

Review LU-Primärenergiefaktoren

Primärenergiefaktoren im RGD 2021

– Dokumentation aktueller Stand –

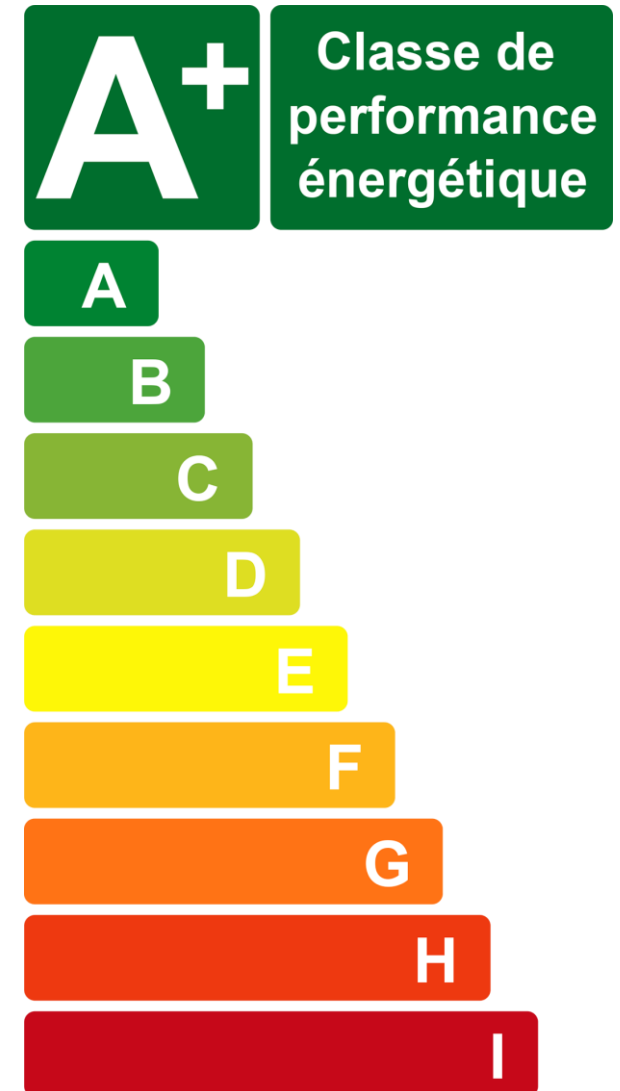
24. August 2021

Institut für Gebäude-Energieforschung
Dr. Markus Lichtmeß

Ministerium für Energie und
Raumentwicklung
Luxemburg

Inhalt

- Historie und Vergleich 2021 vs. 2007
- Bewertung bezogener Strom
- Bewertung erneuerbare Energieträger
- Fernwärme und Anrechnungssystematik bei KWK
- Nachberechnete Werte zum RGD 2021
- Bewertung Wärmepumpe
- Saisonalität
- Literatur und Quellen



Historie und Vergleich 2021 vs. 2007

Entwicklung der Faktoren

Vergleich der Faktoren

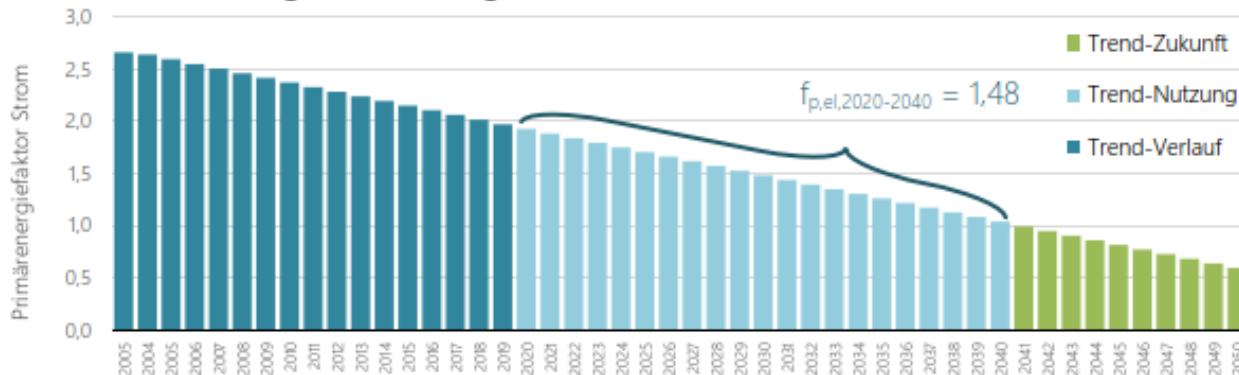
- **2007 basierend auf Daten von GEMIS**
(Quelle: J.J. Scheuren, IST)
- **2021 sind Faktoren angepasst worden**
 - Anhebung Werte für erneuerbare Energien
 - Angepasste Faktoren für Strom
 - Angepasste Bewertung für zentrale FE
 - Angepasste Bewertung für dezentrale KWK (WG)
 - Analoge Anpassung der CO₂-Emissionsfaktoren
- **Ziel dieser Untersuchung ist die Überprüfung der Nachbildbarkeit der Faktoren 2021**

Energieträger	2007	2021
Heizöl	1,10	1,10
Erdgas	1,12	1,12
Flüssiggas	1,13	1,13
Steinkohle	1,08	1,08
Braunkohle	1,21	1,21
Hackschnitzel	0,06	0,20 (+)
Scheitholz	0,01	0,20 (+)
Pellets	0,07	0,20 (+)
Biogas	0,03	0,20 (+)
Rapsöl	0,18	0,20 (+)
Strommix	2,66	1,50 (-)
Systeme	2007	2021
Dezentrale KWK EE	0,00	0,00
Dezentrale KWK FE	0,72	1,14 (+)
Zentrale KWK EE	0,00	0,00
Zentrale KWK FE	0,62	1,29 (+)
Heizwerk EE	0,25	0,61 (+)
Heizwerk FE	1,48	1,41 (-)

Bezogener Strom

- Strom unterliegt einem dynamischem Wandel
- Steigerung des Anteil an erneuerbarer Energie (EE)
- Politischer Wunsch dies einzubeziehen
- Anpassung der Bewertung erforderlich
- Prognose als Mittelwert über 20 Jahre (rd. 1,5)

Entwicklung Primärenergiefaktor



Abschätzung von Primärenergiefaktoren für Strom unter Berücksichtigung des erneuerbaren Energieanteils

Dr. Markus Lichtmeß | Goblet Lavandier & Associés | 22. November 2019 | Ver.2

Aufgabenstellung

Die Stromerzeugung unterliegt aktuell und voraussichtlich auch in Zukunft einem starken Wandel hinsichtlich des Anteils an erneuerbarer Energie bei der Erzeugung. Gemäß den europäisch festgelegten Zielen sind die zentralen Elemente der Klima- und Energiepolitik, die Senkung der Treibhausgasemissionen, die Erhöhung des Anteils von Energie aus erneuerbaren Quellen und die Steigerung der Energieeffizienz.¹ Ein Baustein für die Erreichung dieser Ziele, ist der Ausbau der erneuerbaren Stromproduktion. Deutschland definiert beispielsweise im Strombereich hierfür die folgenden Ziele.²

Erneuerbare Energie	2020	2030	2040	2050
Anteil am Bruttostromverbrauch	35 %	50 %	65 %	80 %

Der erneuerbare Energieanteil ändert sich, bezogen auf die übliche Nutzungsdauer eines Gebäudes relativ kurzfristig, weshalb dieser Effekt bei der Bewertung von Stromanwendungen im Energiepass einbezogen werden sollte, was auch grundlegend in der Richtlinie zur Energieeffizienz 2018/2002 aufgeführt ist.³ In der Richtlinie wird ein allgemeiner und standardisierter Primärenergiefaktor von Strom von 2,1 angegeben, der gegebenenfalls an nationale Gegebenheiten angepasst werden kann. Diese Vorgehensweise muss begründet und nachprüfbar sein und auf objektiven und diskriminierungsfreien Kriterien beruhen.

Im Folgenden wird vereinfacht der Einfluss des erneuerbaren Energieanteils bei der Stromerzeugung quantifiziert und eine geeignete Bewertungsgröße für das System Energiepass abgeleitet.

¹ European Commission, https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_de, Abrufdatum 21.11.2019

² Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Die Energie der Zukunft, Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende, Berlin, November 2015

³ Richtlinie (EU) 2018/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. Dezember 2018 zur Änderung der Richtlinie 2012/27/EU zur Energieeffizienz, Kriterium (40).

Erneuerbare Energieträger (EE)

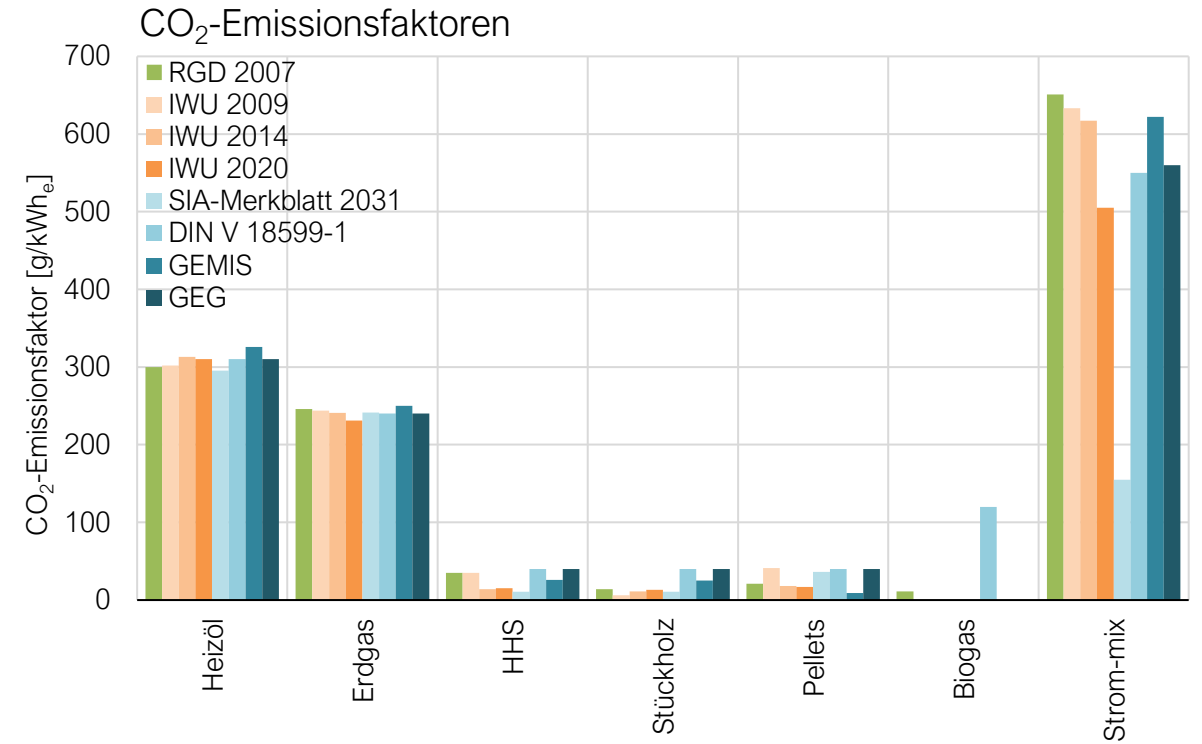
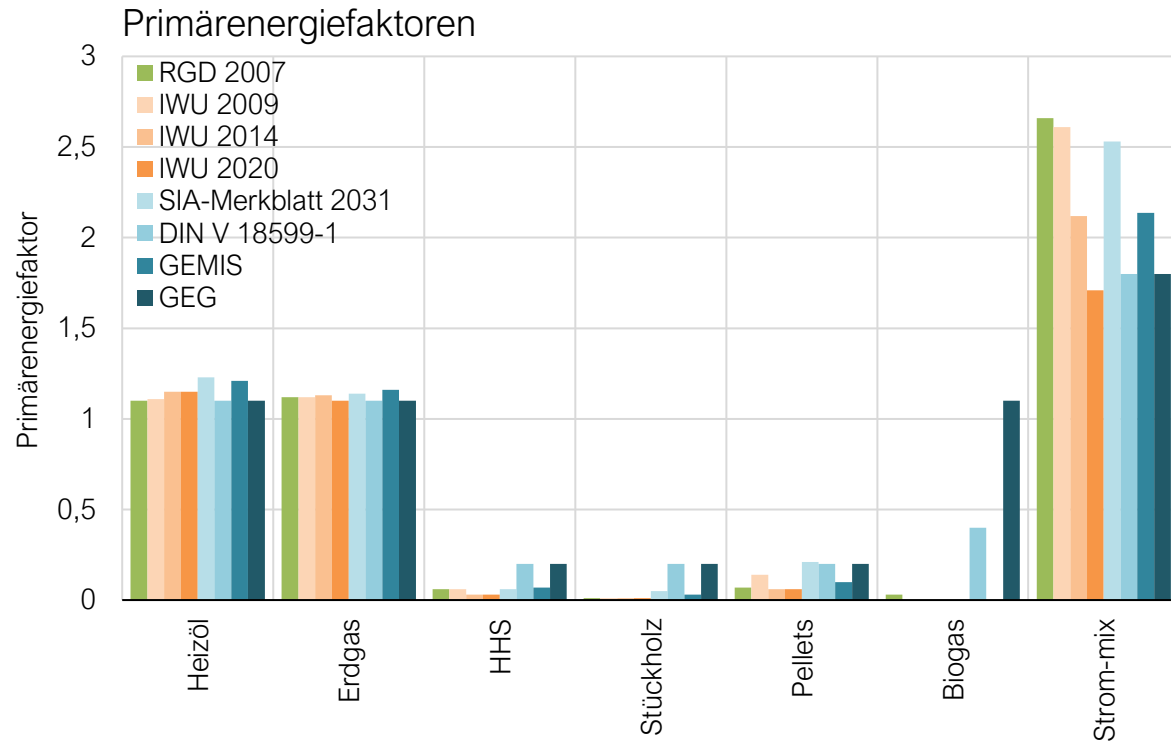
- Unterschiede bei einzelnen Energieträger
- Bewertung der Gesamteffizienz
 - Ineffiziente Gebäude/Systeme „kompensierbar“
 - Reduzierte Lenkungswirkung bei e_p nahe Null
- Ressourcenknappheit ist unberücksichtigt
 - Gewinnung & Transport fällt nur gering ins Gewicht
 - Längerfristig ist Biomasse ein knappes Gut
 - Landnutzung, Rodung, Methan-Leckagen
- Bewertung der Ressourcenendlichkeit EE
- LU → Verweis auf DIN V 18599-1

Quelle: Goblet Lavandier (Tabelle: Primärenergiefaktoren, Mail vom 04.08.2021, Werte „IWU 2020“ hinzugefügt)

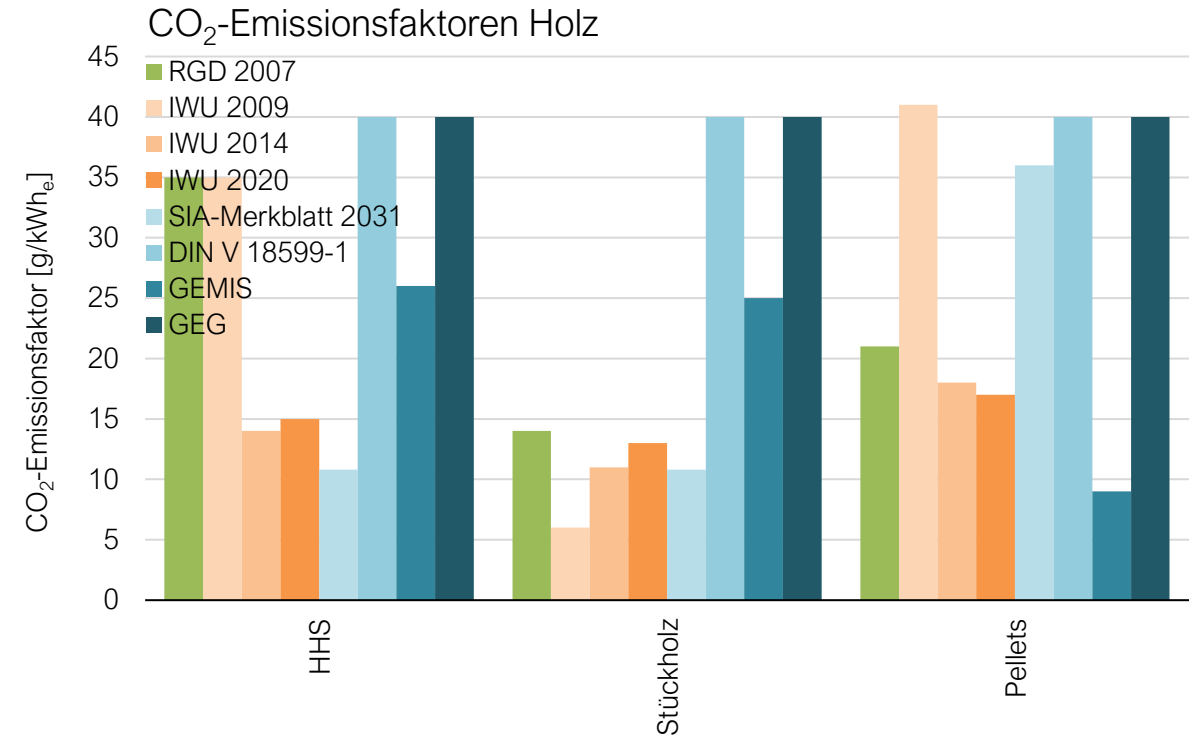
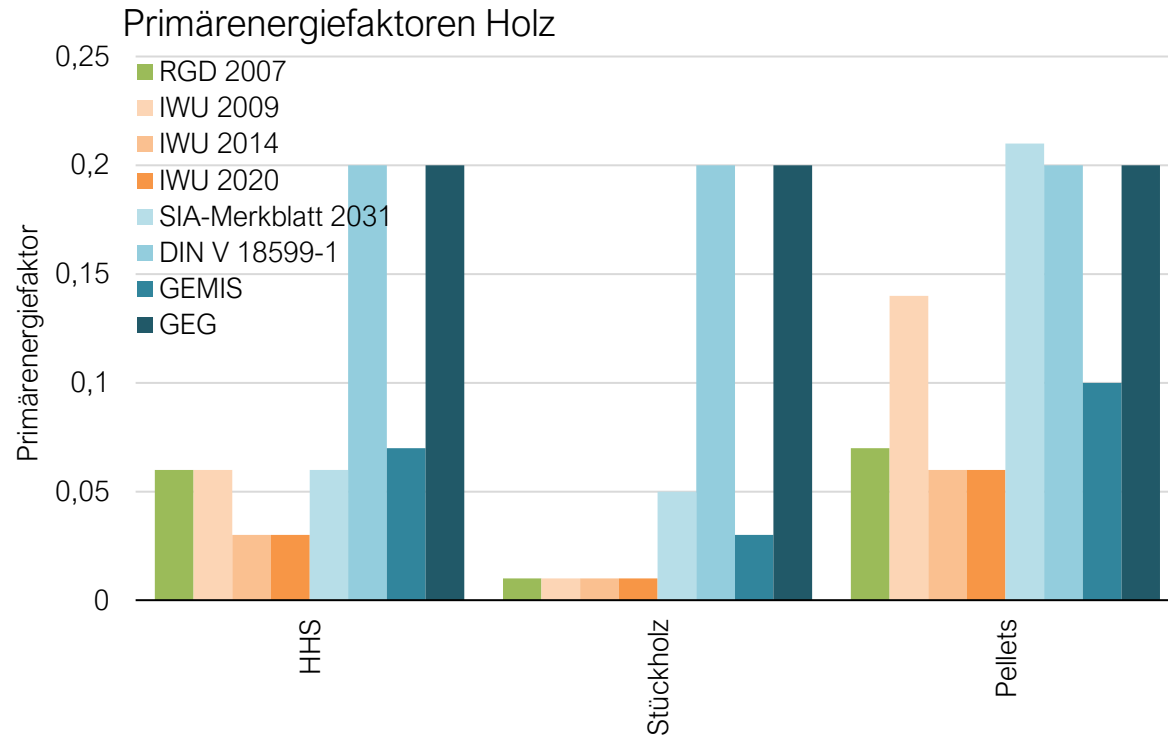
	RGD 2007	IWU 2009	IWU 2014	IWU 2020	SIA-MB 2031	DIN V 18599-1	GEMIS	GEG
Heizöl	1,10	1,11	1,15	1,15	1,23	1,1	1,21	1,1
Erdgas	1,12	1,12	1,13	1,10	1,14	1,1	1,16	1,1
HHS	0,06	0,06	0,03	0,03	0,06	0,2	0,07	0,2
Stückholz	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05	0,2	0,03	0,2
Pellets	0,07	0,14	0,06	0,06	0,21	0,2	0,10	0,2
Biogas	0,03	-	-	-	-	0,4	-	1,1*
Strom	2,66	2,61	2,12	1,71	2,53	1,8	2,14	1,8

* §22 GEG: 0,3 (Vor-Ort erzeugt), Biomethan: 0,7 (BWK) | 0,5 (KWK), usw.

Faktoren im Vergleich



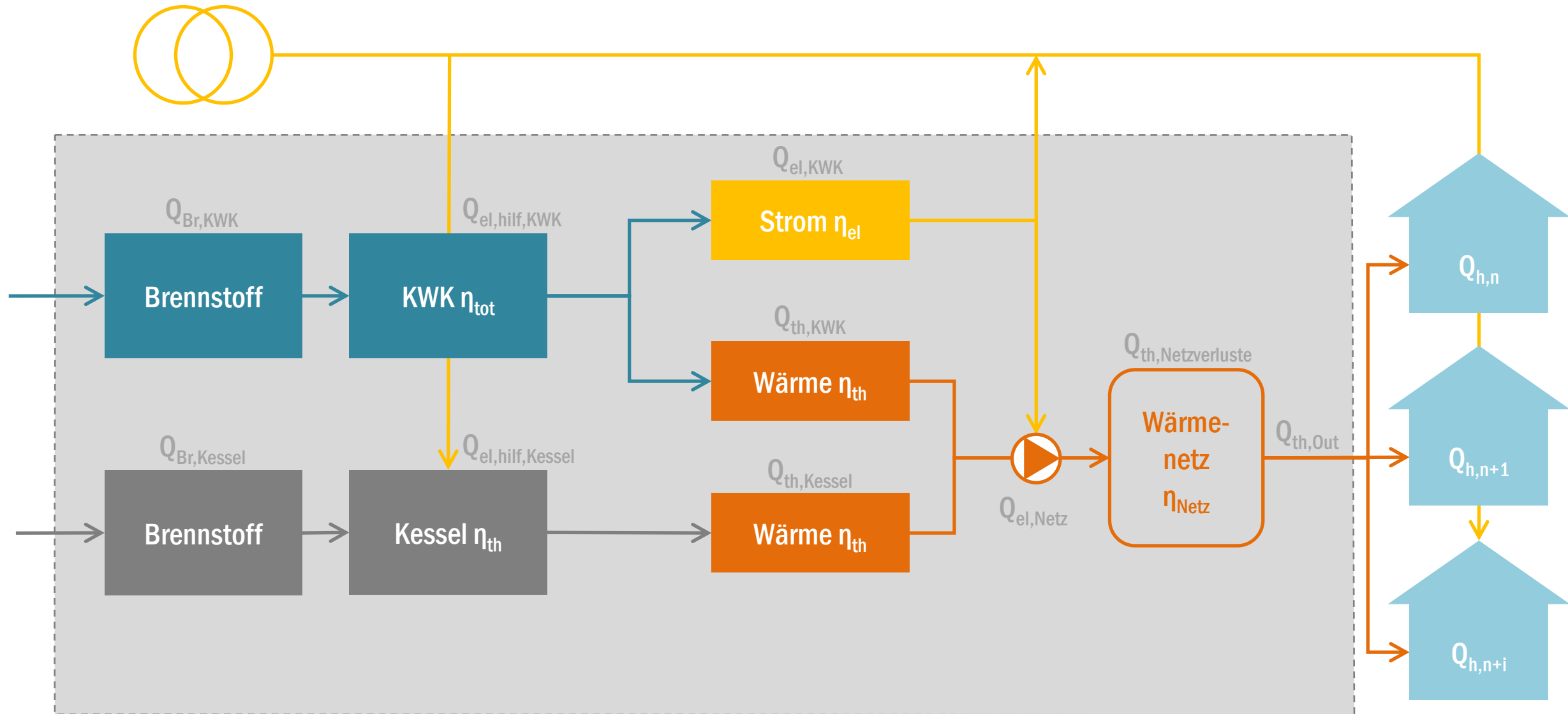
Faktoren Holz im Vergleich



Primärenergiefaktoren Fernwärme

Anrechnungssystematik

Schema Fernwärme mit KWK



Bewertung Wärmenetze (Emissionen)

- **Gemeinsame Erzeugung Wärme und Strom wird verglichen mit was?**

- Verfahren Energie

$$a_{th} = 1 - a_{el}$$

$$a_{el} = W_{el} / (W_{el} + W_{th})$$

- Verfahren Wirkungsgrad

$$a_{el} = n_{el} / (n_{el} + n_{th})$$

- Verfahren Exergie

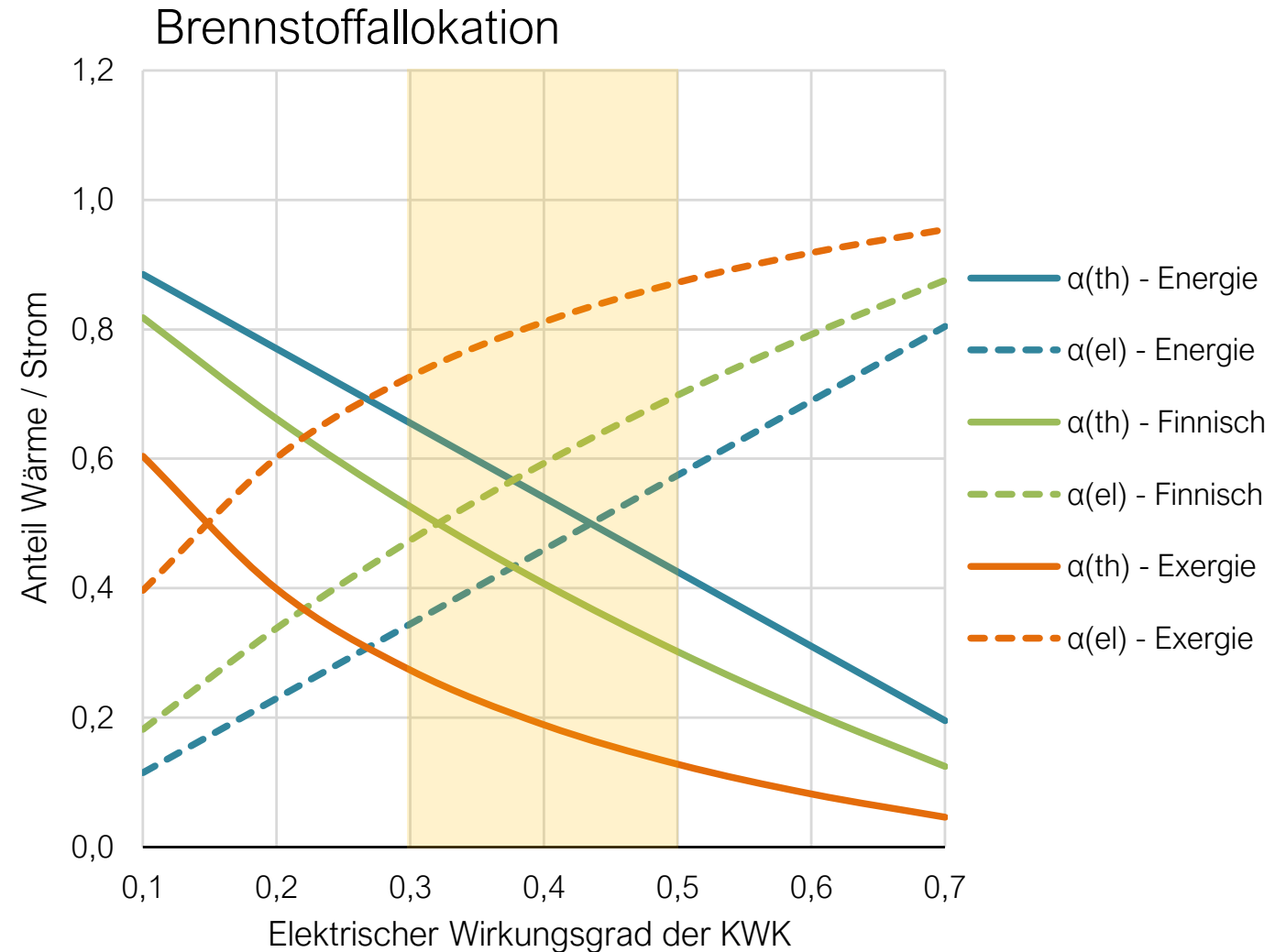
$$a_{el} = (1 \cdot n_{el} / (n_{el} + n_c \cdot n_{th}))$$

$$n_c = 1 - T_l / T_s \quad | \quad T_{S,simple} = (T_{VL} + T_{RL}) / 2$$

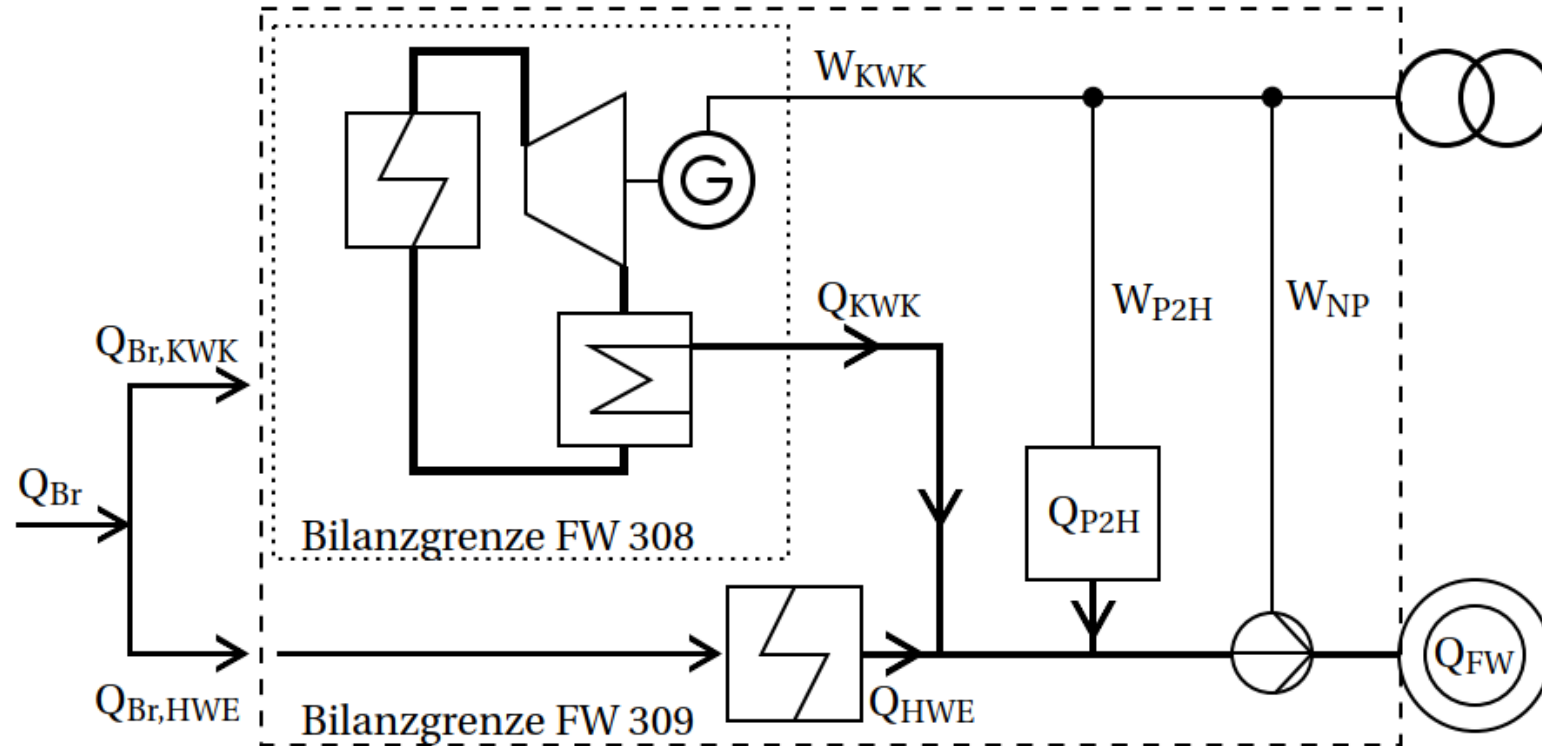
- Verfahren Finnische Methode

$$a_{el} = (1 - PEE) \cdot n_{el} / n_{el,ref}$$

$$PEE = 1 - 1 / (n_{th} / n_{th,ref} + n_{el} / n_{el,ref})$$



Primärenergiefaktor – Berechnung (FW 309)

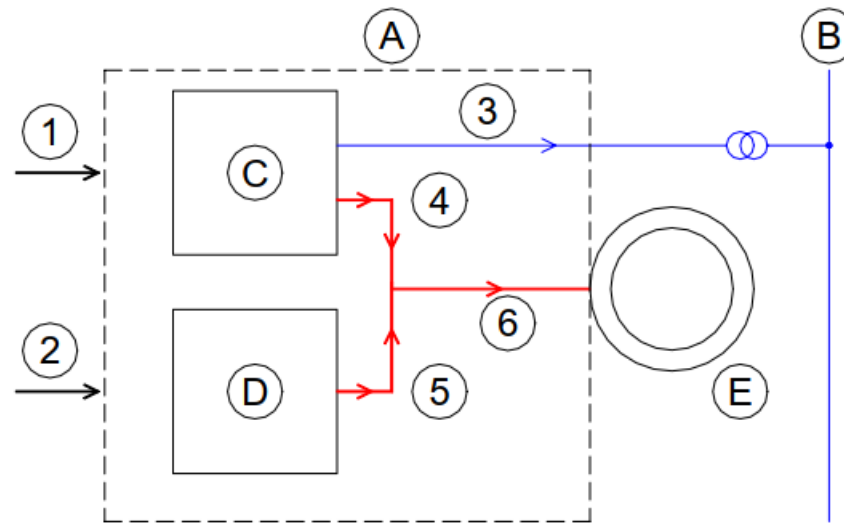


Quelle: Eike Mollenhauer, Power-to-Heat-Anlagen in der Fernwärmeversorgung, Dissertation, Berlin 2019 (angelehnt an AGFW, DER ENERGIEEFFIZIENZVERBAND FÜR WÄRME, KÄLTE UND KWK E. V.: AGFW-Arbeitsblatt FW 309-6 – Energetische Bewertung von Fernwärme – Bestimmung spezifischer CO₂-Emissionsfaktoren. Frankfurt, Jun. 2016).

$$f_{p,FW} = \frac{Q_{Br,KWK} \cdot f_{p,Br} + Q_{Br,HWE} \cdot f_{p,Br} - (W_{KWK} - W_{P2H} - W_{NP}) \cdot f_{p,el}}{Q_{FW} \cdot \eta_{Netz}}$$

Primärenergiefaktor – Berechnung (EN 15316-4-5)

Quelle: EN 15316-4-5



- A System border: district heating system
- B Power supply network
- C Cogeneration appliance
- D Heat generator
- E Heat consumers

- 1 $Q_{F,CHP} = \frac{W_{CHP} + Q_{CHP}}{\eta_{CHP}}$
- 2 $Q_{F,HP} = \frac{Q_{HP}}{\eta_{HP}}$
- 3 $W_{CHP} = \sigma \cdot Q_{CHP}$
- 4 $Q_{CHP} = \beta \cdot Q_{Gen}$
- 5 $Q_{HP} = (1 - \beta) \cdot Q_{Gen}$
- 6 $Q_{Gen} = \frac{\sum_j Q_{C,j}}{\eta_{HN}}$

$$f_{p,DH} = \frac{\sum_i Q_{F,i} \cdot f_{P,F,i} - W_{CHP} \cdot f_{p,el}}{\sum_j Q_{C,j}}$$

Primärenergiefaktor – Berechnung (DIN V 18599)

Quelle: DIN V 18599-1:2018-09

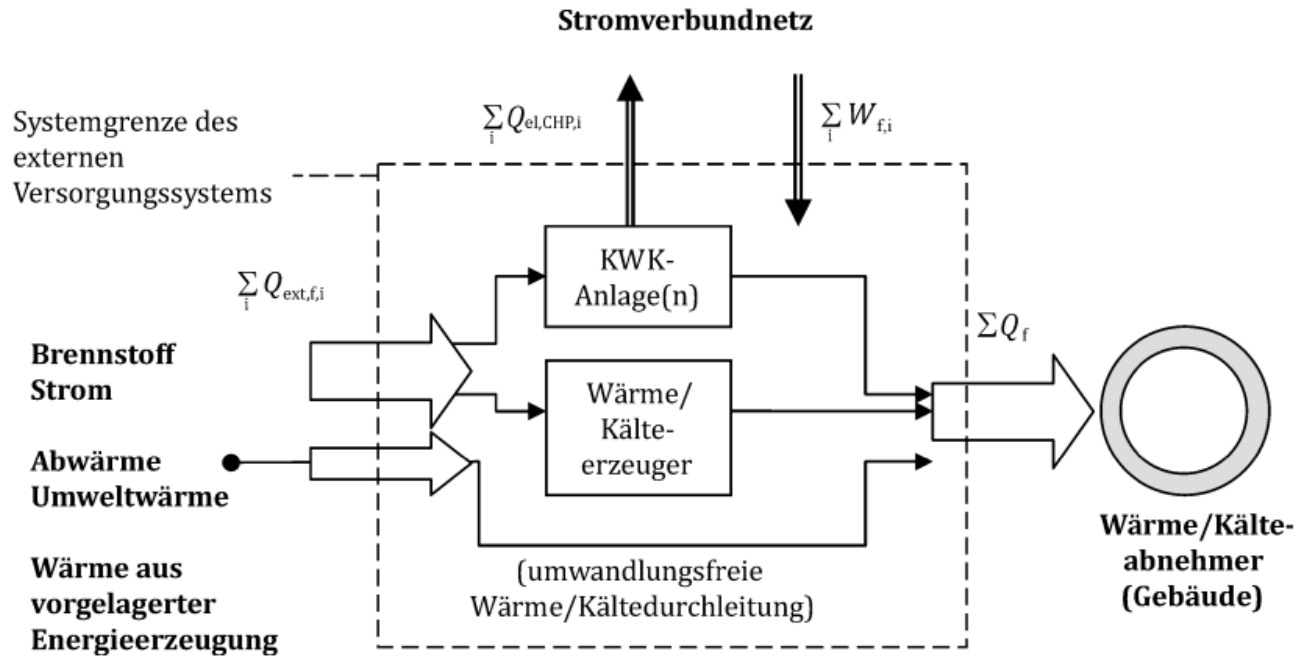
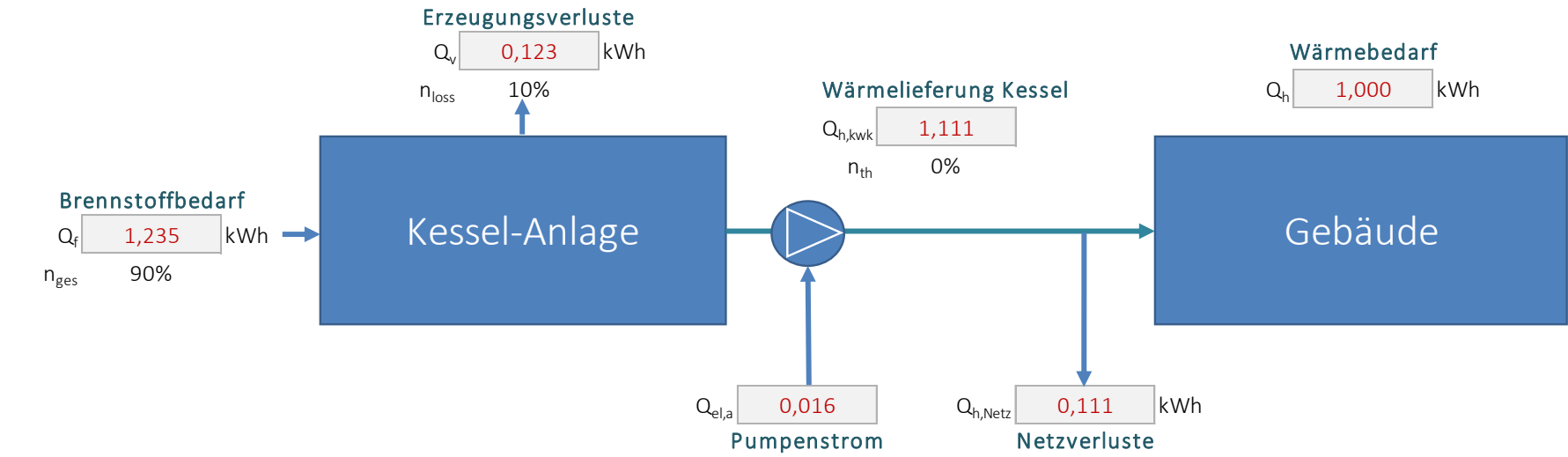
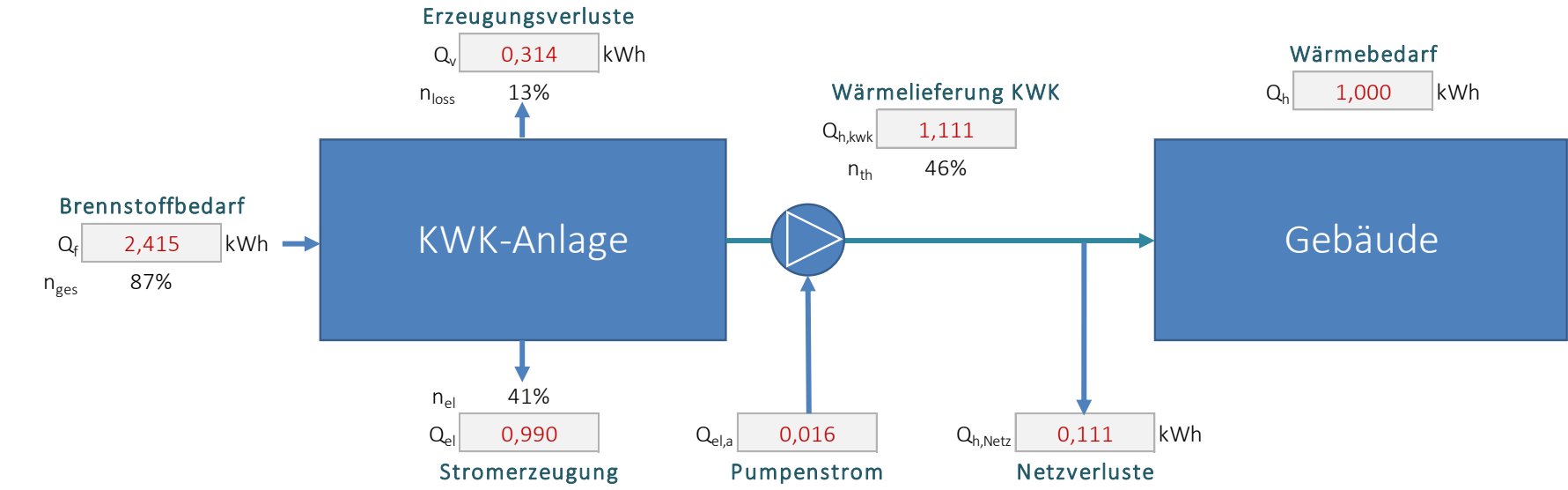


Bild A.1 — Bilanzierungsmethode für externe Wärme/Kältelieferung

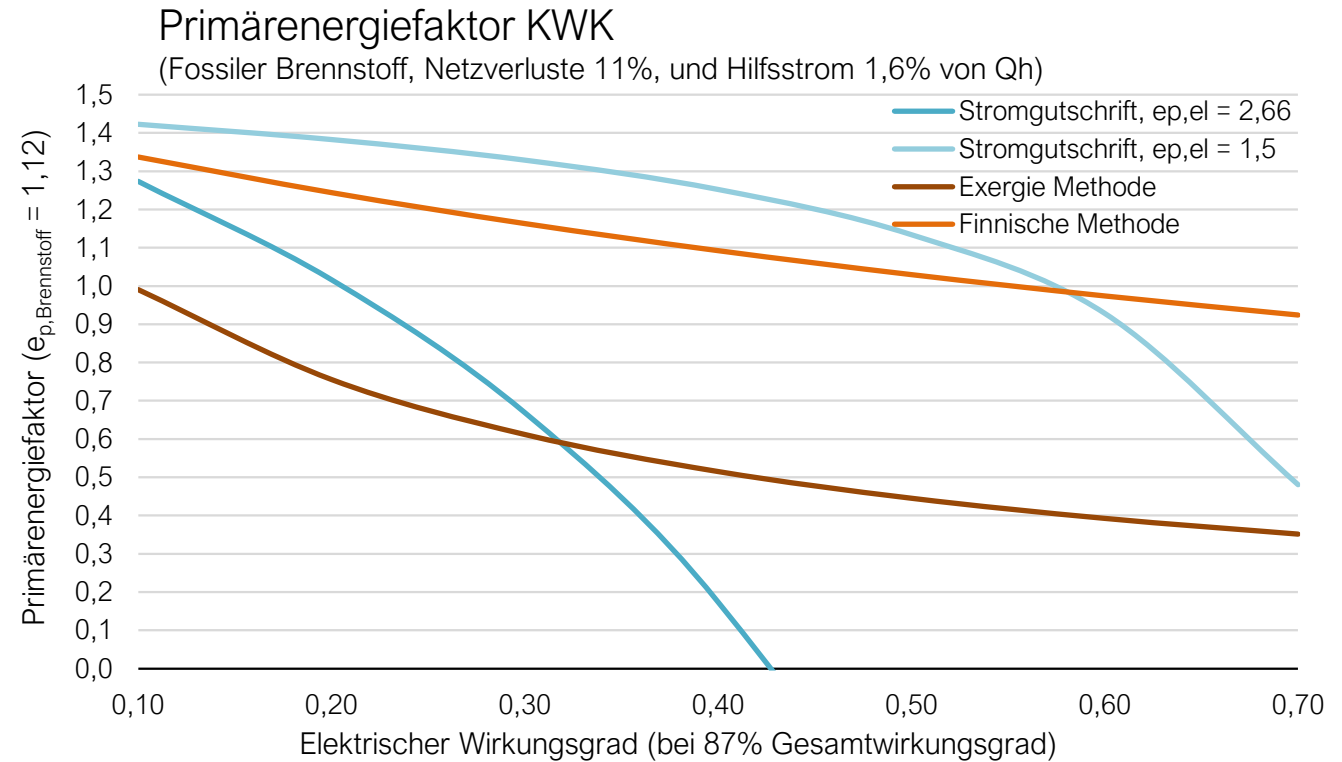
$$f_{p,ext} = \max \left[\frac{\sum_i Q_{f,ext,i} \cdot f_{p,ext,i} - \sum_i Q_{el,CHP,i} \cdot f_{p,el,CHP,i} + \sum_i W_{f,i} \cdot f_{p,el,i}}{\sum Q_f}; 0 \right]$$

Bilanz Fernwärme - System LU



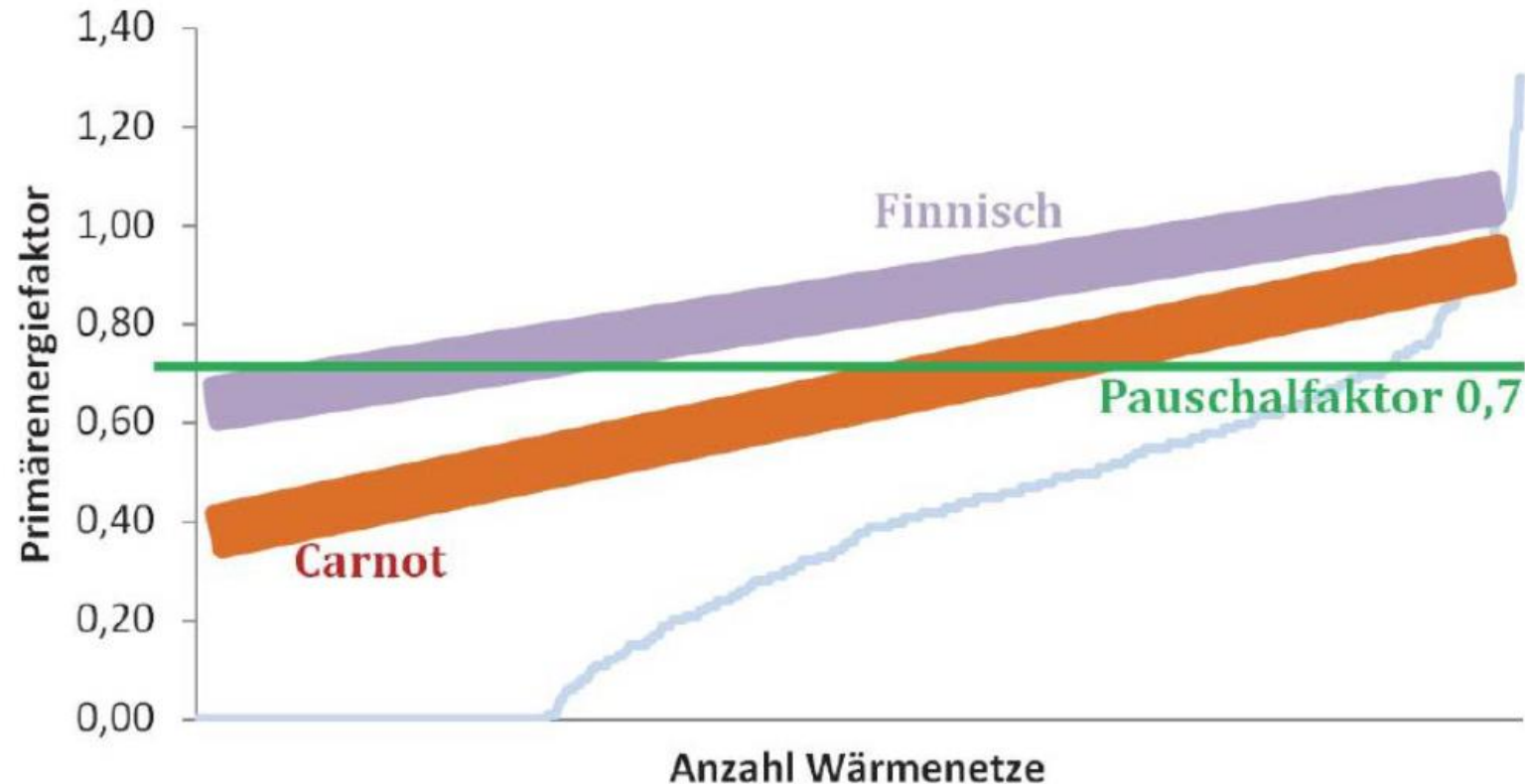
Primärenergiefaktoren Fernwärme mit KWK

- Standard → Gutschriftmethode
- Bewertung der KWK ist in großem Maße abhängig von der Bewertung des verdrängten Stroms ($e_{p,el}/f_{p,el}$)
- LU $e_{p,el} = 1,5$ | keine Unterscheidung zw. Bezug und Einspeisung
- DE: $f_{p,el} = 1,8$ Bezug | $2,8$ Einspeisung



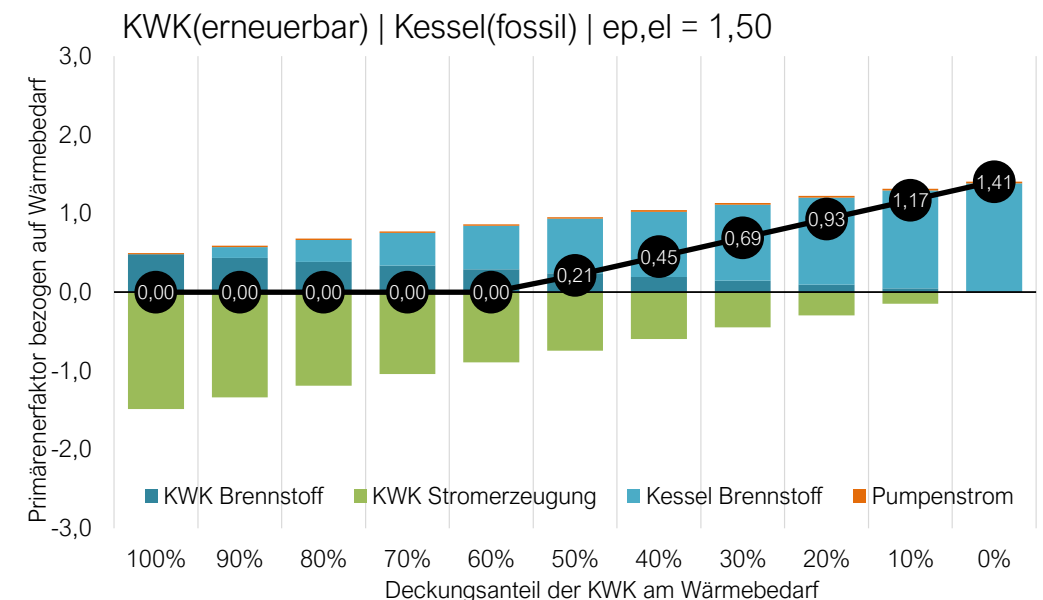
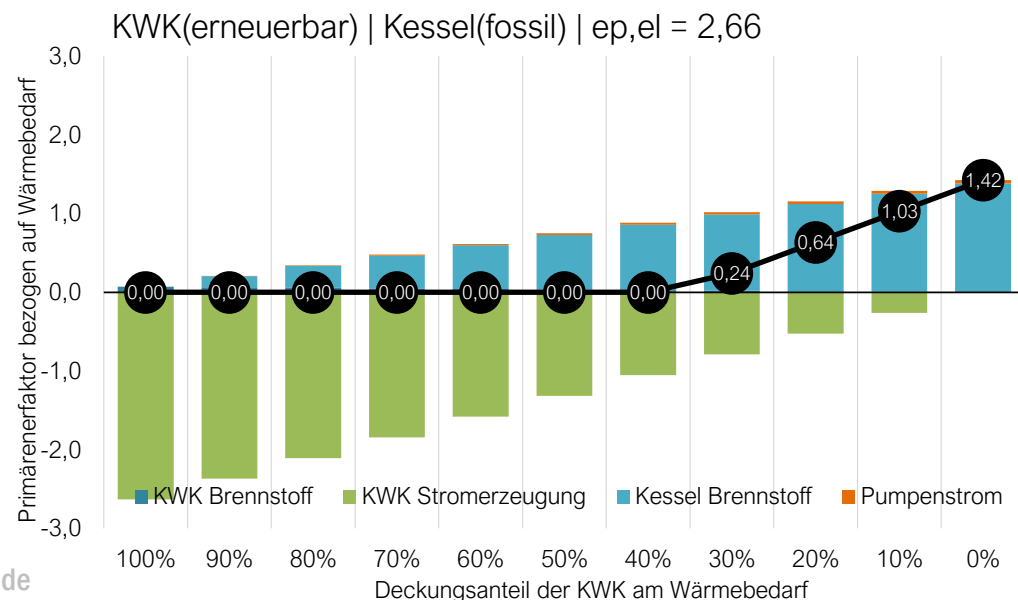
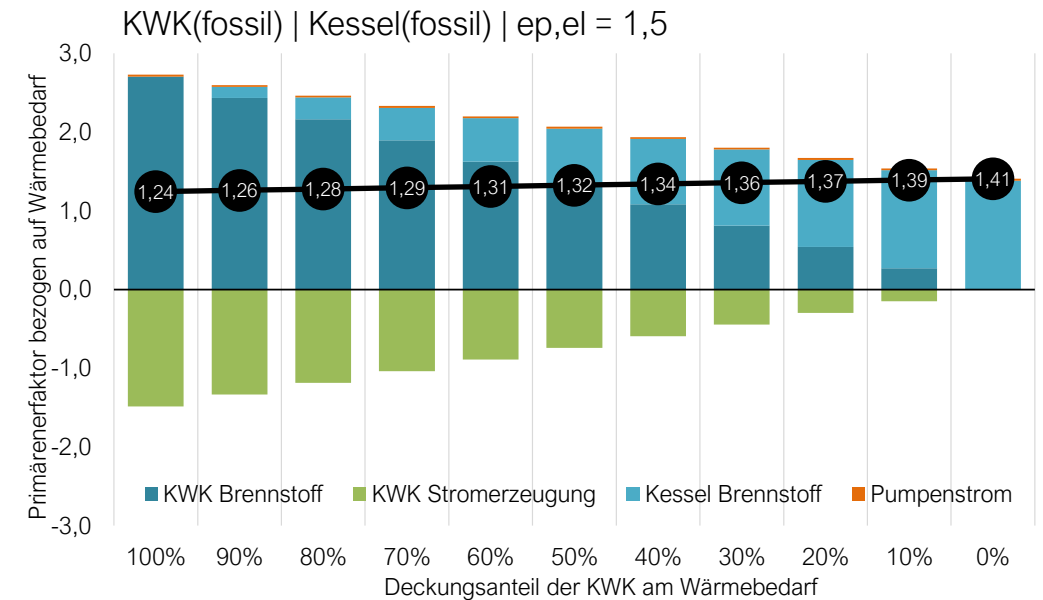
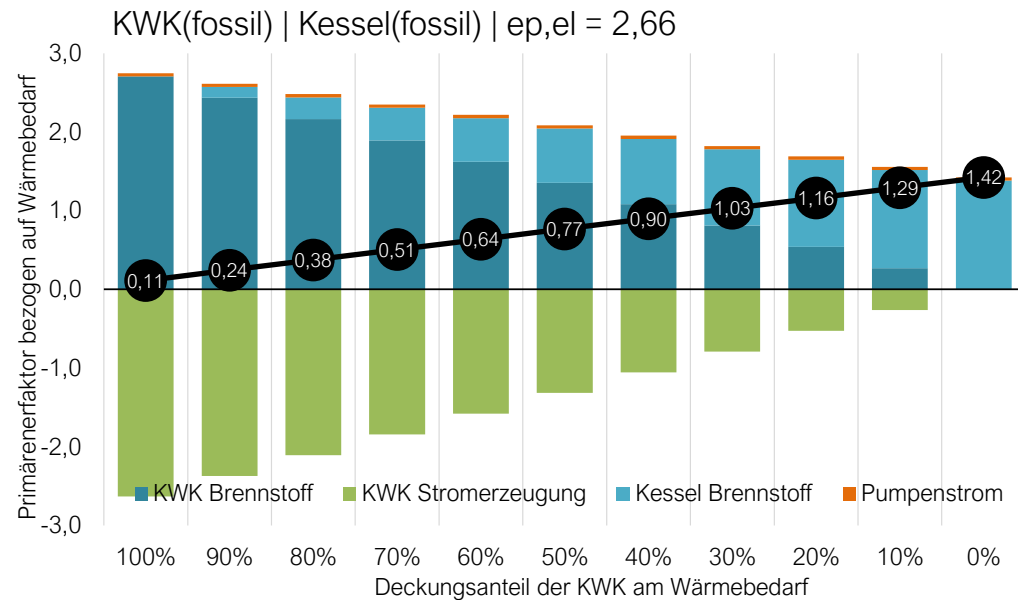
Primärenergiefaktoren nach Methodenwechsel (DE)

- Umstellung von Stromgutschrift auf Carnot-Methode in DE → Verschlechterung PEF



Quelle: Bernd Eikmeier, Fraunhofer IFAM, Die Rolle der Fernwärme für die Gebäude-Energie-Effizienz – Potentiale und Aspekte einer Förderung im GEG oder KWKG, 16.11.2017, dort Quellenverweis auf B. Lubinski, AGFW: Primärenergiefaktoren von Fernwärme, KWK-Tagung, Dresden 10.10.17

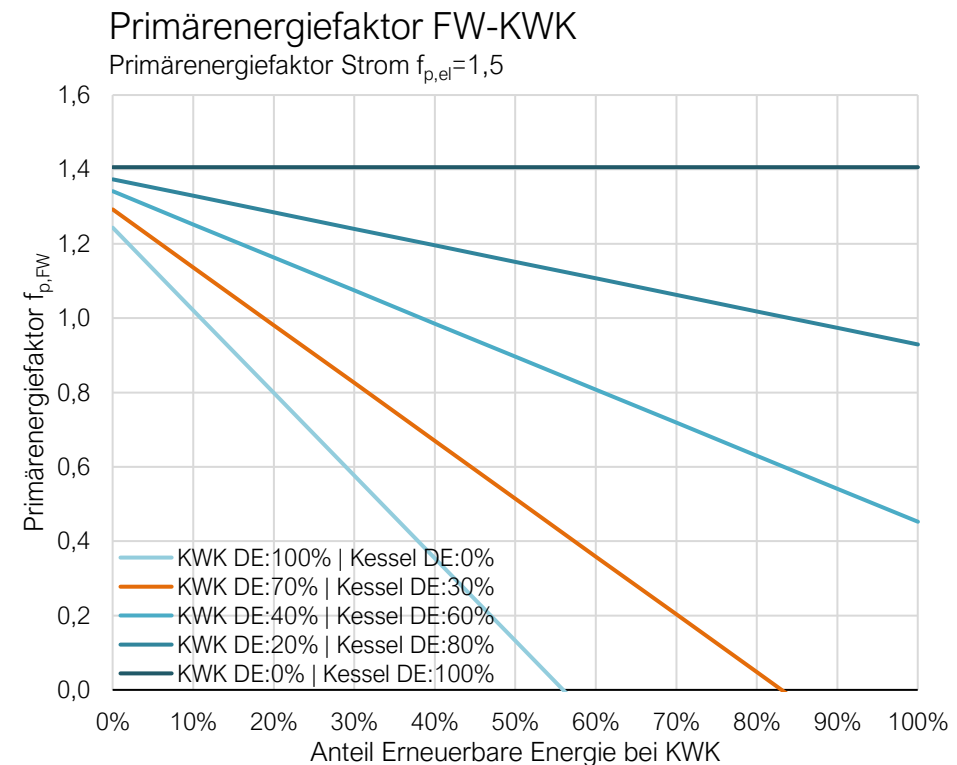
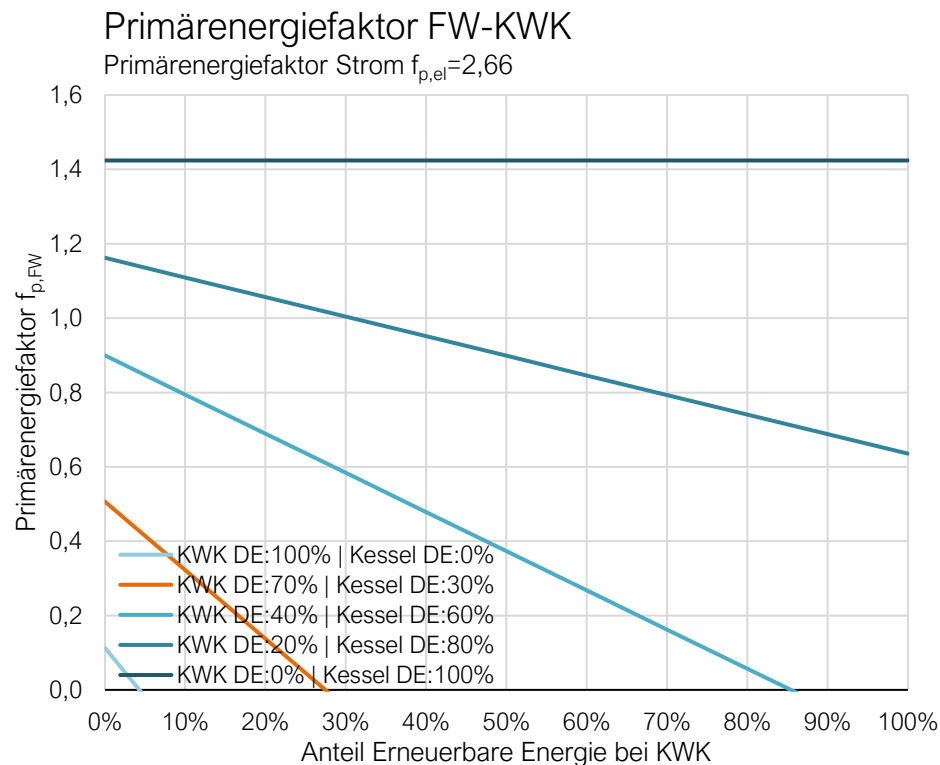
Bilanz Fernwärme - Stromgutschriftmethode



Primärenergiefaktor Fernwärme „KWK-Kombisystem“



Anteil Erneuerbare Energie bei KWK = $\frac{KWK_1}{KWK_1 + KWK_2}$ → ohne Kessel



Primärenergiefaktoren bezogen auf 1 kWh Wärme

Erzeugung	Brennstoff	System	Transportierte Wärme	Basiswerte		Wirkungsgrade					Stromverbrauch Pumpen %/Q _h *
				RGD 07	RGD 21	$\eta_{\text{thermisch}}$	$\eta_{\text{elektrisch}}$	Stromkennzahl σ	η_{Gesamt}	η_{Netz}	
KWK	Biogas	dezentral	100%	0,03	0,2	56%	34%	0,61	90%	100%	0,0%
KWK	Erdgas	dezentral	100%	1,12	1,12	56%	34%	0,61	90%	100%	0,0%
KWK	Biogas	zentral	111%	0,03	0,20	46%	41%	0,89	87%	90%	1,6%
KWK	Erdgas	zentral	111%	1,12	1,12	46%	41%	0,89	87%	90%	1,6%
HK	Pellets	zentral	111%	0,07	0,20	90%	-	-	90%	90%	1,6%
HK	Erdgas	zentral	111%	1,12	1,12	90%	-	-	90%	90%	1,6%

Quelle: Goblet Lavandier (Tabelle: Primärenergiefaktoren, Mail vom 04.08.2021) | Berechnung modifiziert

KWK = Kraft-Wärme-Kopplung

HK = Heizkraftwerk

Q_h = Gesamt-Wärmebedarf der Gebäude für Heizen und Warmwasser

%/Q_h* rückberechneter Wert, um RGD-Ergebnisse abzubilden. Übliche Werte liegen zwischen 1 und 3%.

- Berechnung Primärenergiefaktoren 2007 und 2021 mit der Gutschriftmethode

Primärenergiefaktoren bezogen auf 1 kWh Wärme

System	Energie				Primärenergie						Gesamtprimärenergie $f_{p,FW}$	
	Brennstoff KWK	Spitzenkessel	Stromproduktion	Stromverbrauch Netz	Brennstoffverbrauch $Q_{P,Br}$		Stromproduktion $Q_{P,el,KWK}$		Stromverbrauch Pumpen $Q_{P,el,Netz}$		RGD 07	RGD 21
	$Q_{Br,KWK}$	$Q_{Br,HK}$	$Q_{el,KWK}$	$Q_{el,Netz}$	RGD 07	RGD 21	RGD 07	RGD 21	RGD 07	RGD 21		
KWK Biogas dezentral	1,250	0,333	0,425	0,000	0,411	0,623	1,131	0,638	0,000	0,000	(-0,720)	(-0,014)
KWK Erdgas dezentral	1,250	0,333	0,425	0,000	1,773	1,773	1,131	0,638	0,000	0,000	0,643	1,136
KWK Biogas zentral	1,691	0,370	0,693	0,016	0,466	0,753	1,844	1,040	0,041	0,023	(-1,337)	(-0,264)
KWK Erdgas zentral	1,691	0,370	0,693	0,016	2,309	2,309	1,844	1,040	0,041	0,023	0,506	1,292
HW Pellets zentral	0,864	0,370	0,000	0,016	0,475	0,588	0,000	0,000	0,041	0,023	0,517	0,611
HW Erdgas zentral	0,864	0,370	0,000	0,016	1,383	1,383	0,000	0,000	0,041	0,023	1,424	1,406

Quelle: Goblet Lavandier (Tabelle: Primärenergiefaktoren, Mail vom 04.08.2021) | Berechnung modifiziert

$$f_{p,FW} = Q_{Br,kwk} \cdot f_{p,Br,KWK} + Q_{Br,HK} \cdot f_{p,Br,HK} - (Q_{el,KWK} - Q_{el,Netz}) \cdot f_{P,el}$$

$$f_{p,FW} = Q_{P,Br} - Q_{P,el,KWK} + Q_{P,el,Netz}$$

Individuelle Berechnung (FW + FK)

- Diskussion: Wechsel auf alternative Allokation (finnisches Verfahren oder Carnot)
- Ausstellung, Zyklus, Gültigkeit, sowie Vermeidung von CPE-Neuerstellung im RGD regeln
- Basierend auf vorhandener Gutschriftmethode
 - Netzwirkungsgrad η_{Netz} pauschal = 0,9
 - Strombedarf für Pumpen = 1,6 % von Q_h
 - Stromgutschrift = 1,5 oder 2,5 (gemäß Merit-Order und privilegierte Einspeisung)
- Bewertungsformel für das RGD um aktuelle Werte abzubilden

Br = Brennstoff
HK = Heizkessel
FW = Fern-/Nahwärme
FK = Fern-/Nahkälte
KWK = Kraft-Wärme-Kopplung
Q = Energie in kWh
p = Primärenergie
th = thermische Energie
el = elektrische Energie
 f_p = Primärenergiefaktor

$$f_{p,FW} = \max \left[0; \frac{\sum_i Q_{Br,HK} \cdot f_{p,Br,HK} + \sum_i Q_{Br,KWK,i} \cdot f_{p,Br,KWK,i} - (\sum_i Q_{el,KWK,i} - Q_{el,Netz}) \cdot f_{P,el}}{(\sum_i Q_{th,KWK,i} + \sum_i Q_{th,HK,i}) \cdot \eta_{Netz}} \right]$$

Individuelle Berechnung (FW + FK) – modifiziert

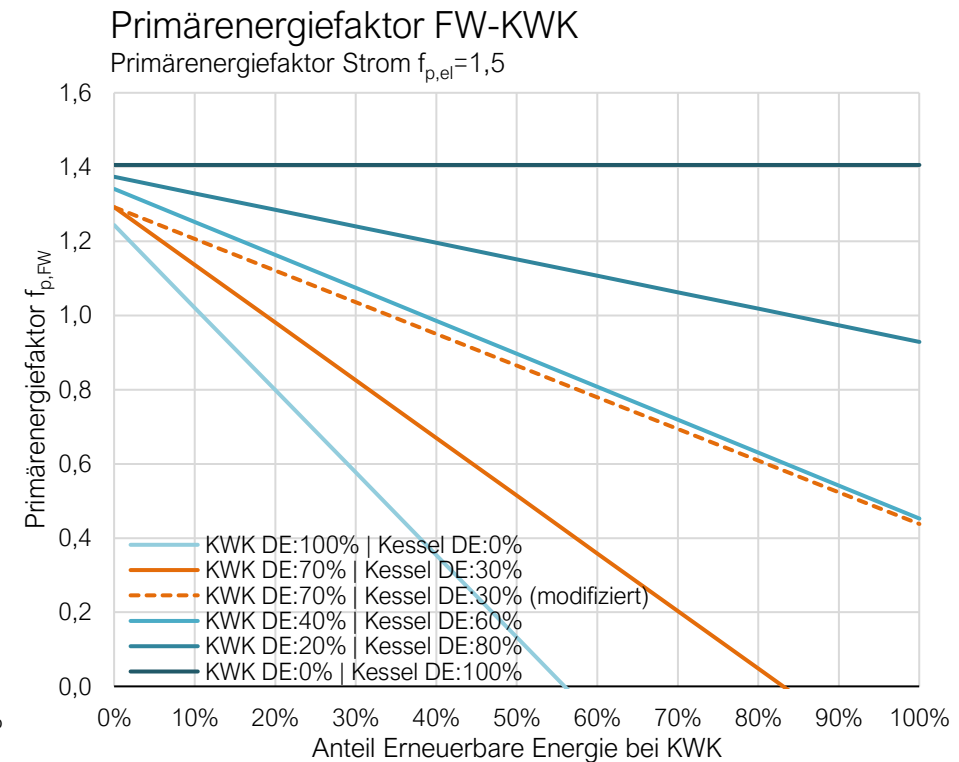
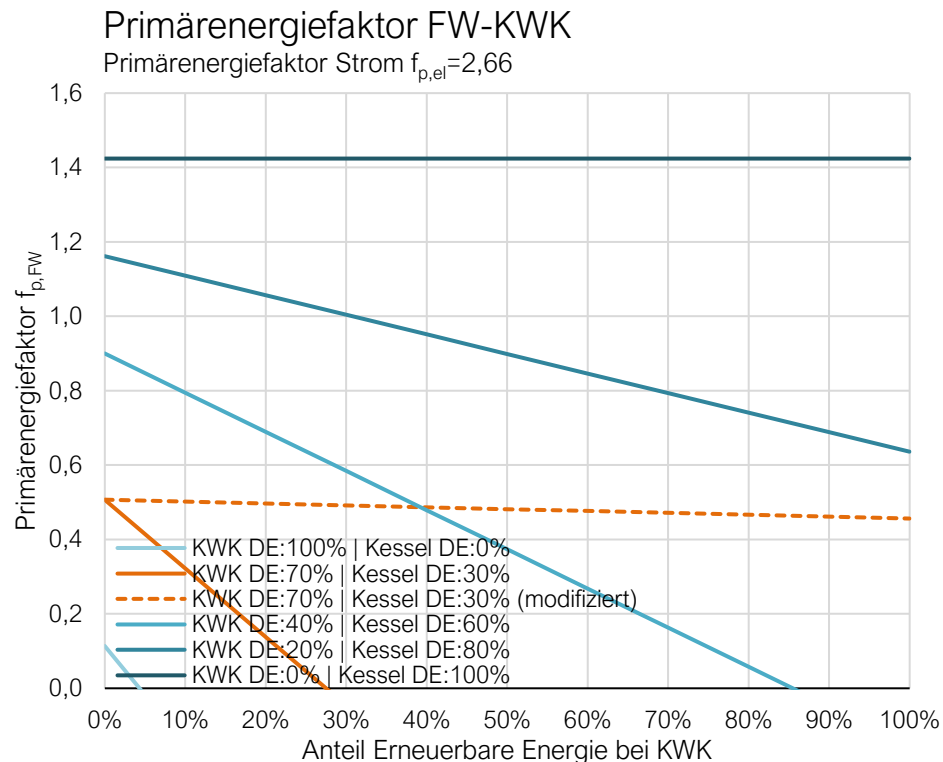
- Modifizierter Bewertungsansatz nach [16, S.23]
- Zuordnung von Umwelteffekten zum jeweiligen Einzelsystem
- Der Stromertrag der KWK wird als Gutschrift nur auf das System der jeweiligen KWK und nicht auf das Gesamtsystem bezogen

$$f_{p,FW} = \frac{\sum_i Q_{Br,HK} \cdot f_{p,Br,HK} + Q_{el,Netz} \cdot f_{p,el} + \left\{ \frac{(\sum_i Q_{Br,KWK,i} \cdot f_{p,Br,KWK,i} - \sum_i Q_{el,KWK,i} \cdot f_{p,el}), \text{ wenn } () > 0}{0, \text{ wenn } () < 0} \right\}}{(\sum_i Q_{th,KWK,i} + \sum_i Q_{th,HK,i}) \cdot \eta_{Netz}}$$

Br = Brennstoff
HK = Heizkessel
FW = Fern-/Nahwärme
FK = Fern-/Nahkälte
KWK = Kraft-Wärme-Kopplung
Q = Energie in kWh
p = Primärenergie
th = thermische Energie
el = elektrische Energie
f_p = Primärenergiefaktor

Individuelle Berechnung (FW + FK) – modifiziert

- Der Einfluss ist insb. bei Verwendung eines erneuerbaren Energieträgers für die KWK und eines fossilen für den Kessel ausgeprägt → KWK kompensiert den Kessel nicht
- Geringer systemischer Einfluss von EE bei hohem Verdrängungsmix (da fossile KWK bereits nahe 0)

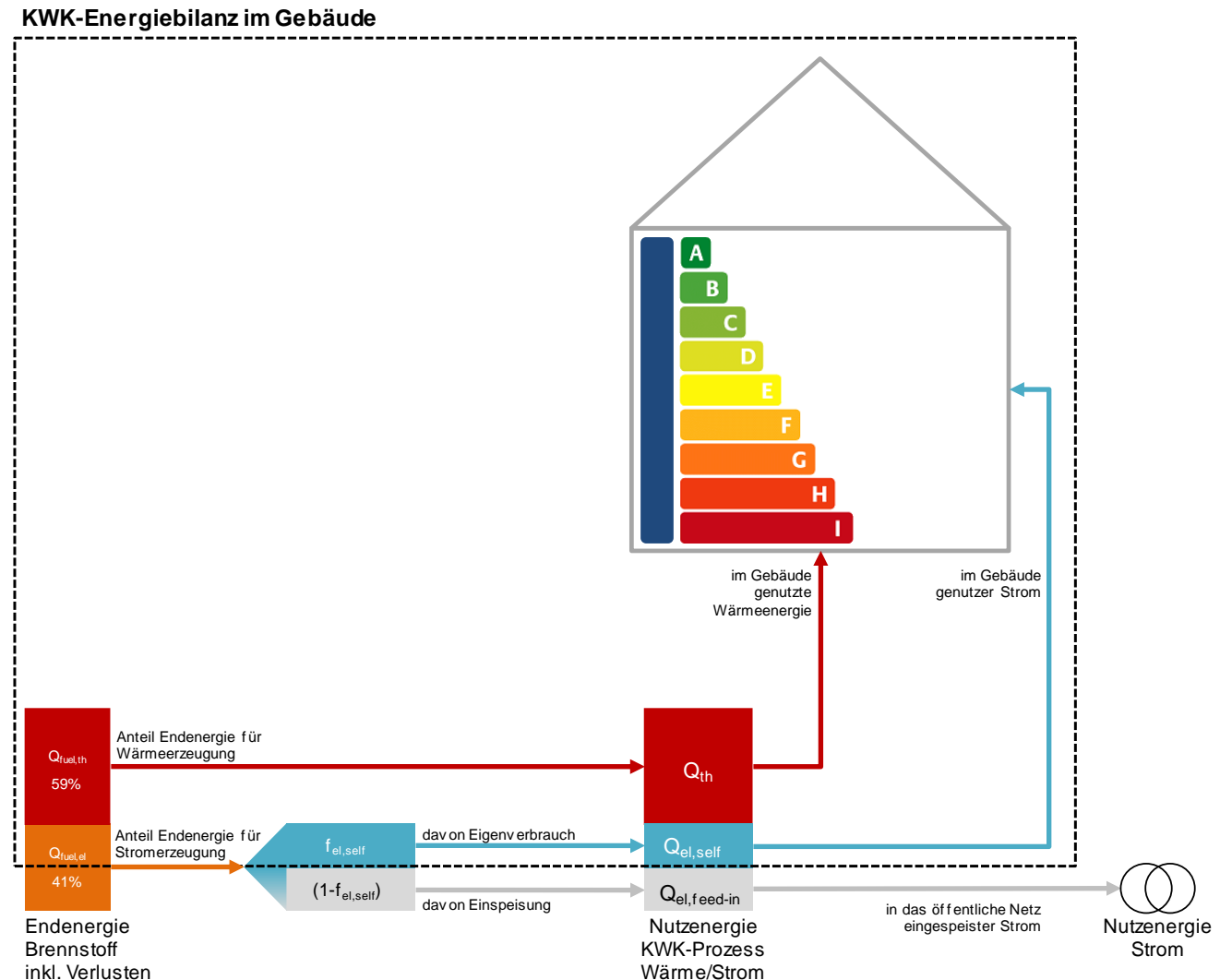


Anmerkungen

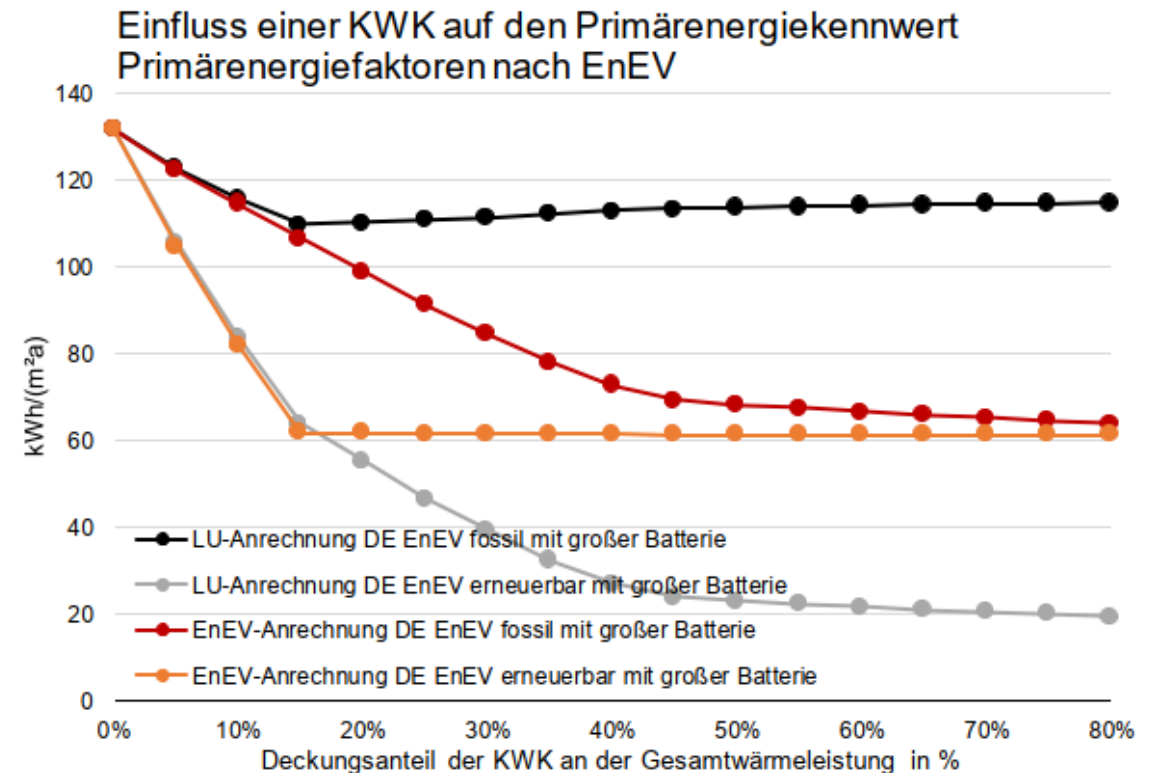
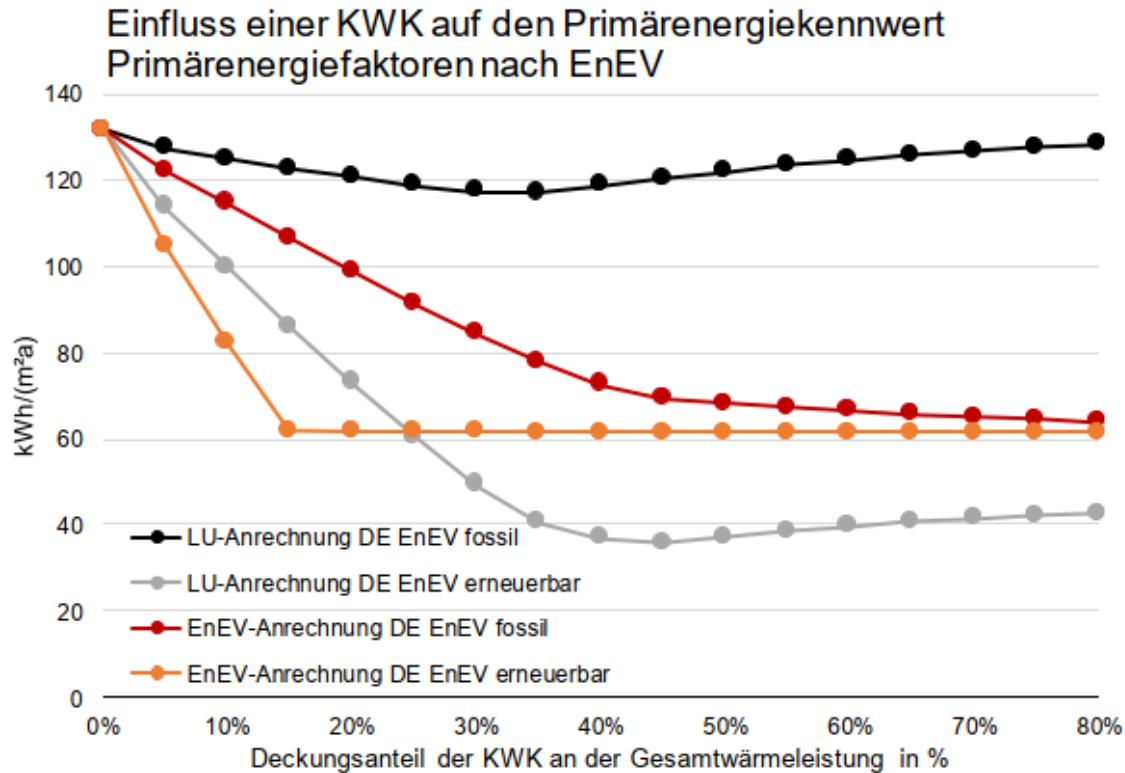
- Welchen Stellenwert hat die KWK bei der Energieversorgung der Zukunft?
- In DE sind beim Versorgungsnachweis Werte $< 0,3$ nicht zulässig (im Fall ohne EE).
- In DE wird im GEG §22 Absatz 5 die Überprüfung der Berechnungsmethode (Carnot-Methode) vorgesehen (Bericht bis 2025, Umstellung ab 2030)
- Merit-Order-Effekt und privilegierte Einspeisung bei langfristiger Betrachtung?
- Die Höhe des Verdrängungsmix kann in Frage gestellt werden.
- Anrechnungsmethode prüfen und mit politischen Randbedingungen abstimmen.
- Nutzung der modifizierten Methode (Anpassung der Systemgrenzen) fraglich bei EE und hohem Verdrängungsmix.

Dezentrale KWK im Gebäude (RGD-NWG)

- Bewertung des Brennstoffs für die Wärmeerzeugung und die Eigenstromnutzung.
- Selbst verbrauchter Strom verdrängt Netzstrom mit $e_{p,el} = 1,5$
- Eingespeister Strom und dafür aufgewendeter Brennstoff ist außerhalb der Gebäudebilanz.
- Bei Fernwärme kein Bezug auf ein einzelnes Gebäude.



Dezentrale KWK im Gebäude (RGD-NWG)

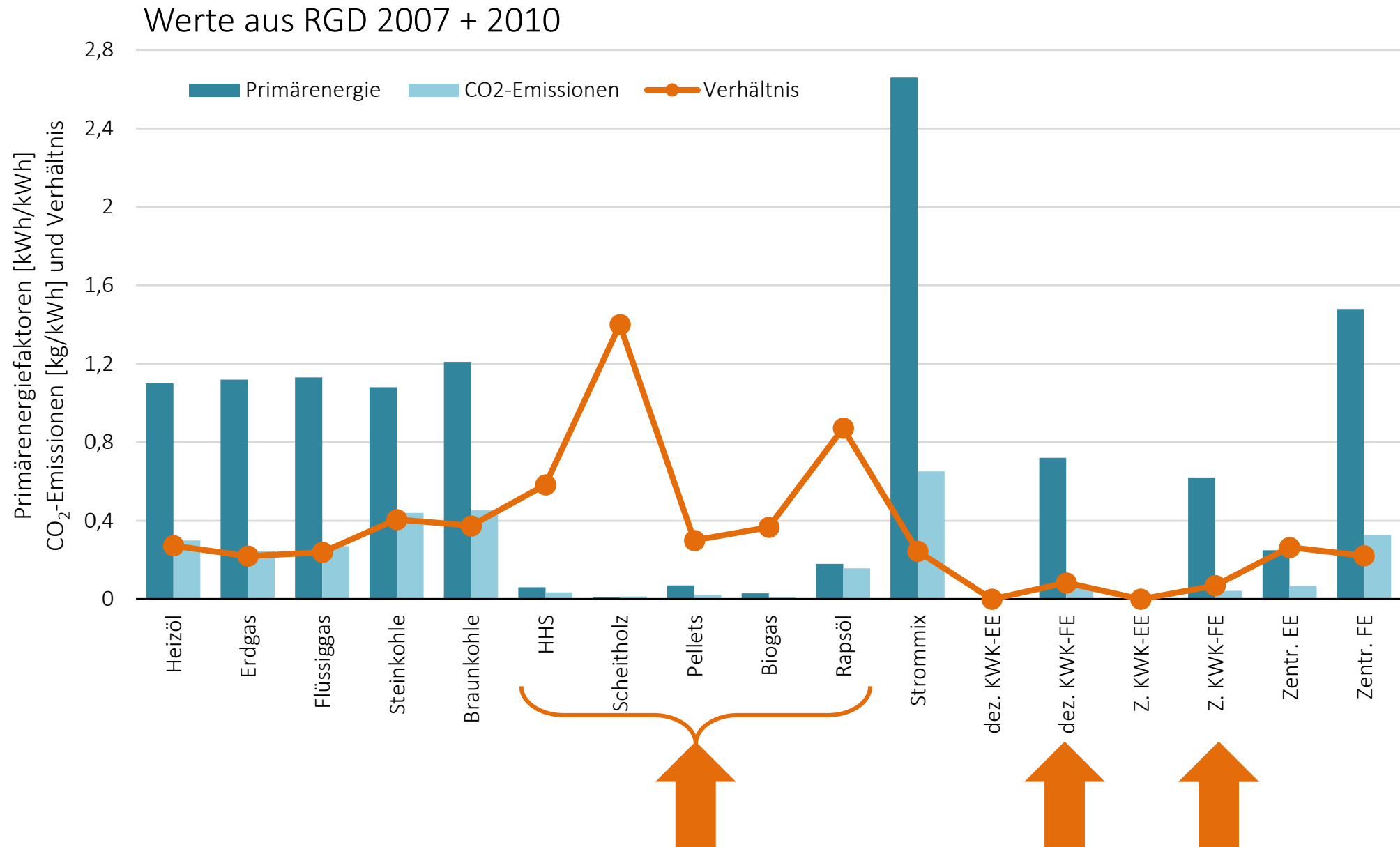


Quelle: Lichtmeß, Armborst, Bewertung der KWK im Energiepass, Goblet Lavandier & Associés, 2018
2^{er} Wärmeerzeuger Gas-Brennwertessel

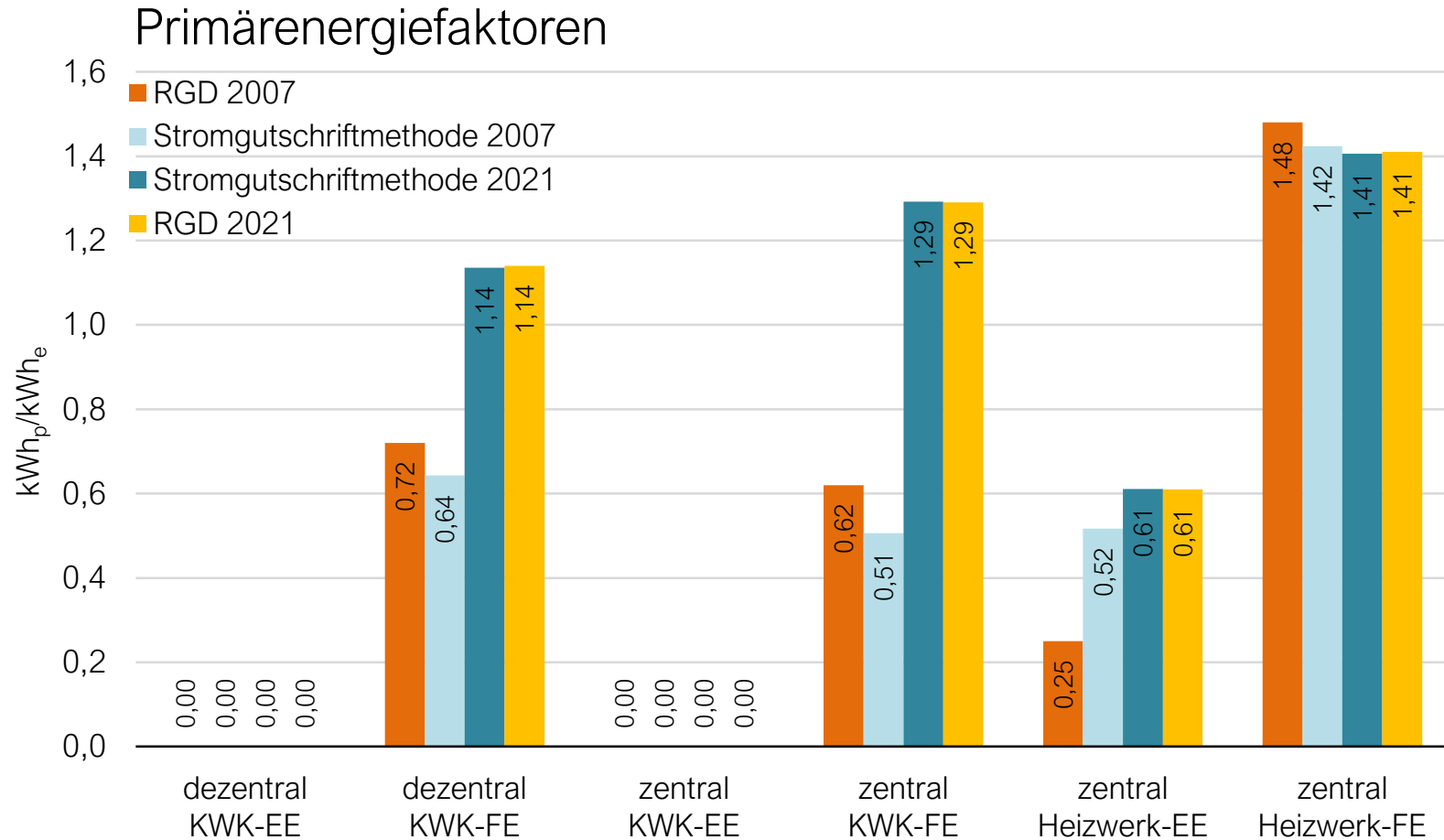
Plausibilität der Faktoren

Vergleich 2007 und 2021 – Verhältnis zwischen Primärenergie und CO₂-Emissionen

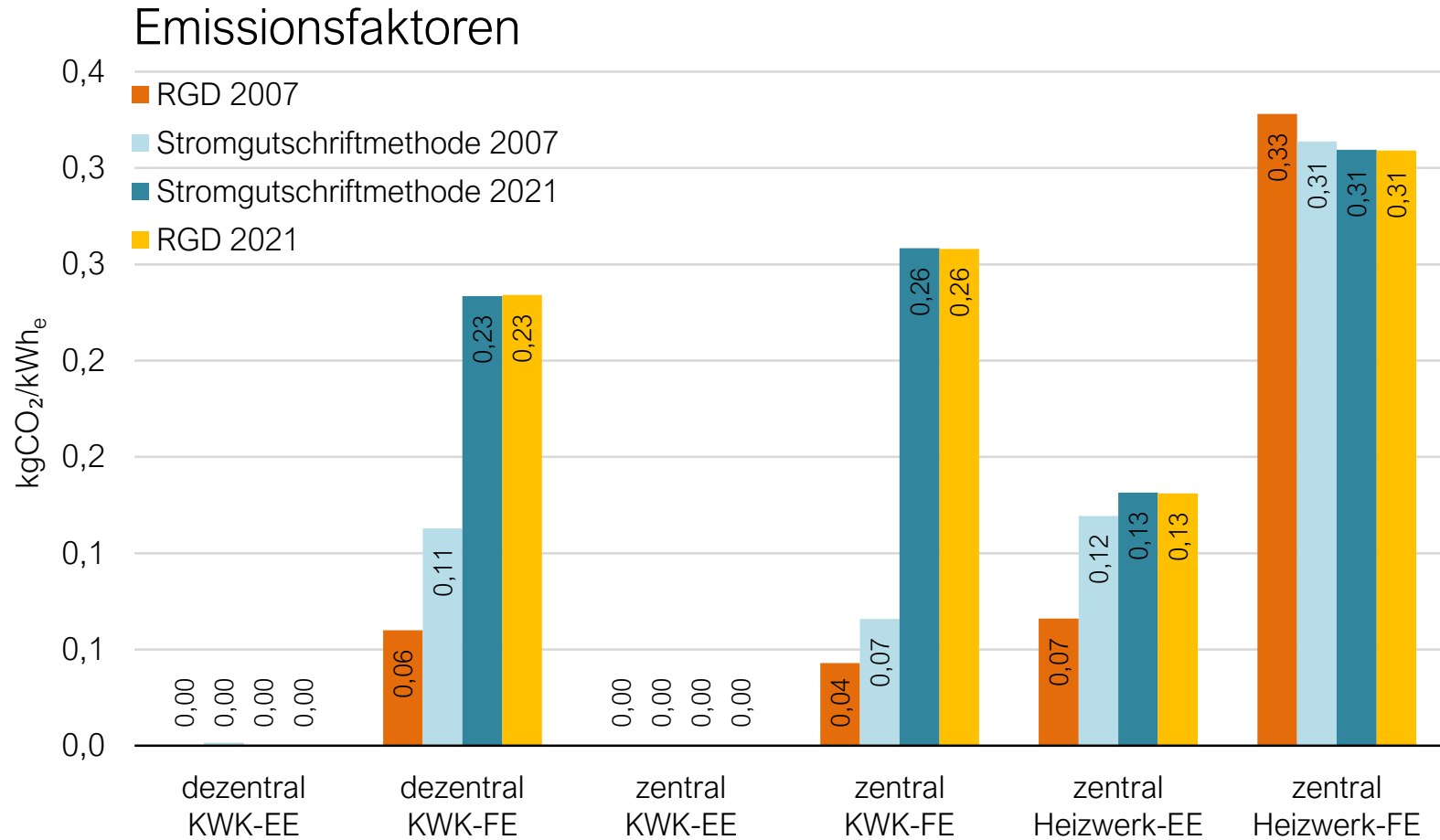
Primärenergie und CO₂-Emissionen



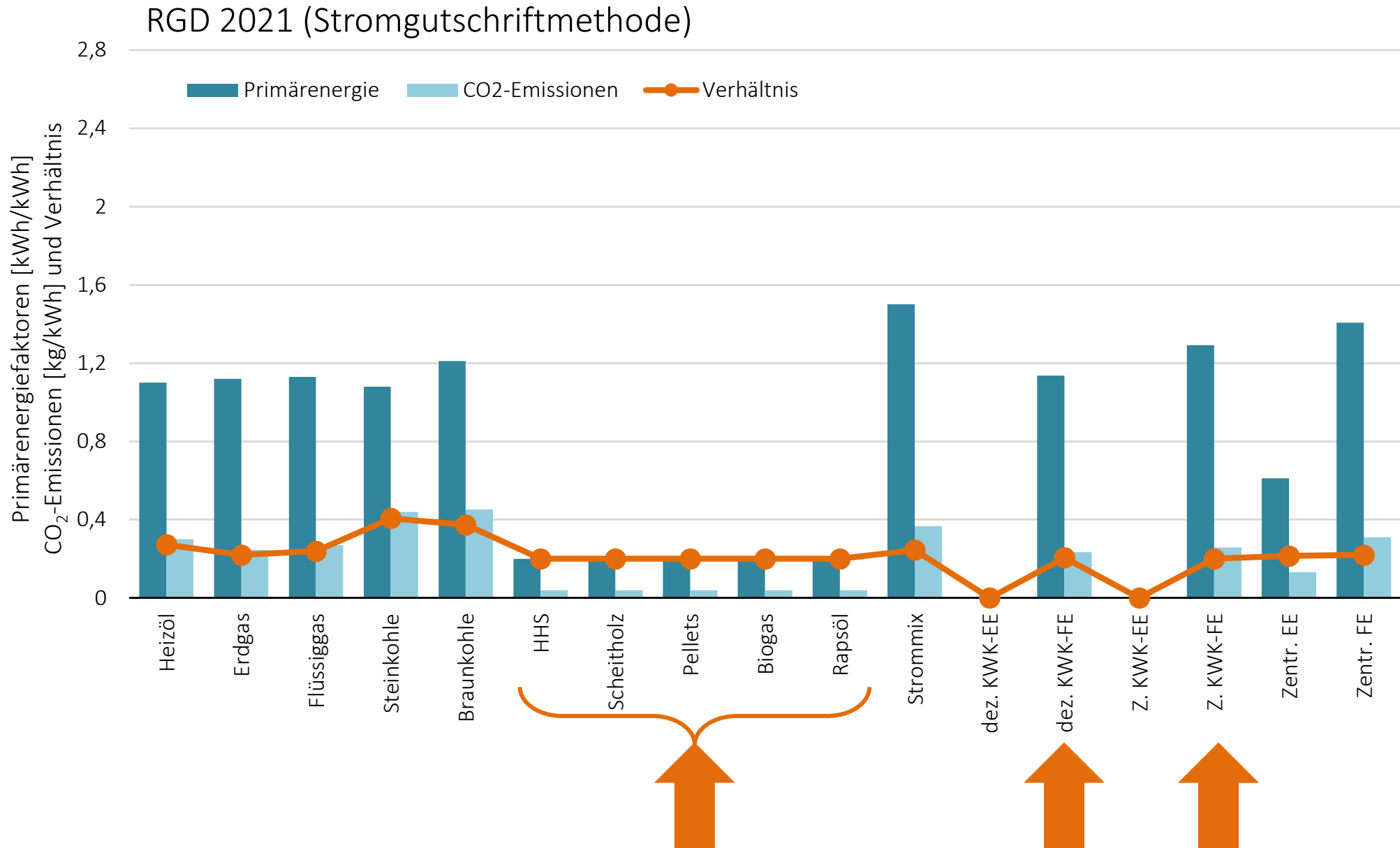
Primärenergiefaktoren



CO₂-Emissionsfaktoren



Primärenergie und CO₂-Emissionen



Anmerkungen

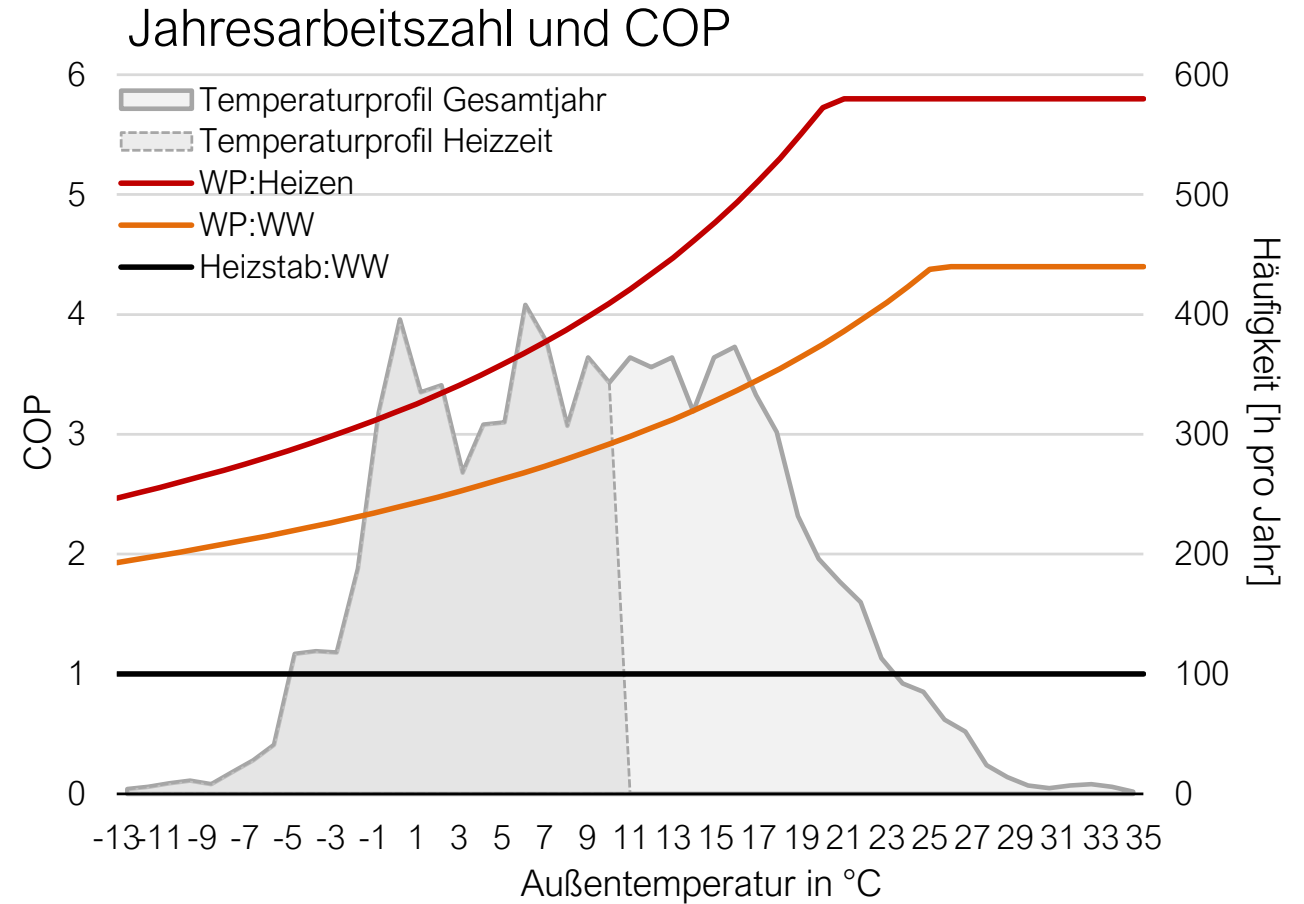
- Faktoren 2007 für FW und KWK unterscheiden sich von den hier berechneten
- Inkonsistenzen bei CO₂-Emissions- und Primärenergiefaktoren bei KWK mit EE
- RGD 2021 Faktoren lassen sich mit den folgenden Randbedingungen nachbilden
 - Netzparameter: Netzwirkungsgrad $\eta_{\text{Netz}} = 0,9$ | Pumpenstrombedarf = 1,6 % von Q_h
 - Primärenergiefaktor Strom = 1,5 | Erdgas = 1,12
 - Wirkungsgrade dezentrale KWK: $\eta_{\text{thermisch}} = 56 \%$ | $\eta_{\text{elektrisch}} = 34 \%$ | $\eta_{\text{tot}} = 90 \%$
 - Wirkungsgrade zentrale KWK: $\eta_{\text{thermisch}} = 46 \%$ | $\eta_{\text{elektrisch}} = 41 \%$ | $\eta_{\text{tot}} = 87 \%$
 - Wirkungsgrad Kessel: $\eta_{\text{thermisch}} = 90 \%$
 - Erneuerbarer Brennstoff Biogas bei KWK und Pellets bei Heizwerk
 - Energielieferung KWK = 70 % | Kessel 30 %

Wärmepumpe

Vergleich dezentrale Wärmepumpe mit Fernwärme auf Basis von KWK

Bilanz Wärmepumpe

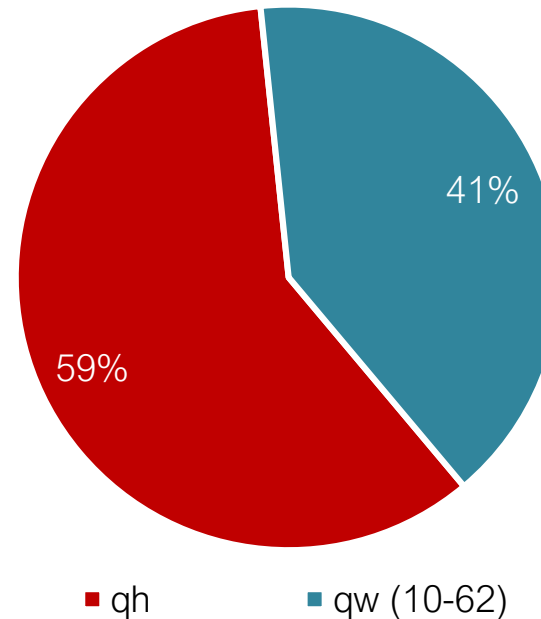
- Heizwärme WP bei 45°C
Systemvorlauftemperatur
- WW Grunderzeugung WP auf 55°C
- WW Nachheizung von 55 °C auf 62 °C (direktelektrisch)
- Aufteilung für ein typisches Wohngebäude
 $q_h = 22 \mid q_{ww} = 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- $JAZ_h = 3,5 \mid JAZ_{ww(WP+Direkt)} = 2,3$



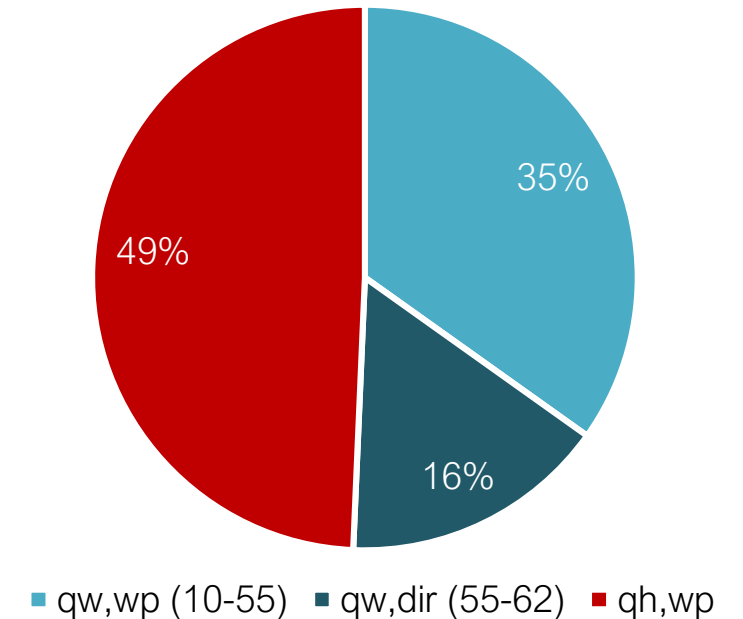
Bilanz Wärmepumpe

- Heizwärme WP bei 45 °C
Systemvorlauftemperatur
- WW Grunderzeugung WP auf 55 °C
- WW Nachheizung von 55 °C auf
62 °C (direktelektrisch)
- Aufteilung für ein typisches
Wohngebäude
 $q_h = 22 \mid q_{ww} = 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- $JAZ_h = 3,5 \mid JAZ_{ww(WP+Direkt)} = 2,3$

Nutzenergie



Primärenergie



Bilanz Wärmepumpe

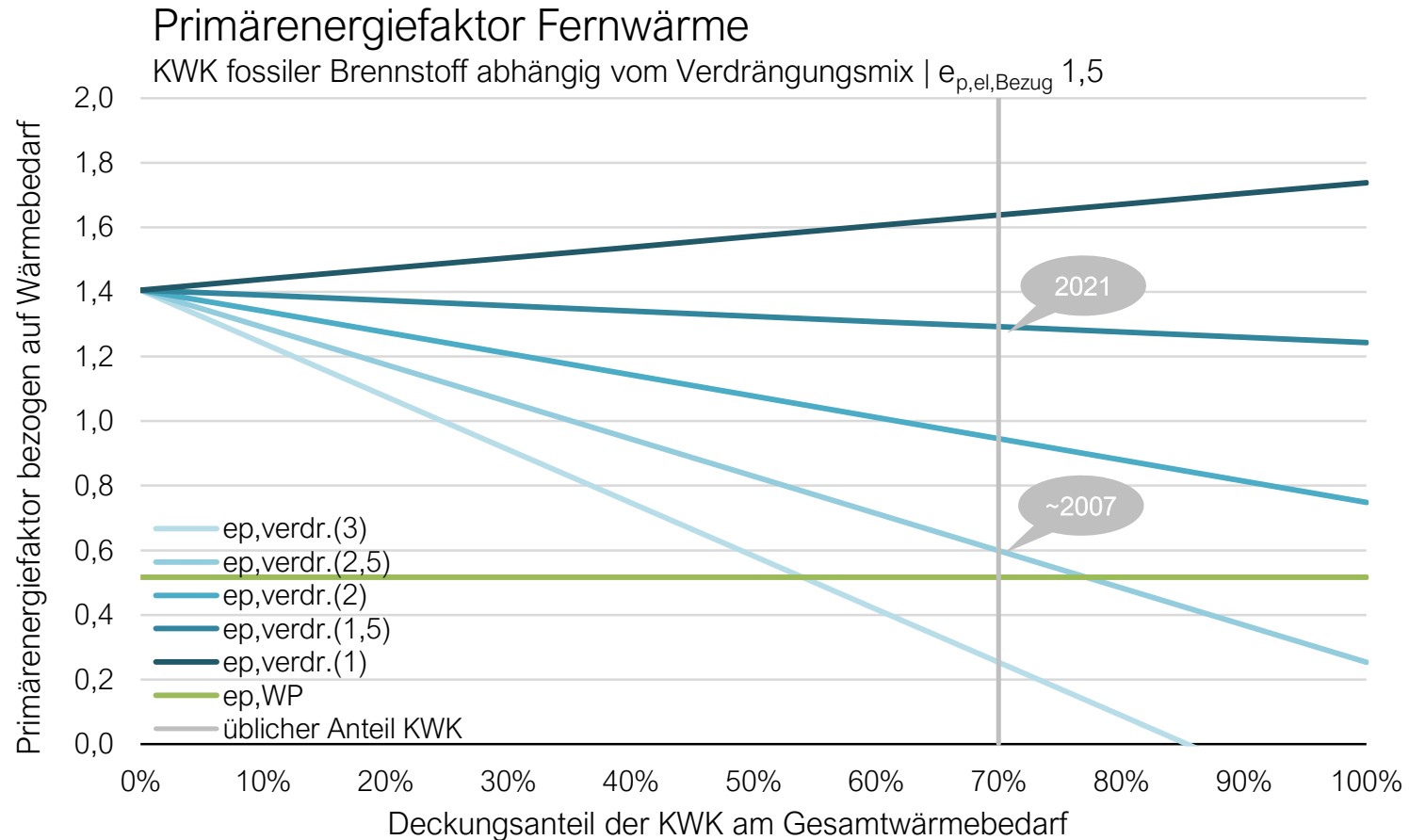
- Heizwärme WP bei 45 °C
Systemvorlauftemperatur
- WW Grunderzeugung WP auf 55 °C
- WW Nachheizung von 55 °C auf 62 °C (direktelektrisch)
- Aufteilung für ein typisches Wohngebäude
 $q_h = 22$ | $q_{ww} = 15$ kWh/(m²a)
- $JAZ_h = 3,5$ | $JAZ_{ww(WP+Direkt)} = 2,3$

Bereich	q_{nutz}	q_{el}	e_a	q_p
$q_{ww,wp}$ (10-55)	13,0	4,4	0,34	6,7
$q_{ww,dir}$ (55-62)	2,0	2,0	1,00	3,0
$q_{h,wp}$	22,0	6,3	0,29	9,4
$q_{el,tot}$	37,0	12,7		19,1
$e_{a,tot}$	→		0,34*	
$f_{p,tot}$	→			0,52*

* Bezogen auf vom Erzeuger abgegebene Nutzwärme im Gebäude

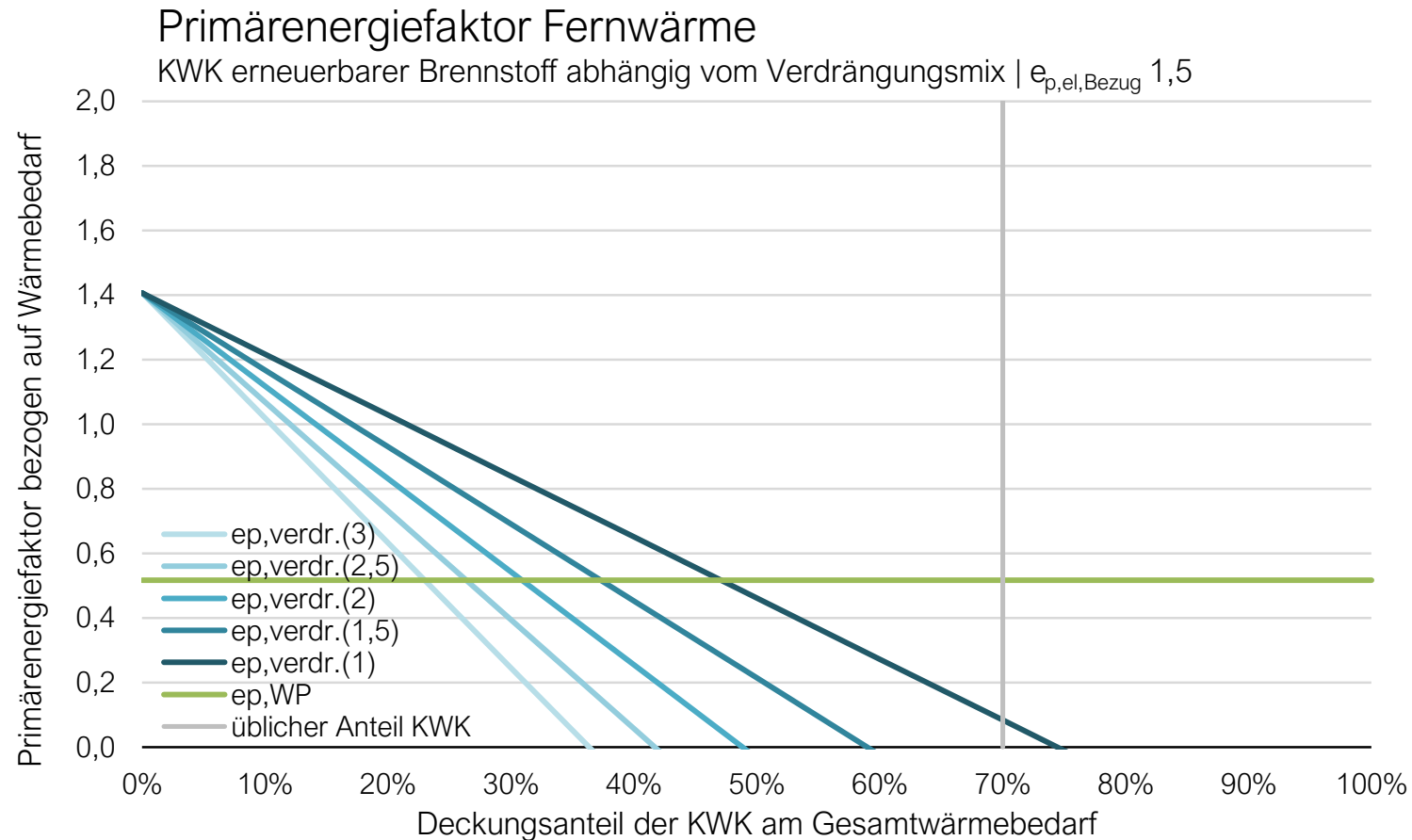
Bilanz Fernwärme – Stromgutschriftmethode

- Verdrängungsmix variabel, Kessel fossil, KWK fossil



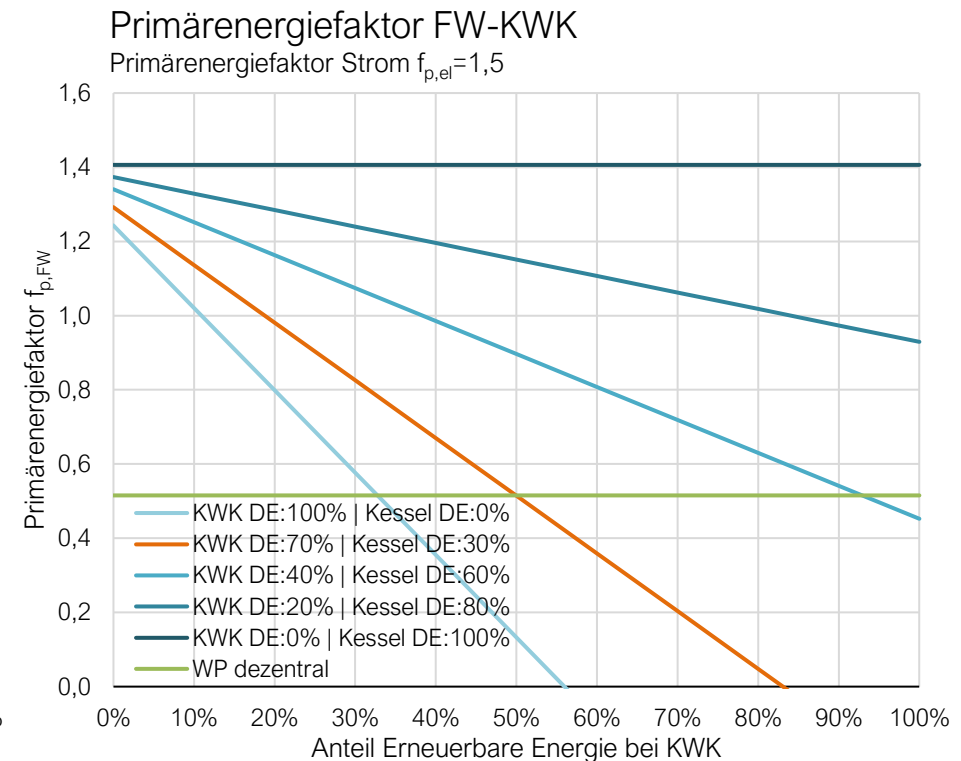
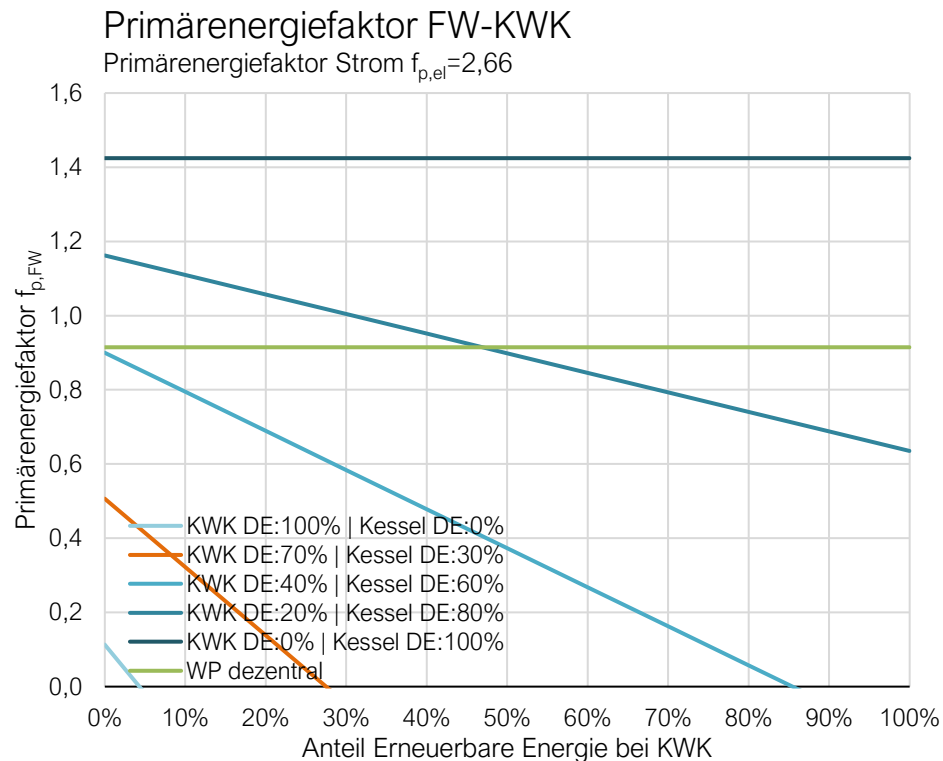
Bilanz Fernwärme – Stromgutschriftmethode

- Verdrängungsmix variabel, Kessel fossil, KWK **erneuerbar**



Vergleich KWK-FW mit dezentraler Wärmepumpe

- Bei $f_{p,el} = 1,5$ sind 50 % erneuerbare Energie bei KWK erforderlich (KWK:70% | HK:30%) bzw. 35% bezogen auf Gesamtenergie ($KWK_{erneuerbar} + KWK_{fossil} + HK_{fossil}$)
- Aufnahme individuelle Bewertung im RGD



Anmerkungen

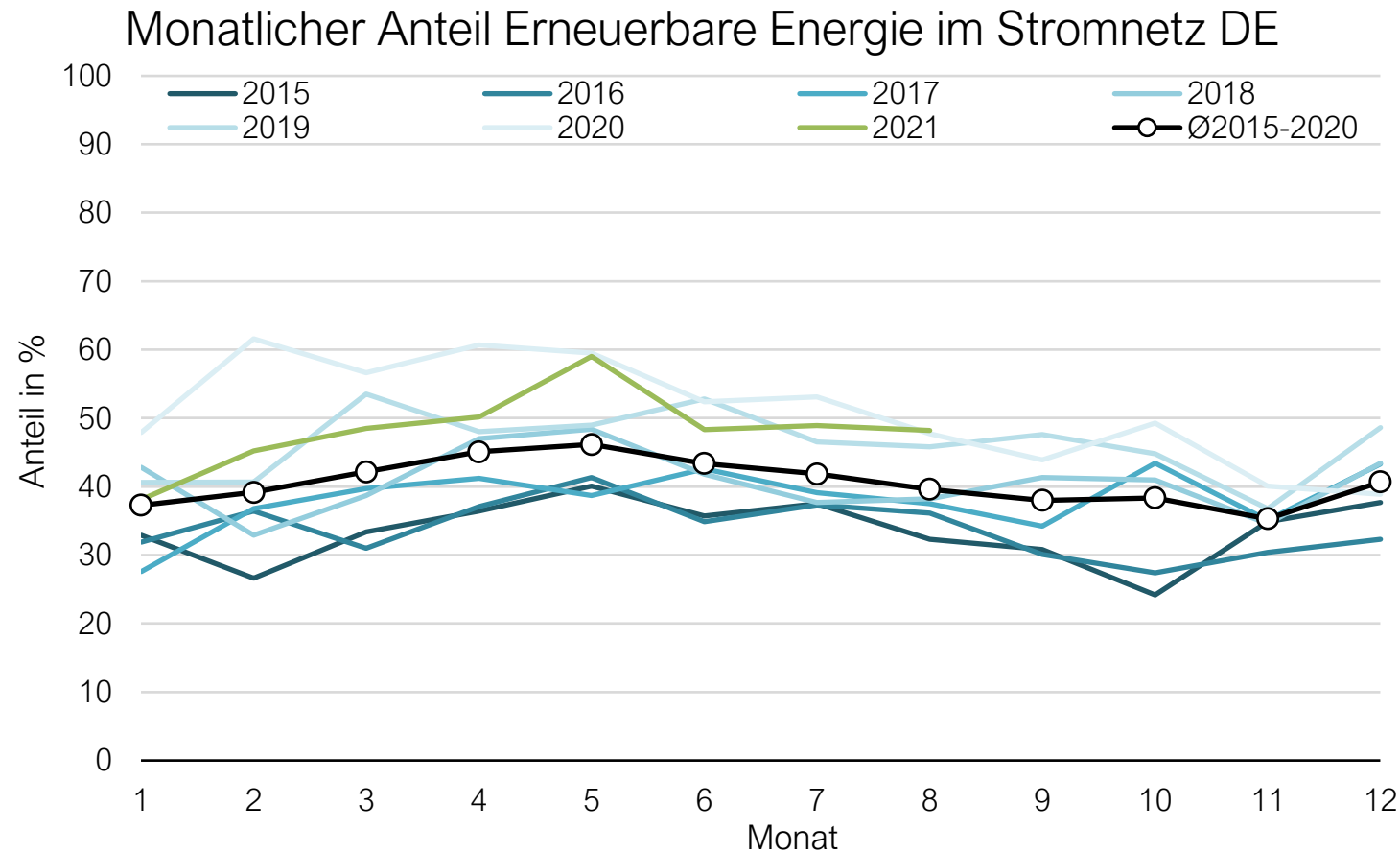
- Ohne erneuerbare Energie, ist die FW nicht mehr konkurrenzfähig mit den Anforderungen des Referenzgebäudes ab 2023.
- Individuelle Berechnung von FW-Systemen sollte zulässig sein. Dafür ist im RGD eine entsprechende Methode einzuführen (aktuell Gutschriftmethode).
- Randbedingungen im RGD aufnehmen (Zertifizierung, Dauer, CPE-Trigger, etc.)
- Der Anschluss an ein bestehendes Netz (bereits getätigte Investition mit Business Case) sollte ggf. zulässig sein (hier ggf. einen Zuschlagsfaktor für die Baugenehmigung einführen). Die Darstellung im CPE muss nicht angepasst werden.
- Die Allokationsmethode sollte bis 2023 überprüft und mit den politischen Zielsetzungen abgeglichen und ggf. umgestellt werden.

Erneuerbare Energie im Stromnetz

Saisonale Primärenergiefaktoren

Saisonalität und Erneuerbare Energieerzeugung

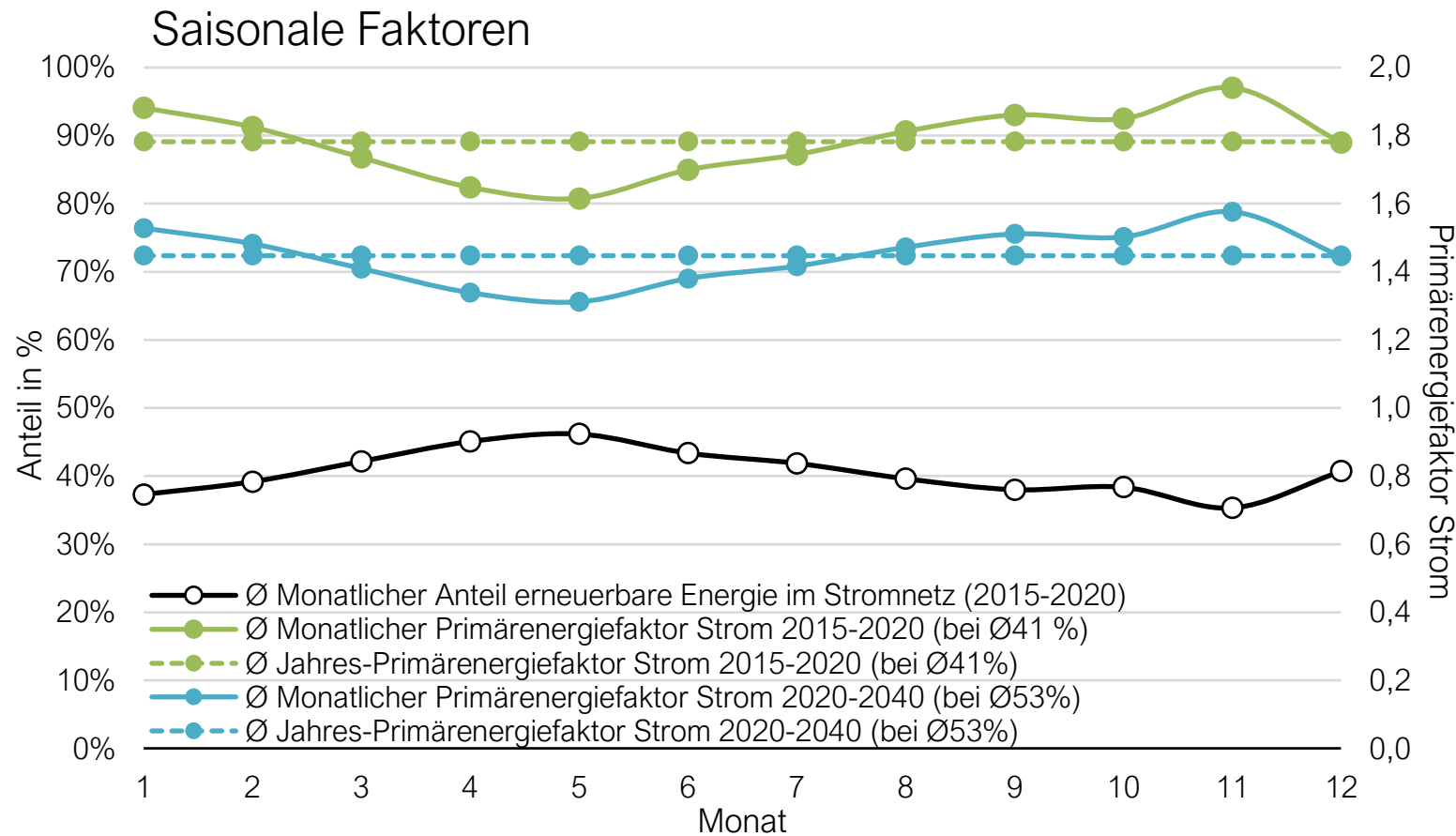
- Wind- und Solarenergie gleichen sich saisonal ausreichend aus



Datenquelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE
<https://www.energy-charts.info> (Abrufdatum 23.08.2021)

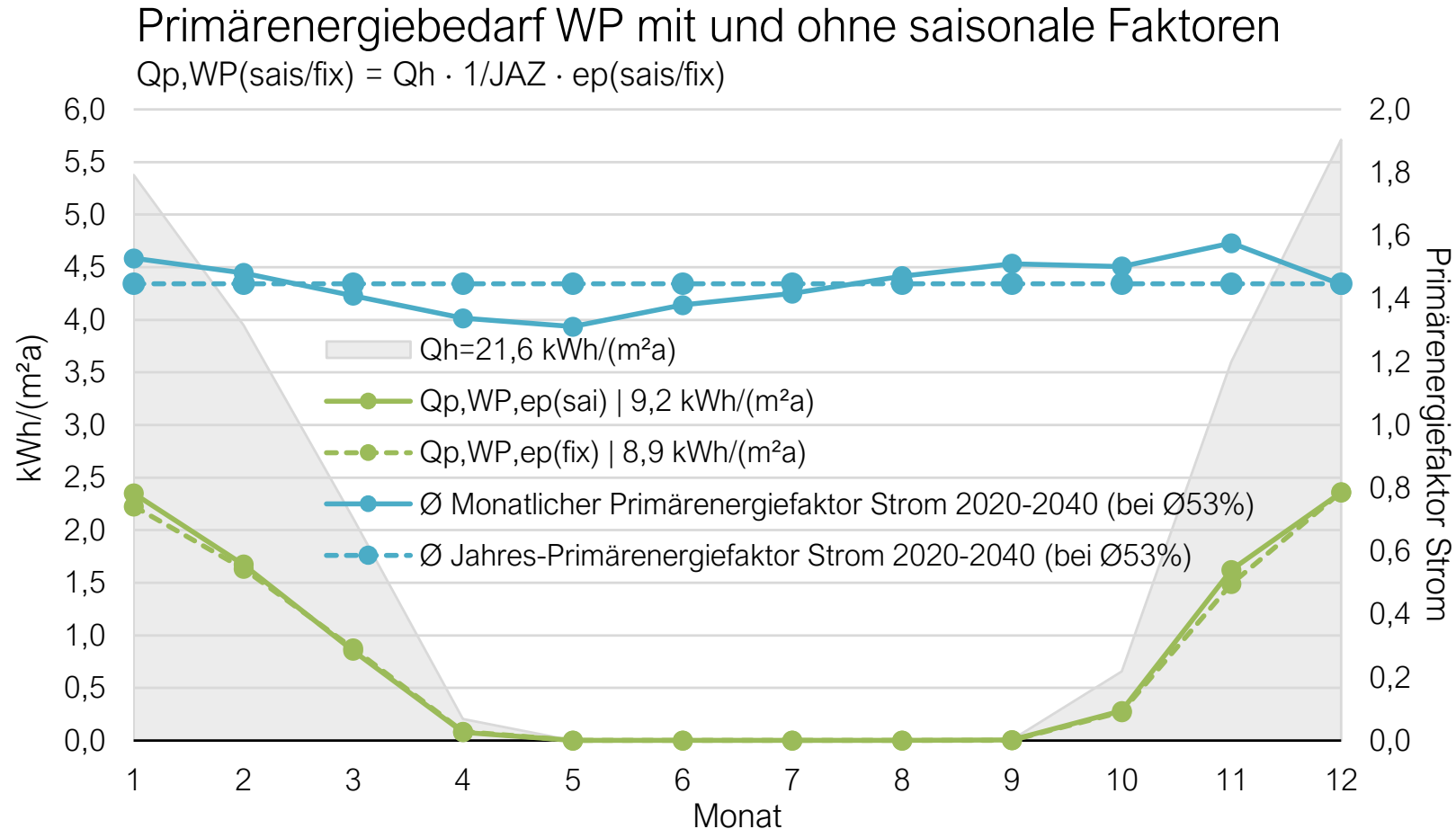
Saisonale Primärenergiefaktoren

- Abhängig vom Anteil EE wird ein monatliche Primärenergiefaktor bestimmt



Saisonale Primärenergiefaktoren

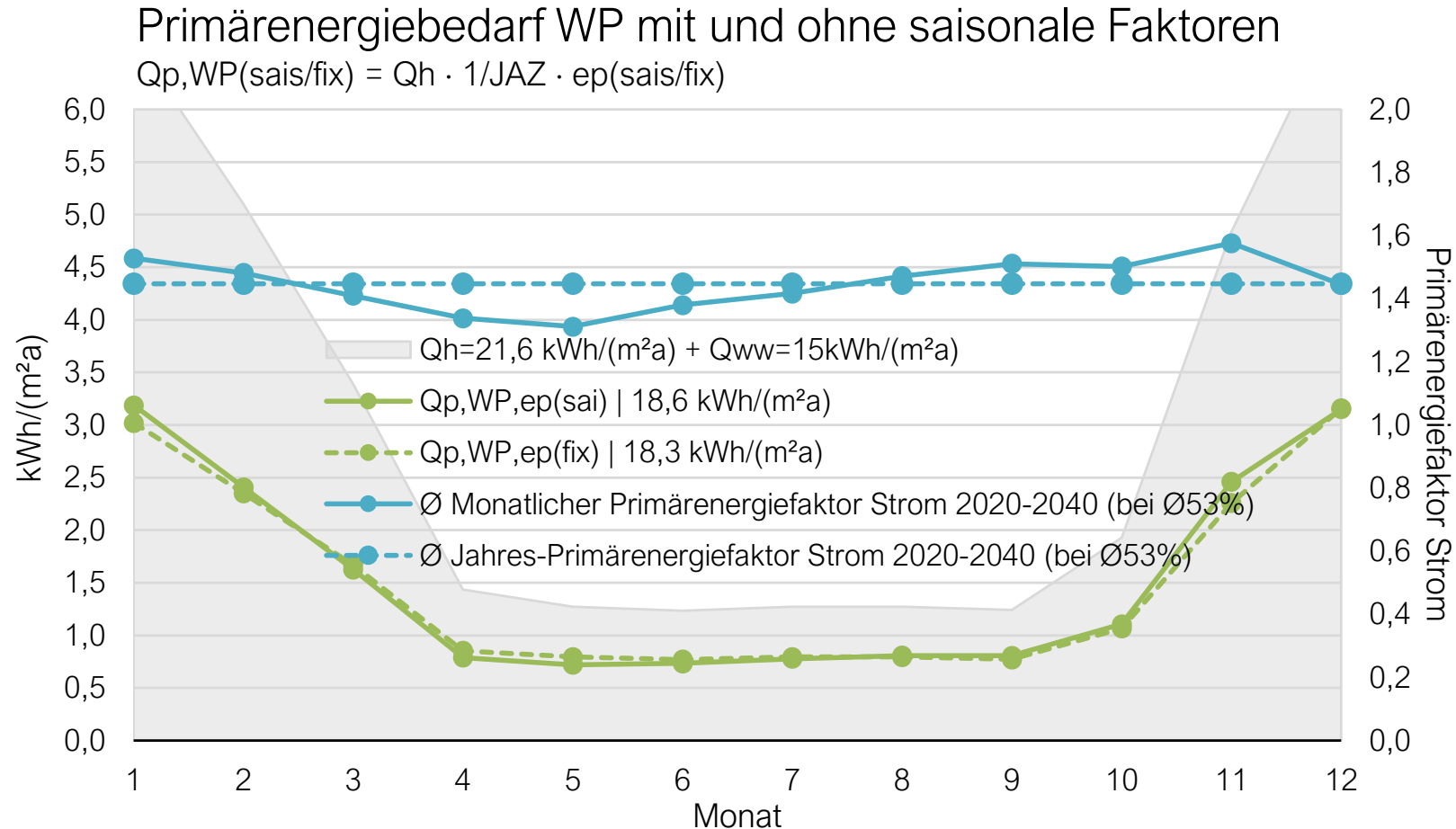
- Primärenergiebedarf Heizen mit und ohne saisonale Primärenergiefaktoren



Differenz rd. 3%

Saisonale Primärenergiefaktoren

- Primärenergiebedarf Heizen und WW mit und ohne saisonale Primärenergiefaktoren



Differenz rd. 1,5%

Saisonale Primärenergiefaktoren

- **Aussagekraft der Ergebnisse**
 - Nur einfache monatliche Gesamt-Energiebetrachtung
 - Keine kurzzeitige (z.B. stundenscharfe) Berechnung (PV-Mittagsüberschuss; wobei hier der Einfluss auf eine WP zu prüfen ist → bei viel Sonne im Winter sehr wenig Heizwärmebedarf; smart-WP einzubeziehen)
 - Prüfung auf der Basis von mindestens stündlichen Daten erforderlich
 - Einfluss auf Dunkelflaute und Absicherung Spitzenlast nicht einbezogen
- **Basierend auf \emptyset Monatswerten ist der Einfluss der Saisonalität relativ gering**
- **In [5, S.58] wird eine Abweichung der mittleren monatlichen Faktoren vom Jahresmittelwert von unter 10% angegeben, und deckt sich mit den Ergebnissen.**

Literatur

1. 13. Symposium Energieinnovation Fernkälte als Möglichkeit zur Effizienzsteigerung bei Abfallverbrennungsanlagen, DI (FH) Christine Faustmann, DI Dr. Bernd Hollauf, Graz, 14.2.2014
2. Magnhild Kallhovd, Analysis on Methods and the Influence of Different System Data When Calculating Primary Energy Factors for Heat from District Heating Systems, Norwegian University of Science and Technology, 2011
3. Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden* (Gebäudeenergiegesetz - GEG), 08.08.2020
4. Bernd Eikmeier, Fraunhofer IFAM, Die Rolle der Fernwärme für die Gebäude-Energie-Effizienz – Potentiale und Aspekte einer Förderung im GEG oder KWKG, 16.11.2017
5. ifeu, Prognos, Ecofys, dena, 7-03-17 Untersuchung zu Primärenergiefaktoren , Endbericht , Heidelberg, Berlin, 23. April 2018
6. Eduard Latõšov, Primary energy factors for different district heating networks: An Estonia, example, Energy Procedia 96 (2016) 674 – 684, Elsevier, 2016
7. Nikolaus Diefenbach, Bewertung der Wärmeerzeugung in KWK-Anlagen und Biomasse-Heizsystemen, IWU 2020 (ISBN-Nr. 3-932074-58-0)
8. Luis Carr, fFE, The Replacement Mix - Introduction of a Method for the Assessment of District Heat from CHP in the European Union Regarding Primary Energy, 2012
9. Michael Hörner et al., Stellungnahme zum Entwurf der Bundesregierung für ein Gebäudeenergiegesetz (GEG), IWU 2019
10. Mitglieder des Fachausschusses „Mikro-KWK“, VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V., Mikro-Kraft-Wärme- Kopplungsanlagen, Status und Perspektiven, VDI-Statusreport Februar 2020
11. Tjaša Duh Čož et al., Primary Energy Factor of a District Cooling System, University of Ljubljana, Faculty of Mechanical Engineering, Slovenia, Journal of Mechanical Engineering 62(2016)12, 717-729, 2016
12. Wuppertal Institut (2015): Konsistenz und Aussagefähigkeit der Primärenergie-Faktoren für Endenergieträger im Rahmen der EnEV. Diskussionspapier unter Mitarbeit von Dietmar Schüwer, Thomas Hanke und Hans-Jochen Luhmann. Wuppertal, Dezember 2015
13. Thomas Bründlinger et al., Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena), dena-Leitstudie Integrierte Energiewende, Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050, Teil A: Ergebnisbericht und Handlungsempfehlungen (dena), Teil B: Gutachterbericht (ewi Energy Research & Scenarios gGmbH), Berlin 2018
14. Achim Dittmann et al., Allocation of CO2-Emissions to Power and Heat from CHP-Plants, TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen Institut für Energietechnik, Datum unbekannt
15. Grażyna Rabczuk et al. Description and analysis of methods for calculation of CO2 emission, Report – GoA 4.1, Instytut Maszyn Przepływowych PAN, Gdańsk 2020
16. Martin Pehnt et al., Primärenergiefaktoren von biogenen Energieträgern, Abwärmquellen und Müllverbrennungsanlagen, BMVBS (Hrsg.), MVBS-Online-Publikation 12/2012
17. Rosenberger et al., Entwicklung des ersten rechtssicheren Nachweisverfahrens für Plusenergiegebäude durch komplette Überarbeitung der ÖNORMEN, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien 2013.

Literatur

18. Mauch et al., Allokationsmethoden für spezifische CO₂-Emissionen von Strom und Wärme aus KWK-Anlagen, *Energiewirtschaftliche Tagesfragen* 55.Jg. (2010) Heft 9.
19. Wunsch et al., Evaluierung der Kraft-Wärme-Kopplung, Analysen zur Entwicklung der Kraft-Wärme-Kopplung in einem Energiesystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien, Prognos AG, Berlin, 25. April 2019
20. Esser, Sensfuss, Evaluation of primary energy factor calculation options for electricity, Review of the default primary energy factor (PEF) reflecting the estimated average EU generation efficiency referred to in Annex IV of Directive 2012/27/EU and possible extension of the approach to other energy carriers, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, 2016
21. Hertle et al., Die Nutzung von Exergieströmen in kommunalen Strom-Wärme-Systemen zur Erreichung der CO₂-Neutralität von Kommunen bis zum Jahr 2050, IFEU/Richtvert/IBP, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (Hrsg.), 2014.
22. Nussbaumer (Verenum AG) et al., Handbook on Planning of District Heating Networks, Energie Schweiz, Swiss Federal Office of Energy (Contracting), Bern 2018.
23. Briem et al., Status quo der Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland, Sachstandspapier, Herausgeber Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau, 2020
24. Großklos, IWU, Kumulierter Energieaufwand und CO₂-Emissionsfaktoren verschiedener Energieträger und -versorgungen, Darmstadt 2020
25. Moreno (CARTIF) et al., Guidelines to calculate the annual primary energy balance of a positive energy district, HORIZON2020 Project, MAKING-CITY G.A. n°824418, 2020)
26. Mollenhauer, Power-to-Heat-Anlagen in der Fernwärmeversorgung, Promotion, Technischen Universität Berlin, 2019
27. Pacor, Reiter, Quality indicators for district heating networks, Local Environment: Management & Analysis (LEMA), University of Liège, Liège, Belgium, Datum unbekannt.
28. Roger Hitchin, Primary Energy Factors and the primary energy intensity of delivered An overview of possible calculation conventions, *Building Service Engineering* 2019, Vol. 40(2) 198–219
29. Per-Olof Johansson, Buildings and district heating - contributions to development and assessments of efficient technology, Lund University, 2011
30. Theissing, Primärenergiefaktoren Emissionsfaktoren von Energieträgern, Technisches Büro für Maschinenbau Dipl.-Ing. Dr. Matthias Theissing, Präsentation Fernwärmetag 2010, Villach, am 18.3.2010
31. Pfnür et al., Dezentrale vs. zentrale Wärmeversorgung im deutschen Wärmemarkt, Vergleichende Studie aus energetischer und ökonomischer Sicht, ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden und Technischen Universität Darmstadt, 04. August 2016.
32. Fiaschi, D.; Manfrida, G.; Mendecka, B.; Tosti, L.; Parisi, M.L. A, Comparison of Different Approaches for Assessing Energy Outputs of Combined Heat and Power Geothermal Plants. *Sustainability* 2021, 13, 4527, <https://doi.org/10.3390/su13084527>.
33. Gores et al., Methodenpapier zur Bewertung von KWK-Anlagen in mittelfristiger Perspektive bis 2030, Öko-Institut e.V., Berlin 2015
34. Heiko Schiller, Heizen 2030: Nah- und Fernwärme, schiller engineering, Hamburg, 2019