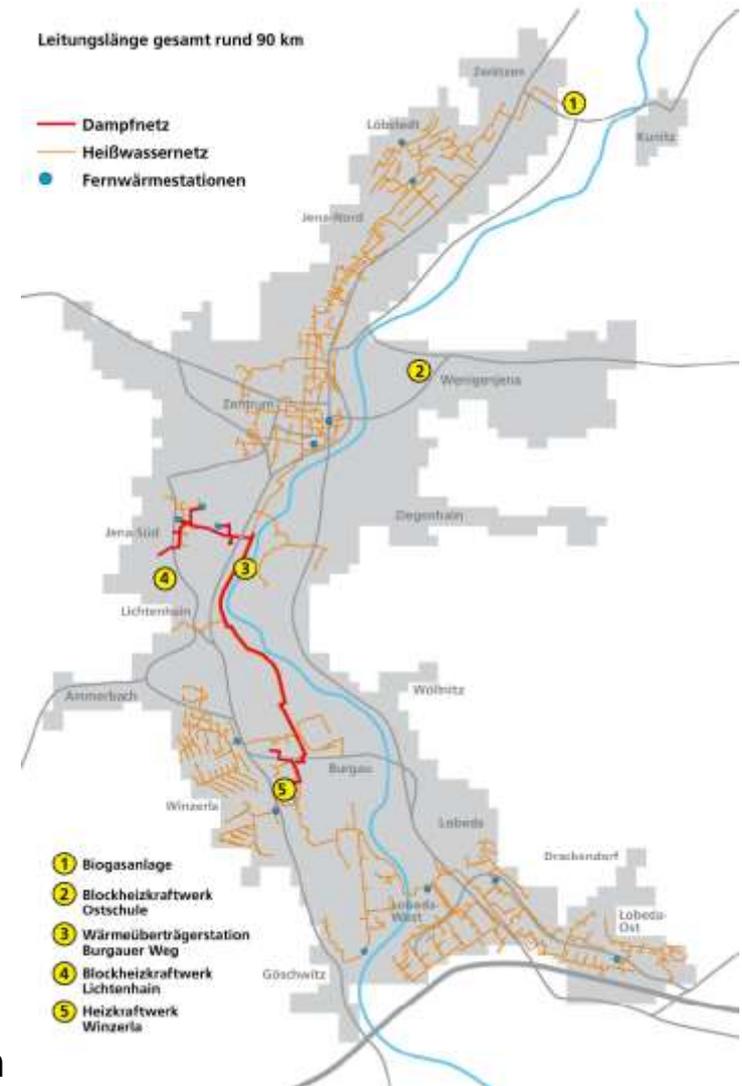
Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Modellregion Jena

- 109 km Heißwassernetz, 9 km Dampfnetz
- T_{VL} 90-130 °C gleitend, T_{RL} 55-60 °C
- Netzeinspeisung 465 GWh (2011)
- Netzverluste ca. 15 %

- SWEJ Biogasanlage 1,4 MW th
2 % der Netzeinsp.
- EON Erdgas-GuD 225 MWth
98 % der Netzeinsp.

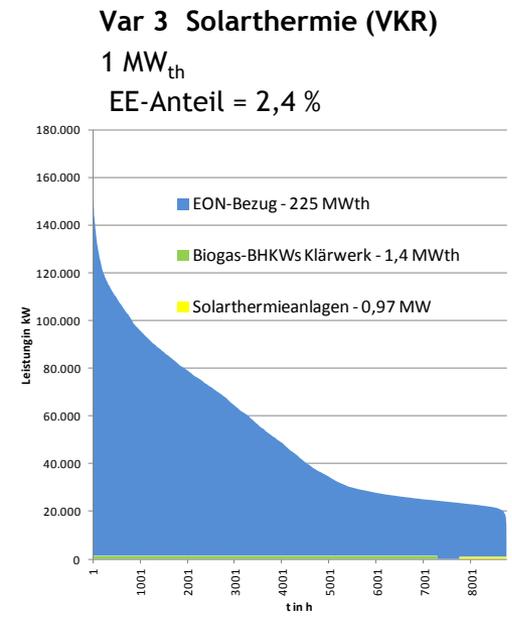
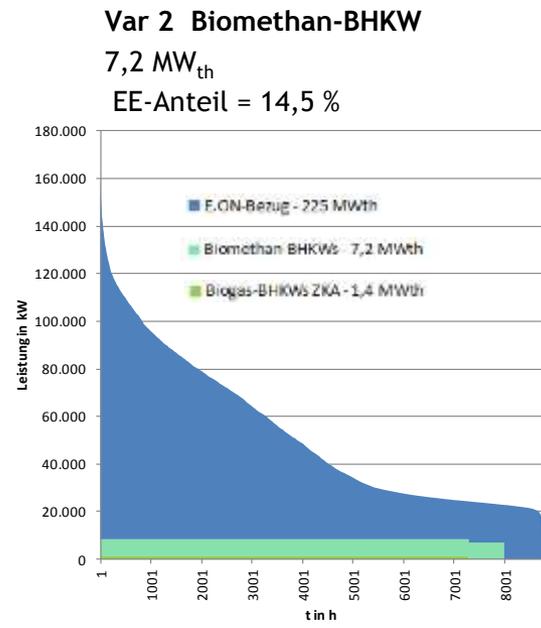
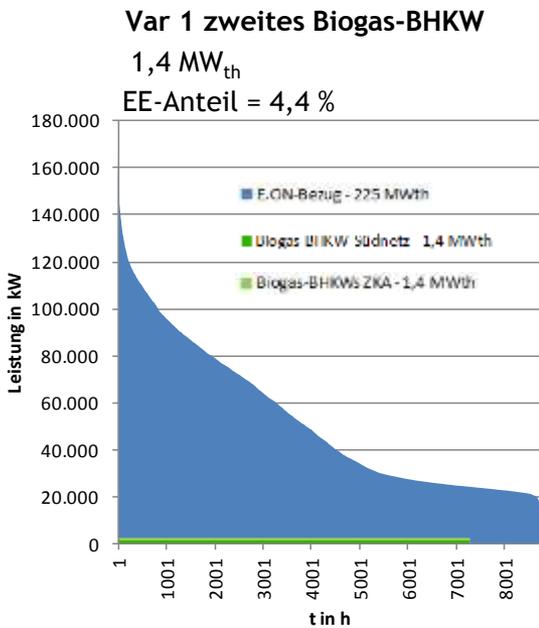
→ typisches Wärmenetz mit großer fossiler Erzeugungsanlage und hohen Netztemperaturen



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Modellregion Jena - Varianten für Ausbau EE

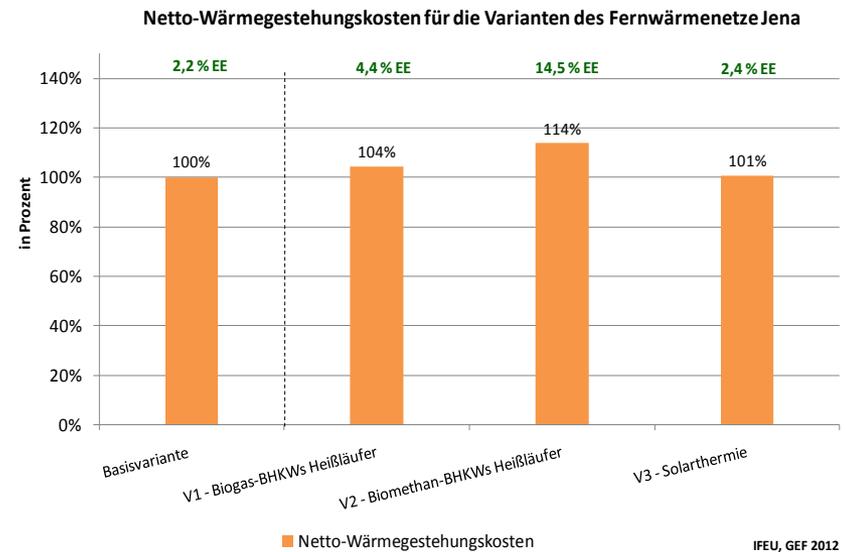
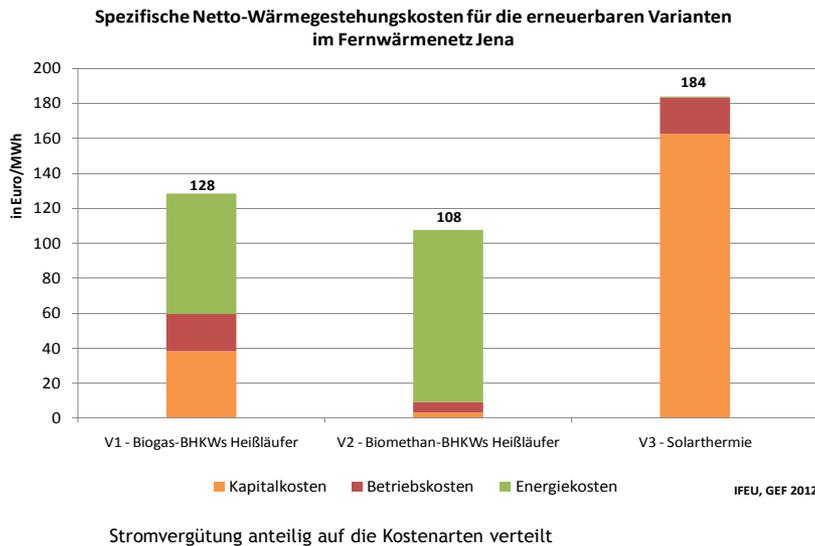
- kein regionales Geothermiepotenzial
- aus Immissionsschutzgründen kein Einsatz von Biomasse
Biomasse zudem in der Region nur noch schwer zu beschaffen
- Potenzial für zweite Biogasanlage gleicher Leistungsklasse vorhanden
- Biomethan-BHKW - heißgekühlte BHKW aufgrund hoher Netztemperaturen
- Dachflächen für Solarthermie - Vakuumröhren-Kollektoren aufgrund hoher Netztemperaturen



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Modellregion Jena - Variantenvergleich

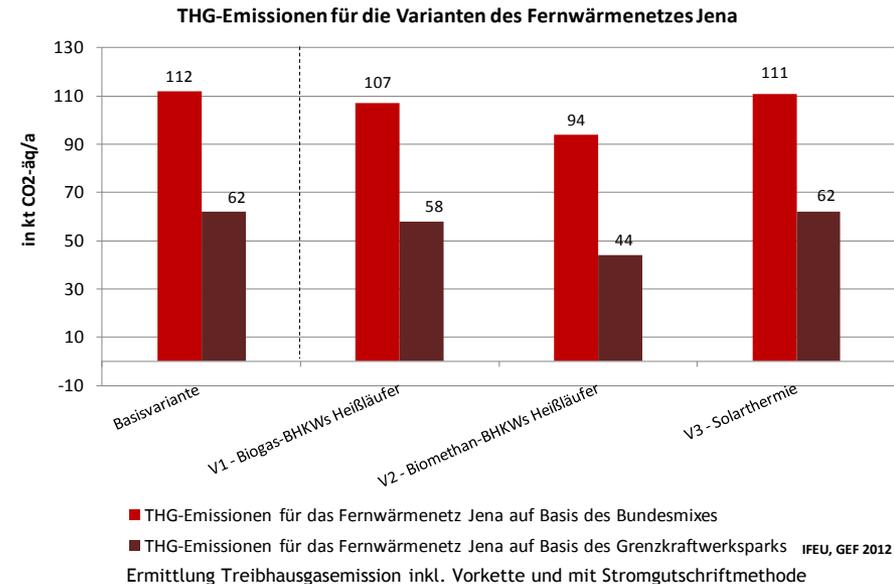
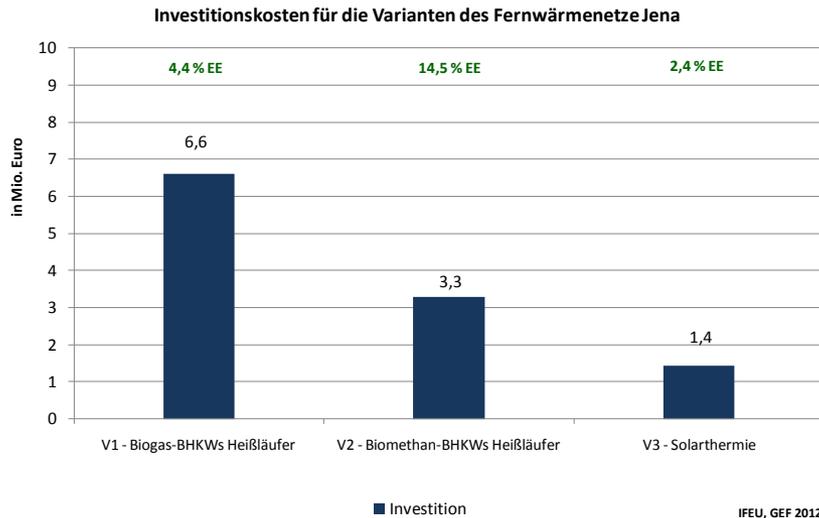
- Solarthermie (VKR) mit höchsten spez. Kosten bei kleinstem Zuwachs an EE
- Biomethan mit niedrigsten spez. Kosten und höchsten Zuwachs an EE
aber: Wärmegestehungskosten im Gesamtsystem steigen um 14 %



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

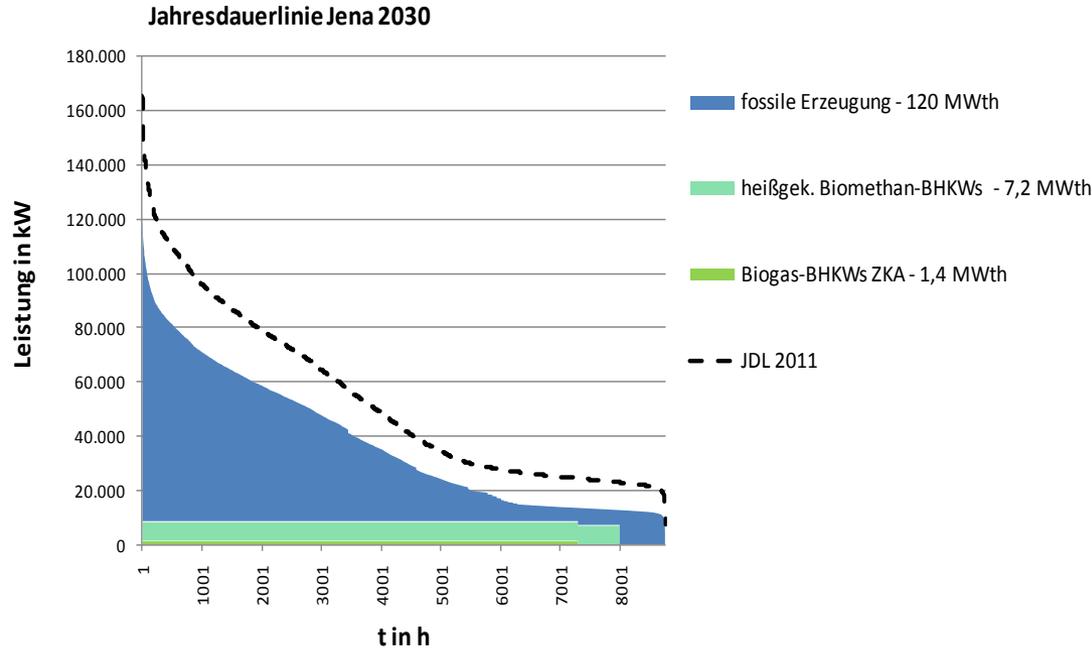
Modellregion Jena - Variantenvergleich

- Biogasanlage mit höchstem Investitionsvolumen
- Biomethan-BHKW aufgrund hoher Stromproduktion größte THG-Reduktion
- kleine Solarthermieflächen mit überschaubarer Investition, aber geringer EE-Steigerung und THG-Reduktion



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Transformations Schritte Jena bis 2024



■ bis 2020 (EE-Ziel BuReg)

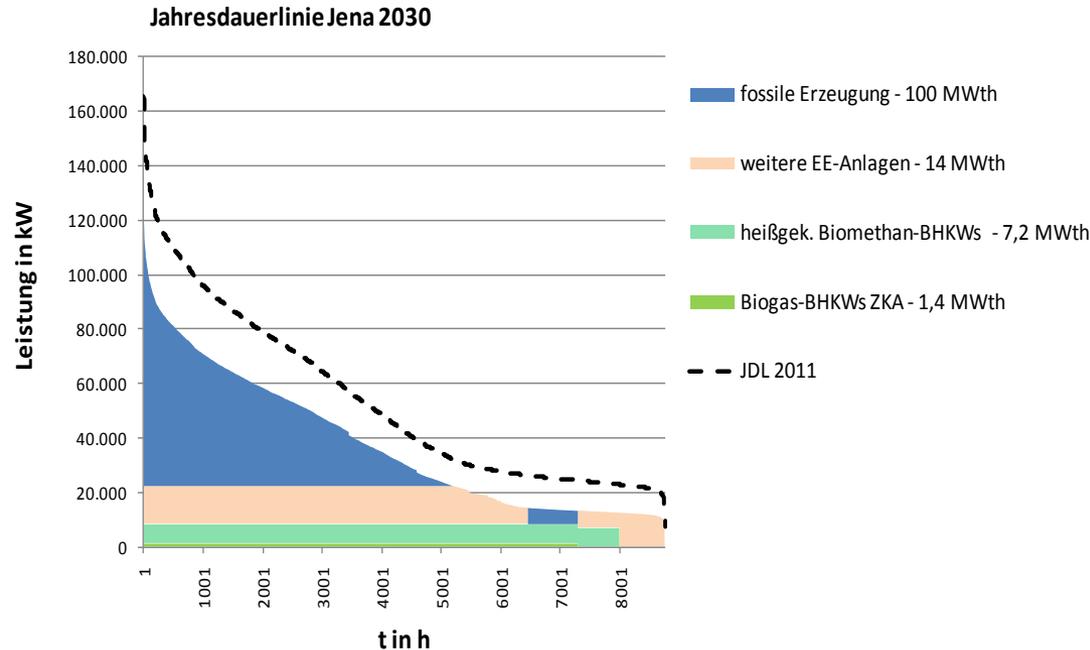
1. 7 MW_{th} Biomethan BHKW zubauen bis 2020
-> 14,5 % EE

■ bis 2024 (Stilllegung EON-GuD)

2. Ablösung Dampfnetz bis 2024
3. Temperaturabsenkung im Heißwassernetz auf BHKW-Niveau (max. 110 °C) bis 2024

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Transformationssschritte Jena nach 2024



■ bis 2020 (EE-Ziel BuReg)

1. 7 MW_{th} Biomethan BHKW
zubauen bis 2020
-> 14,5 % EE

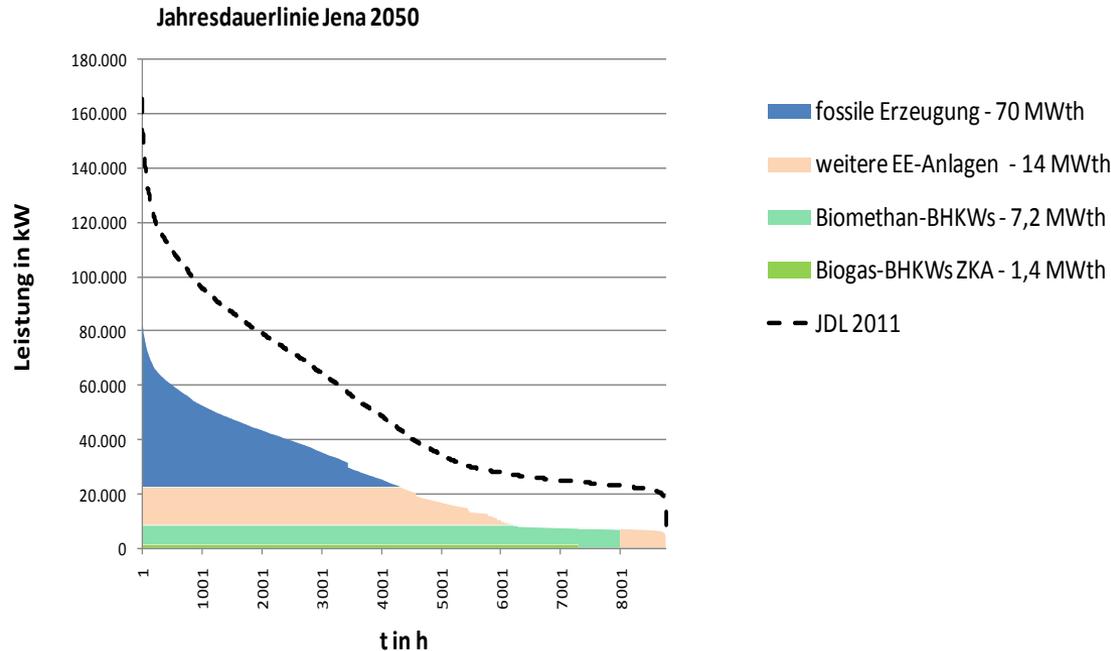
■ bis 2024 (Stilllegung EON-GuD)

2. Ablösung Dampfnetz bis 2024
3. Temperaturabsenkung im Heißwassernetz auf BHKW-Niveau (max. 110 °C) bis 2024
4. weitere 14 MW_{th} EE zubauen
fossile Spitzenkessel zubauen

➔ bis 2030 ca. 50 % EE

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Transformationssschritte Jena bis 2050



■ bis 2020 (EE-Ziel BuReg)

1. 7 MW_{th} Biomethan BHKW zubauen bis 2020
-> 14,5 % EE

■ bis 2024 (Stilllegung EON-GuD)

2. Ablösung Dampfnetz bis 2024
3. Temperaturabsenkung im Heißwassernetz auf BHKW-Niveau (max. 110 °C) bis 2024
4. weitere 14 MW_{th} EE zubauen
fossile Spitzenkessel zubauen
5. Anteil EE steigt durch langfristigen Verbrauchsrückgang

➔ bis 2050 ca. 60 % EE

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Transformationsstrategie Jena



* 2024 endet der Wärmeliefervertrag der SWEJ mit der E.ON, GuD-Anlage ist 30 Jahre alt, BHKWs stehen kurz vor dem Auslaufen der EEG-Förderung

Ermittlung Treibhausgasemission inkl. Vorkette und mit Stromgutschriftmethode

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Fazit Modellregion Jena

- Das Thema **Temperaturabsenkung** ist von hoher Bedeutung.
- Die regional verfügbaren **Potenziale** begrenzen u.U. den Ausbau erneuerbarer Fernwärme stark, wenn EE nicht überregional beschafft werden können.
- Auch unter wenig optimalen Randbedingungen zu Beginn der Transformation lassen sich bei einem schrittweisen Vorgehen langfristig **EE-Anteile um die 50 %** erreichen.
- Es ist nicht notwendig, zentrale fossile KWK-Anlagen durch erneuerbare Anlagen in der gleichen Leistungsklasse zu ersetzen. Wenn die fossile KWK wirtschaftlich auf einen Teil der Grundlast verzichten kann, können **schrittweise kleinere EE-Anlagen** zugebaut werden.
- Durch den Zubau erneuerbarer Wärmegrundlastanlagen verschärft sich die wirtschaftliche Situation **fossiler KWK**, deren Einsatzzeiten bereits stromseitig durch Wind- und PV-Anlagen reduziert werden.

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	---------------------------------	--------------

Modellregion Ulm

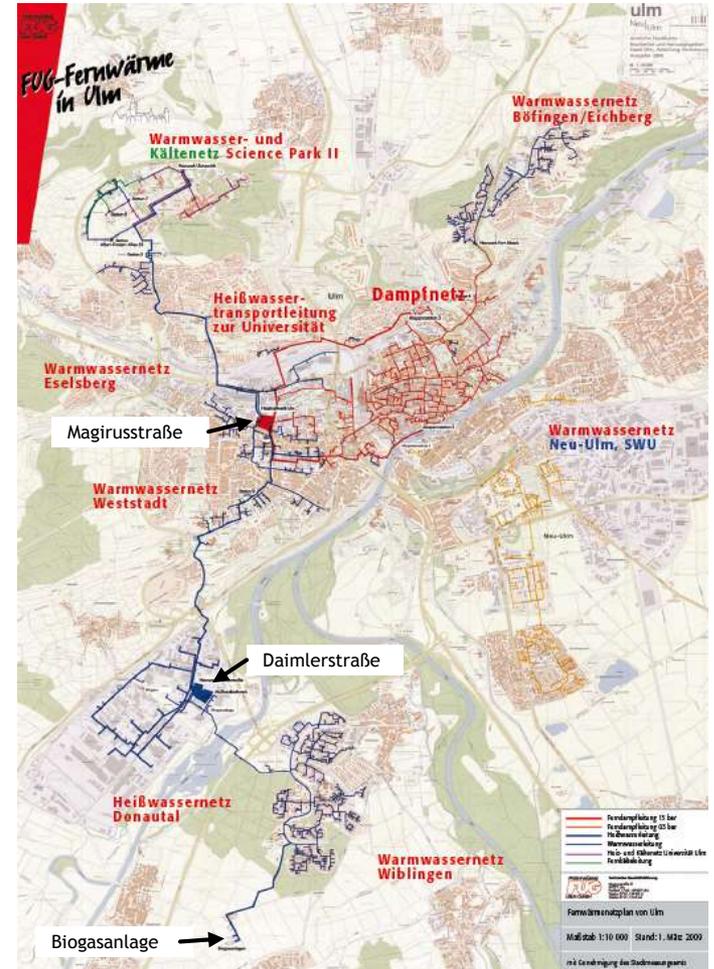
- 160 km Trassenlänge
- acht Netzteile mit unterschiedlichen Temperaturen
- Fernwärmeabsatz 600 GWh/a
- Netzverluste 15 %

- **Standort Magirusstraße**
Sammelschienen-HKW 294 MW_{th} / 27 MW_{el}
3 Steinkohle-Kessel
2 Gas-/Öl-Kessel

- Bio-HKW I (2004) 58 MW_{th} / 10 MW_{el}
Bio-HKW II (2012) 20 MW_{th} / 5 MW_{el}

- **Standort Daimlerstraße**
5 Gas-/Öl-Kessel 90 MW_{th}

- Müllheizkraftwerk Daimlerstraße 28 MW_{th}
- Heizwerke Universität und Fort Albeck
- Ext. Wärmeeinspeisung aus Biogas- u. Pflanzenöl-BHKWs



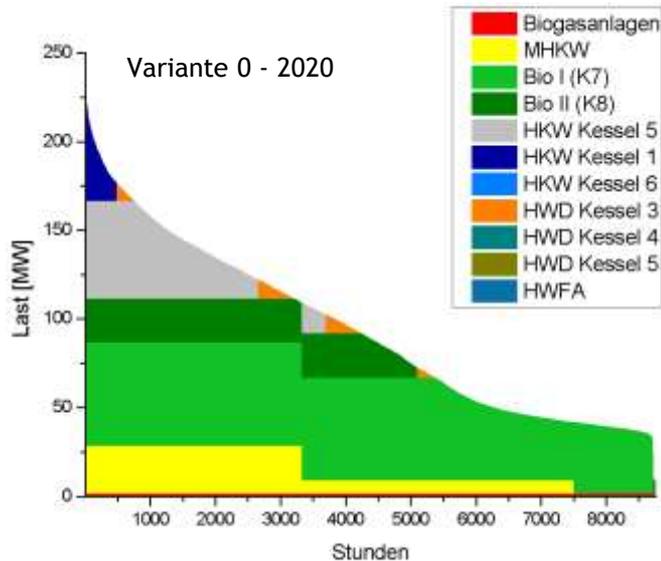
Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Modellregion Ulm - Varianten für Ausbau EE

Frage: wie (und wie weit) lässt sich der Anteil an EE weiter erhöhen?

Investitionszeitpunkt für neue Erzeugung nicht vor 2020

- Kessel bis 2012 ertüchtigt bzw. stillgelegt
- EEG-Förderung Bio I läuft 2024 aus
- Dampfnetzumstellung ca. 2022 abgeschlossen
- EE-Anteil in 2020 = 77 %

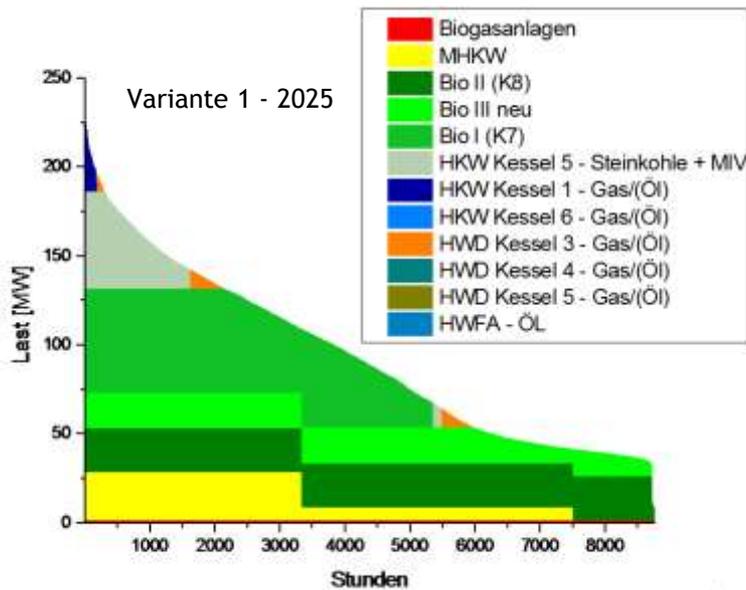


- Var 1 Biomasse-KWK + Mitverbr.
- Var 2 Geothermie-Heizwerk
- Var 3 max. Anteil EE
- Var 4 Biomethan-BHKW

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Modellregion Ulm - Variante 1

- Mitverbrennung 10 % Biomasse in Steinkohlekesseln ab 2020
- Biomasse-Kessel III für Sammelschiene in 2025 (20 MW_{th})
- Bio I verlagert sich nach Auslaufen der EEG-Förderung in der Erzeugereinsatzreihenfolge nach oben
- EE-Anteil in 2025 = 86 %



Wirtschaftlichkeitsvarianten

- Var. 1.1 mit EEG-Vergütung für Mitverbrennung und Sammelschiene
- Var. 1.2 ohne EEG-Vergütung

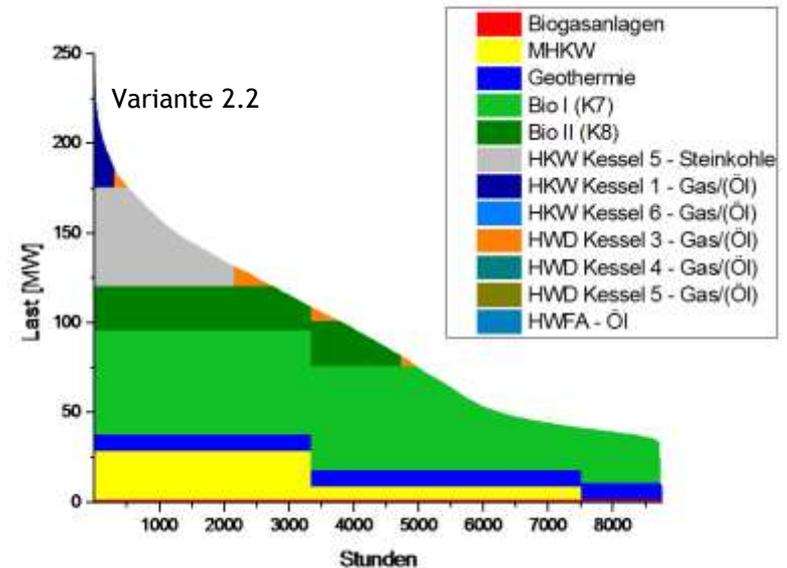
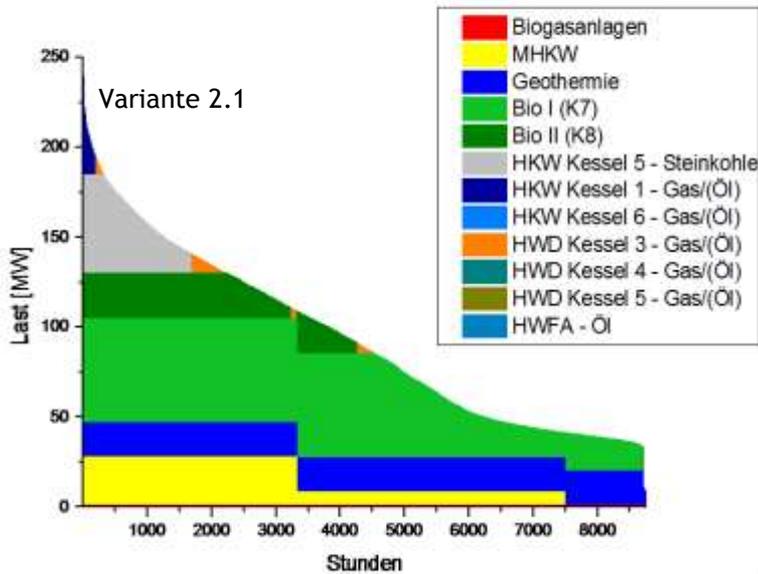
Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Modellregion Ulm - Variante 2

Einbindung einer Geothermieanlage

- Var 2.1 - hohe Schüttung (18,8 MW_{th})
- EE-Anteil in 2025 = 85 %

- Var 2.2 - niedrige Schüttung (9,4 MW_{th})
- EE-Anteil in 2025 = 83 %



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

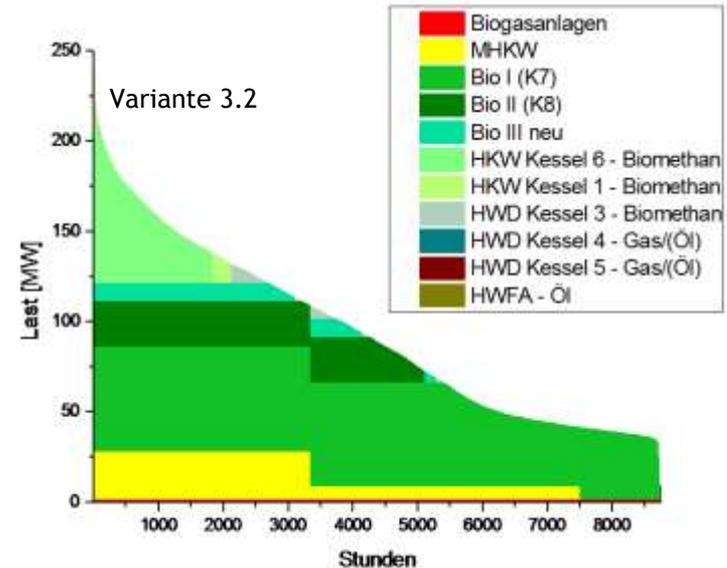
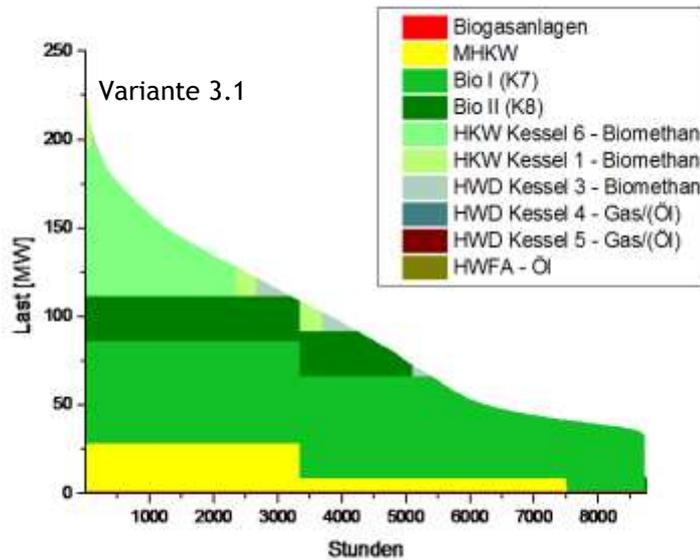
Modellregion Ulm - Variante 3

Maximaler Anteil erneuerbarer Wärme (= 92,4 % für FUG wg. MHKW)

■ Var 3.1 Biomethan in Kesseln

■ Var 3.2 Biomethan in Kesseln

+ Bio-HKW III (10 MW_{th})
(Einbindung in Sammelschiene, d.h. keine EEG-Vergütung)

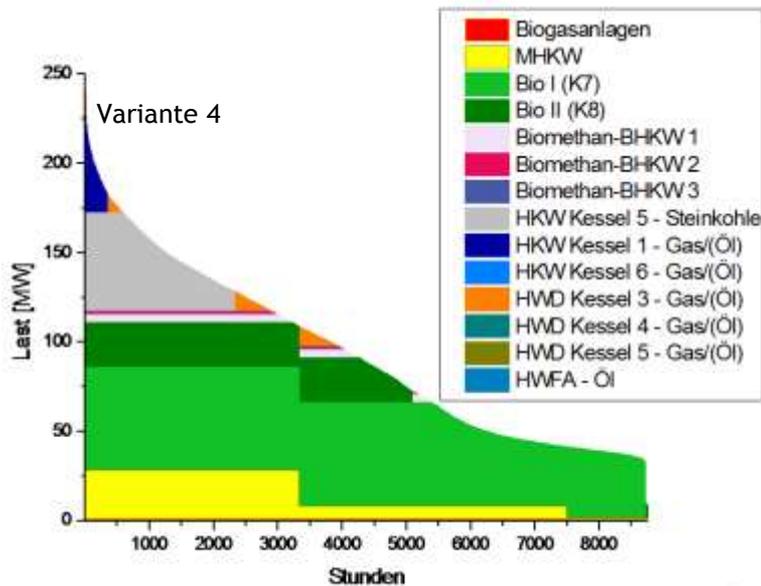


Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Modellregion Ulm - Variante 4

Einbindung von Biomethan-BHKW

- 3 BHKW unterschiedlicher Leistung
- Auslegung auf mindestens 3500 Vbh pro BHKW
- EE-Anteil in 2025: 82 %



Bestandsaufnahme

Best-Practice-Analyse

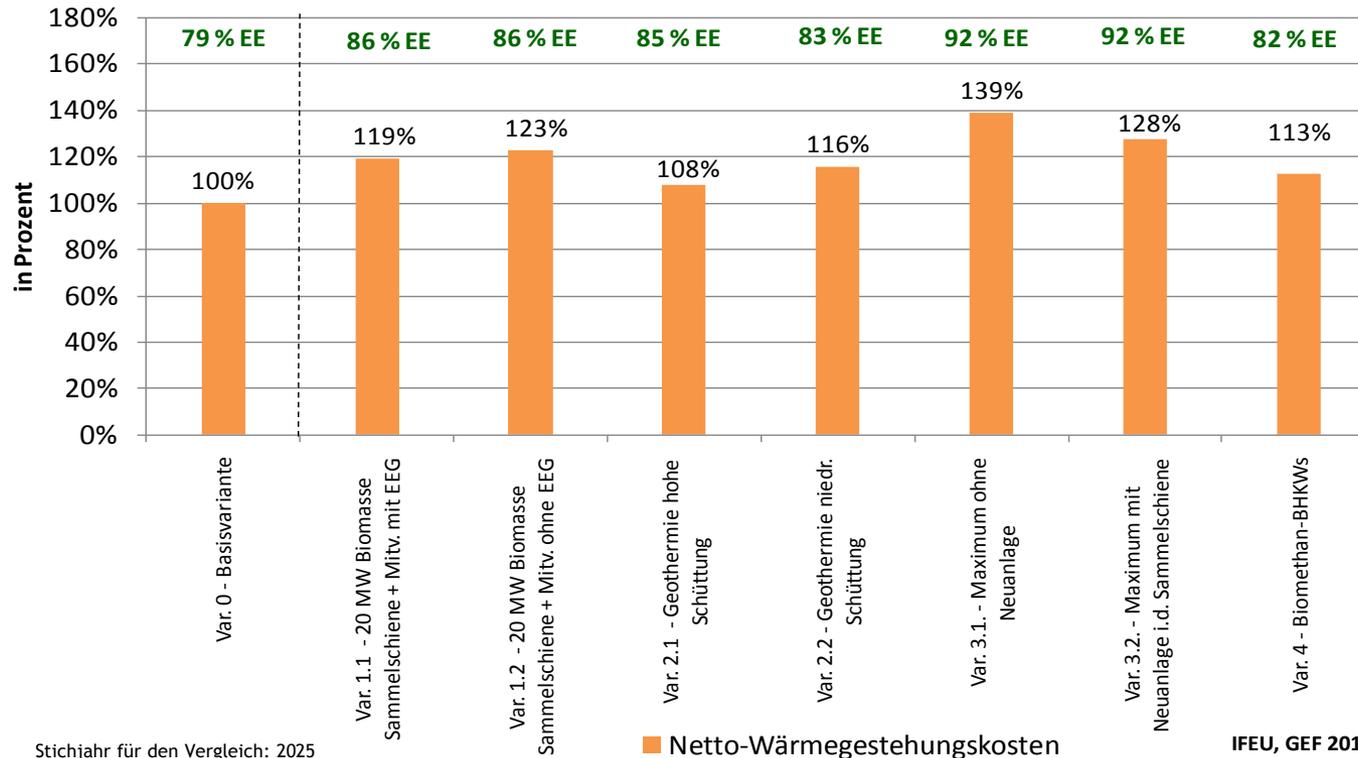
Technik & Ökonomie

Transformationsstrategie

Empfehlungen

Modellregion Ulm - Variantenvergleich

Netto-Wärmegestehungskosten für die Varianten im Fernwärmenetz der FUG/Ulm



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Fazit Modellregion Ulm

- Ein Anteil von 75 % EE-Wärme scheint für das Netz der FUG nahe am Optimum zu liegen.
- Wenn **holzartige Biomasse** zu vertretbaren Preisen regional verfügbar ist, bietet sich eine **unproblematische** Möglichkeit zur Integration von EE in Bestandsnetze.
- Wenn (begrenzte) Biomasse zukünftig in geringerem Umfang genutzt werden soll, könnte die brennstofffreie Geothermie eine Möglichkeit sein.

Voraussetzung: ausreichende Temperatur und Schüttung können realisiert werden.

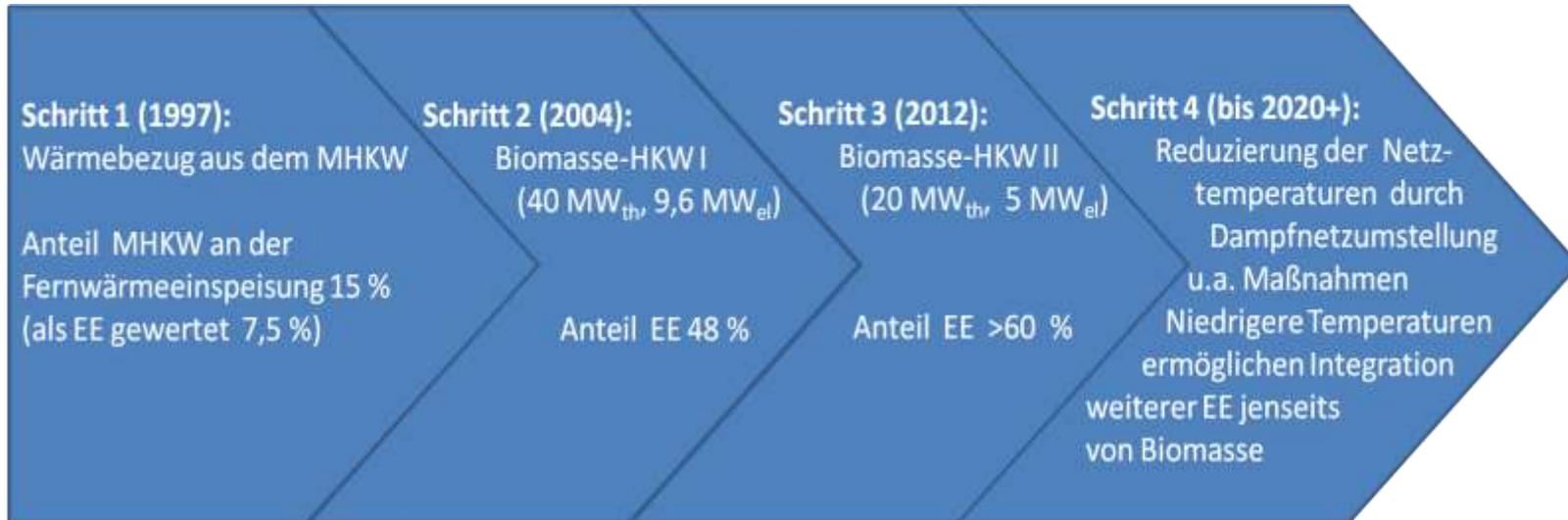
Nachteil: durch Geothermie als reine Wärmetechnik sinken die EE-Stromproduktion und die EEG-Einnahmen aus Biomasse-KWK.

- Im Rahmen der laufenden Dampfnetzumstellung sollten die Möglichkeiten zur Absenkung der Vorlauftemperatur genutzt werden.

Vorteil: einfachere Integration von Geothermie, BHKW, Niedertemperaturabwärme, etc.

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	---------------------------------	--------------

Transformationsstrategie Ulm

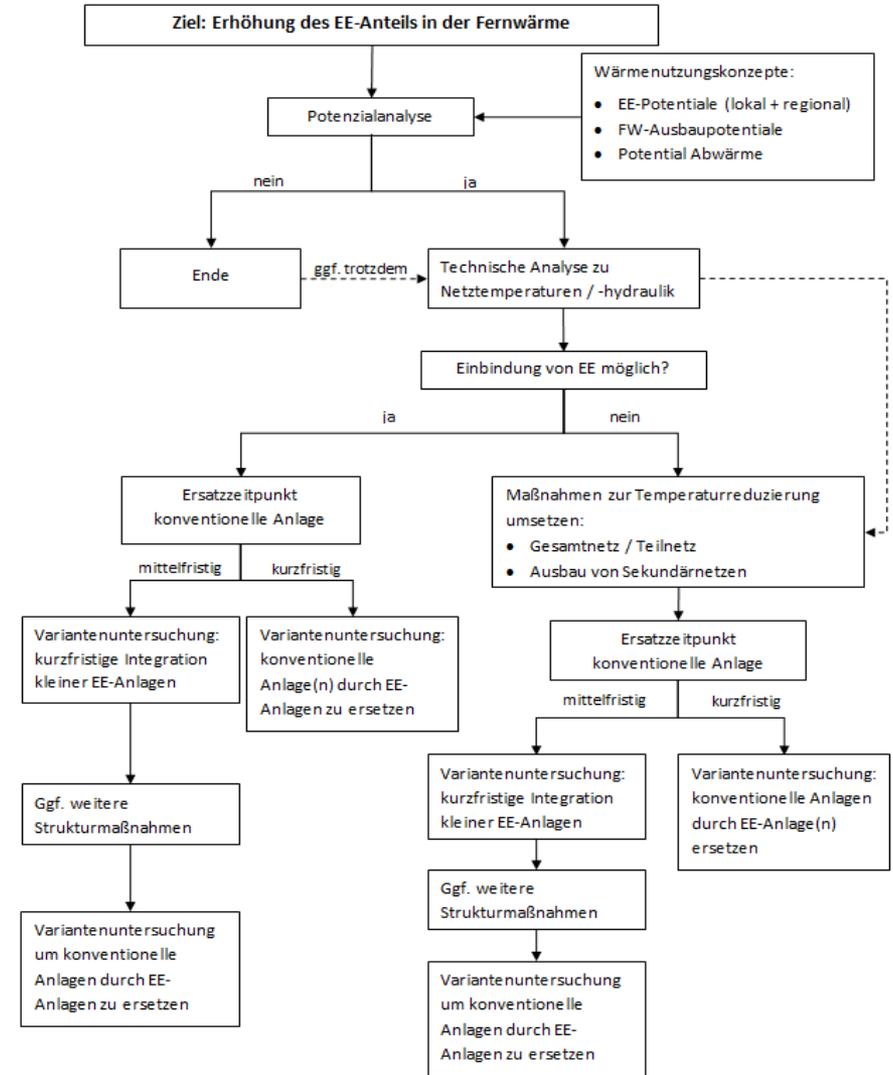


* Voraussichtlich bis 2022 wird die Dampfnetzumstellung in Ulm abgeschlossen sein. In 2024 endet die EEG-Förderung des Bio-HKW I, so dass sich für die Integration neuer EE-Anlagen ein Zeitfenster öffnet.

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Entscheidungsbaum zur Entwicklung individueller Transformationsstrategien

- mit welchen Schritten kann ein Netz transformiert werden?
- welche Analysen sind erforderlich?



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Erforderliche Rahmenbedingungen für Transformation

Steigerung der EE-Anteile in Fernwärmesystemen			
Integration von EE-Anlagen	Netzoptimierung	Verbrauchs-entwicklung	Beitrag zur EE-Strom Systemintegration
Geothermie	Absenkung Temperaturniveau	Höhere EE-Anteile durch geringere Absatzmenge	Kopplung E-Kessel an EE-Überschussstrom
Biomasse-KWK / -Spitzenlast	Aufbau von Sekundärnetzen	Vergleichmäßigung der Jahresdauerlinie	Wärmespeicher zur Steigerung der zeitlichen Volatilität von KWK
Biogas- und Biomethan-KWK	Integration von Wärmespeichern	Bessere Auslastung für EE-Anlagen in der Grundlast	
Biomasse - Mitverbrennung	Rücklauf-Versorgung		
Solarthermie			
Wärmepumpen (NT-Wärme)			
Ind. Abwärme			

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Zur Umsetzung empfohlene politische Instrumente

Zentrale Hemmnisse müssen von Netz zu Netz **individuell** gelöst werden, wie z.B.

- Temperaturabsenkung
- Konkurrenz zwischen fossiler und erneuerbarer KWK
- hoher Investitionsbedarf
- wirtschaftlich darstellbare Wärmegeheimungskosten Gesamtsystem

Ziel der politischen Instrumente: individuelle Optimierung unterstützen

- Entwicklung von Konzepten zur Netztransformation fördern (Machbarkeitsstudien)
- Umsetzungsmaßnahmen der Netztransformation fördern (Breitenförderung)
- um Mitverbrennung und Sammelschienen-HKW zu ermöglichen, EEG-Ausschließlichkeitsregelung für Biomasse relativieren (an Nachhaltigkeitsbedingungen knüpfen); Begrenzung auf einen Leistungsanteil von 20 MW_{el}
- Pilotprojekte im Bereich solarer Fernwärme

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Politikinstrumente mit weiterem Analyse- und Diskussionsbedarf

- Durchleitung erneuerbarer Wärme
- Weiterentwicklung EEWärmeG
- verbesserte Nutzung Abwärmepotenziale

Politikinstrumente ohne Handlungsbedarf

- Einspeisevergütung für EE-Wärme
- Verbesserung der Rahmenbedingungen für die Integration von Geothermie

Weitere flankierende Maßnahmen

- Weiterentwicklung des Regelwerkes mit Hinblick auf klimapolitische Ziele
- Entwicklung und Verbreitung von Anreizen zur Senkung der Rücklauftemperatur
- Entwicklung eines Modells zur Befreiung von der EEG-Umlage bei gezielter Nutzung von EE-Überschußstrom in der Fernwärme
- Weiterbildung von Akteuren, vor allem im Bereich Netzoptimierung und -transformation

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Informationen zum Forschungsprojekt

Titel: Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien

Auftraggeber: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Referat Ki III, Berlin

Förderkennzeichen: 0325184

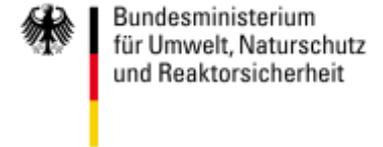
Projektträger: Projektträger Jülich

Projektteam: Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

GEF Ingenieur AG, Leimen

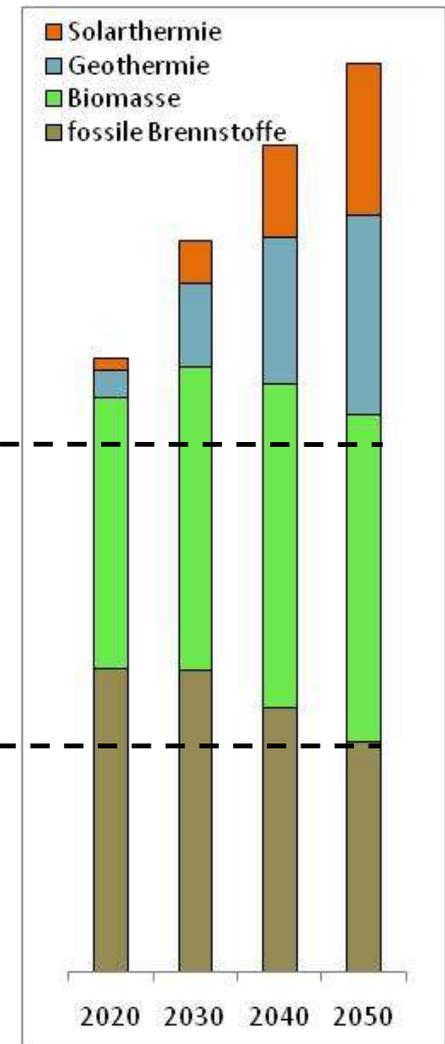
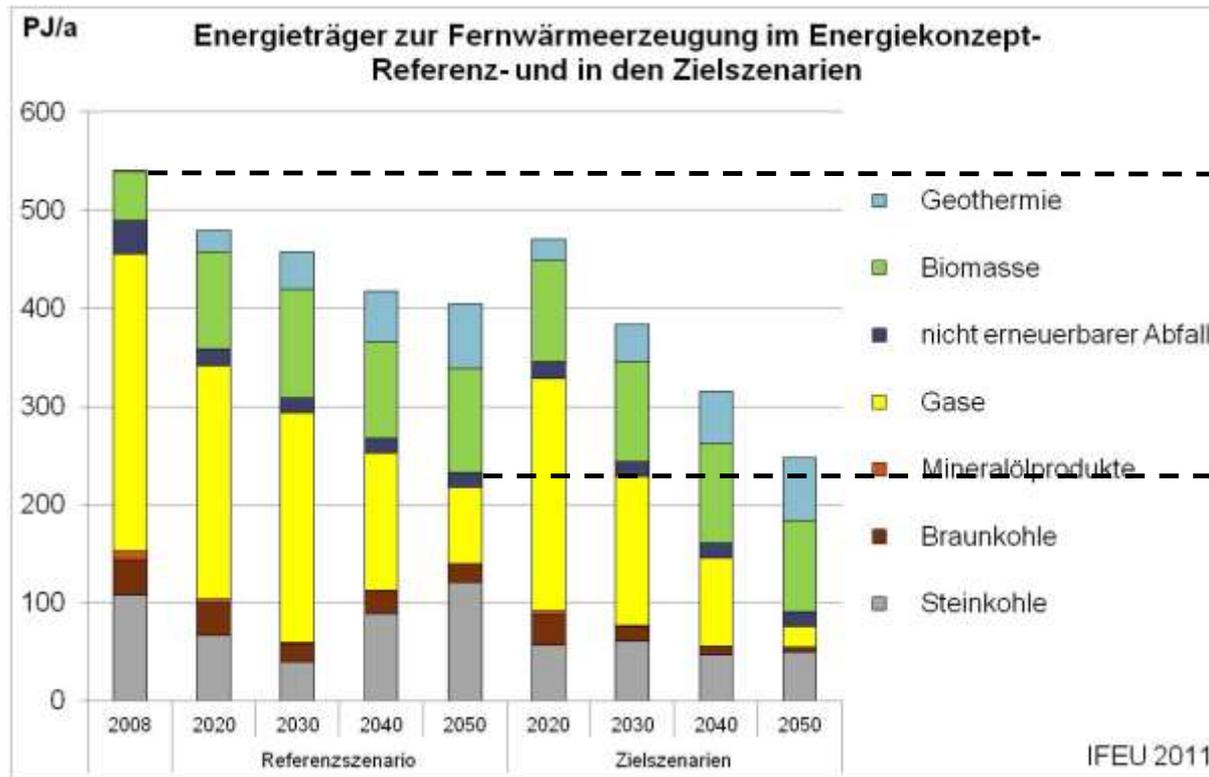
AGFW - Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V., Frankfurt a. M.

Laufzeit: Oktober 2010 - August 2012



Energiekonzept 2010 und Leitstudie 2010

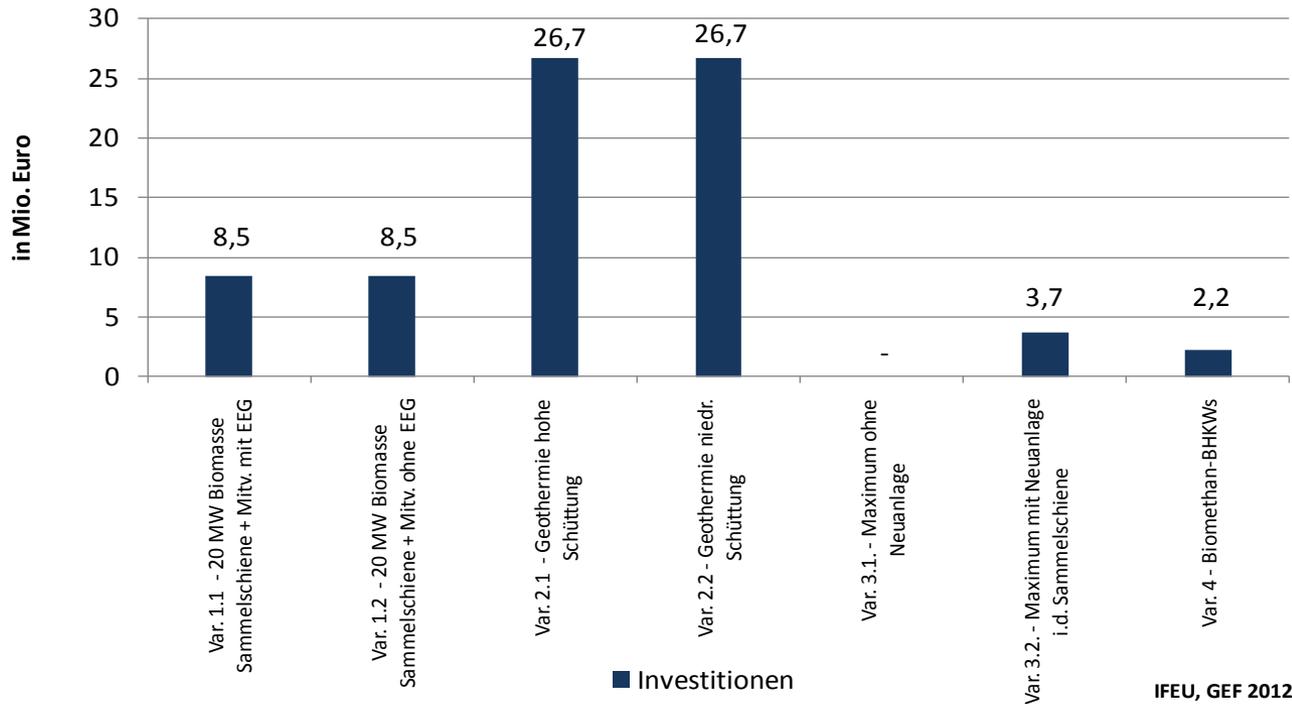
- Senkung des Energieverbrauchs
- Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Modellregion Ulm - Variantenvergleich

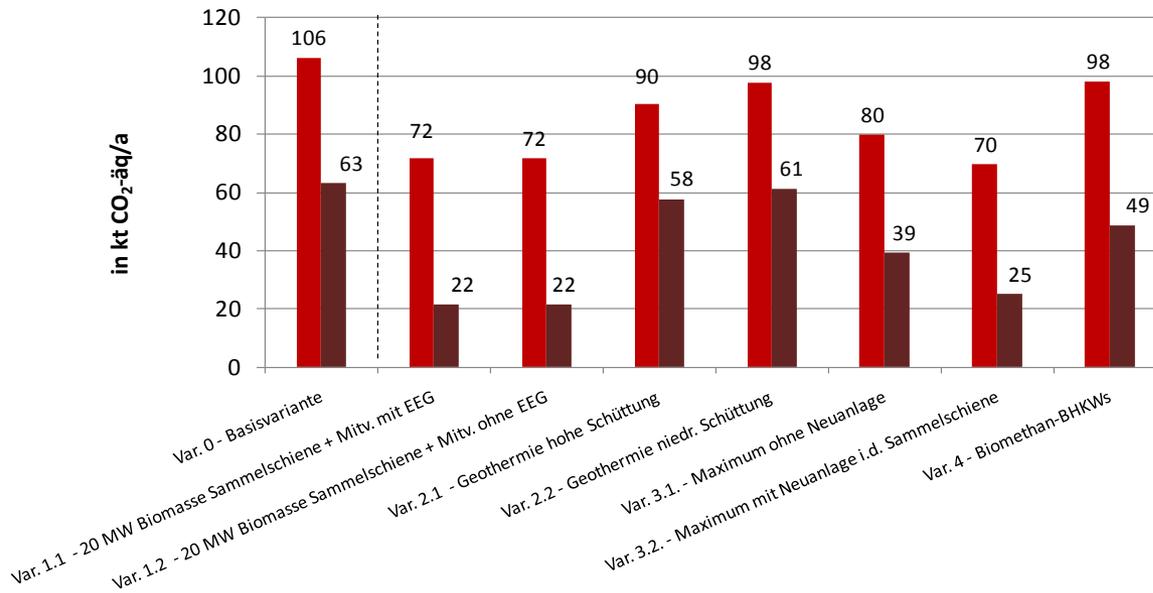
Investitionen für die Varianten im Fernwärmenetz der FUG/Ulm



Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------

Modellregion Ulm - Variantenvergleich

THG-Emissionen für die Varianten im Fernwärmenetze der FUG/Ulm



- THG-Emissionen für das Fernwärmenetz Ulm auf Basis des Bundesmixes
- THG-Emissionen für das Fernwärmenetz Ulm auf Basis des Grenzkraftwerksparkes IFEU, GEF 2012

Bestandsaufnahme	Best-Practice-Analyse	Technik & Ökonomie	Transformationsstrategie	Empfehlungen
------------------	-----------------------	--------------------	--------------------------	--------------