

Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 6

**Energetische Bewertung von Fernwärme
- Bestimmung spezifischer CO₂-Emissionsfaktoren -**

Energy Performance of District Heating - Determination of
specific CO₂ Emission factors

Dezember 2014

Verkaufspreis der Druckfassung:

EUR 25,00 zzgl. MwSt. - für AGFW-Mitglieder

EUR 50,00 zzgl. MwSt. - für Nichtmitglieder

© AGFW, Frankfurt am Main

Herausgeber:

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6304-293

Telefax +49 69 6304-455

E-Mail info@agfw.de

Internet www.agfw.de

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des AGFW gestattet.

Vertrieb:

AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6304-416

Telefax +49 69 6304-391

E-Mail info@agfw.de

Internet www.agfw.de

Vorbemerkungen

Die Aufstellung von Energie- und CO₂-Bilanzen – im Strombereich bereits im Energiewirtschaftsgesetz verankert – hat insbesondere für die effiziente Brennstoffnutzung in Kraft-Wärme-Kopplung Bedeutung. Sie sind ein hilfreiches Mittel, um den Brennstoffverbrauch und die CO₂-Emissionen verschiedener Wärmeversorgungskonzepte zu dokumentieren und vergleichbar zu machen.

Die CO₂-Bilanz für ein Wärmeversorgungssystem basiert im Wesentlichen auf der Energiebilanz bei gleichen Bilanzgrenzen. In der Fernwärmeversorgung bildet die CO₂-Bilanz den Gesamtbetrag von Kohlendioxid-Emissionen ab, der durch die Wärmeproduktion einzelner Erzeugungsanlagen in einem thermisch verbundenen Fernwärmenetz entsteht.

Gegenüber dem 1. Entwurf vom Dezember 2012 wurde die Methode in Abschnitt 6.4 von der „Dresdner Methode“ auf die „Carnot-Methode“ umgestellt. Dadurch wird die Rücklauftemperatur in die Berechnung einbezogen und es entfällt die Festlegung des Prozessfaktors.

Inhalt

Seite

1	Geltungsbereich	6
2	Gesetzliche Vorgaben und Technische Regeln	6
3	Allgemeines	7
4	Bilanzgrenzen, Bilanzkreise und Bilanzen	9
4.1	Bilanzgrenzen	9
4.2	Bilanzkreise.....	9
4.3	Bilanzen	9
4.4	Einheitliche Datenbasis.....	9
5	CO₂-Emissionen der Brenn- und Hilfsstoffe	10
5.1	CO ₂ -Emissionen der in einer Anlage eingesetzten Brennstoffe.....	10
5.1.1	Brennstoffbezogener CO ₂ -Emissionsfaktor.....	11
5.1.2	Wärmebezogener CO ₂ -Emissionsfaktor	11
5.2	CO ₂ -Emissionen der Hilfsenergie Strom	12
5.3	CO ₂ -Emissionen der Wärmenetzeinspeisung	13
5.4	CO ₂ -Emissionen an der Bilanzgrenze Wärmezähler Kunde	13
6	Prozesse mit gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung	14
6.1	Ermittlung der bereinigten Brennstoffwärme und CO ₂ -Emissionen bei gekoppelter Strom und Wärmeerzeugung	14
6.2	Brennstoffaufteilung und Aufteilung der CO ₂ -Emissionen auf Strom und Wärme – methodische Grundlagen	14
6.3	Dampfturbinen-Anlagen mit Stromverlust – Ermittlung des Stromverlustes und Brennstoffbedarfes für die Produkte Nettostromerzeugung und KWK- Nettowärmeerzeugung.....	15
6.4	Anlagen ohne Stromverlust und Dampfturbinenanlagen, die einen Stromverlust aus Anlagedaten nicht ermitteln können	16
6.4.1	Bestimmung des Carnot-Wirkungsgrades für die ausgekoppelte Wärme	17
6.4.1.1	Heizwassernetze.....	17
6.4.1.2	Heizwassernetze mit gleitender Vorlauftemperatur	18
6.4.1.3	Dampfwärmenetze	18
6.4.2	Referenz-Stromverlust für die KWK-Nettowärmeerzeugung	18
7	Prozesse ohne gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung	19
7.1	Heizwerke	19
7.2	Wärmepumpenheizwerke	19
7.2.1	Elektrisch betriebene Wärmepumpenheizwerke.....	19
7.2.2	Mit fossilen oder erneuerbaren Brennstoffen betriebene Wärmepumpenheizwerke	19
7.3	Geothermie Heizwerke.....	19
7.4	Wärmespeicher	20

8	Wärmenetzeinspeisungen aus anderen Netzen und Fremdeinspeisungen	20
8.1	Fremdeinspeisungen ohne Brennstoffaufwand.....	20
8.2	CO ₂ -Emissionen für Wärmenetzeinspeisungen aus fremden KWK-Anlagen, bei denen der CO ₂ -Emissionsfaktor für die Fremdeinspeisung nicht bekannt ist	20
8.3	CO ₂ -Emissionen für Wärmenetzeinspeisungen aus fremden Heizwerken, bei denen der CO ₂ -Emissionsfaktor für die Fremdeinspeisung nicht bekannt ist	21
9	Literatur.....	22
Anhang 1	Brennstoffe und ihre CO₂-Emissionsfaktoren (normativ).....	23
Anhang 2	Beispiele (<i>informativ</i>)	25

1 Geltungsbereich

Das Arbeitsblatt legt Grundlagen zur Einführung, Verwirklichung, Aufrechterhaltung, Vereinheitlichung und Verbesserung eines CO₂-Bilanzierungssystems für Fernwärmeversorgungen fest. Es ermöglicht die Aufstellung eigener CO₂-Bilanzen, beispielsweise in der Gebäudewirtschaft für die versorgten Gebäude oder bei der Prozesswärmelieferung für die entsprechenden Produktionsprozesse.

Neben der Eigenerzeugung von Wärme gibt es in der Fernwärmeversorgung vielfältige Liefer- und Bezugsbeziehungen zwischen Fernwärmeversorgern und Wärmelieferanten. Das Arbeitsblatt definiert hierfür die erforderlichen Informationen an der Wärmeübergabestelle zum Kunden, um vollständige und konsistente Energie- und CO₂-Bilanzen auch auf der Kundenseite aufstellen zu können.

Das Arbeitsblatt betrachtet die direkten CO₂-Emissionen aus Brennstoffen und Hilfsenergien.

Informativ: Im vorliegenden Arbeitsblatt erfolgt die Aufteilung von Brennstoffen und CO₂-Emissionen für Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen auf der Basis des Stromverlustes, der durch die Wärmeauskopplung verursacht wurde. Sofern die Anlage über keinen Kondensationsteil verfügt oder dieser nicht ermittelbar ist, findet ein äquivalenter Stromverlustreferenzwert der ausgekoppelten Wärme nach der „Exergie-Methode“ für die Brennstoffaufteilung Anwendung (VDI 4608-2).

Informative Anmerkungen als Hinweise und Empfehlungen sind entsprechend ausgewiesen und zur optischen Unterscheidung kursiv dargestellt. Informative Anmerkungen sind nicht verbindlicher Teil des Arbeitsblattes.

2 Gesetzliche Vorgaben und Technische Regeln

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Arbeitsblattes erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EnWG

Energiewirtschaftsgesetz

DEHST-Leitfaden zur Erstellung von Überwachungsplänen für stationäre Anlagen in der 3.Handelsperiode (2013-2020)

VERORDNUNG (EU) Nr. 601/2012 DER KOMMISSION vom 21. Juni 2012 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rate

DIN 51603-1

Flüssige Brennstoffe - Heizöle - Teil 1: Heizöl EL, Mindestanforderungen

DIN 51603-3

Flüssige Brennstoffe - Heizöle - Teil 3: Heizöl S, Mindestanforderungen

AGFW FW 308

Zertifizierung von KWK-Anlagen - Ermittlung des KWK-Stromes

AGFW FW 309 Teil 1

Energetische Bewertung von Fernwärme - Bestimmung der spezifischen Primärenergiefaktoren für Fernwärmeversorgungssysteme

3 Allgemeines

In ein Fernwärmenetz der Allgemeinen Versorgung können unterschiedliche Erzeugungsanlagen einspeisen. Diese lassen sich in die Gruppen Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Heizwerke, sonstige Wärmeerzeuger, Fremdeinspeiser und Wärmespeicher unterscheiden (siehe Abbildung 1).

Der größte Anteil der Wärmenetzeinspeisung in Deutschland wird über Heizkraftwerke bereit gestellt, die im Kraft-Wärme-Kopplungsprozess Strom und Wärme gleichzeitig erzeugen.

Die Wärmenutzung aus Müllverbrennungsanlagen, Müll-Heizkraftwerken oder aus industriellen Abwärmequellen deckt einen weiteren Teil der Wärmenetzeinspeisung ab.

Zur Spitzenlastabdeckung oder Absicherung der Wärmeversorgung werden u. a. konventionelle Heizwerke eingesetzt. Sie sind oft nur wenige Stunden im Jahr in Betrieb, übernehmen aber eine wichtige Rolle bei der kostengünstigen, effizienten und sicheren Wärmebereitstellung.

Sonstige Wärmeerzeuger, wie z. B. Stromheizer, Solarthermie-, Geothermieheizwerke und Wärmepumpenheizwerke tragen derzeit nur einen geringen Anteil zur Wärmeversorgung in Deutschland bei.

Wärmespeicher können insbesondere die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung im Kraft-Wärme-Kopplungs-Prozess zeitweise vom Wärmebedarf entkoppeln und damit einen gegebenenfalls notwendigen Einsatz von Heizwerken vermeiden.

In eine Fernwärmeversorgung können auch Anlagen einspeisen, die nicht im Eigentum des Fernwärmeversorgers stehen – Fremdeinspeiser. Wärme kann auch von einem anderen Wärmenetz bezogen werden. In diesem Fall erfolgt der Wärmebezug aus einem Mix von verschiedenen Anlagen.

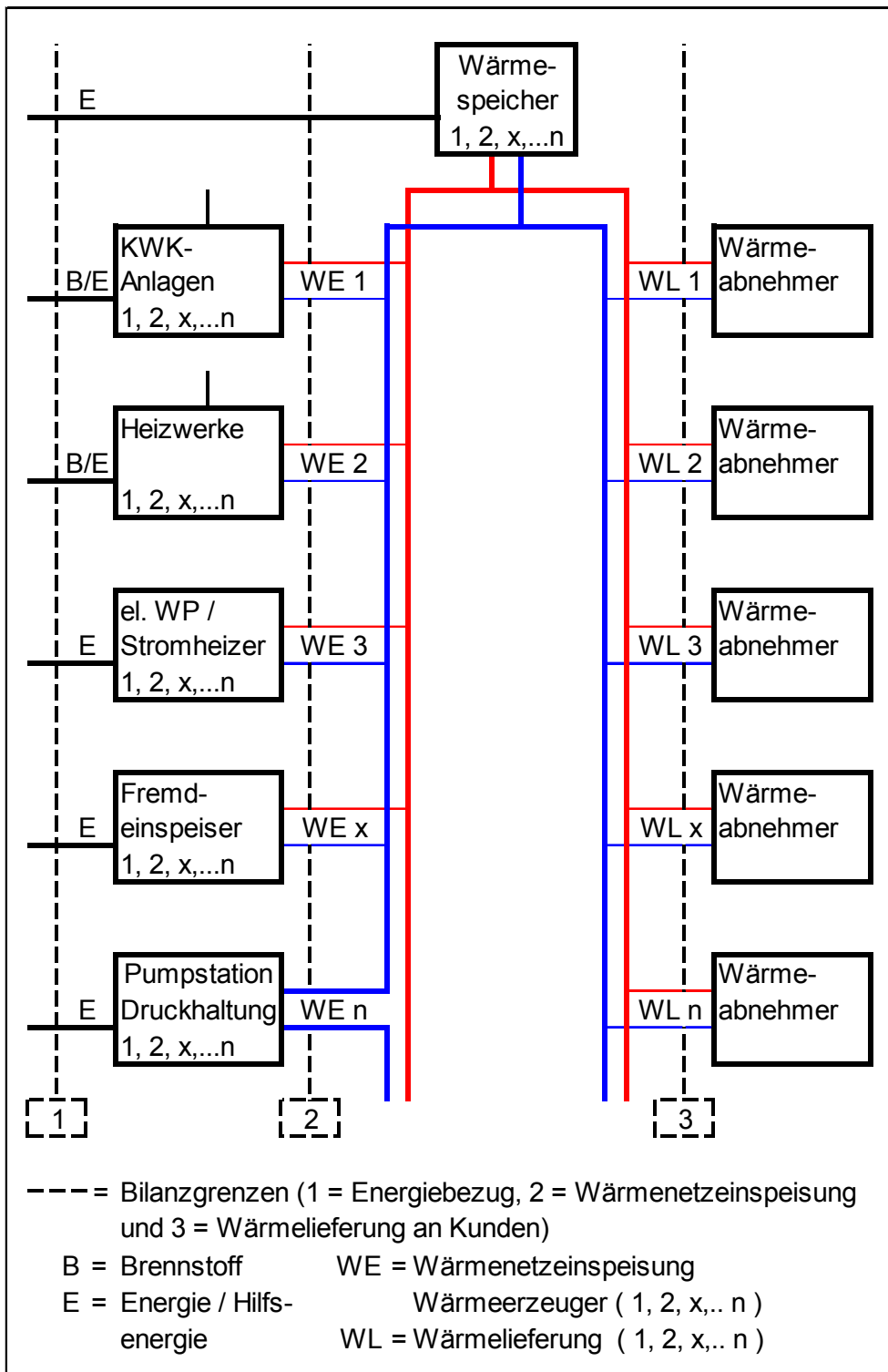


Abbildung 1: Mögliche Wärmeeinspeiser in ein Fernwärmenetz

4 Bilanzgrenzen, Bilanzkreise und Bilanzen

4.1 Bilanzgrenzen

Bilanzgrenzen sind in der Regel durch Messstellen definiert. Gemessen werden die Energieströme (Strom, Wärme und Brennstoff).

4.2 Bilanzkreise

Thermisch über ein Wärmenetz verbundene Anlagen werden gemeinsam bilanziert. Sie bilden einen Bilanzkreis. Thermisch nicht verbundene Anlagen können nicht gemeinsam bilanziert werden. Ist die gemeinsame Bilanzierung von verbundenen Anlagen nicht möglich oder nicht sinnvoll, kann das Versorgungssystem in mehrere Teilbilanzkreise aufgeteilt werden.

4.3 Bilanzen

Energie- und CO₂-Bilanzen werden für einen Bilanzkreis oder Teilbilanzkreis aufgestellt. Für die CO₂-Bilanzierung eines Wärmenetzes sind die Bilanzgrenzen so festzulegen, dass jede Wärmeerzeugungsanlage, jede Wärmeeinspeisung aus anderen Bilanzkreisen, fremden Anlagen oder fremden Wärmenetzen, die in ein thermisch verbundenes Wärmenetz beziehungsweise einen Teilbilanzkreis einspeist, erfasst wird. Der Bilanzkreis endet an der Übergabestelle zum Gebäude oder zu einem anderen Wärmenetz bzw. anderen Teilbilanzkreis.

4.4 Einheitliche Datenbasis

Der Nachweis von Energie- und CO₂-Bilanzen für bestehende Wärmeversorgungssysteme erfolgt auf der Grundlage der gleichen Brennstoff- und Energiebilanzen, auf denen auch die jeweilige buchhalterische Jahresabschlussbilanz beruht.

CO₂-Bilanzen werden auf der Basis von Brennstoffeinsätzen und spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren ermittelt.

Unterliegt die Anlage den gesetzlichen Regelungen des Emissionshandels, dann sind die gleichen Angaben zu verwenden, die auch im Rahmen der Emissionsberichterstattung verwendet werden oder wurden. Sind entsprechende Informationen nicht bekannt, dann sind die im Anhang 1 aufgeführten standardisierten Emissionsfaktoren zu verwenden.

Liegen für Fremdeinspeisungen keine hinreichenden Informationen vor, können Emissionsfaktoren anhand von Standardreferenzwerten ermittelt werden. Die Datenbasis der verwendeten Brennstoffwärme und CO₂-Faktoren ist zu dokumentieren.

Aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren auf Fernwärmesysteme kann der CO₂-Faktor im Zeitverlauf schwanken. Solche Schwankungen können begrenzt werden, wenn der Berechnung eine breitere Eingangsdatenbasis zugrunde gelegt wird. CO₂-Emissionsfaktoren sollen in der Regel mit den Bilanzdaten der letzten drei Jahre berechnet werden.

In begründeten Fällen kann die Bilanzierung mit den Bilanzdaten eines Jahres durchgeführt werden. Wird ein bestehendes und bilanziertes Wärmeversorgungssystem modernisiert oder erweitert, so können Planwerte in der Energie und CO₂-Bilanz verwendet werden.

5 CO₂-Emissionen der Brenn- und Hilfsstoffe

Wärmeerzeugungsanlagen können einen oder mehrere Brennstoffe in einer Berichtsperiode einsetzen. Der Brennstoffeinsatz kann für unterschiedliche Einsatzzwecke erfolgen (Strom- und Wärmeerzeugung). Die Wärmenetzeinspeisung einer Erzeugungsanlage kann in mehrere Wärmenetze (Bilanzkreise) erfolgen.

Wird Biomasse in KWK-Anlagen oder in Heizwerken eingesetzt, dann ist dieser Brennstoffeinsatz CO₂-klimaneutral. Der Emissionsfaktor für diese Brennstoffe ist mit 0 anzusetzen. Wärmepumpen nutzen darüber hinaus Umweltwärme. Diese ist CO₂-frei. Die Nutzung von Erdwärme in Geothermieanlagen ist ebenfalls CO₂-frei. In diesen Fällen sind lediglich die Brennstoffeinsätze in Spitzen- und Reservekesselanlagen sowie die Hilfsenergieeinsätze für Pumpen etc. in der CO₂-Bewertung zu berücksichtigen.

Sonderfälle stellen die industrielle Abwärmenutzung und die Restmüllverbrennung dar. Hier ist der Brennstoffeinsatz mit Ausnahme des Brennstoffeinsatzes für die Stützfeuerung jeweils dem vorgelegten Produktions- bzw. Entsorgungsprozess zuzuordnen.

5.1 CO₂-Emissionen der in einer Anlage eingesetzten Brennstoffe

Für jede Anlage, die Wärme in ein Wärmenetz liefert, sind zunächst die CO₂-Emissionen für die dort eingesetzte Brennstoffwärme in einem Berichtszeitraum zu ermitteln.

Die CO₂-Emissionen für jeden eingesetzten Brennstoff ergeben sich aus der Multiplikation der Brennstoffwärme des Brennstoffes mit dem CO₂-Emissionsfaktor dieses Brennstoffes. Werden mehrere Brennstoffe eingesetzt, dann setzen sich die CO₂-Emissionen aus den einzelnen eingesetzten Brennstoffwärmeanteilen multipliziert mit den zugehörigen Emissionsfaktoren zusammen.

Formel 1

$$E_{Br} = \sum_{x=1}^n W_{Brx} \cdot f_{Brx} \quad \text{oder} \quad E_{Br} = \sum_{x=1}^n m_x \cdot H_{ix} \cdot f_{Brx}$$

E_{Br} CO₂-Emissionen der in einer Berichtsperiode in einer Anlage eingesetzten Brennstoffe 1 bis n

W_{Brx} Brennstoffwärme des in einer Berichtsperiode eingesetzten Brennstoffes x

f_{Brx} CO₂-Brennstoff-Emissionsfaktor der eingesetzten Brennstoffe 1 bis n

m_x Brennstoffmengen der Brennstoffe 1 bis n

H_{ix} Heizwerte der Brennstoffe 1 bis n

Für jede Anlage sind, für den betrachteten Berichtszeitraum, die eingesetzten Brennstoffe und ihre Brennstoffwärme mit den zugehörigen CO₂-Emissionsfaktoren tabellarisch aufzulisten.

Die Datenbasis der verwendeten Heizwerte und Emissionsfaktoren ist zu dokumentieren.

Um die Emissionen später den einzelnen Wärmenetzeinspeisungen zuordnen zu können, empfiehlt es sich zunächst für eine Anlage oder eine darin abgegrenzte Teilanlage spezifische Emissionsfaktoren für den eingesetzten Brennstoffmix zu bilden.

5.1.1 Brennstoffbezogener CO₂-Emissionsfaktor

Formel 2

$$W_{Br} = \sum_{x=1}^n W_{Brx}$$

W_{Br} Brennstoffwärme der in einer Berichtsperiode in einer Anlage eingesetzten Brennstoffe 1 bis n

Mit den CO₂-Emissionen und der insgesamt in einer Berichtsperiode eingesetzten Brennstoffwärme kann ein CO₂-Brennstoff-Emissionsfaktor gebildet werden:

Formel 3

$$f_{Br} = E_{Br} / W_{Br}$$

f_{Br} CO₂-Brennstoff-Emissionsfaktor des eingesetzten Brennstoffmixes in der Anlage in einer Berichtsperiode

E_{Br} CO₂-Emissionen des in einer Berichtsperiode eingesetzten Brennstoffmixes in der Anlage

W_{Br} Brennstoffwärme des in einer Berichtsperiode eingesetzten Brennstoffmixes in der Anlage

5.1.2 Wärmebezogener CO₂-Emissionsfaktor

Der CO₂-Emissionsfaktor - bezogen auf die erzeugte Wärme - ergibt sich aus der Division der CO₂-Emissionen durch die in einer Berichtsperiode erzeugte Wärme der Anlage:

Formel 4

$$f_{WE} = E_{Br} / Q_{Bne}$$

f_{WE} CO₂-Emissionsfaktor der Wärmenetzeinspeisung

E_{Br} CO₂-Emissionen des in einer Berichtsperiode eingesetzten Brennstoffmixes in der Anlage

Q_{Bne} gemessene Nettowärmeerzeugung der Wärmeerzeugungsanlage während der Berichtszeit ($Q_{Bne} = \sum Q_{WE}$)

Erfolgt die Einspeisung der Wärme in verschiedene Bilanzkreise, dann ergeben sich die CO₂-Emissionen für die einzelnen Einspeisungen zu:

Formel 5

$$E_{WEEx} = f_{WE} \cdot Q_{WEEx}$$

E_{WEEx} CO₂-Emissionen der Wärmenetzeinspeisung

f_{WE} CO₂-Emissionsfaktor der Wärmenetzeinspeisung

Q_{WEEx} Wärmenetzeinspeisung x der Wärmeerzeugungsanlage in einer Berichtsperiode

5.2 CO₂-Emissionen der Hilfsenergie Strom

Neben den CO₂-Emissionen der eingesetzten Brennstoffe sind die eingesetzten Hilfsenergien zu berücksichtigen, sofern sie, wie z. B. bei KWK-Anlagen, nicht bereits schon am Standort der Anlage im Eigenbedarf berücksichtigt wurden.

Nach § 42 EnWG besteht in Deutschland für jedes Stromprodukt eine Kennzeichnungspflicht, in der auch der Emissionsfaktor des angebotenen Stroms ausgewiesen werden muss. Liegt ein Strombezugsvertrag für die eingesetzte Hilfsenergie vor, dann ist der CO₂-Emissionsfaktor des bezogenen Stromprodukts zu verwenden. Die CO₂-Emissionen des Hilfsenergieeinsatzes für den bezogenen Strom ergeben sich durch Multiplikation des Hilfsenergieeinsatzes mit dem nach § 42 EnWG ausgewiesenen Emissionsfaktor zu:

Formel 6

$$E_{HEX} = A_{HEX} \cdot f_{HEX}$$

E_{HEX} CO₂-Emissionen des im Zusammenhang mit der Wärmeerzeugung eingesetzten Hilfsenergien Strom

A_{HEX} Für Hilfsanlagen in der Wärmeerzeugung oder im Wärmenetz erforderlicher Stromverbrauch

f_{HEX} CO₂-Emissionsfaktor des bezogenen Stroms

5.3 CO₂-Emissionen der Wärmenetzeinspeisung

Die CO₂-Emissionen eines Bilanzkreises ergeben sich durch die Aufsummierung der CO₂-Emissionen aller Wärmenetzeinspeisungen und die Aufsummierung der CO₂-Emissionen aller Hilfsenergieeinsätze in einer Berichtsperiode.

Formel 7

$$E_{\Sigma WE} = \sum_{x=1}^n E_{WE,x} + \sum_{x=1}^m E_{HE,x}$$

$E_{\Sigma WE}$ CO₂-Emissionen aller Wärmenetzeinspeisungen in einen Bilanzkreis in einer Berichtsperiode

$E_{WE,x}$ CO₂-Emission der wärmeeinspeisenden Anlagen 1 bis n des Bilanzkreises

$E_{HE,x}$ CO₂-Emission der Hilfsenergieanlagen 1 bis m des Bilanzkreises

5.4 CO₂-Emissionen an der Bilanzgrenze Wärmezähler Kunde

Der CO₂-Emissionsfaktor für alle Wärmelieferungen aus einem Bilanzkreis ergibt sich, indem man die Emissionen aller Wärmenetzeinspeisungen in den Bilanzkreis durch die Summe aller Wärmelieferungen aus dem Bilanzkreis in einer Berichtsperiode dividiert.

Formel 8

$$f_{WL} = E_{\Sigma WE} / Q_{\Sigma WL}$$

f_{WL} CO₂-Emissionsfaktor der Wärmelieferungen aus einem Bilanzkreis

$E_{\Sigma WE}$ CO₂-Emissionen aller Wärmenetzeinspeisungen in einen Bilanzkreis in einer Berichtsperiode

$Q_{\Sigma WL}$ Summe aller Wärmelieferungen aus einem Bilanzkreis in einer Berichtsperiode

Die CO₂-Emission einzelner Wärmelieferungen lässt sich dann durch Multiplikation des CO₂-Emissionsfaktors der Wärmelieferung mit der gemessenen Wärmelieferung ermitteln.

Formel 9

$$E_{WL,x} = f_{WL} \cdot Q_{WL,x}$$

$E_{WL,x}$ CO₂-Emissionen der Wärmelieferung x

f_{WL} CO₂-Emissionsfaktor der Wärmelieferung aus einem Bilanzkreis

$Q_{WL,x}$ Wärmelieferung x aus einem Bilanzkreis in einer Berichtsperiode

6 Prozesse mit gekoppelter Strom- und Wärmeerzeugung

6.1 Ermittlung der bereinigten Brennstoffwärme und CO₂-Emissionen bei gekoppelter Strom und Wärmeerzeugung

Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen werden oftmals in Kombination mit zusätzlichen Wärmeerzeugern betrieben. Diese Anlagen erzeugen nur Wärme und können auch direkt in die KWK-Anlage integriert sein. Bei Dampfturbinen besteht zum Beispiel die Möglichkeit, Dampf direkt aus dem Dampferzeuger unter Umgehung der Turbine in den Heizkondensator zu leiten. Bei Gasturbinen mit Abhitzeessel kann eine Zusatzfeuerung in den Abhitzeessel integriert sein.

Wird Brennstoff in einer Anlage sowohl für die gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung als auch nur zur Wärmeerzeugung eingesetzt, müssen sowohl der Brennstoffwärmeeinsatz und die CO₂-Emission als auch die zugehörigen Wärmenetzeinspeisungen getrennt ausgewiesen werden.

Formel 10

$$W = W_{Br} - W_{th} \quad \text{beziehungsweise} \quad E = E_{Br} - E_{th} \quad \text{oder} \quad E = (W_{Br} - W_{th}) \cdot f_{Br}$$

W bereinigte Brennstoffwärme in einer Berichtszeit (siehe AGFW FW 308)

W_{Br} Brennstoffwärme des in einer Berichtsperiode eingesetzten Brennstoffmixes

W_{th} zur ungekoppelten Wärmeerzeugung in einer Berichtszeit eingesetzte Brennstoffwärme

E bereinigte CO₂-Emission in einer Berichtszeit

E_{Br} CO₂-Emission des in einer Berichtsperiode eingesetzten Brennstoffmixes

E_{th} CO₂-Emission des zur ungekoppelten Wärmeerzeugung eingesetzten Brennstoffanteils

6.2 Brennstoffaufteilung und Aufteilung der CO₂-Emissionen auf Strom und Wärme – methodische Grundlagen

Über Messeinrichtungen können an einer KWK-Anlage die Brutto- und die Nettostromerzeugung, die KWK-Nettowärmeerzeugung und der Brennstoffeinsatz bestimmt werden. Die Brennstoffwärme und die Wärmenetzeinspeisung einer KWK-Anlage in einer Berichtszeit sind, wie in Abschnitt 6.1 beschrieben, um die Anteile zu bereinigen, die der ungekoppelten Wärmeerzeugung (z. B. aus Heizkesseln oder einer Frischdampfentnahme aus Dampferzeugern etc.) zuzurechnen sind.

A_{Bne} gemessene Nettostromerzeugung während der Berichtszeit

$Q_{Bne-KWK}$ gemessene KWK-Nettowärmeerzeugung des KWK-Prozesses während der Berichtszeit

W bereinigte Brennstoffwärme in einer Berichtszeit (siehe AGFW FW 308)

E bereinigte CO₂-Emission in einer Berichtszeit

Das Grundprinzip jeder Brennstoff- beziehungsweise Emissionsaufteilung besteht in der Festlegung von Aufteilungsfaktoren für die Produkte gekoppelt erzeugte Wärme ($Q_{\text{Bne-KWK}}$) und erzeugter Nettostrom (A_{Bne}). Für diese gilt:

Formel 11

$$1 = a_{\text{Q-KWK}} + a_{\text{A}}$$

$a_{\text{Q-KWK}}$ Brennstoff- beziehungsweise CO_2 -Anteil der KWK-Nettowärmeerzeugung

a_{A} Brennstoff- beziehungsweise CO_2 -Anteil der Nettostromerzeugung

Mit diesen Aufteilungsfaktoren können die bereinigte Brennstoffwärme W sowie äquivalent dazu die CO_2 -Emission einer KWK-Anlage auf die gekoppelt erzeugte Wärme und den Strom aufgeteilt werden:

Formel 12

$$W = W_{\text{Q-KWK}} + W_{\text{A}} \quad \text{beziehungsweise} \quad E = E_{\text{Q-KWK}} + E_{\text{A}}$$

W bereinigte Brennstoffwärme in einer Berichtszeit (siehe AGFW FW 308)

$W_{\text{Q-KWK}}$ Brennstoffwärme der KWK-Nettowärmeerzeugung

W_{A} Brennstoffwärme der Nettostromerzeugung in einer Berichtszeit

E bereinigte CO_2 -Emission in einer Berichtszeit

$E_{\text{Q-KWK}}$ CO_2 -Emission der KWK-Nettowärmeerzeugung in einer Berichtszeit

E_{A} CO_2 -Emission der Nettostromerzeugung in einer Berichtszeit

$$W_{\text{Q-KWK}} = a_{\text{Q-KWK}} \cdot W \quad \text{beziehungsweise} \quad E_{\text{Q-KWK}} = a_{\text{Q-KWK}} \cdot E$$

$$W_{\text{A}} = a_{\text{A}} \cdot W \quad \text{beziehungsweise} \quad E_{\text{A}} = a_{\text{A}} \cdot E$$

6.3 Dampfturbinen-Anlagen mit Stromverlust – Ermittlung des Stromverlustes und Brennstoffbedarfes für die Produkte Nettostromerzeugung und KWK-Nettowärmeerzeugung

Der Stromverlust, der durch die Wärmeentnahme aus einer Dampfturbine entsteht, ist abhängig von der Druckstufe, aus der der Dampf der Turbine entnommen wird. Je höher der Entnahmedruck und damit auch die nutzbare Kondensationstemperatur, umso größer ist der Stromverlust. Der Stromverlust innerhalb einer gemessenen Berichtszeit ergibt sich wie folgt:

Formel 13

$$\Delta A_{\text{B}} = W \cdot \zeta_{\text{Bne-Kond}} - A_{\text{Bne}}$$

ΔA_{B} Stromverlust während der Berichtszeit

W bereinigte Brennstoffwärme in einer Berichtszeit (siehe AGFW FW 308)

$\zeta_{\text{Bne-Kond}}$ Nutzungsgrad der Netto-Stromerzeugung im Kondensationsbetrieb

A_{Bne} gemessene Nettostromerzeugung während der Berichtszeit

Sind der Stromverlust und die Nettostromerzeugung bekannt, dann entspricht der Brennstoffaufwand für die ausgekoppelte Wärme dem Brennstoffaufwand, der dem Stromverlust durch die Wärmeauskopplung zuzurechnen ist. Der Brennstoffanteil ergibt sich damit zu:

Formel 14

$$a_{Q-KWK} = \Delta A_B / (A_{Bne} + \Delta A_B)$$

a_{Q-KWK} Brennstoff- beziehungsweise CO₂-Anteil der KWK-Nettowärmeerzeugung

ΔA_B Stromverlust während der Berichtszeit

A_{Bne} Nettostromerzeugung während der Berichtszeit

Mit der in einer Berichtsperiode für die Strom- und Wärmeerzeugung eingesetzten bereinigten Brennstoffwärme kann die Brennstoffwärme der KWK-Nettowärmeerzeugung ermittelt werden.

Formel 15

$$W_{Q-KWK} = W \cdot a_{Q-KWK} \quad \text{beziehungsweise} \quad E_{Q-KWK} = E \cdot a_{Q-KWK}$$

W_{Q-KWK} Brennstoffwärme der KWK-Nettowärmeerzeugung

W bereinigte Brennstoffwärme in einer Berichtszeit (siehe AGFW FW 308)

a_{Q-KWK} Brennstoff- beziehungsweise CO₂-Anteil der KWK-Nettowärmeerzeugung

E_{Q-KWK} CO₂-Emission der KWK-Nettowärmeerzeugung in einer Berichtszeit

E bereinigte CO₂-Emission in einer Berichtszeit

6.4 Anlagen ohne Stromverlust und Dampfturbinenanlagen, die einen Stromverlust aus Anlegedaten nicht ermitteln können

Bei Anlagen ohne Stromverlust fehlt der Teil der Dampfturbine, der alternativ zur Wärmeauskopplung Strom erzeugen könnte. Eine Gasturbine mit Abhitzeessel könnte zum Beispiel, statt die Wärme aus dem Abhitzeessel dem Wärmenetz zur Verfügung zu stellen, diese Wärme in einem nachgeschalteten Dampfturbinenprozess zunächst noch zur Stromerzeugung nutzen. Gleiches gilt für ein Motor-BHKW, dessen Wärme aus dem Abgas und der Motorkühlung zum Beispiel in einem nachgeschalteten ORC-Prozess noch Strom erzeugen könnte. Gasturbinen mit Abhitzeessel fehlt jedoch die nachgeschaltete Dampfturbine. Gleiches gilt auch für das Motor-BHKW, das seine Wärme dem Wärmenetz zur Verfügung stellt.

Der Stromverlust aus Abschnitt 6.3 kann jedoch konservativ abgegrenzt werden, indem man hierfür die Exergie der ausgekoppelten Wärme an der Bilanzgrenze KWK-Anlage / Wärmenetz ermittelt. Gegenüber dem idealen verlustlosen Carnot-Prozess sind beim realen Prozess unter anderem innere Verluste in der Dampfturbine, mechanische Reibungsverluste an der Welle und Generatorverluste bei der Umwandlung von mechanischer Arbeit in Strom zu verzeichnen, die in diesem Fall jedoch wegen ihrem geringen Anteil und der schweren Normierbarkeit vernachlässigt werden. Die Exergie der ausgekoppelten Wärme stellt somit eine Obergrenze für den Stromverlust dar.

6.4.1 Bestimmung des Carnot-Wirkungsgrades für die ausgekoppelte Wärme

Der Carnot-Wirkungsgrad und damit die Arbeitsfähigkeit der ausgekoppelten Wärme hängt von der Mitteltemperatur zwischen Vor- und Rücklauf der Wärmenetzeinspeisung und von der Umgebungstemperatur ab. Für den an das Wärmenetz übertragenen Exergiestrom gilt:

Formel 16

$$\beta_{C-Q-KWK} = 1 - T_U / T_m$$

$\beta_{C-Q-KWK}$ spezifische, auf die eingespeiste Wärmemenge bezogene, Exergie die an das Wärmenetz übertragen wurde

T_U Umgebungstemperatur in Kelvin

T_m mittlere Temperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung in Kelvin

Die Arbeitsfähigkeit der in das Wärmenetz eingespeisten KWK-Wärme kann für einen bestimmten Zeitpunkt oder für einen definierten Zeitraum (Stunde, Tag Monat oder Jahr) ermittelt werden. Bei einer gleitenden Fahrweise sind die Temperaturen (Mittel- und Umgebungstemperatur) als gewichteter Mittelwert mit der zeitgleichen Wärmenetzeinspeisung zu ermitteln.

Eine arithmetische Mittelwertbildung ist maximal für die Berichtszeit eines Monats zulässig.

Bei der Ermittlung der mittleren Temperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung ist zwischen Heizwassernetzen und Dampfnetzen zu unterscheiden.

6.4.1.1 Heizwassernetze

Bei konstanter spezifischer Wärmekapazität und unter Vernachlässigung von Druckverlusten ergibt sich die mittlere Temperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung in Heizwassernetzen wie folgt:

Formel 17

$$T_m = (T_{V-KWK} - T_{R-KWK}) / \ln (T_{V-KWK} / T_{R-KWK})$$

T_m mittlere Temperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung in Kelvin

T_{V-KWK} Vorlauftemperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung in Kelvin

T_{R-KWK} Rücklauftemperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung in Kelvin

Vereinfacht kann T_m auch mit Hilfe dem arithmetischen Mittel aus Vor- und Rücklauftemperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung ermittelt werden.

Formel 18

$$T_m = (T_{V-KWK} + T_{R-KWK}) / 2$$

T_m mittlere Temperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung in Kelvin

T_U Umgebungstemperatur in Kelvin

T_{V-KWK} Vorlauftemperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung in Kelvin

T_{R-KWK} Rücklauftemperatur der KWK-Wärmenetzeinspeisung in Kelvin

Ist die Rücklauftemperatur einer KWK-Wärmenetzeinspeisung nicht bekannt, dann kann hilfsweise mit einer Rücklauftemperatur von $T_{R-KWK} = 343,15$ K gerechnet werden.

6.4.1.2 Heizwassernetze mit gleitender Vorlauftemperatur

Unterschiedliche Vorlauftemperaturen bei gleitender Fahrweise sind mit den zugehörigen Wärmeinspeisungen wärmemengenbezogen zu wichten.

Eine arithmetische Mittelwertbildung für die Vorlauftemperatur ist maximal für die Berichtszeit eines Monats zulässig.

6.4.1.3 Dampfwärmenetze

Für Dampfwärmenetze gilt:

Formel 19

$$T_m = T_s$$

T_s Sättigungstemperatur des eingespeisten Dampfes
bei Dampflieferungen in Kelvin

Informativ: Abgesehen von speziellen Wärmetauscherkonstruktionen zur Nutzung einer Dampfüberhitzung und zur Unterkühlung des Kondensates findet die Wärmefreisetzung auf dem Temperaturniveau gleich der Dampfsättigungstemperatur statt.

Werden aus einer Anlage mehrere unterschiedliche Wärmeprodukte (z. B. Prozessdampf und Heißwasser) ausgekoppelt, dann muss die Berechnung für jedes Produkt getrennt erfolgen.

6.4.2 Referenz-Stromverlust für die KWK-Nettowärmeerzeugung

Sofern eine Information zum Stromverlust nicht vorliegt, kann die Stromerzeugungsfähigkeit für alle Wärmeauskopplungen, mit Hilfe der ausgekoppelten Wärmemenge und der spezifischen, auf die eingespeiste Wärmemenge bezogenen, Exergie, berechnet werden.

Formel 20

$$\Delta A_{B-R} = Q_{WE-KWK} \cdot \beta_{C-Q-KWK}$$

ΔA_{B-R} Referenz-Stromverlust während der Berichtszeit (Stromerzeugung, die alternativ zur KWK-Nettowärmeerzeugung maximal möglich gewesen wäre)

Q_{WE-KWK} gemessene KWK-Wärmenetzeinspeisung während der Berichtszeit

$\beta_{C-Q-KWK}$ spezifische, auf die eingespeiste Wärmemenge bezogene Exergie, die an das Wärmenetz übertragen wurde

Damit lassen sich analog zu Abschnitt 6.3, die CO₂- und Brennstoffwärmeanteile für die KWK-Nettowärmeerzeugung und für die Nettostromerzeugung ermitteln.

7 Prozesse ohne gekoppelte Strom- und Wärmeerzeugung

7.1 Heizwerke

Heizwerke bestehen in der Regel aus mehreren Kesselanlagen, die mit unterschiedlichen Brennstoffen und Wirkungsgraden betrieben werden können. In Deutschland finden in der allgemeinen Versorgung überwiegend Erdgas und Heizöl Verwendung. Darüber hinaus kommen zunehmend Heizwerke mit Biomasse zum Einsatz.

Bei der Betrachtung der gekoppelt erzeugten Wärmenetzeinspeisung war der elektrische Eigenbedarf der Anlage bereits durch die Nettostrombetrachtung berücksichtigt. Bei den Heizwerken muss dieser bei den CO₂-Emissionen additiv noch berücksichtigt werden.

7.2 Wärmepumpenheizwerke

Wärmepumpenheizwerke unterscheiden sich von den unter Abschnitt 7.1 beschriebenen Anlagen dadurch, dass sie einen Teil der in ein Wärmenetz eingespeisten Wärme aus der Umwelt beziehen.

Wärmepumpen können in Sorptionswärmepumpen und Kompressionswärmepumpen unterschieden werden.

Kompressionswärmepumpen können motorisch mit Strom, mit fossilen oder erneuerbaren Brennstoffen angetrieben werden.

Sorptionswärmepumpen können mit verschiedenen Wärmequellen (Heizwerk, Kraft-Wärme-Kopplungs-Wärme, solare Strahlungsenergie etc.) betrieben werden.

7.2.1 Elektrisch betriebene Wärmepumpenheizwerke

Die Emissionen ergeben sich aus der Multiplikation des bezogenen Stroms mit dem Emissionsfaktor aus dem Stromlieferungsvertrag.

Formel 21

$$E_{\text{HW-WP}} = A_{\text{WP}} \cdot f_{\text{WP}}$$

$E_{\text{HW-WP}}$ CO₂-Emissionen des Wärmepumpenheizwerks in einer Berichtsperiode

A_{WP} für den Betrieb der Wärmepumpe im Berichtszeitraum bezogener Strom

f_{WP} CO₂-Emissionsfaktor des bezogenen Stroms

Wärmepumpen werden in der Regel in Kombination mit einer Heizkesselanlage betrieben. Die CO₂-Emissionen setzen sich folglich aus der Kombination beider Anlagen (Wärmepumpe und Heizkessel) zusammen.

7.2.2 Mit fossilen oder erneuerbaren Brennstoffen betriebene Wärmepumpenheizwerke

Siehe Abschnitt 0.

7.3 Geothermie Heizwerke

Bei Geothermieheizwerken wird Brennstoffwärme durch geothermische Energie ersetzt. Auch hier ist ein größerer Anteil elektrischer Hilfsenergie erforderlich. Zur Besicherung der Wärmelieferung und zur Spitzenlastabdeckung können zusätzlich Brennstoffe eingesetzt werden. Die Berechnung des CO₂-Faktors unterscheidet sich deshalb nicht von dem in Abschnitt 0 beschriebenen Verfahren.

7.4 Wärmespeicher

Wärmespeicher benötigen zum Be- und Entladen des Speichers elektrische Hilfsenergie. Darüber hinaus kann ein zusätzlicher Wärmeerzeuger zur Aufrechterhaltung der erforderlichen Vorlauftemperatur erforderlich sein. Die Berechnung erfolgt entsprechend Abschnitt 0.

8 Wärmenetzeinspeisungen aus anderen Netzen und Fremdeinspeisungen

Um die CO₂-Emissionen pro kWh Fernwärmeabgabe an Kunden ausweisen zu können, muss für jede Wärmenetzeinspeisung aus anderen Bilanzkreisen (fremden Wärmenetzen oder fremden Erzeugungsanlagen) in ein Wärmenetz mindestens die eingespeiste Wärmemenge und der CO₂-Faktor der Wärmenetzeinspeisung bekannt sein.

8.1 Fremdeinspeisungen ohne Brennstoffaufwand

Für Fremdeinspeisungen aus industriellen Abwärmequellen sind der Brennstoffaufwand und die CO₂-Emissionen dem industriellen Produktionsprozess zuzurechnen.

Dies gilt auch für Fremdeinspeisungen aus Abfallverbrennungsanlagen. Der primäre Zweck des vorgelagerten Verbrennungsprozesses liegt hier nicht in der Erzeugung von Strom und Wärme, sondern in der Beseitigung von Schadstoffpotenzialen.

Jedoch ist der Brennstoffaufwand des für den Wärmetransport erforderlichen Hilfsenergieeinsatzes zu berücksichtigen. Bei Abfallverbrennungsanlagen fällt hierunter auch der Brennstoffeinsatz für die Stützfeuerung. Kann der CO₂-Faktor für eine Wärmenetzeinspeisung aus einem Müllheizwerk oder einem Müllheizkraftwerk nicht ermittelt werden, dann kann ersatzweise der Referenzwert von 20 Gramm CO₂ pro Kilowattstunde Wärme verwendet werden. Mit dem Wert sind CO₂-Emissionen für Stützfeuer und elektrischen Eigenbedarf berücksichtigt.

8.2 CO₂-Emissionen für Wärmenetzeinspeisungen aus fremden KWK-Anlagen, bei denen der CO₂-Emissionsfaktor für die Fremdeinspeisung nicht bekannt ist

Kann die CO₂-Emission oder der CO₂-Emissionsfaktor der Fremdeinspeisung nicht vom Wärmelieferanten ermittelt werden und sind zumindest neben der eingespeisten Wärme der KWK-Wärmeanteil, die Vorlauftemperatur und die dazu eingesetzten Brennstoffe bekannt, können die CO₂-Emissionen für den KWK-Anteil ersatzweise, wie nachfolgend beschrieben, berechnet werden.

Formel 22

$$E_{FE\ KWK-R} = \Delta A_R \cdot e_{A-R} \cdot f_{Br}$$

$E_{FE\ KWK-R}$ Referenz-CO₂-Emissionen wenn der CO₂-Emissionsfaktor der Fremdeinspeisung aus KWK nicht genauer ermittelt werden kann

ΔA_{B-R} Referenz-Stromverlust während der Berichtszeit (siehe Formel 20)

e_{A-R} Referenz-Energiebedarfszahl der ungekoppelten Stromerzeugung [$e_{A-R} = 2,7$]

f_{Br} CO₂-Brennstoff-Emissionsfaktor des eingesetzten Brennstoffes

Informativ: Der Wert 2,7 für die Referenz-Energiebedarfszahl ergibt sich aus dem Brennstoffwärmeinsatz dividiert durch die Nettostromerzeugung für den Brennstoff Steinkohle aus der Energiestatistik 2011 des Statistischen Bundesamtes für die „Allgemeine Versorgung“.

Um den Brennstoffeinsatz der Fremdeinspeisung zu ermitteln, kann der nach Abschnitt 6.4.2 ermittelte Referenzstromverlust mit einer Referenz-Energiebedarfszahl für die Kondensationsstromerzeugung von 2,7 multipliziert werden. Die CO₂-Emissionen ergeben sich durch Multiplikation der so ermittelten Brennstoffwärme mit dem CO₂-Brennstoff-Emissionsfaktor des eingesetzten Brenn-

stoffmixes. Sind die Anteile des eingesetzten Brennstoffmixes nicht bekannt, findet der höchste CO₂-Brennstoff-Emissionsfaktor aus dem zugrunde liegenden Brennstoffmix Anwendung. Sofern keinerlei Information zu Brennstoff bzw. Brennstoffmix vorliegt, ist der Wert für Braunkohle zu verwenden.

Die Anwendung des Referenzwertes ist zu begründen und zu dokumentieren.

8.3 CO₂-Emissionen für Wärmenetzeinspeisungen aus fremden Heizwerken, bei denen der CO₂-Emissionsfaktor für die Fremdeinspeisung nicht bekannt ist

Kann die CO₂-Emission oder der CO₂-Emissionsfaktor der Fremdeinspeisung aus einem Heizwerk nicht vom Wärmelieferanten ermittelt werden und sind zumindest neben der eingespeisten Wärmemenge die dazu eingesetzten Brennstoffe bekannt, kann hilfsweise die Referenz-Energiebedarfszahl $e_{\text{HW-R}} = 1,25$ zur Berechnung der CO₂-Emissionen der Fremdeinspeisung verwendet werden.

Formel 23

$$E_{\text{FE HW-R}} = Q_{\text{FE HW}} \cdot e_{\text{HW-R}} \cdot f_{\text{Br}}$$

$E_{\text{FE HW-R}}$ Referenz-CO₂-Emissionen wenn der CO₂-Emissionsfaktor der Fremdeinspeisung aus einem Heizwerk nicht genauer ermittelt werden kann

$Q_{\text{FE HW}}$ Fremdeinspeisung aus einem Heizwerk

$e_{\text{HW-R}}$ Referenz-Energiebedarfszahl des Heizwerks [$e_{\text{HW-R}} = 1,25$]

f_{Br} CO₂-Brennstoff-Emissionsfaktor des eingesetzten Brennstoffes

Sind die Anteile des eingesetzten Brennstoffmixes nicht bekannt, findet der höchste CO₂-Brennstoff-Emissionsfaktor aus dem zugrunde liegenden Brennstoffmix Anwendung. Sofern keinerlei Information zu Brennstoff bzw. Brennstoffmix vorliegt, ist ersatzweise der Wert für Braunkohle zu verwenden.

Die Anwendung des Referenzwertes ist zu begründen und zu dokumentieren.

9 Literatur

- [1] J. Zschernig und T. Sander: „Bewertung von Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung“
Wiss. Z. TU Dresden 56 (2007) Heft 3 - 4 S. 89 - 94.
- [2] J. Zschernig und T. Sander: „KWK-Strom - Was ist das?“
EuroHeat&Power, Heft 6, 2007, Seite 26 ff.
- [3] A. Dittmann und S. Robbi: „Das Spannungsfeld einer ökologischen Bewertung von KWK-Anlagen“. 13. Dresdner Fernwärmekolloquium (2008).
- [4] A. Dittmann, T. Sander, G. Menzler: Ökologische Bewertung von Wärme und Elektroenergie ein Instrument zur Erhöhung der Akzeptanz der Kraft-Wärme-Kopplung. Sonderdruck, VIK Mitteilungen, Juni 2008.
- [5] VDI 4608 Blatt 2: Energiesysteme Kraft-Wärme-Kopplung – Allokation und Bewertung ,
Beuth Verlag, Juli 2008
- [6] VDI 4660 Blatt 2: Ermittlung zielenergiebezogener Emissionen bei der Energieumwandlung.
Verein deutscher Ingenieure. Beuth Verlag Berlin, Mai 2003
- [7] DEHST-Leitfaden zur Erstellung von Überwachungsplänen für stationäre Anlagen in der
3.Handelsperiode (2013-2020). DEHST. Anhang 4, Mai 2012.
- [8] VERORDNUNG (EU) Nr. 601/2012 DER KOMMISSION vom 21. Juni 2012 über die Über-
wachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie
2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rates.
- [9] Energiestatistik 2011 des Statistischen Bundesamtes für die „Allgemeine Versorgung“

Anhang 1 Brennstoffe und ihre CO₂-Emissionsfaktoren (normativ)

Brennstoff	Emissionsfaktor	Heizwert	C-Gehalt	Emissionsfaktor	Heizwert
	Mg CO ₂ / GJ	GJ / Mg	Mg C / Mg	Mg CO ₂ / MWh	MWh / Mg
	kg CO ₂ / MJ	MJ / kg	kg C / kg	kg CO ₂ / kWh	kWh / kg
	g CO ₂ / kJ	kJ / g	g C / g	g CO ₂ / Wh	Wh / g

Steinkohle*

Anthrazit (Wärmeerzeugung)	0,0980	31,5	0,843	0,3528	8,75
Steinkohlenkoks	0,1050	27,6	0,791	0,3780	7,67
Vollwertkohle Deutschland	0,0930	28,3	0,718	0,3348	7,86
Vollwertkohleimport Australien	0,0950	25,4	0,659	0,3420	7,06
Vollwertkohleimport China	0,0950	25,5	0,661	0,3420	7,08
Vollwertkohleimport Indonesien	0,0950	25,3	0,657	0,3420	7,03
Vollwertkohleimport Kanada	0,0950	26,1	0,677	0,3420	7,25
Vollwertkohleimport Kolumbien	0,0940	25,2	0,647	0,3384	7,00
Vollwertkohleimport Polen	0,0940	27,5	0,706	0,3384	7,64
Vollwertkohleimport Russland	0,0950	25,6	0,664	0,3420	7,11
Vollwertkohleimport Norwegen	0,0940	28,6	0,734	0,3384	7,94
Vollwertkohleimport Südafrika	0,0960	25,2	0,661	0,3456	7,00
Vollwertkohleimport USA	0,0940	27,8	0,713	0,3384	7,72
Vollwertkohleimport Venezuela	0,0930	27,8	0,706	0,3348	7,72
Steinkohle, Herkunft unbekannt	0,0960	25,2	0,661	0,3456	7,00

Braunkohle*

Braunkohlenbrikett Lausitz	0,1010	19,4	0,535	0,3636	5,39
Braunkohlenbrikett Rheinland	0,0990	19,7	0,532	0,3564	5,47
Braunkohlenstaub Lausitz	0,0990	21,6	0,584	0,3564	6,00
Braunkohlenstaub Mitteldeutschland	0,0980	19,1	0,511	0,3528	5,31
Braunkohlenstaub Rheinland	0,0980	22,0	0,589	0,3528	6,11
Rohbraunkohle Helmstedt	0,0990	10,2	0,276	0,3564	2,83
Rohbraunkohle Lausitz	0,1130	8,8	0,270	0,4068	2,44
Rohbraunkohle Mitteldeutschland	0,1040	10,7	0,304	0,3744	2,97
Rohbraunkohle Rheinland	0,1140	8,9	0,277	0,4104	2,47
Wirbelschicht-Braunkohle Lausitz	0,1010	19,4	0,535	0,3636	5,39
Wirbelschicht-Braunkohle Rheinland	0,0980	21,6	0,579	0,3528	6,00
Braunkohle, Herkunft unbekannt	0,1140	8,9	0,277	0,4104	2,47

Heizöl*

Dieselmotorkraftstoff	0,0741	42,6	0,862	0,2668	11,83
Heizöl EL nach DIN 51603, Teil 1	0,0741	42,6	0,862	0,2668	11,83
Heizöl S nach DIN 51603, Teil 3	0,0809	39,5	0,872	0,2912	10,97

Brennstoff	Emissionsfaktor	Heizwert	C-Gehalt	Emissionsfaktor	Heizwert
	Mg CO ₂ / GJ	GJ / Mg	Mg C / Mg	Mg CO ₂ / MWh	MWh / Mg
	kg CO ₂ / MJ	MJ / kg	kg C / kg	kg CO ₂ / kWh	kWh / kg
	g CO ₂ / kJ	kJ / g	g C / g	g CO ₂ / Wh	Wh / g

Erdgas*

Erdgas Altmark	0,0560	11,7 GJ/Nm ³	0,179 kg/Nm ³	0,2016	
Erdgas H	0,0560	36,0 GJ/Nm ³	0,550 kg/Nm ³	0,2016	
Erdgas L	0,0560	33,0 GJ/Nm ³	0,504 kg/Nm ³	0,2016	

Flüssiggas*

Flüssiggas (100%Propan)	0,0647	46,3	0,817	0,2329	12,86
Flüssiggas (100%Butan)	0,0663	45,7	0,827	0,2387	12,69

Andere Gase

Gichtgas, Kokereigas, Grubengas	0				
---------------------------------	---	--	--	--	--

Feste Biomasse**

Holz/Holzabfälle	0	15,6		0	4,33
Andere primäre feste Biomasse	0	11,6		0	3,22
Holzkohle	0	29,5		0	8,19

Flüssige Biomasse**

Biobenzin	0	27,0		0	7,50
Biodiesel	0	27,0		0	7,50
Andere flüssige Biokraftstoffe	0	27,4		0	7,61

Gasförmige Biomasse**

Deponiegas	0	50,4		0	14,00
Klärgas	0	50,4		0	14,00
Anderes Biogas	0	50,4		0	14,00

- Die Berechnung der CO₂-Menge kann grundsätzlich nach den folgenden Gleichungen vorgenommen werden:

$$\text{Menge CO}_2 = \text{Brennstoffmenge} \cdot \text{C-Gehalt} \cdot 3,664 \text{ Mg CO}_2 / \text{Mg C}$$

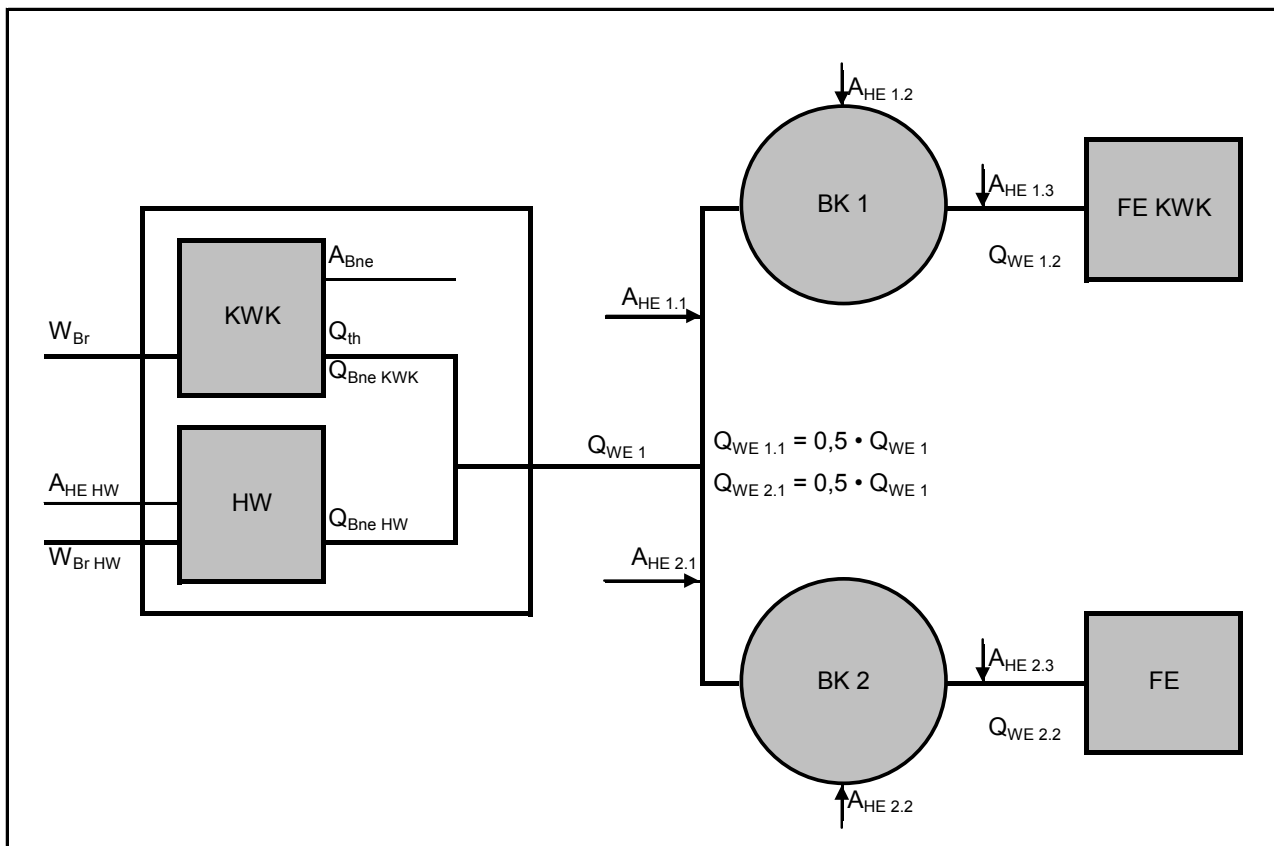
oder

$$\text{Menge CO}_2 = \text{Brennstoffmenge} \cdot \text{Heizwert} \cdot \text{brennstoffwärmebezogener Emissionsfaktor}$$

* Auszug aus dem DEHST-Leitfaden zur Erstellung von Überwachungsplänen für stationäre Anlagen in der 3.Handelsperiode (2013-2020). DEHST. Anhang 4. Mai 2012.

** VERORDNUNG (EU) Nr. 601/2012 DER KOMMISSION vom 21. Juni 2012 über die Überwachung von und die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen gemäß der Richtlinie 2003/87/EG des Europäischen Parlaments und des Rate

Anhang 2 Beispiele (informativ)



KWK Kraftwärmekopplungsanlage
 HW Heizwerks-Anlage
 FE KWK Fremdeinspeisung aus einer KWK-Anlage

FE Fremdeinspeisung
 BK 1 Bilanzkreis 1
 BK 2 Bilanzkreis 2

A_{Bne} Nettostromerzeugung der KWK-Anlage
 $A_{HE\ HW}$ elektrischer Hilfsenergieeinsatz im Heizwerk
 $A_{HE\ 1.1}$ elektrischer Hilfsenergieeinsatz
 $A_{HE\ 1.2}$ elektrischer Hilfsenergieeinsatz
 $A_{HE\ 1.3}$ elektrischer Hilfsenergieeinsatz
 $A_{HE\ 2.1}$ elektrischer Hilfsenergieeinsatz
 $A_{HE\ 2.2}$ elektrischer Hilfsenergieeinsatz
 $A_{HE\ 2.3}$ elektrischer Hilfsenergieeinsatz

$Q_{Bne\ HW}$ Nettowärmeerzeugung des Heizwerks
 $Q_{Bne\ KWK}$ KWK-Nettowärmeerzeugung
 Q_{th} ungekoppelte Wärmeerzeugung der KWK-Anlage
 $Q_{WE\ 1.1}$ Wärmenetzeinspeisung 1 in den BK 1
 $Q_{WE\ 1.2}$ Wärmenetzeinspeisung 2 in den BK 1
 $Q_{WE\ 2.1}$ Wärmenetzeinspeisung 1 in den BK 2
 $Q_{WE\ 2.2}$ Wärmenetzeinspeisung 2 in den BK 2
 W_{Br} Brennstoffwärmebedarf der KWK-Anlage
 $W_{Br\ HW}$ Brennstoffwärmebedarf der Heizwerks-Anlage

Beispiel: CO₂-Emissionen der Wärmelieferung

1. Beispiel: KWK-Anlage; Berichtszeitraum 01.01. bis 31.12.

1.1 Brennstoffeinsatz

Brennstoffeinsatz	Brennstoffanteile	Verbrennungswärme	CO ₂ -Brennstoff-Emissionsfaktor		CO ₂ -Emission Brennstoff
	a_x	W_{Br-x}	f_{Br-x}		$E_{Br-x} = f_{Br-x} \cdot W_{Br-x}$
	$\sum a_x = 100\%$	$W_{Br} = \sum W_{Br-x}$	$f_{Br} = E_{Br} / W_{Br}$		$E_{Br} = \sum E_{Br-x}$
		GJ	Mg CO ₂ / GJ		Mg
Vollwertkohle ¹	80%	9.320.000	0,093		866.760
Klärschlamm ³	9%	1.080.000	0,000		0
Heizöl EL ²	10%	1.200.000	0,074		88.800
	100%	11.600.000	0,082		955.560

1.2 Brennstoffbereinigung

ungekoppelte Wärme-erzeugung	Jahres-energie-bedarfszahl	Verbrennungswärme	CO ₂ -Brennstoff-Emissionsfaktor	CO ₂ -Emission ungekoppelt	bereinigte Brennstoff-wärme	CO ₂ -Emission bereinigt
Q_{th}	e_{th}	W_{th}	f_{Br}	E_{th}	W	E
	$1 / \zeta_{th}$	$W_{th} \cdot e_{th}$	s.o.	$f_{Br} \cdot W_{th}$	$W_{Br} - W_{th}$	$f_{Br} \cdot W$
GJ	GJ / GJ	GJ	Mg CO ₂ / GJ	Mg	GJ	Mg
540.000	1,111	600.000	0,082	49.428	11.000.000	906.132

1.3 Brennstoffaufteilung auf Strom und KWK-Wärme

Nettostrom-erzeugung	KWK-Wärme-auskopplung	Strom-verlust	Brennstoffanteil		Brennstoffwärme	
			Strom	KWK-Wärme	Strom	KWK-Wärme
A_{Bne}	$Q_{Bne KWK}$	ΔA_B	a_A	a_{Q-KWK}	W_A	W_{Q-KWK}
			$A_{Bne} / (A_{Bne} + \Delta A_B)$	$\Delta A_B / (A_{Bne} + \Delta A_B)$	$W \cdot a_A$	$W \cdot a_{Q-KWK}$
GJ	GJ	GJ			GJ	GJ
3.860.000	3.000.000	540.000	88%	12%	9.650.000	1.350.000

1.4 Brennstoff- und CO₂-Bilanz der Wärmeerzeugung

	Brennstoff-Wärme der KWK-Wärme-auskopplung	CO ₂ -Brennstoff-Emissionsfaktor	ungekoppelte Wärme-erzeugung	KWK-Wärme-auskopplung	CO ₂ -Emissionsfaktor Wärmenetz-einspeisung	CO ₂ -Emissionen Wärmenetz-Einspeisung
W_{th}	W_{Q-KWK}	f_{Br}	Q_{th}	$Q_{Bne KWK}$	f_{WE}	E_{WE}
s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	$E_{WE} / (W_{Q-KWK} + W_{th})$	$(W_{Q-KWK} + W_{th}) \cdot f_{Br}$
GJ	GJ	Mg CO ₂ / GJ	GJ	GJ	Mg CO ₂ / GJ	Mg
600.000	1.350.000	0,082	540.000	3.000.000	0,045	160.641

2. Beispiel: Heizwerk; Berichtszeitraum 01.01. bis 31.12.

Brennstoff- und CO₂-Bilanz der Wärmeerzeugung

Brennstoff- einsatz	Ver- brennungs- wärme	CO ₂ - Brennstoff- Emissions- faktor	Wärme- erzeugung Heizwerk	CO ₂ -Emis- sionsfaktor Wärmenetz- einspeisung	CO ₂ - Emission Wärmenetz- Einspeisung
	W_{Br-x}	f_{Br-x}	Q_{Bne-HW}	f_{WE}	E_{WE-x}
	$W_{Br} = \sum W_{Br-x}$	$f_{Br} = E_{WE} / W_{Br}$		E_{WE} / Q_{Bne-HW}	$E_{WE} = \sum E_{WE-x}$
	GJ	Mg CO ₂ / GJ	GJ	Mg CO ₂ / GJ	Mg
Heizöl EL ³	144.000	0,074			10.656
Erdgas L ³	577.500	0,056			32.340
Hilfsenergie			6.132	0,140	858
	721.500	0,060	619.400	0,069	42.996

3. Beispiel: Fremdeinspeisung aus einer KWK-Anlage; Berichtszeitraum 01.01. bis 31.12.

Wärmenetzeinspeisung und CO₂-Emissionen

Wärme- Fremd- einspeisung KWK	CO ₂ -Emis- sionsfaktor Wärme-Fremd- einspeisung	CO ₂ - Emission Wärme-Fremd- einspeisung
Q_{FE-KWK}	f_{WE}	E_{WE}
		$Q_{FE-KWK} \cdot f_{WE}$
GJ	Mg CO ₂ / GJ	Mg
1.530.000	0,020	30.600

4. Beispiel: Einspeisung aus einem fremden Wärmenetz

Bezugsdaten nur teilweise bekannt; Berichtszeitraum 01.01. bis 31.12.

4.1 Aufteilung der Wärmefremdeinspeisung

Wärme- fremd- einspeisung	Anteil aus Heiz- werken	Anteil aus KWK	Wärme- Fremdein- speisung HW	Wärme- Fremdein- speisung KWK
Q_{FE}	a_{FE-HW}	a_{FE-KWK}	Q_{FE-HW}	Q_{FE-KWK}
			$Q_{FE} \cdot a_{FE-HW}$	$Q_{FE} \cdot a_{FE-KWK}$
GJ			GJ	GJ
1.530.000	0,200	0,800	306.000	1.224.000

4.2 CO₂-Emissionen der KWK-Wärmefremdeinspeisung

mittlere Um- gebungs- temperatur	mittlere Vor- lauftemperatur	mittlere Rück- lauftemperatur	Mitteltemperatur Fremdein- speisung	CO ₂ -Emission KWK-Wärme Fremdein- speisung
T_U	T_{V-KWK}	T_{R-KWK}	T_m	$E_{FE-KWK-R}$
	$T_m = (T_{V-KWK} - T_{R-KWK}) / \ln(T_{V-KWK} / T_{R-KWK})$			$E_{FE-KWK-R} = Q_{FE-KWK} \cdot \beta_{C-Q-KWK} \cdot 2,7 \cdot f_{Br-FE}$
K	K	K	K	Mg CO ₂ / GJ
282,15	363,15	333,15	347,93	0,189
				0,0840
				52.467

4.3 CO₂-Emissionen der Heizwerks-Wärme-Fremdeinspeisung

Wärme-Fremdeinspeisung Heizwerk	Jahres-energiebedarfszahl	Verbrennungswärme Fremdeinspeisung	CO ₂ -Brennstoff-Emissionsfaktor	CO ₂ -Emissionsfaktor Wärme-Fremdeinspeisung	CO ₂ -Emission
Q_{FE-HW}	e_{HW-R}	$Q_{Br-FE-HW}$	f_{Br}	f_{FE-HW}	$E_{FE-HW-R}$
s.o.	s. Abschn. 9.3	$Q_{FE-HW} \cdot e_{HW-R}$	$f_{Br} = E_{WE} / Q_{Br-FE-HW}$	E_{WE} / Q_{FE-HW}	$E_{WE} = \sum E_{WE-x}$
GJ		GJ	Mg CO ₂ / GJ	Mg CO ₂ / GJ	Mg
306.000	1,25	382.500	0,056	0,070	21.420

5. Beispiel: elektrischer Hilfsenergiebedarf Wärmenetz; Berichtszeitraum 01.01. bis 31.12.

	Hilfsenergiebedarf Strom	CO ₂ -Emissionsfaktor der Wärmenetzeinspeisung	CO ₂ -Emission
	A_{HEx}	f_{HEx}	E_{WE}
	GJ	Mg CO ₂ / GJ	$A_{HEx} \cdot f_{HEx}$ Mg
$A_{HE 1.1}$	3.500	0,140	490
$A_{HE 1.2}$	45.000	0,140	6.300
$A_{HE 1.3}$	3.000	0,140	420
$A_{HE 2.1}$	7.200	0,140	1.008
$A_{HE 2.2}$	47.500	0,140	6.650
$A_{HE 2.3}$	5.000	0,140	700
$A_{HE} = \sum A_{HEx}$	111.200	0,140	15.568

Aufstellung der Energiebilanz und der CO₂-Bilanz für die Wärmenetzeinspeisung in einen Bilanzkreis und die Wärmelieferungen bzw. Auspeisungen aus einem Bilanzkreis

Wärmenetzeinspeisungen und CO₂-Emissionen Bilanzkreis 1

Wärmequellen	Wärmenetzeinspeisung	CO ₂ -Emissionen	CO ₂ -Faktor der Wärmenetzeinspeisung	Summe aller Wärmelieferungen	CO ₂ -Faktor der Wärmelieferungen	CO ₂ -Faktor der Wärmelieferungen
	Q_{WEx}	E_{WEx}	f_{WEx}	$Q_{\Sigma WL}$	f_{WL}	$3,6 \cdot f_{WL}$
	s.o.	s.o.	s.o.		$E_{\Sigma WE} / Q_{\Sigma WL}$	
	GJ	Mg	Mg CO ₂ / GJ	GJ	Mg CO ₂ / GJ	Mg CO ₂ / MWh
$Q_{WE 1.1}$	1.809.700	101.819	0,056			
$Q_{WE 1.2}$	1.530.000	30.600	0,020			
$Q_{HE 1.1}$	3.500	490	0,140			
$Q_{HE 1.2}$	45.000	6.300	0,140			
$Q_{HE 1.3}$	3.000	420	0,140			
$Q_{WE} = \sum Q_{WEx}$	3.391.200	139.629	0,041	3.018.168	0,046	0,167

Wärmenetzeinspeisungen und CO₂-Emissionen Bilanzkreis 2

Wärme- quellen	Wärmenetz- einspeisung	CO ₂ - Emissionen	CO ₂ -Faktor des Brenn- stoffeinsatzes	Summe aller Wärme- lieferungen	CO ₂ -Faktor der Wärme- lieferungen	CO ₂ -Faktor der Wärme- lieferungen
	$Q_{WE\ x}$	$E_{WE\ x}$	$f_{WE\ x}$	$Q_{\Sigma WL}$	f_{WL}	$3,6 \cdot f_{WL}$
	GJ	Mg	Mg CO ₂ / GJ	GJ	$E_{\Sigma WE} / Q_{\Sigma WL}$ Mg CO ₂ / GJ	Mg CO ₂ / MWh
$Q_{WE\ 2.1}$	1.809.700	101.819	0,056			
$Q_{WE\ 2.2}$	1.530.000	73.887	0,048			
$Q_{HE\ 2.1}$	7.200	1.008	0,140			
$Q_{HE\ 2.2}$	47.500	6.650	0,140			
$Q_{HE\ 2.3}$	5.000	700	0,140			
$Q_{WE} = \Sigma Q_{WE\ x}$	3.399.400	184.064	0,054	2.991.472	0,062	0,222

Geschäftsordnung

Geschäftsordnung für die Bescheinigungen über die spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren von Fernwärme nach FW 309-6

Business rules of procedure for work sheet FW 309 part 6

Dezember 2014

Verkaufspreis der Druckfassung des Arbeitsblattes FW 309-6 einschließlich der zugehörigen Geschäftsordnung

EUR 25,00 zzgl. MwSt. - für AGFW-Mitglieder

EUR 50,00 zzgl. MwSt. - für Nichtmitglieder

© AGFW, Frankfurt am Main

Herausgeber:

AGFW | Der Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e. V.

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6304-293

Telefax +49 69 6304-455

E-Mail info@agfw.de

Internet www.agfw.de

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, ist nur mit Genehmigung des AGFW gestattet.

Vertrieb:

AGFW-Projektgesellschaft für Rationalisierung, Information und Standardisierung mbH

Stresemannallee 30
60596 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6304-416

Telefax +49 69 6304-391

E-Mail info@agfw.de

Internet www.agfw.de

Vorbemerkungen

Das Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 6 „Energetische Bewertung von Fernwärme – Bestimmung der spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren“ legt die Bilanzierungsregeln fest, die bei der energetischen Bewertung von Fernwärme zu beachten sind. Das Ergebnis der Berechnung kann von den angeschlossenen Wärmekunden genutzt werden, um Objekt spezifische, Quartiers bezogene oder auch kommunale CO₂-Emissionen zu ermitteln. Für diese Zwecke ist es i.d.R. nicht sachdienlich, die Berechnung jährlich durchzuführen, da die jährliche Betrachtungsweise zu schwankenden Ergebnissen führt. Vielmehr sind stabile robuste Faktoren gefragt, auf deren Basis langfristige Energieversorgungskonzepte und Investitionsentscheidungen aufgebaut werden können.

Diese Überlegungen haben 2009 auch zu den Regelungen der Geltungsdauer von Bescheinigungen über Primärenergiefaktoren in der Geschäftsordnung zur AGFW FW 309-1 geführt, die in den Abschnitt 3 des vorliegenden Dokumentes übernommen wurden. Damit wird bzgl. der Datenbasis und Geltungsdauer ein Gleichlauf zwischen AGFW FW 309-1 und AGFW FW 309-6 hergestellt.

Inhalt

Seite

1	Geltungsbereich.....	5
2	Inhalt der Bescheinigung	5
3	Geltungsdauer.....	5
4	Veröffentlichung	5

1 Geltungsbereich

Diese Geschäftsordnung regelt

- Inhalt
- Geltungsdauer und
- das Verfahren zur Veröffentlichung auf der AGFW-Internetseite

der Bescheinigung über die spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren der Fernwärme nach dem Arbeitsblatt AGFW FW 309 Teil 6.

2 Inhalt der Bescheinigung

Die Bescheinigung über die spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren enthält mindestens

- die datierte Bezugnahme des Arbeitsblattes AGFW FW 309-6
- die Bezeichnung des Fernwärmesystems und seiner Lage
- den Namen des Wärmenetzbetreibers
- den Wert des spezifischen CO₂-Emissionsfaktors mit Mengeneinheit
- die Geltungsdauer
- das Ausstellungsdatum

Des Weiteren können Angaben gemacht werden z.B. über

- den Zeitraum der Bilanzdatenbasis
- den Aussteller oder Ansprechpartner
- die Struktur der Systemkomponenten wie Erzeugungsanlagen oder eingesetzte Brennstoffe.

3 Geltungsdauer

Die Bescheinigung auf Basis von Bilanzdaten über drei Jahre ist zehn Jahre gültig.

Wurde die Bilanzierung mit den Bilanzdaten von weniger als drei Jahren durchgeführt, verkürzt sich die Geltungsdauer auf drei Jahre.

Bescheinigungen auf Basis von Planungsdaten haben eine Geltungsdauer von sieben Jahren. Die Folgebescheinigung muss auf Bilanzdaten basieren.

Bei Änderungen der Anlagenkonfiguration oder des Energieträgermixes der betrachteten Anlage, die eine wesentliche Erhöhung des spezifischen CO₂-Emissionsfaktors bewirken, ist mit den Bilanzdaten des Folgejahres unverzüglich der Faktor neu zu berechnen und zu bescheinigen.

4 Veröffentlichung

Der AGFW führt eine Liste der Bescheinigungen, die nach dieser Geschäftsordnung ausgestellt wurden. Sie kann auf der AGFW-Internetseite www.agfw.de eingesehen werden. Die Aufnahme in diese Liste geschieht auf formlosen Antrag bei der AGFW-Geschäftsstelle.