

Studie: Energetische, ökologische und ökonomische Aspekte der Fernwärme in der Hansestadt Rostock

24.02.2012

Dipl.-Ing. Martin Theile
Prof. Dr.-Ing. Egon Hassel
Universität Rostock

Lehrstuhl für Technische Thermodynamik

Arbeitspaket 1:

Analyse und Gegenüberstellung von Mustergebäuden bzgl. Energieeffizienz und Umweltbelastung bei Einsatz unterschiedlicher, vorgegebener Energieversorgungskonzepte und variierendem Wärme- und Brauchwarmwasserbedarf

Arbeitspaket 2:

Analyse der energetischen Effizienz und der CO₂-Emissionen bei Einsatz unterschiedlicher, vorgegebener Energieversorgungskonzepte.

Arbeitspaket 3:
**Untersuchung der Vergleichbarkeit der
Energieversorgungskonzepte auf der Basis einer
Vollkostenrechnung über einen Zeitraum von 20 Jahren
unter Berücksichtigung vorgegebener Szenarien für die
Preisentwicklung**

Gliederung

Gliederung:

- 1. Einleitung
- 2. Berechnungsmethodik
- 3. Vorbemerkungen/Randbedingungen
- 4. Ergebnisse
 - 4.1 Einfamilienhaus
 - 4.2 Mehrfamilienhaus (geschl.)
 - 4.3 Mehrfamilienhaus (offen)
 - 4.4 Parametervariationen
- 5. Zusammenfassung
- 6. Ausblick

1. Einleitung

- Wozu detaillierte energetische Bewertung aktueller Heizungssysteme für verschiedene Wohnanlagen?
- **Betrachtung der Energieentwicklung der Hansestadt Rostock:**
 - Ziel: Reduktion der CO₂-Emission von aktuell 3,93 t/Einw. auf 2,6 t/Einw. bis 2030 (Klimaschutz-Rahmenkonzept)
 - Stand: Klimakorrigierter Wärmebedarf von 1990 bis 2010 um 42% gesunken (bei 19 % weniger Einwohnern)
 - Stand: Klimakorrigierter Endenergieverbrauch von 1990 bis 2010 um 29% gesunken
 - Sanierungsmaßnahmen bzgl. Gebäude jedoch nahezu abgeschlossen

1. Einleitung

- Wozu detaillierte energetische Bewertung aktueller Heizungssysteme für verschiedene Wohnanlagen?
- **Betrachtung einzelner Gebäude bzgl. Energieeffizienz:**
 - Starker Einfluss der Wärmedämmung/Sanierungsmaßnahme auf den Endenergiebedarf (bis zu Faktor 2,4 bzgl. Endenergiebedarf *1)
 - Starker Einfluss der Anlagentechnik auf den Endenergiebedarf (bis zu Faktor 5,43 *1)
 - Energieträgerspezifischer Primärenergiefaktor beeinflusst Ergebnisse zusätzlich (z.B. $PE_{FW,HRO}=0,256$ / $PE_{Strom}=2,6$ / $PE_{Erdgas}=1,1$)

1. Einleitung

- Schlussfolgerung
- **Für eine energetische, ökologische und ökonomische Analyse für die Region Rostock:**
 - Lokale Besonderheiten bzgl. Baustruktur durch angepasste Randbedingungen vorgeben
 - Lokaler Primärenergiefaktor für Fernwärme berücksichtigen
 - Beachtung lokaler Preise und Kosten durch Vollkostenrechnung
 - → Schaffung einer Datenbasis durch aktuelle Studie!

Gliederung

Gliederung:

- 1. Einleitung
- 2. Berechnungsmethodik
- 3. Vorbemerkungen/Randbedingungen
- 4. Ergebnisse
 - 4.1 Einfamilienhaus
 - 4.2 Mehrfamilienhaus (geschl.)
 - 4.3 Mehrfamilienhaus (offen)
 - 4.4 Parametervariationen
- 5. Zusammenfassung
- 6. Ausblick

2. Berechnungsmethodik

- Gegenüberstellung verschiedener Mustergebäude bzgl. Energieeffizienz

- EFH



- MFH (geschl.)



- MFH (offen)



2. Berechnungsmethodik

- Gegenüberstellung verschiedener Heizungssysteme bzgl. Energieeffizienz

- Gas-Brennwertheizung + solare TW-Erwärmung
(laut EEWärmeG bei Neubau Anteil an erneuerbarer Energie nötig)
- KWK-Fernwärme
- Luft-Wärmepumpe
- Oberflächennahe Geothermie

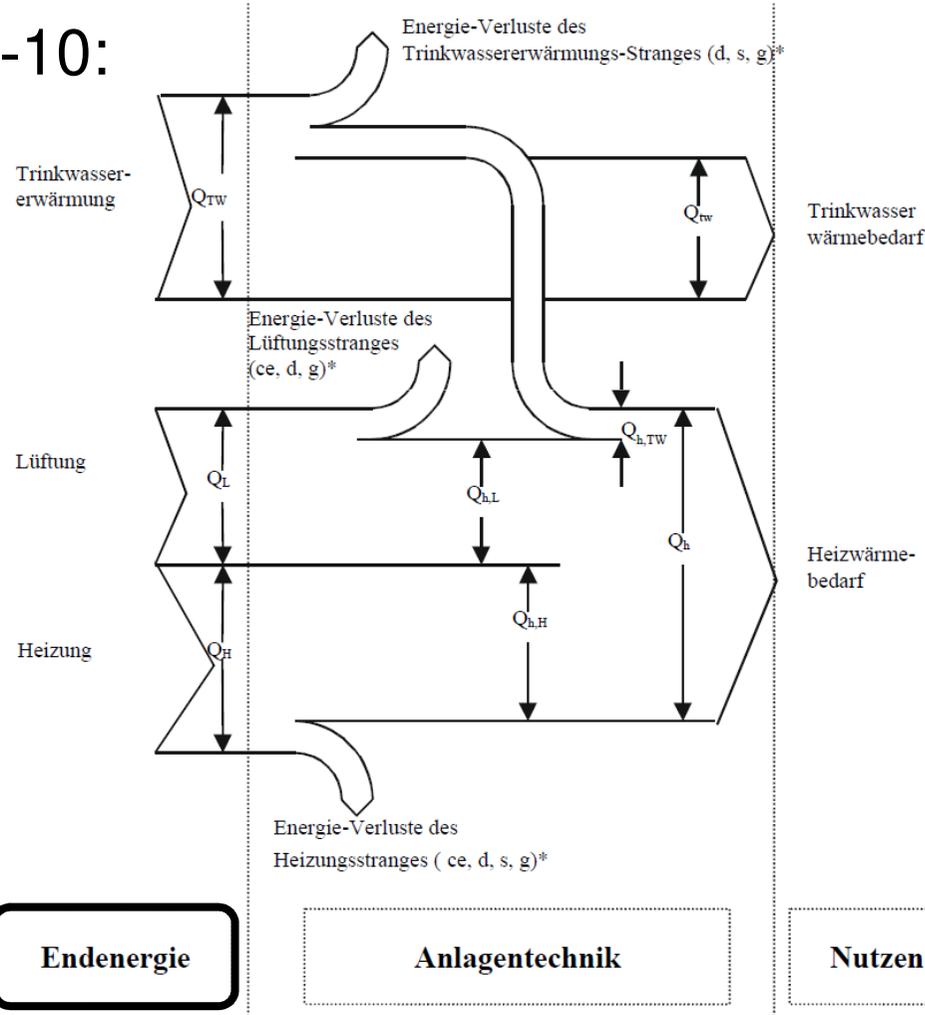
2. Berechnungsmethodik

- Heizungsvergleich auf Basis von DIN-Berechnung
-
- Trinkwasser- und Heizwärmebedarf wurden vom Amt für Umweltschutz zur Verfügung gestellt
 - DIN 4701-10: Energetische Bewertung – Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung

2. Berechnungsmethodik

- DIN 4701-10:

DIN V 4701-10



Gliederung

Gliederung:

- 1. Einleitung
- 2. Berechnungsmethodik
- 3. Vorbemerkungen/Randbedingungen
- 4. Ergebnisse
 - 4.1 Einfamilienhaus
 - 4.2 Mehrfamilienhaus (geschl.)
 - 4.3 Mehrfamilienhaus (offen)
 - 4.4 Parametervariationen
- 5. Zusammenfassung
- 6. Ausblick

3. Vorbemerkungen/Randbedingungen

- Basis der Betrachtungen:
 - Typische Gebäude und Energiebedarfe nach Angaben des Amtes für Umweltschutz der Hansestadt Rostock
 - BDEW Heizkostenvergleich Neubau 2009 bzgl. einiger Punkte zu Gebäudedaten
 - Wärmedämmung/Sanierung größtenteils über Randbedingungen Wärmebedarf und Trinkwasserwärmebedarf abgedeckt

3. Vorbemerkungen/Randbedingungen

- Primärenergiefaktoren:

Energieträger	Primärenergiefaktor
Erdgas	1,1 ^{*1}
Strom	2,6 ^{*2}
Fernwärme HRO	0,256 ^{*3}

- CO₂-Emissionsfaktoren^{*4}:

Energieträger	CO ₂ -Emissionsfaktor
Erdgas	240 g/kWh ^{*5}
Strom	563 g/kWh ^{*6}
Fernwärme HRO	90 g/kWh ^{*5}

*1 – DIN 4701 - 10

*2 – EnEV 2009 Anlage 1

*3 – Zertifikat SWR AG bzgl. Fernwärmenetz

*4 – bezogen auf Endenergiebedarf

*5 – Information Amt für Umweltschutz HRO

*6 – Umweltbundesamt

3. Vorbemerkungen/Randbedingungen

● Randbedingungen EFH

- Nutzfläche 155 m² (nach SH131)
- 3 Personen
- Keine Zirkulationspumpe für TW
- Auslegungstemperatur: 55/30 °C *1
- Thermostatregelventil (± 1 Kelvin)
- Leistungsgeregelte Umwälzpumpe
- 12.000 kWh/a Heizwärmebedarf
- 650 kWh/(a*Person) TW-Wärmebedarf
- Heizungsanlage und Verteilungsleitungen innerhalb thermischer Hülle
- Neubau

*1 – Bei Einsatz von Wärmepumpen: FBH 35/25°C

3. Vorbemerkungen/Randbedingungen

● Randbedingungen MFH (geschl.)

- Nutzfläche 605 m² (nach BDEW HKV 2009)
- 14 Personen
- Zirkulationspumpe für TW
- Auslegungstemperatur: 70/50 °C *1
- Thermostatregelventil (± 2 Kelvin)
- Leistungsgeregelte Umwälzpumpe
- 70.000 kWh/a Heizwärmebedarf
- 650 kWh/(a*Person) TW-Wärmebedarf
- Heizungsanlage außerhalb thermischer Hülle
- Verteilungsleitungen innerhalb thermischer Hülle
- teilsaniert

*1 – Bei Einsatz von Wärmepumpen: 50/30°C

3. Vorbemerkungen/Randbedingungen

● Randbedingungen MFH (offen)

- Nutzfläche 1210 m² (nach BDEW HKV 2009)
- 28 Personen
- Zirkulationspumpe für TW
- Auslegungstemperatur: 70/50 °C *1
- Thermostatregelventil (± 1 Kelvin)
- Leistungsgeregelte Umwälzpumpe
- 100.000 kWh/a Heizwärmebedarf
- 650 kWh/(a*Person) TW-Wärmebedarf
- Heizungsanlage außerhalb thermischer Hülle
- Verteilungsleitungen innerhalb thermischer Hülle
- saniert

*1 – Bei Einsatz von Wärmepumpen: 50/30°C

3. Vorbemerkungen/Randbedingungen

● Kombinationen

Lfd Nr.	Haustyp	Anlage
1	EFH	Brennwertheizung + solare TW-Erwärmung, Deckungsanteil 0,6, bivalenter TW-Speicher
2	EFH	Fernwärme , indirekt beheizter TW-Speicher
3	EFH	Luft-WP 1: , Deckungsanteil TW=0,75 und Heizung=0,85, $JAZ_{total}=1,9$
4	EFH	Luft-WP 2: , Deckungsanteil TW=0,95 und Heizung=0,95, $JAZ_{total}=3,5$ (BAFA förderwürdig)
5	EFH	Oberflächennahe Geothermie , $JAZ=4,5$
6	MFH (geschl.)	Brennwertheizung + solare TW-Erwärmung, Deckungsanteil 0,6, bivalenter TW-Speicher
7	MFH (geschl.)	Fernwärme , indirekt beheizter TW-Speicher
8	MFH (geschl.)	Luft-WP , Deckungsanteil TW=0,75 und Heizung=0,85, $JAZ_{total}=1,9$
9	MFH (offen)	Brennwertheizung + solare TW-Erwärmung, Deckungsanteil 0,6, bivalenter TW-Speicher
10	MFH (offen)	Fernwärme , indirekt beheizter TW-Speicher
11	MFH (offen)	Oberflächennahe Geothermie , $JAZ=4,5$

Gliederung

Gliederung:

- 1. Einleitung
- 2. Berechnungsmethodik
- 3. Vorbemerkungen/Randbedingungen
- 4. Ergebnisse
 - 4.1 Einfamilienhaus
 - 4.2 Mehrfamilienhaus (geschl.)
 - 4.3 Mehrfamilienhaus (offen)
 - 4.4 Parametervariationen
- 5. Zusammenfassung
- 6. Ausblick

4.1 Ergebnisse - EFH

Variante	BW+Solar	Fernwärme	Luft-WP 1	Luft-WP 2	Geothermie
TW-Wärmebedarf [kWh/a]	1950	1950	1950	1950	1950
Heizwärmebedarf [kWh/a]	12000	12000	12000	12000	12000
Spez. TW-Wärmebedarf [kWh/m ² a]	12,56	12,56	12,56	12,56	12,56
spez. Heizwärmebedarf [kWh/m ² a]	77,30	77,30	77,30	77,30	77,30
Jahres-TW-Energiebedarf [kWh/a]	1336	3623	1678	916	706
Jahresheizenergiebedarf [kWh/a]	12098	12014	5451	3372	2606
Jahresenergiebedarf [kWh/a]	13434	15637	7129	4288	3312
Hilfsenergie TW [kWh/a]	27	74	12	12	47
Hilfsenergie Heizung [kWh/a]	304	165	429	430	447
Jahreshilfsenergiebedarf [kWh/a]	331	239	441	442	494
Jahresendenergiebedarf [kWh/a]	13765	15876	7570	4730	3806
Jahresprimärenergiebedarf [kWh/a]	15638	4624	19682	12298	9896
Anlagenaufwandszahl	1,126	0,332	1,41	0,88	0,712
CO ₂ -Emission [kg/a]	3411	1542	4262	2663	2143

4.2 Ergebnisse – MFH (geschl.)

Variante	BW+Solar	Fernwärme	Luft-WP	Geothermie
TW-Wärmebedarf [kWh/a]	9100	9100	9100	
Heizwärmebedarf [kWh/a]	70000	70000	70000	
Spez. TW-Wärmebedarf [kWh/m ² a]	15,04	15,04	15,04	
spez. Heizwärmebedarf [kWh/m ² a]	115,7	115,7	115,7	
Jahres-TW-Energiebedarf [kWh/a]	6264	16172	7486	
Jahresheizenergiebedarf [kWh/a]	74899	72050	34775	
Jahresenergiebedarf [kWh/a]	81163	88222	42261	
Hilfsenergie TW [kWh/a]	241	453	212	
Hilfsenergie Heizung [kWh/a]	477	265	421	
Jahreshilfsenergiebedarf [kWh/a]	718	718	633	
Jahresendenergiebedarf [kWh/a]	81881	88940	42894	
Jahresprimärenergiebedarf [kWh/a]	91146	24452	111524	
Anlagenaufwandszahl	1,152	0,309	1,41	
CO ₂ -Emission [kg/a]	19883	8344	24149	

4.3 Ergebnisse – MFH (offen)

Variante	BW+Solar	Fernwärme	Luft-WP	Geothermie
TW-Wärmebedarf [kWh/a]	18200	18200		18200
Heizwärmebedarf [kWh/a]	100000	100000		100000
Spez. TW-Wärmebedarf [kWh/m ² a]	15,04	15,04		15,04
spez. Heizwärmebedarf [kWh/m ² a]	82,64	82,64		82,64
Jahres-TW-Energiebedarf [kWh/a]	11588	31116		6550
Jahresheizenergiebedarf [kWh/a]	104580	101000		22155
Jahresenergiebedarf [kWh/a]	116168	132116		28220
Hilfsenergie TW [kWh/a]	326	766		580
Hilfsenergie Heizung [kWh/a]	680	374		1724
Jahreshilfsenergiebedarf [kWh/a]	1006	1140		2304
Jahresendenergiebedarf [kWh/a]	117174	133256		30524
Jahresprimärenergiebedarf [kWh/a]	130400	36786		79362
Anlagenaufwandszahl	1,103	0,311		0,671
CO ₂ -Emission [kg/a]	28447	12532		17185

4.4 Parametervariationen

- Wärmebedarf +30% (**EFH / MFH** (geschl.) / **MFH** (offen))

Variante	BW+Solar			Fernwärme			Luft-WP			Geothermie		
Jahresendenergiebedarf	+27%	+28%	+28%	+22%	+27%	+25%	+26%	+27%		+23%		+26%

- Wärmebedarf -30% (**EFH / MFH** (geschl.) / **MFH** (offen))

Variante	BW+Solar			Fernwärme			Luft-WP			Geothermie		
Jahresendenergiebedarf	-27%	-28%	-28%	-22%	-27%	-25%	-26%	-27%		-23%		-26%

- Spreizung (Vor/Rücklauftemp)
 - Variation um 5°C verursacht minimale Veränderungen ($\pm 2\%$)
 - Auswirkungen auf die JAZ hier nicht betrachtet

- Variation JAZ der Wärmepumpen:

Variante	Luft-WP			Geothermie		
Start-JAZ / +10% / -10%	1,9	2,1	1,7	4,5	4	5
Auswirkung auf JEB	0 %	-10%	+12%	0%	-10%	+10%

Gliederung

Gliederung:

- 1. Einleitung
- 2. Berechnungsmethodik
- 3. Vorbemerkungen/Randbedingungen
- 4. Ergebnisse
 - 4.1 Einfamilienhaus
 - 4.2 Mehrfamilienhaus (geschl.)
 - 4.3 Mehrfamilienhaus (offen)
 - 4.4 Parametervariationen
- 5. Zusammenfassung
- 6. Ausblick

5. Zusammenfassung

- Hilfsenergie hat energetisch kaum Einfluss auf die Bilanz (Anteil bei Brennwertheizung und FW < 1%)
- Jahresprimärenergiebedarf bei sämtlichen Gebäudestrukturen bei Anschluss einer Fernwärmestation durch sehr guten Primärenergiefaktor (0,256) sehr gering
- Wärmepumpen stark abhängig von der JAZ und den Deckungsanteilen (Vorgaben: 1,9 / 3,5 (Luft-WP) und 4,5 (Geothermie))
- Wärmepumpen weisen bei guter Energiebilanz durch CO₂-Emissionsfaktor von Strom (0,563 g/kWh) deutlich höhere Emissionswerte im Gegensatz zur Fernwärme auf
- Jahresendenergiebedarf nur für Kostenanalyse verwendbar, keine ökologische Aussage möglich

Gliederung

Gliederung:

- 1. Einleitung
- 2. Berechnungsmethodik
- 3. Vorbemerkungen/Randbedingungen
- 4. Ergebnisse
 - 4.1 Einfamilienhaus
 - 4.2 Mehrfamilienhaus (geschl.)
 - 4.3 Mehrfamilienhaus (offen)
 - 4.4 Parametervariationen
- 5. Zusammenfassung
- 6. Ausblick

6. Ausblick

- Beginn der Vollkostenrechnung nach VDI 2067
- Marktanalyse lokaler Preise und Konditionen
- Recherche und Entwurf möglicher Preisszenarien und Untersuchung der Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit
- Variationen bestimmter Eingangsparameter zur Analyse der Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!