



Bericht

Zertifizierung der Fernwärme nach GEG und CO₂KostAufG für das Fernwärmenetz Wennigsen der Stadtwerke Springe GmbH

an die

Stadtwerke Springe GmbH

Zum Oberntor 19

31832 Springe

als Auftraggeber (AG)

Bearbeiter: Dr.-Ing. Thomas Sander

Bericht Nr.: 13/2024

Dresden, 08. Mai 2024

Inhalt

1.	Grundlagen für die Berechnungen	1
1.1	Definition des Energiebilanzraumes	1
1.2	Erfassung der Energiebilanzen für Wärme, Strom und Brennstoffe	2
2.	Bestimmung des Primärenergiefaktors nach GEG	3
2.1	Einführung zum Primärenergiefaktor	3
2.2	Ermittlung des Primärenergiefaktors.....	4
3.	Bestimmung der CO ₂ -Emissionen nach GEG.....	7
4.	Anteile der gelieferten Wärme.....	8
5.	Emissionen nach CO ₂ KostAufG.....	9
5.1	Einführung	9
5.2	Ermittlung der Werte	11
5.3	Ergebnisse.....	11
6.	Zusammenfassung.....	12

1. Grundlagen für die Berechnungen

1.1 Definition des Energiebilanzraumes

Die Berechnungen werden für das Fernwärmeversorgungssystem Wennigsen mit folgenden Erzeugeranlagen durchgeführt (siehe **Abbildung 1**):

- BHKW 50 kW_{el}, 100 kW_{th} Erdgas,
- Brennwertkessel 700 kW_{th} Erdgas,
- Pelletkessel 366 kW_{th} Holzpellets.

Es werden Betriebsdaten von 2021 - 2023 für die Berechnungen verwendet. Die Ermittlung der Werte nach CO₂KostAufG basiert auf den Istwerten von 2023.

Aufgrund von fehlenden Messungen und abweichenden Abrechnungszeiträumen werden folgende Annahmen getroffen:

- Der elektrische Eigenbedarf des BHKW-Moduls wird mit 1,5 % angesetzt.
- Der elektrische Eigenbedarf der Kessel wird mit 0,5 % der Wärmelieferung angesetzt.
- Der elektrische Hilfsenergiebedarf der Netzumwälzpumpen wird mit 1,5 % der gesamten Wärmeeinspeisung abgeschätzt.

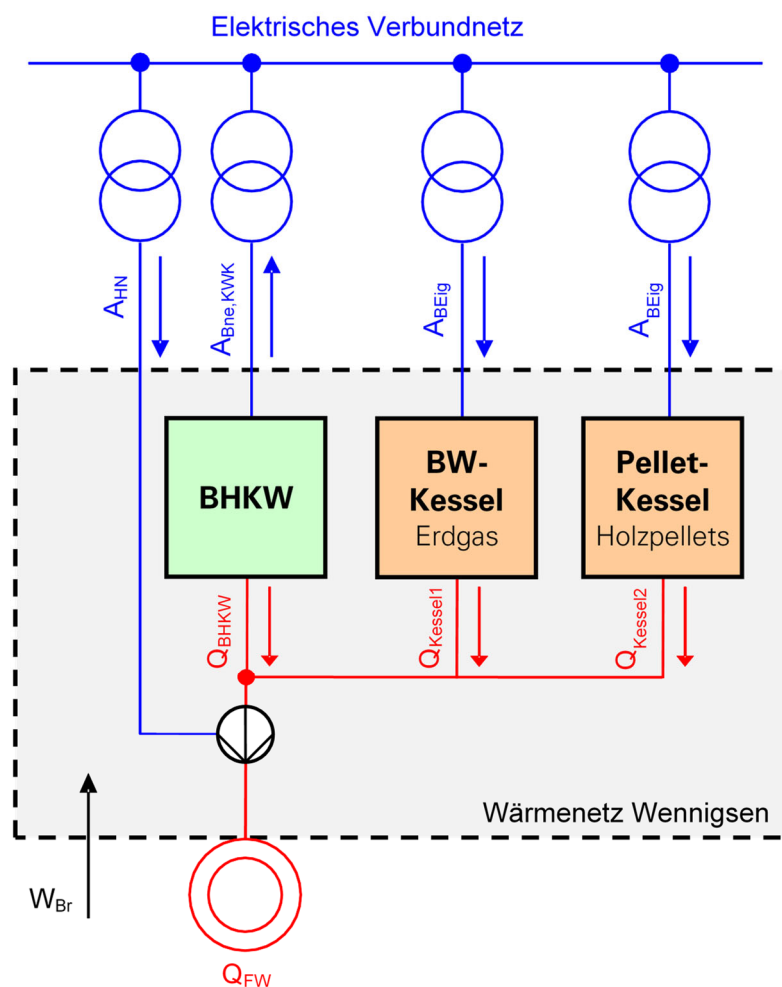


Abbildung 1 Energiebilanzraum zur Bestimmung von Primärenergiefaktor und Emissionen

1.2 Erfassung der Energiebilanzen für Wärme, Strom und Brennstoffe

In **Tabelle 1** sind die verwendeten Betriebsdaten angegeben.

Tabelle 1 Energiebilanz für das Fernwärmenetz Wennigsen

Rubrik	2021	2022	2023	Summe	Einheit
Fernwärmeabsatz	876,1	1.011,7	1.028,2	2.916,0	MWh
Wärmeverlust	15,3	34,5	29,8	27,9	%
Wärmeeinspeisung					
BHKW	615,7	435,8	701,9	1.753,4	MWh
BW-Kessel	42,2	100,3	24,6	167,1	MWh
Pelletkessel	376,9	1.008,9	737,5	2.123,3	MWh
<i>Summe</i>	1.034,8	1.545,0	1.464,0	4.043,8	MWh
KWK-Bruttostromerzeugung					
BHKW	226,3	373,1	349,3	948,7	MWh
KWK-Nettostromerzeugung					
BHKW	222,9	367,6	344,0	934,5	MWh
Brennstoffenergie					
BHKW Erdgas	1.224,4	790,5	1.273,2	3.288,1	MWh
BW-Kessel Erdgas	44,4	105,6	25,9	175,9	MWh
Pelletkessel Holzpellets	409,7	1.183,2	864,9	2.457,8	MWh
<i>Summe</i>	1.678,5	2.079,3	2.164,0	5.921,8	MWh
Eigenbedarf und Hilfsenergie					
Kessel 1 + 2	2,1	5,5	3,8	11,4	MWh
Netzbetrieb	15,5	23,2	22,0	60,7	MWh
<i>Summe</i>	17,6	28,7	25,8	72,1	MWh

2. Bestimmung des Primärenergiefaktors nach GEG

2.1 Einführung zum Primärenergiefaktor

Seit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) im Jahre 2002 ist der Primärenergiefaktor der Wärmeversorgung von Gebäuden zu einer wichtigen energietechnischen Kenngröße geworden, an der sich Bauherren und Hauseigentümer hinsichtlich der energetischen Güte ihrer Gebäude orientieren können und müssen. Er bietet darüber hinaus ein effizientes Kriterium zur Beurteilung verschiedener Varianten der Erzeugung und Lieferung von Endenergie, das die gesamte energetische Umwandlungskette berücksichtigt.

Die vorliegende Bilanzierung bezieht sich auf Vorgaben des Gebäudeenergiegesetzes (GEG) 2024, welches zur Zertifizierung der Primärenergiefaktoren auf DIN V 18599:2018-09 und DIN V 4701-10:2003-08 verweist.

Die Zertifizierungspraxis der vergangenen Jahre hat vielfach Unklarheiten und Uneindeutigkeiten in der Anwendung der zu verwendenden Richtlinien gezeigt. Um diese zu beseitigen und dem Anwender definierte und praxisgerechte Randbedingungen zu bieten, wurde das AGFW-Arbeitsblatt FW 309 Teil 1 erstellt. Um die Anforderungen des GEG zu integrieren, wurde dieses überarbeitet. Die vorliegende Zertifizierung bezieht sich auf das Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 1¹ „Energetische Bewertung von Fernwärme und Fernkälte“ vom Januar 2023.

Mit dem Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 7² werden Form und Inhalt, die Gültigkeitsdauer, die Ausstellungsberechtigung, das Verfahren zur Veröffentlichung und die inhaltliche Überprüfung der Bescheinigungen geregelt.

Um nicht den Pauschalwert von $f_{p,FW} = 1,3$ für Fernwärmenetze, welche mit einem Wärmemix aus fossil betriebenen Heizwerken und Heizkraftwerken betrieben werden, nutzen zu müssen, wird Netzbetreibern vorgeschlagen, ihre spezifischen Fernwärmesysteme zertifizieren zu lassen.

Die Wärmeeinspeisung aus Heizkraftwerken bewirkt in den meisten Fällen eine Senkung des Primärenergiefaktors unter 1,3. Die vorliegende Zertifizierung ermöglicht damit dem Wärmeversorger die Darstellung der tatsächlichen energetischen Effizienz und der Kosteneinsparpotenziale bei einem Neubau oder einer Sanierung von Gebäuden nach GEG.

¹ AGFW FW_309-1_A_2023-01

² AGFW FW_309-7_A_2024-03

2.2 Ermittlung des Primärenergiefaktors

Der Primärenergiefaktor des Fernwärmenetzes wird nach AGFW FW 309 - 1 unter Berücksichtigung der spezifischen Primärenergiefaktoren der einzelnen Aufwandsenergien nach folgender Vorschrift ermittelt.

$$f_{P,FW} = \frac{\sum_{cr} E_{in,cr} \cdot f_{P,in,cr} - E_{el,exp,cm} \cdot f_{P,el,exp,cm}}{Q_{out}} \quad (1)$$

Bedeutung der verwendeten Formelzeichen:

- $f_{P,FW}$:** Primärenergiefaktor der Wärmeversorgung in MWh Primärenergie je MWh Heizenergie an der Gebäudehülle als Präzisierung zu den Pauschalvorgaben in **Tabelle 3**
- $E_{in,cr}$:** Energie des zugeführten Energieträgers cr
- $f_{P,in,cr}$:** Primärenergiefaktor des zugeführten Energieträgers cr unter Berücksichtigung der Vorkette nach **Tabelle 2**, **Tabelle 3** bzw. **Tabelle 4**
- $E_{el,exp,cm}$:** KWK-Strom, der vom System exportiert wird
- $f_{P,el,exp,cm}$:** Primärenergiefaktor des exportierten KWK-Stroms nach **Tabelle 4**
- Q_{out} :** Summe der gelieferten Wärme an der Übergabestelle (Wärmezähler der Kundenanlagen); siehe **Tabelle 1**.

Alle Primärenergiefaktoren in den Tabellen wurden heizwertbezogen ermittelt und gelten daher zur Bewertung von heizwertbezogen bestimmten Energiemengen.

Tabelle 2 Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbarer Anteil) für Brennstoffe

Kategorie	Energieträger	$f_{P,n.ern}$
Fossile Brennstoffe ^a	Heizöl	1,1
	Erdgas	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
Biogene Brennstoffe ^a	Biogas	1,1
	Biogas, gebäudenah erzeugt ^b	0,3
	Biomethan in KWK ^b	0,5
	Biomethan in Brennwertkesseln ^b	0,7
	Biogenes Flüssiggas in KWK ^b	0,5
	Biogenes Flüssiggas in Brennwertkesseln ^b	0,7
	Bioöl	1,1
	Bioöl, gebäudenah erzeugt ^b	0,3
	Holz	0,2
Stoffe, die thermisch behandelt oder entsorgt werden müssen (Abfall, Klärschlamm, Klärgas, Deponiegas, Grubengas u. A.)		0,0 ^{a,c}
a) Quelle: Gebäudeenergiegesetz		
b) Anwendungsgrenzen und -bedingungen in GEG, §22 beachten		
c) Quelle: DIN EN 15316-4-5:2017-09		

Tabelle 3 Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbarer Anteil) für Wärme

Kategorie	Energieträger	$f_{P,n.ern}$
Nah-/Fernwärme aus KWK mit Deckungsanteil der KWK an der Wärmeerzeugung von mindestens 70 %	Brennstoff: Stein-/Braunkohle	0,7 ^b
	Gasförmige und flüssige Brennstoffe	0,7 ^b
	Erneuerbarer Brennstoff	0,0 ^b
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	Brennstoff: Stein-/Braunkohle	1,3 ^b
	Gasförmige und flüssige Brennstoffe	1,3 ^b
	Erneuerbarer Brennstoff	0,4
Umweltwärme	Erdwärme, Geothermie, Solarthermie, Umgebungswärme	0,0 ^a
Abwärme	Prozess bedingter Anteil	0,0 ^{a,c}
	Prozess bedingter Anteil + Fernwärme bedingter Anteil	0,4 ^{c,d}
	aus Abfallverbrennung	0,1 ^c
a) Quelle: Gebäudeenergiegesetz		
b) Quelle: DIN V 18599-1:2018-09		
c) Quelle: DIN EN 15316-4-5:2017-09		
d) nicht anwendbar auf Wärme aus Wärmepumpen		

Tabelle 4 Primärenergiefaktoren (nicht erneuerbarer Anteil) für Strom

Kategorie	Energieträger		$f_{P,n.ern}$
Strom ^a	netzbezogen	allgemein	1,8
		bei Einsatz in einer Großwärmepumpe mit einer thermischen Leistung von mindestens 500 kW	1,2
	unmittelbar aus Photovoltaik, Wasser- oder Windkraft		0,0
	Verdrängungsstrommix		2,8
a) Quelle: Gebäudeenergiegesetz			

Angewandt auf das Fernwärmenetz Wennigsen ergibt Formel (1) mit

- Primärenergiefaktor Erdgas: 1,1
- Primärenergiefaktor Holz: 0,2
- Primärenergiefaktor Verdrängungsmix Strom: 2,8
- Primärenergiefaktor Bezugsmix Strom: 1,8

und mit den Werten nach **Tabelle 1** folgenden Primärenergiefaktor:

- **Primärenergiefaktor nach GEG, § 22 Absatz 2** **0,62**
(berechnet nach FW 309-1)

Der nach GEG anzuwendende Primärenergiefaktor beträgt damit 0,62.

3. Bestimmung der CO₂-Emissionen nach GEG

Die Emissionen werden auf der Basis von CO₂-Äquivalenten CO_{2,e} anhand des Brennstoff- und Hilfsenergieeinsatzes und des elektrischen Eigenbedarfs ermittelt. Nach Gebäudeenergiegesetz wird wie für den Primärenergiefaktor der Wärmeversorgung die Stromgutschriftmethode angewendet. Damit werden der Stromlieferung aus Kraft-Wärme-Kopplung die Emissionen gutgeschrieben, die durch die Verdrängung von Strom anderer deutscher Kraftwerke eingespart wurden.

Die nach GEG verwendeten spezifischen Emissionen sind in **Tabelle 5** zusammengefasst.

Tabelle 5 Spezifische Emissionen nach GEG

Energieart	Spezifische Emission kg CO ₂ -Äquivalent/MWh	Bezug
Erdgas	240	Brennstoffenergie
Holz	20	Brennstoffenergie
Elektroenergie (Bezugsmix)	560	Elektroenergie
Elektroenergie (Verdrängungsmix)	860	Elektroenergie

Aus den verwendeten Energien ergeben sich im Bilanzzeitraum die Gesamtenergieverbräuche und Gesamtemissionen (**Tabelle 6**).

Tabelle 6 Energieaufwand und CO_{2,e}-Emissionen der Wärmebereitstellung

Energieträger	Energie Aufwand/Abgabe	Emissionen
	MWh	kg CO ₂ -Äquivalent
Erdgas	3.464,1	831.374
Holzpellets	2.457,8	49.156
Strombezug	72,1	40.382
KWK-Nettostromlieferung	934,5	-803.662
Summe		117.249

Die spezifischen Emissionen für die Wärmebereitstellung ergeben sich aus den Gesamtemissionen bezogen auf den Wärmeabsatz. Sie betragen damit **40,2 kg CO₂-Äquivalent/MWh**.

4. Anteile der gelieferten Wärme

Die Anteile der gelieferten Wärme sind in **Tabelle 7** angegeben.

Tabelle 7 Anteile der gelieferten Wärme

	MWh	Anteil
Wärmenetzeinspeisung gesamt	4.043,9	100,0 %
aus Kraft-Wärme-Kopplung		
hiervon aus Erdgas	1.753,4	43,4 %
aus sonstigen Wärmeerzeugern		
hiervon aus Erdgas	167,1	4,1 %
hiervon aus Holzpellets	2.457,8	52,5 %
Summe Erneuerbare		52,5 %

5. Emissionen nach CO₂KostAufG

5.1 Einführung

Das Gesetz zur Aufteilung der Kohlendioxidkosten CO₂KostAufG regelt die Aufteilung dieser Kosten zwischen Vermietern und Mietern für die durch die Brennstoff- und Wärmeversorgung entstehenden Emissionen. Für den Fernwärmeversorger ergeben sich daraus entsprechende Informationspflichten. Diese umfassen für die nach CO₂KostAufG einzubeziehenden Brennstoffe

- den Energiegehalt der zur Wärmebereitstellung erforderlichen, mit Emissionen gekennzeichneten Brennstoffmenge,
- die Brennstoffemissionen,
- den heizwertbezogenen Emissionsfaktor der Fernwärme,
- den Preisbestandteil der CO₂-Kosten.

Für die Kundenabrechnung ist weiterhin die Ermittlung einer Brennstoffenergieaufwandszahl sinnvoll. Sie gibt den heizwertbezogenen Brennstoffenergieaufwand der Fernwärme wieder. Mit Hilfe von Brennstoffenergieaufwandszahl und heizwertbezogenem Emissionsfaktor der Fernwärme können für jeden einzelnen Wärmekunden auf der Basis der Fernwärmeliefermenge die emissionsbehaftete Brennstoffenergie und die damit verbundenen Emissionen bestimmt werden.

Vom AGFW wurde eine Umsetzungshilfe³ zum CO₂KostAufG erstellt, die hier verwendet wird (siehe auch nächste Seite).

Der CO₂-Emissionsfaktor des Versorgungssystems als heizwertbezogener Emissionsfaktor der Fernwärme wird nach folgender Formel berechnet:

$$f_{\text{CO}_2,\text{out}} = \frac{E_{\text{in},\text{Br},\text{cm}} \cdot \alpha_{\text{T}} \cdot f_{\text{CO}_2,\text{in},\text{Br}} + E_{\text{in},\text{Br},\text{ungekoppelt}} \cdot f_{\text{CO}_2,\text{in},\text{Br}}}{Q_{\text{out}}} \quad (1)$$

$f_{\text{CO}_2,\text{out}}$	CO ₂ -Emissionsfaktor des Versorgungssystems
$E_{\text{in},\text{Br},\text{cm}}$	heizwertbezogene Energie des KWK-Brennstoffs <i>Br</i>
α_{T}	Allokationsfaktor der KWK-Wärme (T=thermische Energie) nach Formel (2)
$f_{\text{CO}_2,\text{in},\text{Br}}$	CO ₂ -Emissionsfaktor des zugeführten Brennstoffs <i>Br</i> aus Anlage 2 EBeV 2030
$E_{\text{in},\text{Br},\text{ungekoppelt}}$	heizwertbezogene Energie des Brennstoffs <i>Br</i> der ungekoppelten Wärmeerzeugung
Q_{out}	Wärmeabgabe des Versorgungssystems

³ AGFW: Umsetzungshilfe: CO₂-Kostenaufteilungsgesetz (CO₂KostAufG). Version 2 - Juni 2023

Für die Aufteilung der Brennstoffenergie auf Strom und Wärme in KWK-Anlagen wurde im Gesetz die Finnische Methode festgelegt. Sie verwendet für die Allokation den Bezug der Produkte Strom (hier: KWK-Bruttostromerzeugung) und Wärme auf Referenznutzungsgrade (**Tabelle 8**):

$$\alpha_T = \frac{\frac{Q_{cm}}{\eta_{T,ref}}}{\frac{Q_{cm}}{\eta_{T,ref}} + \frac{E_{el,cm}}{\eta_{el,ref}}} \quad (2)$$

Q_{cm}	KWK-Wärme
$\eta_{T,ref}$	thermischer Referenznutzungsgrad
$E_{el,cm}$	KWK-Bruttostrom
$\eta_{el,ref}$	elektrischer Referenznutzungsgrad

Die Referenznutzungsgrade sind in der Zuteilungsverordnung ZuV 2020 aufgeführt.

Tabelle 8 Referenznutzungsgrade für die Brennstoffarten gemäß ZuV 2020

		Steinkohle, Koks und sonstige feste Brennstoffe	Braunkohle, Braunkohlebriketts	Gasöl, Heizöl, Flüssiggas und sonstige flüssige Brennstoffe	Erdgas und weitere gasförmige Brennstoffe
1	$\eta_{el,ref}$	44,2 %	41,8 %	44,2 %	52,5 %
2	$\eta_{T,ref}$	88 %	86 %	89 %	90 %

Standardwerte der Emissionsfaktoren für die wichtigsten Brennstoffe gibt die Emissionsberichterstattungsverordnung EBeV 2030 an (**Tabelle 9**).

Tabelle 9 Emissionsfaktoren nach EBeV 2030

Brennstoff Br		f_{CO_2} [kg/MWh]	f_{CO_2} [t/GJ]
Fossile Brennstoffe	Heizöl EL	0,2664	0,074
	Heizöl S	0,28692	0,0797
	Erdgas	0,20088	0,0558
	Flüssiggas	0,2358	0,0655

Für EU-ETS-Anlagen sind die Emissionen aus den Emissionsberichten zu verwenden.

Abweichend von anderen Normwerten (z. B. nach DIN) ist für das Verhältnis von Heizwert H_i zu Brennwert H_s bei leitungsgebundenem Erdgas ein Wert von 0,903 zu verwenden.

5.2 Ermittlung der Werte

Die für die Wärmeversorgung erforderliche Brennstoffenergie ergibt sich nach Ermittlung des Brennstoffanteils für die Wärmeerzeugung der KWK-Anlage nach Formel (2). Hinzu kommt die Brennstoffenergie für ungekoppelte Erzeugung, die vollständig der Wärme zuzuordnen ist. Durch Bezug auf den Wärmeverkauf ergibt sich die Brennstoffenergieaufwandszahl.

Aufwendungen an Elektroenergie liegen nicht im Geltungsbereich des CO₂KostAufG.

Aus den Brennstoffarten, den der Wärme zuzuordnenden Brennstoffenergien und den Emissionsfaktoren nach **Tabelle 9** resultieren die Emissionen (**Tabelle 10**).

Tabelle 10 Brennstoffeinsatz⁴ und Emissionen gemäß CO₂KostAufG für 2023

<i>Werte auf Heizwert H_i bezogen</i>		Brennstoff gesamt MWh	Brennstoff für Wärme MWh	Spezif. Emissionen kg CO ₂ /kWh	Emissionen kg CO ₂
BHKW	Erdgas	1.273,2	687,1	0,20088	138.020
Brennwertkessel	Erdgas	25,9	25,9	0,20088	5.210
Pelletkessel	Holzpellets	864,9	0,0	0	0
Summe		2.164,0	713,0		143.230

5.3 Ergebnisse

Durch Bezug der Emissionen bzw. des Brennstoffenergieaufwands für die Wärmelieferung auf den Wärmeverkauf ergeben sich der Emissionsfaktor der Fernwärme nach CO₂KostAufG und die entsprechende Brennstoffenergieaufwandszahl.

Die erzielten Ergebnisse sind in **Tabelle 11** dargestellt.

Tabelle 11 Ergebnisse der Berechnung nach CO₂KostAufG

Ergebnisse	Wert	Einheit
Fernwärmeabsatz	1.028.185	kWh
Brennstoffenergie für Wärme	713.012	kWh
Energieaufwandszahl	0,4870	kWh _{BS} /kWh _{FW}
Summe Emissionen der Wärme	143.230	kg CO ₂
Emissionsfaktor	0,0978	kg CO ₂ /kWh _{FW}

⁴ nur für nach CO₂KostAufG relevante Brennstoffe

6. Zusammenfassung

Auf der Grundlage des bereitgestellten Datenmaterials wurden im Wärmenetz Springe Wennigsen der Stadtwerke Springe GmbH die in **Tabelle 12** angegebenen Werte für die Bilanzierung nach GEG bzw. CO₂KostAufG erzielt.

Wie in Abschnitt 5.1 angeführt, können mit Hilfe der Brennstoffenergieaufwandszahl und des heizwertbezogenen Emissionsfaktors der Fernwärme auf der Basis der Liefermenge für jeden Wärmekunden die erforderliche emissionsbehaftete Brennstoffenergie und die damit verbundenen Emissionen bestimmt werden.

Tabelle 12 Ergebnisse der Bilanzierung

Kennzahl	Wert	Einheit
Kennzahlen nach GEG		
Primärenergiefaktor	0,62	-
Spezifische Emissionen	40,2	kg _{CO2e} /MWh _{FW}
Kennzahlen nach CO₂KostAufG für 2023		
Brennstoffenergieaufwandszahl	0,4870	kWh _{BS} /kWh _{FW}
Emissionsfaktor der Fernwärme	0,0978	kg CO ₂ /kWh _{FW}

Aufgrund der Verwendung von Betriebsdaten für 3 Jahre ist die Zertifizierung des Primärenergiefaktors und der Emissionen nach GEG 10 Jahre gültig. Sie läuft am 07. Mai 2034 ab.

Es wird empfohlen, die Zertifikate vom Bearbeiter auf der Internetseite des AGFW veröffentlichen zu lassen.

Dr.-Ing. T. Sander

Bearbeiter

f_p-Gutachter-Nr.: FW 609-010