

# **Kurzbericht**

**Zertifizierung des Primärenergiefaktors nach FW 309 Teil 1 für das  
Fernwärmenetz in der Stadt Flensburg  
sowie den umliegenden Gemeinden  
der Stadtwerke Flensburg GmbH**

Bearbeiterin: Kristina Marschall, geprüfte Gutachterin AGFW ( $f_P$ -Gutachter-Nr. FW-609-217)

Flensburg, 22.02.2017

# Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund.....	3
2	Anlagenbeschreibung .....	4
3	Datengrundlage .....	6
4	Anteil der Wärme aus KWK und erneuerbaren Energien.....	7
5	Berechnung des Primärenergiefaktors.....	8

## 1 Hintergrund

Mit der Einführung der Energieeinsparverordnung (EnEV) am 1. Februar 2002 wird neben einem vom Gebäudetyp abhängigen Transmissionswärmeverlust auch die maximal zulässige Jahresmenge des gebäudespezifischen Primärenergiebedarfs begrenzt. Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit innerhalb bestimmter Grenzen die Ausgaben für Wärmedämmung und Heizanlagentechnik wechselseitig zu optimieren. Die Ermittlung des Jahres-Primärenergiebedarfs berücksichtigt auch die Aufwendungen, die bei der Gewinnung und beim Transport der Primärenergie bis zum Gebäude anfallen, indem diese vorgelagerten Verluste in die Primärenergiefaktoren der Energieträger eingerechnet werden.

Die Primärenergiefaktoren fossiler und regenerativer Brennstoffe sind im Wesentlichen konstant. Durch die Vielfalt an Möglichkeiten der Wärmeerzeugung (Brennstoffmix, KWK-Anteil, Anlagenstruktur) weist die Fernwärme eine große Bandbreite auf. Die Erzeugung der Fernwärme findet üblicherweise außerhalb des Gebäudes statt.

Die vorliegende Zertifizierung bezieht sich auf die FW 309-1 („Energetische Bewertung von Fernwärme“ FW 309 – Teil 1“), die im Mai 2014 veröffentlicht worden ist. Zum Teil 1 der FW 309 gehört eine Geschäftsordnung, welche Form und Inhalt, die Gültigkeitsdauer, die Ausstellungsberechtigung, das Verfahren zur Veröffentlichung und die inhaltliche Überprüfung der Bescheinigungen regelt.

Der Pauschalwert für den Wärmemix in Fernwärmenetzen aus Heizwerken ist grundsätzlich  $f_{P,FW} = 1,3$ . Bei einem KWK-Anteil von 70 % beträgt dieser Wert 0,7 für fossile Energieträger und 0,0 für erneuerbare Energieträger (gemäß Tabelle 1, Anhang A, FW 309-1). Durch eine spezifische Zertifizierung des Fernwärmesystems kann dieser Primärenergiefaktor (vor allem auf Basis fossiler Energieträger) reduziert werden. Die vorliegende Zertifizierung ermöglicht damit dem Netzbetreiber die Darstellung der tatsächlichen energetischen Effizienz und der Kosteneinsparpotenziale einer Gebäudesanierung nach EnEV.

## 2 Anlagenbeschreibung

Die Stadtwerke Flensburg GmbH sind im Jahr 1854 zur Versorgung der Stadt Flensburg mit Stadtgas gegründet worden. In 1881 ist die Wasserversorgung und in 1894 die Elektrizitätsversorgung hinzugekommen. Ab dem Jahr 1969 ist die Erzeugung und Verteilung von Fernwärme aufgenommen worden. Die Fernwärmeversorgung konnte im Laufe der Jahrzehnte ausgebaut werden, so dass heute rund 98 % der Einwohner mit Fernwärme versorgt werden. Neben der Stadt Flensburg sind auch mehrere Nachbargemeinden an das Fernwärmenetz der Stadtwerke Flensburg angeschlossen (z.B. Harrislee, Glückburg oder Padburg in Dänemark). Insgesamt werden rund 100.000 Menschen mit Fernwärme versorgt. Das Fernwärmenetz hat eine Länge von rund 650 km. Die jährliche Fernwärmeabgabe liegt in Abhängigkeit von den Wetterbedingungen zwischen 900 GWh und 1.100 GWh. Die Fernwärmeleistung variiert zwischen 30 MW im Sommer und 420 MW im Winter. Die Rücklauftemperatur liegt bei ca. 60°C, die Vorlauftemperatur im Sommer bei ca. 80°C und im Winter bei bis zu 130°C.

Die Wärmeversorgung wird im Wesentlichen über ein zentrales Heizkraftwerk an der Flensburger Förde sichergestellt. Abbildung 1 zeigt das Heizkraftwerk Flensburg in der Draufsicht.

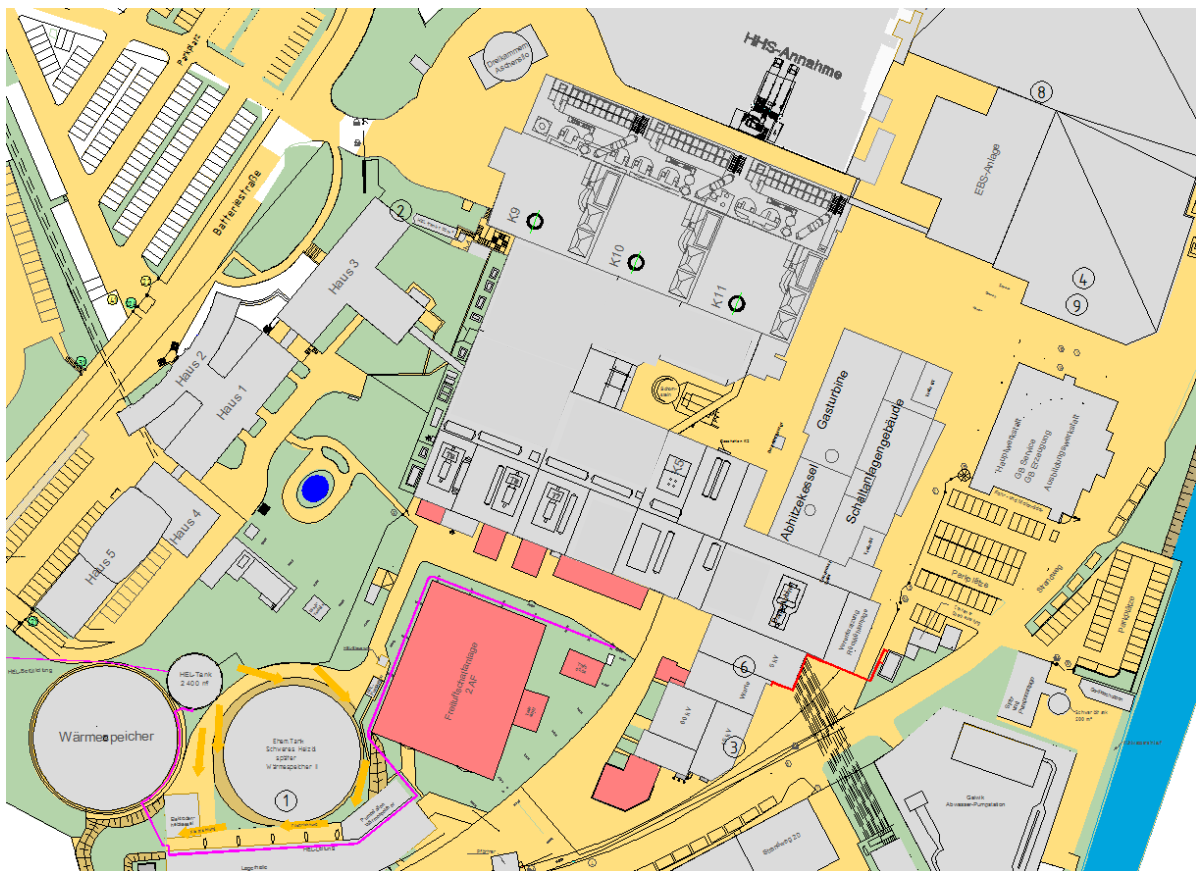
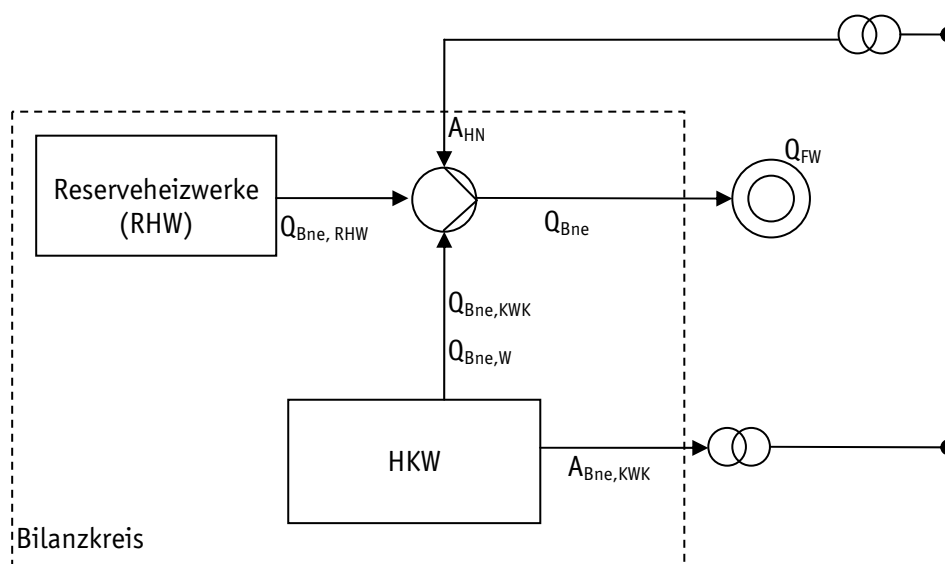


Abbildung 1: Draufsicht Heizkraftwerk Flensburg

An diesem Standort sind vier Kesselanlagen und drei Dampfturbinen installiert. Die Dampfturbinen T9, T8 und T7 weisen jeweils eine Fernwärmeleistung von ca. 65-70 MW auf. Bei den Kesselanlagen handelt es sich um drei zirkulierende Wirbelschichtkessel (K9, K10, K11), die mit Steinkohle, Ersatzbrennstoffen (EBS), Altholz und naturbelassenen Holzhackschnitzeln (HHS) gefeuert werden, sowie einem Spitzenlastkessel (K5), der entweder mit Erdgas oder Heizöl EL befeuert werden kann.

Seit 2016 ist als Ersatz für zwei ältere Kohlekessel eine moderne Gas- und Dampfturbinenanlage (GuD) mit Abhitzeessel (AHK) in Betrieb. Zusätzlich verfügt das HKW über einen Wärmespeicher, mit dem Bedarfsspitzen gedeckt werden können. Über das Stadtgebiet verteilt befinden sich des Weiteren vier Reserveheizwerke, die im Falle eines größeren Anlagenausfalls im zentralen HKW die Wärmeversorgung aufrecht erhalten können.

Abbildung 2 stellt das Anlagenkonzept grafisch dar. Die im Heizkraftwerk erzeugte Wärme wird zwar überwiegend (ca. 98,7 %) in Kraft-Wärme-Kopplung produziert ( $Q_{Bne,KWK}$ ), doch wird auch jedes Jahr eine gewisse Wärmemenge ungekoppelt produziert ( $Q_{Bne,W}$ ).



**Abbildung 2: Energiebilanzraum zur Bestimmung des Primärenergiefaktors**

### 3 Datengrundlage

Als Datenbasis werden die geplanten Brennstoffeinsatzmengen sowie die Strom- und Wärmeproduktionsmengen für die Jahre 2017, 2018 und 2019 verwendet (vgl. Tabelle 1).

Bilanzzeitraum			2017	2018	2019
<b>Brennstoffeinsatz (in Masse)</b>					
Steinkohle		t	188.968	188.968	188.968
Ersatzbrennstoffe (EBS)		t	15.615	15.615	15.615
<i>biogener Anteil im EBS</i>		%	60,57%	60,57%	60,57%
Altholz hackschnitzel		t	5.000	5.000	5.000
<i>biogener Anteil im Altholz</i>		%	97,10%	97,10%	97,10%
Holz hackschnitzel (HHS)		t	9.920	9.920	9.920
Schweröl		t	510	195	0
Heizöl EL		t	85	384	569
Erdgas		MWh Hs	561.537	561.537	561.537
<b>Brennstoffeinsatz (in Energie)</b>					
Steinkohle		MWh	1.303.877	1.303.877	1.303.877
Ersatzbrennstoffe (EBS)		MWh	58.399	58.399	58.399
Altholz hackschnitzel		MWh	16.500	16.500	16.500
Holz hackschnitzel (HHS)		MWh	28.469	28.469	28.469
Schweröl		MWh	5.712	2.184	0
Heizöl EL		MWh	1.003	4.531	6.715
Erdgas		MWh Hi	507.719	507.719	507.719
<b>Gesamt</b>		<b>MWh</b>	<b>1.921.679</b>	<b>1.921.679</b>	<b>1.921.679</b>
<b>FW-Netzeinspeisung</b>	$Q_{Bne}$	<b>MWh</b>	<b>1.178.400</b>	<b>1.178.400</b>	<b>1.178.400</b>
<i>davon KWK-Wärme</i>	$Q_{Bne,KWK}$	<i>MWh</i>	<i>1.163.184</i>	<i>1.163.184</i>	<i>1.163.184</i>
<i>davon Kesselanlagen</i>	$Q_{Bne,W}$	<i>MWh</i>	<i>15.216</i>	<i>15.216</i>	<i>15.216</i>
In KWK erzeugte Fernwärme		MWh	1.163.184	1.163.184	1.163.184
In KWK erzeugte Fernwärme		%	98,71%	98,71%	98,71%
Fernwärme aus erneuerbaren Energien		%	4,16%	4,16%	4,16%
Abgegebene Fernwärme Kunde		MWh	982.000	982.000	982.000
Brutto-Stromerzeugung in KWK		MWh	622.587	622.587	622.587
Betriebseigenverbrauch Block		MWh	61.409	61.409	61.409
<b>Netto-Stromerzeugung in KWK</b>	$A_{Bne,KWK}$	<b>MWh</b>	<b>561.178</b>	<b>561.178</b>	<b>561.178</b>
Anteil Stromerzeugung in KWK		%	100,0%	100,0%	100,0%

Tabelle 1: Datenbasis für die Berechnung des Primärenergiefaktors

## **4 Anteil der Wärme aus KWK und erneuerbaren Energien**

Der Anteil der in KWK erzeugten Wärme soll in den Jahren 2017 bis 2019 im Durchschnitt bei 98,7 % liegen (vgl. Tabelle 1).

Die Wärme aus erneuerbaren Energien bestimmt sich aus dem Brennstoffeinsatz an naturbelassenen Holzhackschnitzeln, Altholz und Ersatzbrennstoffen. Während Holzhackschnitzel als vollständig erneuerbar eingestuft werden, wird für Ersatzbrennstoffe und Altholz auf Basis von Laboranalysen ein biogener Anteil festgestellt, der auch im Rahmen des CO<sub>2</sub>-Berichtswesens als erneuerbar angesehen wird. Dieser biogene Anteil hat in den Jahren 2014 bis 2016 für EBS in einem Bereich von durchschnittlich 51,6 - 69,5 % gelegen. Für die Jahre 2017, 2018 und 2019 wird als Planungsgrundlage ein gemittelter Wert von 60,57 % unterstellt.

Das im HKW eingesetzte Altholz darf den Altholzkategorien A I, A II und A III entstammen. Hierunter fallen ausschließlich mechanisch behandelte Hölzer wie beispielweise naturbelassenes Sägewerksrestholz, aber auch gestrichene, lackierte oder anderweitig behandelte oder beschichtete Hölzer. Der biogene Anteil am Altholz ist aus diesem Grund sehr hoch und wird für die Berechnungen mit 97,1% angesetzt. Aus diesen Angaben für EBS, Altholz und Holzhackschnitzel ergibt sich für die Jahre 2017 bis 2019 ein durchschnittlicher Anteil von 4,16 % für Fernwärme aus erneuerbaren Energieträgern.

## 5 Berechnung des Primärenergiefaktors

Der Primärenergiefaktor für das Fernwärmenetz wird nach FW 309 – 1 nach der folgenden Formel bestimmt.

$$f_{P,FW} = \frac{\sum_i W_{Br,i} \cdot f_{P,Br,i} + (A_{HN} - A_{Bne,KWK}) \cdot f_{P,verdr}}{\sum_j Q_{FW,j}}$$

mit

$f_{P,FW}$	Primärenergiefaktor der Fernwärmeversorgung in kWh Primärenergie je kWh Heizenergie an der Übergabestation zum Kunden
$W_{Br,i}$	Brennstoffwärme des Energieträgers i in MWh
$f_{P,Br,i}$	Primärenergiefaktor des Brennstoffes i unter Berücksichtigung der Vorkette nach Tabelle 2
$A_{HN}$	Stromarbeit zum Betrieb des Fernwärmenetzes (Umwälzung und Druckhaltung)
$A_{Bne,KWK}$	KWK-Nettostromproduktion nach FW 308 in MWh
$f_{P,verdr}$	Primärenergiefaktor des verdrängten elektrischen Stroms nach Tabelle 2
$Q_{FW,j}$	Auf der Primärseite der Hausstation des versorgten Gebäudes j gemessener Wärmeenergieverbrauch in MWh

Die in Tabelle 2 dargestellten Primärenergiefaktoren für Brennstoffe und weitere Produkte weisen einen gesamten Primärenergiefaktor und einen nicht erneuerbaren Anteil auf. Hierbei wird jeweils der notwendige Anteil für Hilfsenergien berücksichtigt (für z. B. Abbau, Transport, Aufbereitung), so dass auch die regenerativen Energieträger einen Primärenergiefaktor von mehr als 0,0 aufweisen. Für die Berechnungen ist der nicht erneuerbare Anteil der brennstoffspezifischen Primärenergiefaktoren zu verwenden.

Einen Unterschied gibt es bei der Verwendung des Primärenergiefaktors für Strom. Durch den steigenden Anteil an erneuerbaren Energien und den verbesserten Gesamtwirkungsgrad des deutschen Kraftwerksparks ergibt sich derzeit ein Primärenergiefaktor von 2,4 für den bezogenen Strommix. Der Primärenergiefaktor des Stromes wird unterschieden nach dem Strommix für bezogenen Strom und dem Strommix für verdrängten Strom. Die Unterscheidung ist notwendig, weil bestimmte Erzeugungsanlagen (wie z. B. Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien) gesetzlich privilegiert sind und immer ins Netz der öffentlichen Versorgung einspeisen dürfen. Der Strom solcher Anlagen kann demnach stets aus dem Netz bezogen werden, jedoch nicht durch die Einspeisung von KWK-Strom aus dem Netz verdrängt werden. Der Primärenergiefaktor des Verdrängungsmixes ist somit 2,8 und der Primärenergiefaktor des Bezugsmixes beträgt 2,4. Wenn es sich (wie in diesem Fall) um eine KWK-Anlage handelt, die Strom in das Netz ein-



speist, ist der Verdrängungsmixfaktor von 2,8 dann einheitlich sowohl für die Stromerzeugung ( $A_{\text{Bne,KWK}}$ ) wie auch für den Strombezug für den Betrieb des Fernwärmenetzes ( $A_{\text{HN}}$ ) zu verwenden.

Energieträger <sup>a</sup>		Primärenergiefaktoren $f_P$	
		insgesamt	nicht erneuerbarer Anteil
		A	B
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1	1,1
	Erdgas H	1,1	1,1
	Flüssiggas	1,1	1,1
	Steinkohle	1,1	1,1
	Braunkohle	1,2	1,2
Nah-/Fernwärme aus KWK <sup>b</sup>	fossiler Brennstoff	0,7	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,7	0,0
Nah-/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	1,3	0,1
Strom	allgemeiner Strommix	2,8	2,4
	Verdrängungsstrommix	2,8	2,8
Biogene Brennstoffe	Biogas, Bioöl	1,5	0,5
	Holz	1,2	0,2
Umweltenergie	Solarenergie, Geothermie, Umgebungswärme, Umgebungskälte	1,0	0,0

a Bezugsgröße Endenergie: Heizwert  $H_i$

b Angaben sind typisch für durchschnittliche Nah-/Fernwärme mit einem Anteil der KWK von 70 %

**Tabelle 2: Primärenergiefaktoren für Deutschland nach EnEV 2014, Quelle: FW 309 Teil 1**

In Tabelle 2 wird ebenfalls ein Primärenergiefaktor für Nah-/Fernwärme aus KWK angegeben. Dieser beträgt für fossile Brennstoffe 0,7 und für erneuerbare Brennstoffe 0,0 mit einem Anteil von 70 % Wärmeerzeugung in KWK. Hierbei handelt es sich um Pauschalwerte, die auch ohne Berechnung nach FW 309-1 verwendet werden können.

Aus Tabelle 2 werden für die nachfolgenden Berechnungen die folgenden Faktoren verwendet:

- Primärenergiefaktor Brennstoff Heizöl EL: 1,1
- Primärenergiefaktor Brennstoff Erdgas H: 1,1
- Primärenergiefaktor Brennstoff Steinkohle: 1,1
- Primärenergiefaktor Brennstoff Holz: 0,2
- Primärenergiefaktor für verdrängten Strom: 2,8

Für Heizöl S wird analog zu Heizöl EL ein Primärenergiefaktor von 1,1 verwendet.

Gemäß einer Auslegung zur FW 309-1 durch den AGFW vom 26.09.2011 beträgt der Primärenergiefaktor für EBS 0,2. Dies wird dadurch begründet, dass die ursprünglichen Abfälle in mechanisch-physikalischen Abfallbehandlungsanlagen in einem mehrstufigen Aufbereitungsprozess zu einem mittel- oder hochkalorischen Brennstoff aufbereitet werden. Der dabei zugesetzte Energieaufwand ist dem Ersatzbrennstoff zuzuordnen. Für Altholz wird ebenfalls ein Primärenergiefaktor von 0,2 unterstellt und für die Berechnungen verwendet.

Bilanzzeitraum			2017	2018	2019
<b>Brennstoffeinsatz (in Energie)</b>					
Steinkohle		MWh	1.303.877	1.303.877	1.303.877
Ersatzbrennstoffe (EBS)		MWh	58.399	58.399	58.399
Altholzhackschnitzel		MWh	16.500	16.500	16.500
Holz hackschnitzel (HHS)		MWh	28.469	28.469	28.469
Schweröl		MWh	5.712	2.184	0
Heizöl EL		MWh	1.003	4.531	6.715
Erdgas		MWh	507.719	507.719	507.719
<b>Gesamt</b>		<b>MWh</b>	<b>1.921.679</b>	<b>1.921.679</b>	<b>1.921.679</b>
<b>Brennstoffeinsatz (in Primärenergie)</b>					
Steinkohle		MWh	1.434.265	1.434.265	1.434.265
Ersatzbrennstoffe (EBS)		MWh	11.680	11.680	11.680
Altholzhackschnitzel		MWh	3.300	3.300	3.300
Holz hackschnitzel (HHS)		MWh	5.694	5.694	5.694
Schweröl		MWh	6.283	2.402	0
Heizöl EL		MWh	1.103	4.984	7.387
Erdgas		MWh	558.491	558.491	558.491
<b>Gesamt</b>		<b>MWh</b>	<b>2.020.816</b>	<b>2.020.816</b>	<b>2.020.817</b>
Anteil Stromerzeugung in KWK		%	100,0%	100,0%	100,0%
FW-Netzeinspeisung	$Q_{Bne}$	MWh	1.178.400	1.178.400	1.178.400
Stromarbeit Heiznetzbetrieb	$A_{HN}$	MWh	15.843	15.843	15.843
Netto-Stromerzeugung in KWK	$A_{Bne,KWK}$	MWh	561.178	561.178	561.178
Abgegebene Fernwärme Kunde	$Q_{FW}$	MWh	982.000	982.000	982.000
<b>Primärenergiefaktor gem. FW 309-1</b>	$f_{p,FW}$		<b>0,50</b>	<b>0,50</b>	<b>0,50</b>

**Tabelle 3: Berechnung Primärenergiefaktor**

Tabelle 3 stellt die Eingangsparameter und Zwischenberechnungsergebnisse der Primärenergiefaktorberechnung dar. Aus den Berechnungen ergibt sich ein durchschnittlicher Primärenergiefaktor von 0,50.