

Primärenergiefaktoren und Emissionsfaktoren von Energieträgern

Fernwärmetag 2010

Villach, am 18.3.2010

Inhalt

- ◆ Ausgangssituation
- ◆ Primärenergiefaktoren (allgemein)
- ◆ Primärenergiefaktoren verschiedener Energieträger in Österreich
- ◆ Ermittlung des Primärenergiefaktors von Fernwärme und Fernkälte
- ◆ Primärenergieeinsatz zur Deckung des Nutzenergiebedarfs für Raumwärme und Warmwasser
- ◆ Diskussion

Ausgangssituation (1)

- ◆ Vergleich von Heizungssystemen (Umsetzung der europäischen Gebäude-Richtlinie)
- ◆ Dafür für Fernwärmesysteme nötig:
 - Bestimmung des Energieeinsatzes zur Aufbringung der nötigen Wärmemengen aus verschiedenen Quellen und mit verschiedenen Technologien (z. B. KWK)
 - Primärenergiefaktoren für die verschiedenen Energieträger als Grundlage für die normierte Berechnungsweise der Primärenergiefaktoren von Fernwärmesystemen

Ausgangssituation (2)

- ◆ Angaben zum Primärenergiefaktor sind für Förderungen gem. Wärme- und Kälteleitungsausbaugesetz erforderlich.
- ◆ Im Jahr 2009 waren noch keine repräsentativen Primärenergiefaktoren der verschiedenen Energieträger für Österreich publiziert.
- ◆ Unklarheiten bei der Ermittlung des Faktors für Fernwärmesysteme.

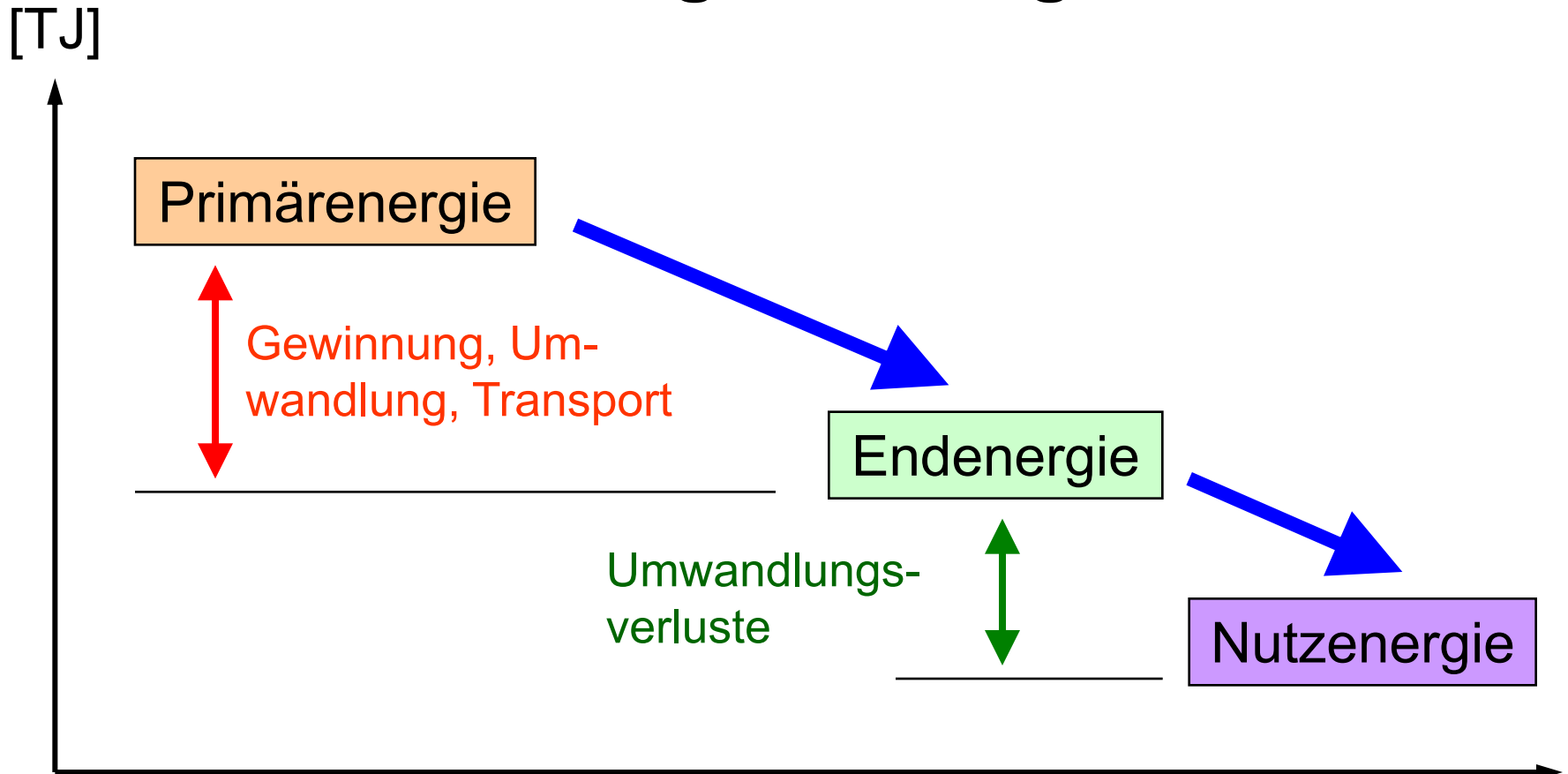
Ausgangssituation (3)

- ◆ relevante Normen:
 - Informative Werte für Primärenergiefaktoren finden sich z. B. in DIN V 4701–10 und ÖNORM EN 15603: 2008
 - Methode zur Ermittlung des Primärenergiefaktors für Fernwärme-Systeme in der ÖNORM EN 15316-4-5
- ◆ Werte für Deutschland finden sich z. B. in DIN 18599-100:2009 oder in AGFW FW 309

Aufgabenstellung der Studie

- ◆ Sammlung, Überprüfung und allfällige Anpassung der diskutierten Werte der Primärenergiefaktoren für die spezifische Situation in Österreich
- ◆ Ermittlung von CO₂-Emissionsfaktoren der Energieträger in Österreich
- ◆ Beispielhafte Anwendung

Energienutzung



Primärenergiefaktor (1)

Bestimmung des gesamten Energieaufwands von der Quelle bis zum Verbraucher

$$f_P = Q_P / Q_E$$

f_P ... Primärenergiefaktor

Q_P ... aufgewendete Primärenergie

Q_E ... Endenergie beim Verbraucher

Primärenergiefaktor (2)

- ◆ Direkter Primärenergiefaktor: erforderlicher Primärenergieeinsatz für die Energieumwandlung in der jeweiligen Anlage
- ◆ Indirekter Primärenergiefaktor: Energieaufwand für vorgelagerte Prozesse bzw. Prozessketten (Förderung, Gewinnung, Transport...)
- ◆ regenerativer ↔ nichtregenerativer Anteil
- ◆ Analyse der spezifischen Randbedingungen

Emissionsfaktoren

- ◆ Definition:
Emissionen, die bei der Nutzung des Energieträgers entstehen, bezogen auf den Energieinhalt.
- ◆ Direkte CO₂-Emission / Treibhausgasemission bedingt durch die chemischen Eigenschaften des Energieträgers.
- ◆ Indirekte CO₂-Emission / Treibhausgasemission bedingt durch den Energieaufwand in der Vorkette.

Methode zur Bestimmung der Faktoren

- ◆ Datenquellen:
Ecoinvent, GEMIS/ProBas, Energiestatistik,
Gasbilanz...
- ◆ Überprüfung der spezifischen, österreichischen
Rahmenbedingungen (Herkunft und Transportrouten
der Energieträger, Besonderheiten des
Verteilsystems...)

Primärenergiefaktoren in Österreich

Energieträger	PEF gesamt [-]	PEF nicht regenerativ [-]	CO ₂ -Emission direkt [t_CO ₂ /TJ]	THG-Emission direkt [t_CO ₂ -Äquivalent/TJ]	CO ₂ -Emission insgesamt [t_CO ₂ /TJ]	THG-Emission insgesamt [t_CO ₂ -Äquivalent/TJ]
Heizöl EL	1,17	1,17	75,00	75,00	88,46	89,22
Heizöl S	1,15	1,15	80,00	80,00	90,46	91,31
Erdgas	1,17	1,17	55,40	55,40	64,75	69,45
Flüssiggas	1,11	1,11	65,00	65,00	73,04	73,66
Steinkohle	1,05	1,05	95,00	95,00	98,97	104,33
Braunkohle	1,05	1,05	110,00	110,00	113,97	119,33
Koks	1,68	1,68				
Holz	1,06	0,04	0,00	0,00	2,95	3,09
Abwärme (industriell)	1,03	0,03	0,00	0,00	6,43	6,73
Abfall	1,04	0,04	0,00	0,00	5,07	5,27
Strom	2,97	2,97	197,75	197,75	216,20	226,40

Anmerkung: Alle Werte sind auf den unteren Heizwert bezogen

Heizöl extra leicht

Heizöl EL	PEF gesamt [-]	PEF nicht regenerativ [-]	CO ₂ -Emission direkt [t_CO ₂ /TJ]	THG-Emission direkt [t_CO ₂ -Äquivalent/TJ]	CO ₂ -Emission insgesamt [t_CO ₂ /TJ]	THG-Emission insgesamt [t_CO ₂ -Äquivalent/TJ]	Anmerkung
TB	1,17	1,17	75,00	75,00	88,46	89,22	1
Vergleich zu publizierten Werten							
DIN V 18599-1	1,10	1,10					2
EN 15603:2008	1,35	1,35				91,67	3
IWU (2009)	1,11	1,11					4
ESU (12/2008)	1,24	1,23			80,00	82,00	5
Probas	1,16	1,16	75,00	75,00	89,00	89,70	6
WUI (2005)							7
LCI (2006)						84,89	8

- ◆ Rohölförderung u. -transport:
PEF für RUS; Tanker; Pipeline bis Raffinerie
- ◆ PEF Raffinerie
- ◆ Transport zum Verbraucher per LKW und Bahn
- ◆ CO₂-Emissionsberechnung analog

Erdgas

Erdgas	PEF gesamt [-]	PEF nicht regenerativ [-]	CO ₂ -Emission direkt [t_CO ₂ /TJ]	THG-Emission direkt [t_CO ₂ -Äquivalent/TJ]	CO ₂ -Emission insgesamt [t_CO ₂ /TJ]	THG-Emission insgesamt [t_CO ₂ -Äquivalent/TJ]	Anmerkung
TB	1,17	1,17	55,40	55,40	64,75	69,45	1
Vergleich zu publizierten Werten							
DIN V 18599-1	1,10	1,10					2
EN 15603:2008	1,36	1,36				76,94	3
IWU (2009)	1,12	1,12					4
ESU (12/2008)	1,15	1,14			60,00	67,00	5
Probas	1,18	1,18	55,40	55,40	62,78	69,10	6
WUI (2005)	1,20	1,20	56,00	56,00	64,70	69,40	7
LCI (2006)					61,79	65,34	8

- ◆ Erdgasförderung u. –transport Russland u. Norwegen: PEF für RUS u. N; Pipelinetransport mit spez. Energieaufwand
- ◆ Erdgasförderung u. Speicherung in Ö. gem. Gasbilanz; Berücksichtigung der Speichernutzung für Österreich
- ◆ Transport in Österreich mit spez. Energieaufwand
- ◆ CO₂-Emissionsberechnung analog

Holz

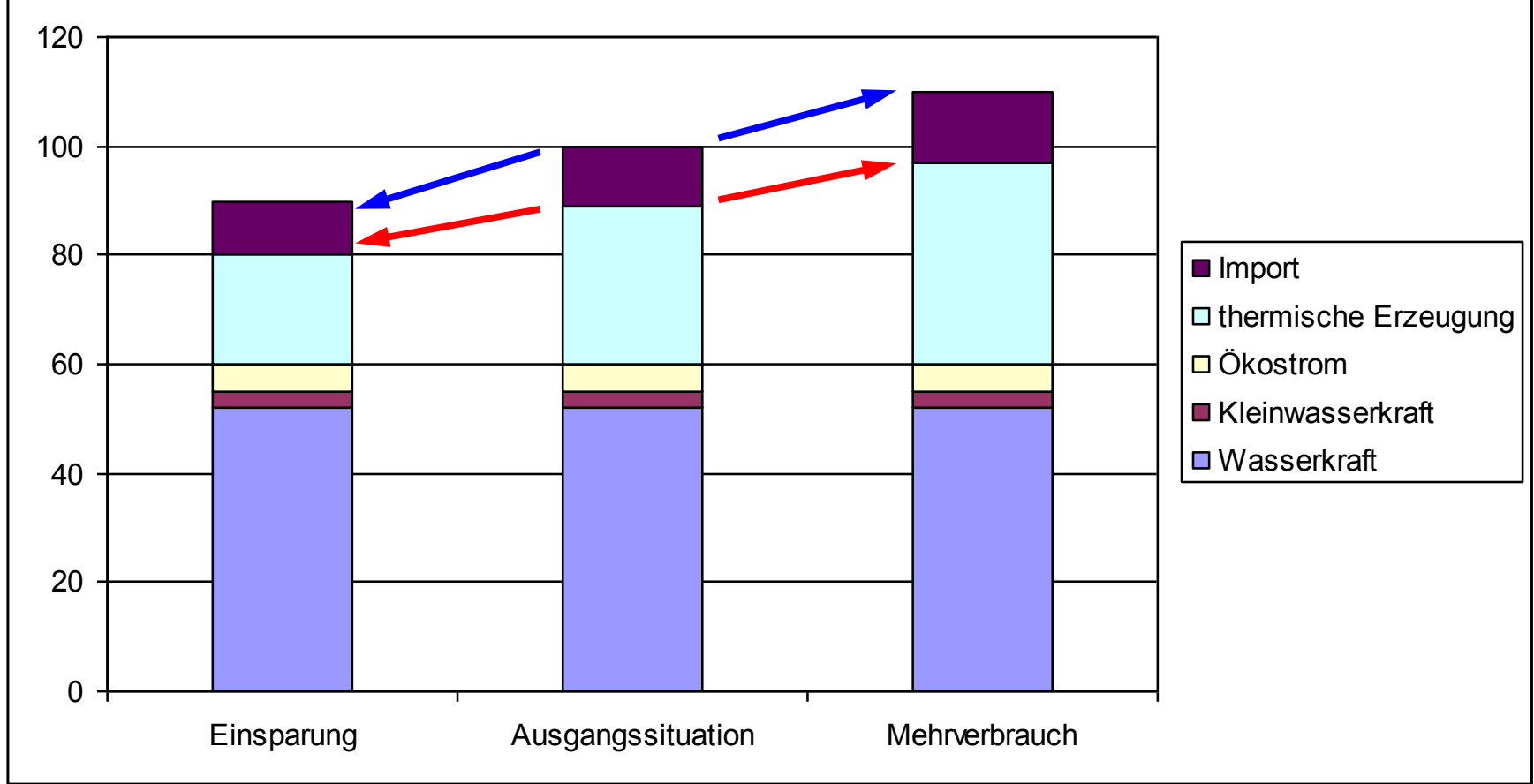
Holz	PEF gesamt [-]	PEF nicht regenerativ [-]	CO2-Emission direkt [t_CO2/TJ]	THG-Emission direkt [t_CO2-Äquivalent/TJ]	CO2-Emission insgesamt [t_CO2/TJ]	THG-Emission insgesamt [t_CO2-Äquivalent/TJ]	Anmerkung
TB	1,06	0,04	0,00	0,00	2,95	3,09	1
Vergleich zu publizierten Werten							
DIN V 18599-1	1,20	0,20					2
EN 15603:2008	1,09	0,09				3,88	3
IWU (2009)	1,07	0,06					4
ESU (12/2008)	1,06	0,05			2,00	3,00	5
Probas	1,03	0,02			1,60	1,72	6

- ◆ Holzernte: ca. 0,6 % Energieaufwand
- ◆ Hackschnitzelerzeugung: 3,3 %
- ◆ Transport zum Verbraucher per LKW und Bahn
- ◆ CO₂-Emissionsberechnung analog

Primärenergiefaktor für Strom (1)

- ◆ Elektrische Energie stammt aus verschiedenen Quellen (beispielhafte Aufteilung):
 - Wasserkraft: 52 [%]
 - Kleinwasserkraft: 3 [%]
 - sonst. Ökostrom: 5 [%]
 - thermische Kraftwerke: 29 [%]
 - Import: 11 [%]
- ◆ Ganzjährige Stromimporte und thermische Erzeugung.
- ◆ Nur der Stromimport und die thermische Erzeugung sind voll regelbar.

Randbedingungen für veränderlichen Strombedarf



Primärenergiefaktor für Strom (2)

- ◆ Jeder zusätzliche Bedarf an elektrischer Energie muss durch eine Vergrößerung der thermischen Erzeugung oder der Stromimporte abgedeckt werden.
- ◆ Jede zusätzliche Einspeisung in das Stromnetz reduziert die (bestehende) thermische Erzeugung oder den Stromimport.
- ◆ Somit ist als Primärenergiefaktor für Strom in Österreich der fossile Erzeugungsmix heranzuziehen.
- ◆ Für die Emissionsfaktoren gelten die selben Rahmenbedingungen.

Strom

Strom-Mix	PEF gesamt [-]	PEF nicht regenerativ [-]	CO ₂ -Emission direkt [t_CO ₂ /TJ]	THG-Emission direkt [t_CO ₂ -Äquivalent/TJ]	CO ₂ -Emission insgesamt [t_CO ₂ /TJ]	THG-Emission insgesamt [t_CO ₂ -Äquivalent/TJ]	Anmerkung
TB	2,97	2,97	197,75	197,75	216,20	226,40	1
Vergleich zu publizierten Werten							
DIN V 18599-1	3,00	2,70					2
EN 15603:2008	3,31	3,14				170,56	3
IWU (2009)	2,96	2,61				175,83	4
ESU (12/2008)	3,53	3,32			156,00	165,00	5

- ◆ Fossiler Erzeugungsmix für Österreich
- ◆ Primärenergiefaktoren der Brennstoffe
- ◆ Verteilverluste gem. Energiestatistik
- ◆ Wert gleich UCTE-Mix, daher auch für Stromimport geeignet
- ◆ CO₂-Emissionsberechnung analog

Primärenergiefaktor von Fernwärme

$$f_{P,dh} = \frac{\sum_i E_{F,i} \cdot f_{P,F,i} - E_{el,chp} \cdot f_{P,el}}{\sum_j Q_{del,j}}$$

- $f_{P,dh}$ Primärenergiefaktor des Fernwärmesystems
- $E_{f,i}$ Brennstoffzufuhr (Endenergie) zu den Wärmeeerzeugungsanlagen und den KWK- Anlagen.
- $f_{P,F,i}$ Primärenergiefaktor der Brennstoffzufuhr (Endenergie).
- $E_{el,chp}$ Stromerzeugung der KWK-Anlagen des betreffenden Systems
- $f_{P,el}$ Primärenergiefaktor des elektrischen Stroms
- $Q_{del,j}$ Wärmeenergieverbrauch auf der Primärseite der Hausstationen

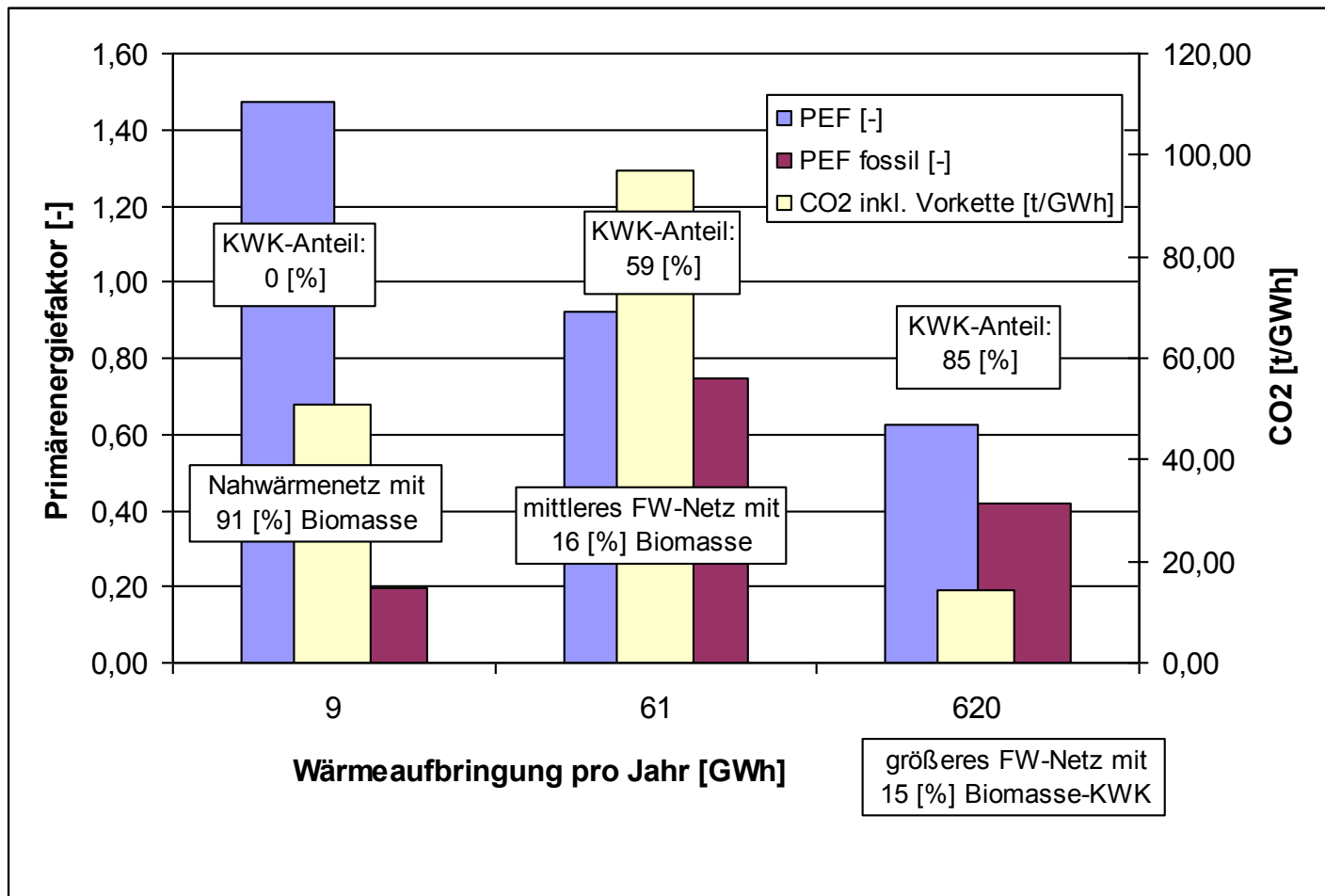
Anwendungsbeispiel: Fernwärmenetz

Energieträger	KWK-Anlagen [GWh]	Kesselanlagen [GWh]	Abwärme [GWh]	Summen [GWh]	PE-Einsatz gesamt [GWh]	PE-Einsatz nicht reg. [GWh]	CO2 direkt [t]	THG direkt [t]	CO2 insgesamt [t]	THG insgesamt [t]
Heizöl S	184,74	-	-	184,74	212,38	212,38	53.206,23	53.206,23	60.162,99	60.729,34
Erdgas	761,46	44,27	-	805,73	941,64	941,64	160.694,52	160.694,52	187.801,24	201.443,68
Biomasse	64,02	-	-	64,02	67,73	2,87	-	-	680,08	712,98
Abwärme (industriell)	-	-	53,24	53,24	54,82	1,58	-	-	1.231,60	1.289,73
KWK-Strom	310,77	-	-	310,77	- 923,70	- 923,70	- 221.237,82	- 221.237,82	- 241.873,59	- 253.290,27
Wärmeaufbringung	525,89	40,57	53,24	619,70						
Summen					352,88	234,78	- 7.337,07	- 7.337,07	8.002,31	10.885,46

Wärmelieferung an Verbraucher [GWh]	PEF gesamt [-]	PEF nicht regenerativ [-]	CO2-Emission direkt [t_CO2/GWh]	THG-Emission direkt [t_CO2-Äquivalent/GWh]	CO2-Emission insgesamt [t_CO2/GWh]	THG-Emission insgesamt [t_CO2-Äquivalent/GWh]
563,93	0,63	0,42	- 13,01	- 13,01	14,19	19,30

- ◆ 85 [%] der Wärme aus KWK
- ◆ Abwärme und Biomasse im Netz

Vergleich verschiedener FW-Netze



Anwendungsbeispiel: Fernkälte

Fernkälteversorgung	Energieträger	Summen [GWh]	PE-Einsatz gesamt [GWh]	PE-Einsatz nicht reg. [GWh]	CO2 direkt [t]	THG direkt [t]	CO2 insgesamt [t]	THG insgesamt [t]
Kälteaufbringung AKM	0,85							
Wärme für AKM [GWh]	0,02 Erdgas	0,02	0,03	0,03	4,71	4,71	5,51	5,91
	0,91 Müll	1,14	1,19	0,04	0,00	0,00	20,88	21,71
	0,13 Fernwärme	0,13	0,08	0,05	0,00	0,00	6,52	8,87
Summe	1,06							
COP (Mittel im Betrieb)	0,80							
Kälteaufbringung KKM	0,21							
COP (Mittel im Betrieb)	4,00	Strom	0,05	0,16	37,87	37,87	41,40	43,35
Kälteaufbringung gesamt	Summen	1,06	1,45	0,28	42,58	42,58	74,31	79,85
Kältenetz	6%	Leitungsverluste	0,06					

Energieträger	Summen [GWh]	PEF gesamt [-]	PEF nicht regenerativ [-]	CO2-Emission direkt [t_CO2/GWh]	THG-Emission direkt [t_CO2-Äquivalent/GWh]	CO2-Emission insgesamt [t_CO2/GWh]	THG-Emission insgesamt [t_CO2-Äquivalent/GWh]
Kälte (Endenergie)	1,00	1,45	0,28	42,58	42,58	74,31	79,85

- ◆ 80 [%] Absorptionskälte, 20 [%] Kompressionskälte

Anwendungsbeispiel: Nutzenergie Raumwärme

Nutzenergie (Berücksichtigung der Verteilverluste beim Verbraucher)	Aufwands- zahl [-]	PEF gesamt [-]	PEF nicht regenerativ [-]	CO2- Emission direkt [t_CO2/GWh]	THG- Emission direkt [t_CO2- Äquivalent/ GWh]	CO2- Emission insgesamt [t_CO2/ GWh]	THG-Emission insgesamt [t_CO2- Äquivalent/ GWh]
Raumwärme u. Warmw. aus Heizöl EL	1,54	1,80	1,80	415,80	415,80	490,43	494,64
Raumwärme u. Warmw. aus Erdgas	1,48	1,73	1,73	295,17	295,17	344,96	370,02
Raumwärme u. Warmw. aus Fernwärme	1,32	0,83	0,55	-	-	67,43	91,73

Energie am Eintritt in das Verteilsystem der Verbraucher	Aufwands- zahl [-]	PEF gesamt [-]	PEF nicht regenerativ [-]	CO2- Emission direkt [t_CO2/GWh]	THG- Emission direkt [t_CO2- Äquivalent/ GWh]	CO2- Emission insgesamt [t_CO2/ GWh]	THG-Emission insgesamt [t_CO2- Äquivalent/ GWh]
Raumwärme u. Warmw. aus Heizöl EL	1,19	1,39	1,39	321,30	321,30	378,97	382,22
Raumwärme u. Warmw. aus Erdgas	1,14	1,33	1,33	227,36	227,36	265,71	285,02
Raumwärme u. Warmw. aus Fernwärme	1,01	0,63	0,42	-	-	51,60	70,19

Zusammenfassung

- ◆ Primärenergiefaktoren berücksichtigen den gesamten Energieaufwand zur Bereitstellung der verschiedenen Endenergieträger.
- ◆ Emissionsfaktoren berücksichtigen neben direkten Emissionen auch solche für die Bereitstellung der Energieträger.
- ◆ Die Auswertung muss für die Situation in Österreich erfolgen und ergibt somit unterschiedliche Ergebnisse im Vergleich zu anderen Europäischen Staaten.
- ◆ Ermittlung der Primärenergiefaktoren für Fernwärme entsprechend Normen.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Kontaktadresse:

DI Dr. Matthias Theissing
Technisches Büro für Maschinenbau
Oeverseegegasse 31a, 8020 Graz
office@theissing.com
Tel.: +43/316/812994, Fax: +43/316/812994-15