

Berechnung des Primärenergiefaktors für das Fernwärme- netz der RheinEnergie AG für das Jahr 2002

Gutachten der Fachhochschule Köln, Projektleiter Prof. Dr.-Ing. Klaus Sommer

Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Seit der Einführung der Energieeinsparverordnung (kurz: EnEV) zum 1. Februar 2002 wird eine ganzheitliche Betrachtung der Energieversorgung für neu zu errichtende und für bestehende Gebäuden vom Gesetzgeber vorgeschrieben. Der ganzheitliche Ansatz kommt dadurch zum Ausdruck, dass neben dem Energiebedarf im Gebäude auch die vorgelagerte Energieaufwandskette des jeweiligen Energieträgers von der Quelle bis zum Gebäude zu berücksichtigen ist. Die Primärenergien Erdgas, Kohle und Öl sowie die erneuerbaren Energien werden je nach Ihrem Verfahren zur Wärmeerzeugung (ob zum Beispiel Wärmeerzeugung ausschließlich über einen Heizkessel oder durch gleichzeitige Strom- und Wärmeerzeugung) mit unterschiedlichen Primärenergiefaktoren pauschal belegt. Dabei müssen die Primärenergiefaktoren für Fernwärme- und Nahwärmenetze noch einmal differenziert betrachtet werden.

Im Rechenverfahren nach DIN V 4701-10, auf das die EnEV nach § 3 Abs. 2 in Verbindung mit Anhang 1 Nr. 2.1.1 verweist, kann der für den Nachweis erforderliche Primärenergiefaktor für Fern- oder Nahwärme pauschal nach Tabelle C.4-1 oder durch Berechnung nach Nr. 5.4.1 oder 5.4.2 der DIN V 4701-10 ermittelt werden. Die pauschale Ermittlung nach Tabelle C.4-1 setzt voraus, dass die Wärmebereitstellung vollständig auf eine der genannten Arten erfolgt. Beispielsweise gilt für den Primärenergiefaktor der Tabellenwert 0,7, wenn die Fernwärmeversorgung zu 100% aus Kraftwärmekopplung mit fossilem Brennstoff erfolgt.

In der Regel liegt bei der Fernwärmeversorgung jedoch ein Mischfall unterschiedlicher Wärmeerzeuger vor, wobei zusätzlich auch noch unterschiedliche Energieträger – fossile wie auch erneuerbare Energieträger – zum Einsatz kommen. Für diese Fälle haben die genannten pauschalen Angaben keine Gültigkeit. Der Primärenergiefaktor muss in diesem Fall für das konkrete Wärmeversorgungssystem nach Nr. 5.4.1 (oder im Falle geplanter Netze nach 5.4.2) der Norm DIN V 4701-10 ermittelt werden. Die Ermittlung darf gemäß Nr. 5.4.1 DIN V 4701-10 nur auf der Grundlage "... der buchhalterischen Jahresabschlussbilanz und kaufmännisch nachweisbarer Energiebilanzen ..." erfolgen und zumindest bei geplanten Netzen nur durch unabhängige Sachverständige.

Die RheinEnergie AG (RE) hat die Fachhochschule Köln (FH-Köln) unter der Projektleitung von Prof. Dr.-Ing. Klaus Sommer damit beauftragt, das Berechnungsverfahren zum Primärenergiefaktor für deren Kölner Fernwärmeversorgungsgebiet für das Jahr 2002 zu ermitteln.

Da der generell nach EnEV erforderliche Sachverständige von Seiten des Gesetzgebers noch nicht beschrieben wurde, musste zunächst geklärt werden, ob die zuständige Landesbehörde mit der Begutachtung durch die FH Köln einverstanden ist. Die zuständigen Behörden sind in dem vorliegenden Fall das Ministerium für Verkehr, Energie und Landesplanung des Landes Nordrhein-Westfalen (zuständig für Versorgung, Erzeugung) und das Ministerium für Städtebau und Wohnen, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen (zuständig für Gebäude) in Düsseldorf. Dies wurde positiv beschieden.

Einführung in die Berechnung der Primärenergiefaktoren

Die Primärenergiefaktoren konkreter Wärmeversorgungssysteme werden in DIN V 4701-10 nach Nr. 5.4.1 wie folgt berechnet:

$$f_{PE,WV} = \frac{\sum_j Q_{Br,j} \cdot f_{PE,Br,j} + (\Delta W_{KW,netto} - W_{HKW,netto}) \cdot f_{PE,El}}{\sum_i Q_{H,i}} \quad \text{Gl. (1)}$$

Die Bedeutungen der Formelzeichen sind der nachfolgenden Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Erläuterung der Formelzeichen von Gleichung Gl. (1)

Formelzeichen	Bedeutung
$f_{PE,WV}$	Primärenergiefaktor der Wärmeversorgung in [kWh] Primärenergie je [kWh] Heizenergie an der Gebäudehülle als Präzisierung zu den Pauschalvorgaben in Tabelle C.4-1 der Norm
$Q_{H,i}$	Jahresheizenergie an der Übergabestelle zum Gebäude i in [kWh/a], [MWh/a] oder [GWh/a]
$Q_{Br,j}$	Jahresbrennstoffwärmebedarf aus dem fossilen Brennstoff j (z.B. Kohle, Heizöl, Erdgas) für die Wärmeerzeugerwerke (Heizwerke HW und Heizkraftwerke HKW) eines Wärmeversorgungssystems berechnet aus der Jahresmenge $m_{Br,j}$ und dem Heizwert $H_{u,j}$ $Q_{Br,j} = m_{Br,j} \cdot H_{u,j}$
$f_{PE,Br,j}$	Primärenergiefaktor des jeweiligen Brennstoffes j für HW und HKW unter der Berücksichtigung der Vorkette nach Tabelle C.4-1 der Norm
$\Delta W_{KW,netto}$	Arbeitsminderung eines großen Kondensations-Kraftwerkes (sog. Ohnehin-Kraftwerk) mit Fernwärmeauskopplung bei gleichem Brennstoffeinsatz wie im Kondensationsbetrieb und nach Abzug der elektrischen Pumparbeit für die Fernwärme-Transportleitung
$W_{HKW,netto}$	Elektrische Jahresnettoarbeit der Heizkraftwerke des Wärmeversorgungssystems nach Abzug des elektrischen Heizkraftwerkseigenbedarfs und der Antriebsenergie für den Heiznetzbetrieb (Umwälzung, Druckhaltung) in [kWh/a], [MWh/a], [GWh/a]
$f_{PE,El}$	Primärenergiefaktor der Strombereitstellung nach Tabelle C.4-1 der Norm

Nachfolgendes Bild 1 zeigt hierzu die nach DIN V 4701-10 generell anzusetzende Bilanzgrenze für ein Wärmeversorgungsunternehmen.

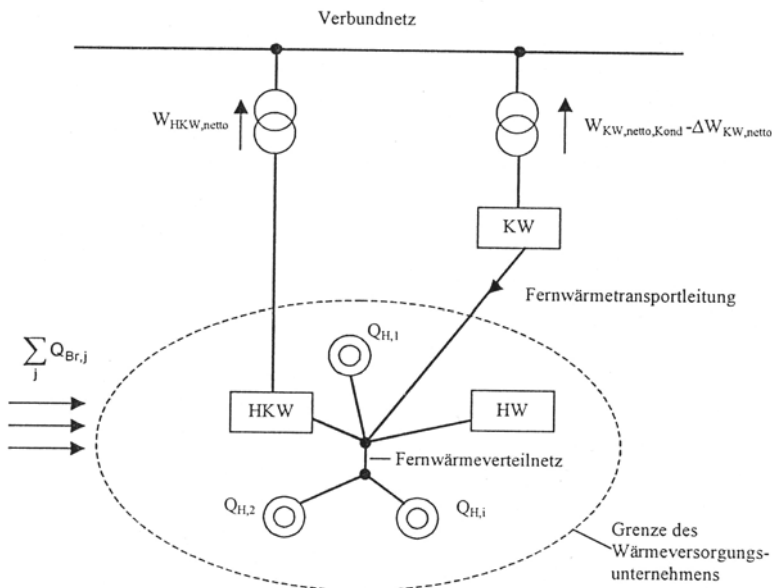


Bild 1: Wärmebilanzgrenze nach DIN V 4701-10 (Bild 5.4.-1 der Norm)



Bilanziert werden die über die Grenze des Wärmeversorgungsunternehmens eintretenden Energiemengen und die über diese Grenze abfließenden Energiemengen. Innerhalb der Grenze des Wärmeversorgungsunternehmens befinden sich die Wärmeabnehmer „Q_{H,J}“ und die Wärmelieferanten in Form von Heizkraftwerken „HKW“ und Heizwerken „HW“, die ihre Wärme über ein Rohrleitungssystem zu den Wärmeabnehmern liefern. Die notwendige Brennstoffenergie wird von außen über die Grenze dem Wärmeversorgungsgebiet zugeführt. Allerdings wird nicht die gesamte Brennstoffenergie innerhalb der Grenze den Wärmeabnehmern zugeführt, sondern ein Teil dieser Brennstoffenergie wird zur Stromerzeugung benötigt, die dann teilweise wieder über die Versorgungsgrenze hinweg dem Stromverbundsystem zur Verfügung gestellt wird. Außerdem ist es möglich, dass Kraftwerke außerhalb der Versorgungsgrenze Kraftwerkswärme ins Versorgungsgebiet liefert. Hierbei handelt es sich um so genannte Ohnehinkraftwerke, in Bild 1 mit „KW“ symbolisiert.

Die nachfolgende Tabelle 2 zeigt die nach DIN V 4701-10 festgelegten Standardwerte der Primärenergiefaktoren, die hier in Gleichung Gl. (1) einzusetzen sind.

Tabelle 2: Primärenergiefaktoren nach DIN V 4701-10 (8.2003)

Energieträger		Primärenergiefaktoren
Brennstoffe	Heizöl EL	1,1
	Erdgas H	1,1
	Flüssiggas	1,1
	Steinkohle	1,1
	Braunkohle	1,2
	Holz	0,2
Nah/Fernwärme aus KWK	fossiler Brennstoff	0,7
	erneuerbarer Brennstoff	0,0
Nah/Fernwärme aus Heizwerken	fossiler Brennstoff	1,3
	erneuerbarer Brennstoff	0,1
Strom	Strom-Mix	3,0

Feststellungen für das Fernwärmeversorgungsgebiet der RE

Die hier durchgeführten Berechnungen basieren auf den Werten der folgenden Quellen:

- Jahresbericht der Heizkraftwerke und Heizwerke für das Jahr 2002
- Einspeisemengen Nahwärme für das Jahr 2002
- Brennstoffwärmemengen der Restmüllverbrennungsanlage in Köln für das Jahr 2002
- Strombezug und Eigenerzeugung für das Jahr 2002
- Absatz Wärme und Dampf für das Jahr 2002
- Diverse Gespräche mit Mitarbeitern der RE.

Die Berechnungsdaten sind aus den genannten Quellen direkt zu entnehmen oder können von diesen abgeleitet werden.

Bild 2 zeigt stark vereinfacht die Fernwärme- bzw. Nahwärmeversorgung der RE für die Stadt Köln. Die Kölner Stadtheizung umfasst drei Fernwärmenetze, 68 Nahwärmeobjekte und ein Prozessdampfnetz. Die Fernwärmenetze verteilen sich auf die Stadtteile Merheim, Innenstadt/Deutz und Chorweiler/Bocklemünd. Die Trassen dieser Netze erstrecken sich über eine Gesamtlänge von rund 270 km.



Bild 2: Schematische Darstellung des Kölner Fernwärmeversorgungsgebietes der RE

Die 68 Nahwärmeprojekte sind über das Versorgungsgebiet der RE verteilt und werden über 8 Blockheizkraftwerke und 60 Heizwerke betrieben.

Das Dampf-Fernwärmenetz der RE liegt im Kölner Norden (Merkenich) und wird aus den KWK-Anlagen der RE und der Restmüllverbrennungsanlage (RMVA) der Abfallentsorgungs- und Verwertungsgesellschaft Köln mbH (AVG Köln mbH) gespeist.

Die RMVA ist Eigentum der Abfallentsorgungs- und Verwertungsgesellschaft Köln mbH (AVG) und wurde im Februar 1998 in Betrieb genommen. Die Anlage arbeitet als Heizkraftwerk auf dem Prinzip der Kraftwärmekopplung. In der RMVA werden Abfallarten wie Hausmüll, Sperrmüll, Gewerbeabfälle und auch krankenhausspezifische Abfälle energetisch verwertet.

Für das RMVA ist insbesondere festzustellen, dass die RE alleiniger Abnehmer des produzierten Stroms und der Wärme ist.

In den nachfolgenden zwei Tabellen werden die im Versorgungsgebiet abgesetzten

Wärmemengen und die erzeugten Strommengen aufgelistet. Danach betrug in 2002 der Wärmeabsatz 1.714.136 MWh und die Netto-Stromerzeugung 2.104.284 MWh.

Tabelle 3: Wärmemengen gesamtes Wärmeversorgungsgebiet (incl. RMVA) in 2002

	Wärmeabsatz
Formelzeichen	$Q_{H,i}$
Einheit	[MWh]
Fernwärmenetz Merheim	101.341
Fernwärmenetz Innenstadt/Deutz	938.890
Fernwärmenetz Neustadt/Bocklemünd	526.925
Nahwärmeprojekte	146.980
gesamt	1.714.136

Tabelle 4: Strommengen gesamtes Wärmeversorgungsgebiet (incl. RMVA) in 2002

	Netto-Stromerzeugung
Formelzeichen	$W_{HWW,netto}$
Einheit	[MWh]
Fernwärmenetz Merheim	45.725
Fernwärmenetz Innenstadt/Deutz	1.348.299
Fernwärmenetz Neustadt/Bocklemünd	686.204
Nahwärmeprojekte	24.056
gesamt	2.104.284

In den Erzeugungsanlagen der RE wird die Wärme sowohl im KWK-Prozess als auch in reinen Heizwerken erzeugt. In nachfolgender Tabelle 5 ist erkennbar, dass die Wärmeversorgung im Jahr 2002 zu 90,8% aus Kraftwärmekopplungsanlagen erzeugt wurde.

Tabelle 5: Aufteilung der Wärme auf KWK-Anlagen und Heizwerke in 2002

Erzeugungsanlage	Netzeinspeisung aus KWK Anlagen	Netzeinspeisung aus Heizwerken	Anteil aus KWK Anlagen	Anteil aus Heizwerken
	[MWh]	[MWh]	[%]	[%]
HKW Merheim	ja	ja		
HKW Niehl	ja			
HKW Südstadt	ja	ja		
HW Deutz		ja		
HW KHD Deutz		ja		
HKW Merkenich	ja	ja		
HW Bocklemünd		ja		
HW Ford PO		ja		
RMVA	ja			
Nahwärmeprojekte gesamt	ja	ja		
gesamt	1.742.198	176.586	90,8	9,2

Die in den Erzeugungsanlagen eingesetzten Brennstoffmengen und die hierfür zugrunde gelegten Primärenergiefaktoren werden in der nachfolgenden Tabelle 6 aufgelistet.

Tabelle 6: Brennstoffwärmemengen gesamtes Wärmeversorgungsgebiet (incl. RMVA)

Brennstoff	Erdgas	Heizöl	Braunkohle	Tiermehl	Müll
Formelzeichen	$Q_{Br,EG}$	$Q_{Br,HEL}$	$Q_{Br,BK}$	$Q_{Br,TM}$	$Q_{Br,Mü}$
Einheit	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]	[MWh]
Primärenergiefaktor $f_{PE,Br,j}$	1,1	1,1	1,20	0	0
Erzeugungsanlagen					
Fernwärmenetz Merheim	192.885	1.801	0	0	0
Fernwärmenetz Innenstadt-Deutz	3.961.308	13.342	0	0	0
Fernwärmenetz Neustadt-Bocklemünd	1.043.431	13.519	642.371	17.819	1.318.604
Nahwärmeprojekte	X	X	0	0	0
gesamt	5.379.139	33.172	642.371	17.819	1.318.604

Schlussfolgerungen für das Fernwärmeversorgungsgebiet der RE

Der Gutachter kommt zu dem Ergebnis, dass für die hier vorliegende Berechnung des Primärenergiefaktors für das Fernwärmeversorgungsgebiet der RheinEnergie AG auch die Restmüllverbrennungsanlage der Abfallentsorgungs- und Verwertungsgesellschaft Köln mbH „physikalisch“ einzubeziehen ist, da die RE alleiniger Abnehmer des produzierten Stroms und der produzierten Wärme ist.

Insofern befindet sich auch die RMVA innerhalb der Bilanzgrenze des Berechnungsverfahrens nach DIN 4701-10, Bild 3.

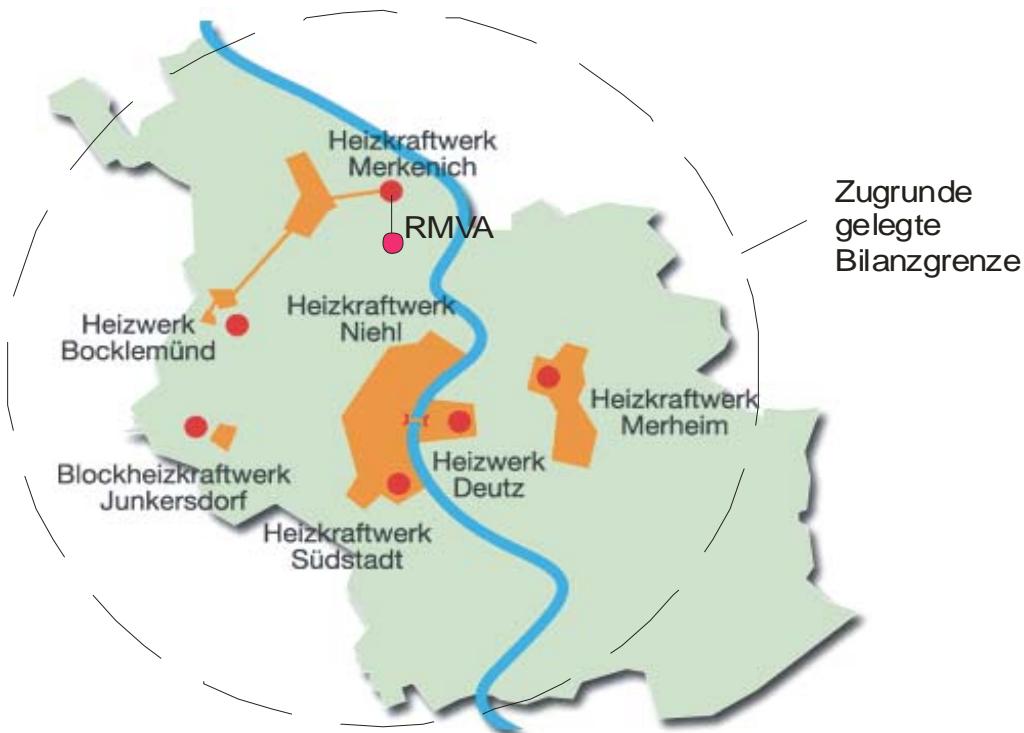


Bild 3: Schematische Darstellung des Kölner Fernwärmeversorgungsgebiets der RE mit der hier zugrunde gelegten Bilanzgrenze

Der Primärenergiefaktor für das Fernwärme-Versorgungsgebiet der RE berechnet sich
somit für das Jahr 2002 wie folgt:

$$f_{PE,gesamtesWVG} = \frac{\sum_j Q_{Br,j} \cdot f_{PE,Br,j} + (\Delta W_{KW,netto} - W_{HKW,netto}) \cdot f_{PE,El}}{\sum_i Q_{H,i}}$$
$$f_{PE,gesamtesWVG} = \frac{Q_{Br,EG} \cdot f_{PE,EG} + Q_{Br,HEL} \cdot f_{PE,HEL} + Q_{Br,BK} \cdot f_{PE,BK} + Q_{Br,TM} \cdot f_{PE,TM} + Q_{Br,Mü} \cdot f_{PE,Mü} + (\Delta W_{KW,netto} - W_{HKW,netto}) \cdot f_{PE,El}}{\sum_i Q_{H,i}}$$

Der Gutachter bestätigt der RE hiermit für das Kölner Fernwärmesystem die Richtigkeit
des Berechnungsverfahrens und einen Primärenergiefaktor für das Jahr 2002 von

$$f_{PE,gesamtesWVG} = 0,24$$

Köln, den 06.06.06
gez. Herr Prof. Dr.-Ing. Klaus Sommer

Die Datengrundlage zu diesem Abschlussbericht ist dem internen Abschlussbericht zum Gutachten von
Herrn Prof. Dr.-Ing. Klaus Sommer und der hier zugrunde liegenden Diplomarbeit von Dipl. Ing. Lars
Lohrberg entnommen.