

Primärenergiefaktoren für SenerTec-KWK-Anlagen

**Gutachten für die Bestimmung der Primär-
energiefaktoren für KWK-Anlagen
Aktualisierung 2007**

Primärenergiefaktoren für SenerTec-KWK-Anlagen

**Gutachten für die Bestimmung der Primär-
energiefaktoren für KWK-Anlagen
Aktualisierung 2007**

| | |
|----------------------------|---|
| Auftraggeber: | SenerTec Kraft-Wärme- Energiesysteme GmbH |
| FfE-Auftragsnummer: | 566.2 |
| Bearbeiter/in: | Dipl.-Ing. M. Steck Prof. Dr.-Ing. W. Mauch Prof. Dr.-Ing. U. Wagner |
| Fertigstellung: | August 2007 |

Impressum:

Endbericht
der Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.
(FfE)

zum Projekt:

Primärenergiefaktoren für
SenerTec-KWK-Anlagen

Gutachten für die Bestimmung der Primär-
energiefaktoren für KWK-Anlagen
Aktualisierung 2007

Auftraggeber:

SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH

Kontakt:

Am Blütenanger 71
80995 München
Tel.: +49 (0) 89 158121-0
Fax: +49 (0) 89 158121-10
E-Mail: info@ffe.de
Internet: www.ffe.de

Wissenschaftlicher Leiter:

Prof. Dr.-Ing. U. Wagner

Geschäftsführer:

Prof. Dr.-Ing. W. Mauch

Projekt-Manager:

Dipl.-Phys. R. Corradini

Aktualisierung des Gutachtens „*Primärenergiefaktoren für SenerTec-KWK-Anlagen*“ (Dezember 2006)

Eine Aktualisierung des oben genannten Gutachtens /FfE 06/ ist aus zwei Gründen erforderlich:

1. Änderung der Norm DIN V 4701-10/A1 im Dezember 2006
2. Bewertung der neu entwickelten Heizkraftanlage Dachs RS 5.0

1 Änderung der Norm DIN V 4701-10/A1

Die Norm DIN V 4701-10/A1 unterscheidet sich gegenüber der Vornorm von 2003-8 /DIN V 4701-10/ in Tabelle C.4-1 - Primärenergiefaktoren durch die zusätzliche Ausweisung des „nicht erneuerbarer Anteils“ des genannten Faktors. Der „gesamte“ Primärenergiefaktor ist definiert als der Quotient aus der eingesetzten Primärenergie einschließlich der Vorketten, wie Förderung, Aufbereitung und Transport und der heizwertbezogenen Endenergiemenge. Der „nicht erneuerbare Anteil“ berücksichtigt nur den fossilen Anteil der Primärenergie, bezieht sich aber auf die identische Endenergiemenge.

$$f_{p, \text{insgesamt}} = \frac{KNRA + KEA}{H(\text{Energieträger})}$$

$$f_{p, \text{nicht erneuerbar}} = \frac{KNRA}{H(\text{Energieträger})}$$

f_p : Primärenergiefaktor

KEA : Kumulierter Energieaufwand

$KNRA$: Kumulierter, nicht regenerativer Energieaufwand

H : Heizwert des erzeugten Energieträgers

Gemäß der ab 1. Oktober 2007 in Kraft tretenden EnEV 2007, §3, Abs. 2 /EnEV 2007/ ist für die Berechnung des Jahres-Primärenergiebedarfs von Wohngebäuden der nicht erneuerbare Anteil der DIN V 4701-10/A1, Tabelle C.4-1, Spalte B zu verwenden.

Bei der Berechnung der Primärenergiefaktoren für die Heizkraftanlagen der Firma SenerTec muss somit der Primärenergiefaktor für Strom auf 2,7 (früher 3,0) korrigiert werden. Dieser Faktor ist für die Berechnung der Stromgutschrift entscheidend. Alle anderen, in der Berechnung verwendeten Primärenergiefaktoren bleiben von der Überarbeitung der Norm unberührt. Es sei darauf hingewiesen, dass sich das Berechnungsverfahren, nicht aber die begutachtete Anlagentechnik geändert hat.

Folgende, aktualisierte Anlagenwerte können gemäß DIN V 4701-10/A1 gutachterlich anerkannt werden. Zum Vergleich sind in **Tabelle 1-1** die ursprünglichen Werte, die nach DIN V 4701-10 (2003-8) den Primärenergiefaktor 3,0 für Strom verwenden, in Klammer angegeben.

Tabelle 1-1: Primärenergiefaktoren der KWK-Anlagen von SenerTec

| | HKA G 5,5 | HKA G 5,0 (LowNOx) | HKA F 5,5 | HKA HR 5,3 |
|---|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| Brennstoff | Erdgas E | Erdgas E | Flüssiggas (Propan) | Heizöl EL |
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage) | 0,64 (0,51) | 0,68 (0,56) | 0,64 (0,51) | 0,56 (0,42) |
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage inkl. Kondenser) | 0,60 (0,48) | 0,64 (0,53) | 0,60 (0,48) | 0,53 (0,39) |

2 Bewertung der Heizkraftanlage Dachs RS 5.0

Seit dem Verfassen des Gutachtens von Dezember 2006 /FfE 06/ hat SenerTec eine Rapsöl betriebene Heizkraftanlage (Dachs RS 5.0) entwickelt, deren Primärenergiefaktor analog zu den bereits begutachteten Anlagen ausgewiesen wird. Grundsätzlich kann die Bestimmung des Anlagenwertes entweder auf Basis tabellierter Kennwerte (DIN V 4701-10/A1, Tabelle C.4-1) oder einer anlagenspezifischen Berechnung durch unabhängige Sachverständige erfolgen. Der Tabellenwert für „Nah-/Fernwärme aus KWK“ mit „erneuerbarem Brennstoff“, der für die gebäudeintegrierte Heizkraftanlage Dachs RS 5.0 maßgeblich ist, weist den „nicht erneuerbaren Anteil“ des Primärenergiefaktors von 0 auf. Gemäß DIN V 4701-10, Kap. 5.4.2 ist die Ausweisung von negativen Faktoren nicht möglich. In diesem Fall ist der Wert auf 0 zu setzen. Im Gutachten kann daher ohne Berechnung für den Dachs RS 5.0 mit und ohne Kondenser ein Primärenergiefaktor von 0 ausgewiesen werden.

Unabhängig von einer gutachterlichen Bewertung und Verwendung im Rahmen der EnEV kann jedoch der anlagenspezifische Wert bestimmt werden. Die Berechnung erfolgt analog zu dem in der Studie „Primärenergiefaktoren für SenerTec-KWK-Anlagen“ /FfE 06/ vorgestellten Verfahren. Der nicht erneuerbare Primärenergiefaktor des Brennstoffs Rapsöl ist nicht in DIN V 4701-10/A10 ausgewiesen und wurde aus /GEMIS/ zu 0,426 bestimmt. Darin enthalten ist ein Transportweg von 150 km vom Produktionsort bis zum Verbraucher. Der Primärenergiefaktor des Stroms ist mit 2,7 berücksichtigt. Die Angaben zur Heizkraftanlage beruhen auf Hersteller- und TÜV-Angaben. Die Ergebnisse sind in **Tabelle 2-1** dargestellt.

Tabelle 2-1: Primärenergiefaktoren errechnet aus Herstellerangaben und TÜV-Ergänzungsprüfung /Sen 07, TÜV 07, DIN V4701-10/A1/

| | Dachs RS 5.0 Rapsöl |
|--|--------------------------------|
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage) Berechnung gemäß TÜV-Zertifizierung | -0,56 |
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage) Berechnung gemäß Herstellerangaben | -0,57 |
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage inkl. Kondenser) Berechnung gemäß Herstellerangaben | -0,51 |
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage mit/ohne Kondenser) Ohne Berechnung, gemäß DIN V4701-10/A1, Tabelle C.4-1 | 0,00 |

Der negative Primärenergiefaktor erklärt sich dadurch, dass die Anlage durch die Stromerzeugung den Einsatz „nicht erneuerbare“ Primärenergie vermeidet. Diese Gutschrift ist größer als der Einsatz des Brennstoffs Rapsöl.

3 Literaturverzeichnis

- DIN 4701-10 DIN V 4701, Teil 10: Vornorm zur energetischen Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; August 2003; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; Beuth Verlag, Berlin
- DIN 4701-10/A1 DIN V 4701, Teil 10, Änderung 1: Vornorm zur energetischen Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Dezember 2006; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; Beuth Verlag, Berlin
- FfE 06 Arndt, U.: Primärenergiefaktoren für SenerTec-KWK-Anlagen, Forschungsstelle für Energiewirtschaft, München, 2006
- GEMIS Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.3, Öko-Institut e.V., Darmstadt, 2006
- EnEV 04 Energieeinsparverordnung (EnEV), Bundesministerin der Justiz, Berlin, 12-2004
- EnEV 07 Energieeinsparverordnung (EnEV), Bundesministerium der Justiz, Berlin 7-2007
- Sen 07 Technisches Datenblatt - Der Dachs, Art. Nr.: 07/4798.092.008, SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH, Schweinfurt, 2007
- TÜV 07 Bericht über die Ergänzungsprüfung hinsichtlich Emissionen, Leistung und Wirkungsgrad eines anschlussfertigen Blockheizkraftwerks mit dem Brennstoff Rapsöl. TÜV SÜD Industrie Service GmbH, München, März 2007

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Bestimmung der Primärenergiefaktoren | 1 |
| 2.1 | Berechnungsverfahren nach DIN V 4701-10 | 2 |
| 2.2 | Betrachtung verschiedener Datenquellen für die Ausweisung von Primärenergiefaktoren | 3 |
| 2.2.1 | Messtechnische Untersuchungen am KWK-Prüfstand | 3 |
| 2.2.2 | Zulassungsprüfung des TÜV | 4 |
| 2.2.3 | Technische Daten des Herstellers | 5 |
| 2.3 | Leistungscharakteristik des Abgaswärmeübertragers..... | 6 |
| 2.3.1 | Messtechnische Untersuchungen am KWK-Prüfstand | 6 |
| 2.3.2 | Technische Daten des Herstellers | 7 |
| 3 | Ergebnisse | 7 |
| 3.1 | Primärenergiefaktoren der Dachs Heizkraftanlagen | 8 |
| 3.2 | Thermische Leistung des Kondensers | 8 |
| 3.3 | Zusammenfassung..... | 8 |
| 4 | Literaturverzeichnis | 10 |
| 5 | Anhang: Beispielberechnung | 11 |
| 6 | Anhang: Gutachten | 15 |

Primärenergiefaktoren für SenerTec-KWK-Anlagen

1 Einleitung

Die aktuelle Energieeinsparverordnung (EnEV) sieht eine ganzheitliche Bewertung neu zu errichtender Gebäude anhand des Jahres-Primärenergiebedarfs für Heizung, Lüftung und Trinkwassererwärmung vor. Der Nachweis, ob der zulässige Jahres-Primärenergiebedarf eingehalten wird, kann in bestimmten Grenzen durch Kombination aus baulichen und anlagentechnischen Maßnahmen erbracht werden.

Die DIN V 4701, Teil 10, enthält Berechnungsvorschriften und Kennwerte zur energetischen Bewertung der Anlagentechnik. Das Beiblatt zu dieser Norm enthält einen Überblick über die Effizienz einer großen Anzahl von gebräuchlichen Anlagenkonfigurationen zur Heizung, Warmwasserbereitung und Lüftung. Diese reichen beispielsweise bei der Heizung von Gas- und Heizölkesseln über Wärmepumpen bis hin zur Fernwärmeversorgung. Die Effizienz der Anlagen wird mithilfe von jeweils ausgewiesenen Primärenergiefaktoren ausgedrückt.

Als entscheidender Mangel ist festzustellen, dass die Beheizung mit gebäudeintegrierten KWK-Systemen nur am Rande erwähnt wird. Spezifische Primärenergiefaktoren für KWK-Anlagen sind nicht vorhanden. Es gibt jedoch zwei Möglichkeiten, für gebäudeintegrierte KWK-Anlagen einen Primärenergiefaktor zu bestimmen. Entweder setzt man gebäudeintegrierte KWK-Anlagen mit der Nah- und Fernwärmeversorgung gleich; dafür sieht die DIN V 4701, Teil 10, einen Primärenergiefaktor von 0,7 vor. Andererseits können abweichende Werte des Primärenergiefaktors aus Planungsdaten für ein Versorgungssystem von unabhängigen Sachverständigen ermittelt werden /DIN 4701-10/.

Die zweite, o.g. Vorgehensweise ist Inhalt dieses Gutachtens. Es werden die Primärenergiefaktoren für verschiedene von SenerTec Dachs Heizkraftanlagen (HKA) genannten KWK-Anlagen bestimmt, um diese Planern von KWK-Anlagen und Energieberatern zur Verfügung stellen zu können.

2 Bestimmung der Primärenergiefaktoren

Für konkrete KWK-Anlagen sind in der DIN V 4701, Teil 10, keine Primärenergiefaktoren angegeben. Entweder wird für gebäudeintegrierte KWK-Anlagen der für Nah- und Fernwärmeversorgung angegebene Primärenergiefaktor von 0,7 übernommen oder der Primärenergiefaktor aus Planungsdaten für ein Versorgungssystem ermittelt. Dazu gibt die DIN V 4701, Teil 10, in Abschnitt 5 ein Berechnungsverfahren vor.

2.1 Berechnungsverfahren nach DIN V 4701-10

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) bezieht sich bei der Bestimmung des Primärenergiefaktors auf die DIN V 4701, Teil 10. Nach dieser Norm wird bei gegebenem Nutzenergiebedarf der Jahres-Primär- und Endenergiebedarf für Heizen und Trinkwassererwärmung unter definierten Randbedingungen ermittelt.

Für gebäudeintegrierte KWK-Anlagen kann dieses Berechnungsverfahren genutzt werden, da Wärme, die innerhalb des Gebäudes durch KWK-Anlagen erzeugt wird, so behandelt werden darf, wie Wärme aus einer außerhalb angeordneten KWK-Anlage.

Somit kann der Primärenergiefaktor für gebäudeintegrierte KWK-Anlagen nach Abschnitt 5 der DIN V 4701, Teil 10, ermittelt werden. Die Berechnung des Primärenergiefaktors $f_{PE,WV}$ erfolgt anhand der folgenden Gleichung 2-1 (vgl. DIN V 4701, Teil 10, Kapitel 5.4.2 „Berechnung aus Planungsdaten für ein Versorgungssystem“¹).

$$f_{PE,WV} = \frac{(\sigma_a + 1) \cdot \beta_{KWK} \cdot f_{PE,Br,HKW}}{\xi_{HKW} \cdot \xi_{HN}} + \frac{\beta_{HW} \cdot f_{PE,Br,HW}}{\xi_{HW} \cdot \xi_{HN}} - \frac{\sigma_a \cdot \beta_{KWK} \cdot f_{PE,EI}}{\xi_{HN}} \quad \text{Gleichung 2-1}$$

| | |
|-----------------|---|
| σ_a | Jahresstromkennzahl der KWK-Anlage |
| β_{KWK} | Jahresanteil der in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Wärme fossil gefeuerter Heizkraftwerke an der gesamt erzeugten Wärme |
| ξ_{HKW} | Jahresnutzungsgrad des Heizkraftwerkes. |
| ξ_{HN} | Jahresnutzungsgrad des Heiznetzes |
| $f_{PE,Br,HKW}$ | Primärenergiefaktor des Brennstoffs der Heizkraftanlage ² |
| β_{HW} | Jahresanteil der in fossil gefeuerten Heizwerken erzeugten Wärme an der gesamt erzeugten Wärme |
| ξ_{HW} | Jahresnutzungsgrad des Heizwerkes. |
| $f_{PE,Br,HW}$ | Primärenergiefaktor des Brennstoffs des Heizwerks |
| $f_{PE,EI}$ | Primärenergiefaktor der Strombereitstellung ³ |

Diese Gleichung besteht aus drei Termen. Der erste beschreibt den Primärenergiebedarf der KWK-Anlage und der zweite den des Spitzenlast- bzw. Zusatzkessels. Der dritte Term enthält die primärenergetische Gutschrift für den erzeugten KWK-Strom.

Da der Einfluss und der Anteil des Spitzenlast- bzw. Zusatzkessels stark vom jeweiligen Anwendungsfall abhängen und in der Energieberatersoftware (z.B. Energieberater von Hottgenroth) gesondert berücksichtigt wird, ist für die Berechnung des Primärenergiefaktors der Dachs HKA nur die KWK-Anlage selbst bzw. in Kombination mit dem von SenerTec Kondenser genannten Abgaswärmeübertrager betrachtet. Dadurch reduziert sich Gleichung 2-1 auf den ersten und dritten Term wie folgt:

$$f_{PE,WV} = \frac{(\sigma_a + 1) \cdot \beta_{KWK} \cdot f_{PE,Br,HKW}}{\xi_{HKW} \cdot \xi_{HN}} - \frac{\sigma_a \cdot \beta_{KWK} \cdot f_{PE,EI}}{\xi_{HN}} \quad \text{Gleichung 2-2}$$

¹ Die Berechnung nach Kapitel 5.4.1 „Berechnungsvorschrift für Primärenergiefaktoren konkreter Wärmeversorgungssysteme (Nah- und Fernwärmeversorgung)“ führt unter den getroffenen Annahmen zu den gleichen Ergebnissen.

² aus Tabelle C.4-1: $f_{PE,Br} = 1,1$ für Erdgas und Heizöl EL /DIN 4701-10/

³ aus Tabelle C.4-1: $f_{PE,EI} = 3,0$ für Strombereitstellung /DIN 4701-10/

Der Jahresanteil der in Kraft-Wärme-Kopplung erzeugten Wärme β_{KWK} wird auf 1 gesetzt. Der Nutzungsgrad des Heiznetzes wird mit 100 % angesetzt, da sich die KWK-Anlage im zu beheizenden Gebäude befindet. Die Wärmeverluste und der zugehörige Hilfsenergiebedarf eines Pufferspeichers werden von der DIN V 4701, Teil 10, vorgegeben und lassen sich mit Hilfe der Energieberater-Software berücksichtigen /Hott 06/.

Des Weiteren schreibt die DIN V 4701, Teil 10, vor, dass für Fern- und Nahwärmesysteme mit einer Aufwandszahl $e_{\text{H,g}}$ von 1,01 zu rechnen ist. Elektrische Verluste treten durch die Regelung auf, die aber bei der Ausweisung von elektrischen Nettoleistungen schon berücksichtigt wurden. Daher ist die Hilfsenergie $q_{\text{H,g,HE}}$ mit 0 kWh/(m²·a) anzusetzen. Für dezentrale KWK, worunter gebäudeintegrierte KWK-Anlagen zu verstehen sind, darf mit einer Erzeuger-Aufwandszahl $e_{\text{H,g}}$ von 1,0 und einem Hilfsenergiebedarf von $q_{\text{H,g,HE}} = 0$ kWh/(m²·a) gerechnet werden, sofern bei der Bestimmung des Primärenergiefaktors alle gerätebedingten Verluste berücksichtigt wurden /DIN 4701-10/. Da bei den KWK-Anlagen sowohl die elektrische Nettoleistung⁴ als auch die gelieferte Wärme berücksichtigt wird, ist diese Bedingung erfüllt. Standardmäßig lässt sich die Aufwandszahl $e_{\text{H,g}}$ in Energieberaterprogrammen (z.B. Hottgenroth) jedoch nicht verändern, wodurch ein Nachteil für die gebäudeintegrierte KWK entsteht.

2.2 Betrachtung verschiedener Datenquellen für die Ausweisung von Primärenergiefaktoren

Sowohl bei der Stromkennzahl als auch den Nutzungsgraden werden in der DIN V 4701, Teil 10, Abschnitt 5, zur Berechnung Jahreswerte angesetzt. Die dafür notwendigen Energiemengen lassen sich jedoch nur für konkrete Anwendungsfälle bestimmen, die keinen allgemeingültigen Charakter haben. Es besteht also die Notwendigkeit, verschiedene Datenquellen in Hinblick auf die Nutzbarkeit zur Ausweisung von Primärenergiefaktoren zu betrachten.

2.2.1 Messtechnische Untersuchungen am KWK-Prüfstand

Im Auftrag der Forschungsstelle für Energiewirtschaft (FFE) wurden am Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik (IfE) der TU München messtechnische Prüfstandsuntersuchungen an einer Dachs HKA G 5,5 der Firma SenerTec durchgeführt. Der Prüfstand kann realitätsnahe Bedarfslastgänge für Raumwärme und Warmwasser von Wohngebäuden reproduzierbar vorgeben, die vom KWK-System gedeckt werden müssen.

Für die Messungen wurden die Bedarfslastgänge eines sanierten Mehrfamilienhauses (10 Wohneinheiten) für bestimmte Typtage (Winter-, Übergangs- und Sommertag) hinterlegt. Bei der Auslegung der KWK-Anlage wurde beachtet, dass die thermische Leistung der KWK-Anlage 25 % der Gebäudeauslegungsleistung entspricht. Das KWK-System bestand aus der KWK-Anlage Dachs HKA G 5,5 mit Kondensator, einer Vaillant-Therme als Spitzenlastkessel, einem 1.000-Liter-Pufferspeicher sowie einem 500-Liter-Warmwasserspeicher und wurde wärmegeführt mit zusätzlichen Lastanforderungen betrieben.

⁴ die elektrische Nettoleistung ergibt sich aus der Bruttoleistung, die an den Generator клемmen gemessen wird, abzüglich des Hilfsenergiebedarfs

Der Vorteil bei der Betrachtung von Jahresenergiemengen ist, dass diese sowohl instationäre Vorgänge als auch das Start- und Stopp-Verhalten im Betrieb der KWK-Anlagen beinhalten. Dabei ist festzustellen, dass die KWK-Anlage nach einem Startvorgang aufgrund des internen Aufwärmprozesses erst allmählich die thermische Nennleistung erreicht, wohingegen die elektrische Nennleistung früher anliegt. Diese Aussagen sind weniger wichtig, wenn die KWK-Anlage wenige Starts (< 3 pro Tag) und lange Laufzeiten aufweist, also zur Grundlastdeckung dient oder nur der Winterbetrieb betrachtet wird. Ist die KWK-Anlage jedoch zu groß dimensioniert oder wird diese im Sommer nur für die Warmwasserbereitung eingesetzt, führen häufige Anlagenstarts und kurze Laufzeiten zu geringeren thermischen Leistungen.

Bei den messtechnischen Untersuchungen, die an einer Dachs HKA G 5,5 mit Erdgas der Gruppe E durchgeführt wurden, werden die Ergebnisse der Typtage auf Jahreswerte hochgerechnet. Diese führen zu den in **Tabelle 2-1** dargestellten Primärenergiefaktoren, die ohne Berücksichtigung des Kondensers bei 0,48 und mit Kondensers bei 0,45 liegen. Betrachtet man nur die Energiemengen der Typtage, liegen die errechneten Primärenergiefaktoren ohne Kondensers zwischen 0,48 und 0,51 bzw. mit Kondensers zwischen 0,44 und 0,49.

Tabelle 2-1: Primärenergiefaktoren errechnet aus messtechnischen Untersuchungen /Berechnungen mithilfe von IfE 06/

| $f_{PE,WV}$ | Einheit | HKA G 5,5 ohne Kondensers | HKA G 5,5 mit Kondensers |
|---------------------|---------|---------------------------|--------------------------|
| Jahreswerte | - | 0,48 | 0,45 |
| Wintertag | - | 0,48 | 0,44 |
| Übergangstag | - | 0,48 | 0,46 |
| Sommertag | - | 0,51 | 0,49 |

Es stellt sich folglich das Problem, dass sich aus der Betrachtung von konkreten Anwendungsfällen keine allgemeingültigen Primärenergiefaktoren ableiten lassen, da diese sehr vom Einsatz und der Auslegung abhängen. Die mit Hilfe der vom IfE ermittelten Werte berechneten Primärenergiefaktoren bieten jedoch eine gute Orientierung für die Beurteilung von anderen Datenquellen /IfE 06/.

2.2.2 Zulassungsprüfung des TÜV

Für alle vier Typen des SenerTec Dachs (Erdgas, Erdgas LowNOx, Flüssiggas und Heizöl) wurden im Rahmen einer TÜV-Zulassungsprüfung die Erfüllung von Anforderungen aus relevanten Regelwerken (DVGW, DIN etc.) überprüft und Leistungsdaten ermittelt. Die Messungen an den Geräten fanden im stationären Betrieb bei Rücklauf-temperaturen von ca. 60 °C (Flüssiggas: 68 °C) statt.

Die elektrischen Leistungen wurden bei der TÜV-Zulassungsprüfung direkt am Generator gemessen, sodass für die Bestimmung des Primärenergiefaktors noch der Hilfsenergiebedarf berücksichtigt werden muss. Dieser wurde vom TÜV nicht gesondert ausgewiesen und liegt nach Herstellerangaben bei 120 W bei den Gas-Anlagen bzw. 140 W bei der Heizöl-Anlage /Sen 06/, was durch die Messungen am IfE nahezu bestätigt werden konnte (135 W im stationären Betrieb der Dachs HKA G 5,5) /IfE 06/.

Die in **Tabelle 2-2** enthaltenen Primärenergiefaktoren wurden mit den Ergebnissen der TÜV-Zulassungsprüfung nach dem in Abschnitt 2.1 beschriebenen Berechnungsverfahren ermittelt. Anstelle der Jahresenergiemengen wurden die entsprechenden Leistungsdaten eingesetzt. Daraus resultiert, dass instationäre Vorgänge und das Start- und Stoppverhalten keine Beachtung finden. Sollten diese berücksichtigt werden, müsste ein Betriebsverhalten der KWK-Anlage definiert und pro Anlagenstart das verzögerte Erreichen der Nennleistungen abgebildet werden.

Tabelle 2-2: Primärenergiefaktoren errechnet aus TÜV-Zulassungsprüfungen /TÜV 97, TÜV 98, Sen 06/

| | Einheit | HKA G 5,5 | HKA G 5,5 | HKA G 5,0 (LowNOx) | HKA G 5,0 (LowNOx) | HKA F 5,5 | HKA HR 5,3 |
|-------------------------------|---------|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------|------------------------|---------------|
| Brennstoff⁵ | - | Erdgas E | Erdgas LL | Erdgas E | Erdgas LL | Flüssiggas (Propan) | Heizöl EL |
| f_{PE,WV} | - | 0,49 | 0,53 | 0,55 | 0,60 | 0,51 | 0,42 |

2.2.3 Technische Daten des Herstellers

Als dritte Datenquelle für die Ausweisung der Primärenergiefaktoren stehen die technischen Daten des Herstellers zur Verfügung. Diese werden als elektrische, thermische und Brennstoffleistungen angegeben. Die elektrische Leistung bezeichnet die Leistung an den Generatorklemmen und ist somit als elektrische Bruttoleistung zu betrachten. Für die elektrische Nettoleistung muss der ebenfalls ausgewiesene Hilfsenergiebedarf von der Bruttoleistung subtrahiert werden, um die Primärenergiefaktoren berechnen zu können.

Im Datenblatt wird bei den HKA G-Anlagen als Brennstoff Erdgas angegeben, ohne explizit die Brennstoffkategorie zu nennen /Sen 06/. Mit der Kenntnis der Ergebnisse der TÜV-Zulassungsprüfung beziehen sich die technischen Daten des Datenblatts auf Erdgas der Kategorie E (früher H) /TÜV 97/.

Tabelle 2-3: Primärenergiefaktoren errechnet aus Herstellerangaben /Sen 06, Sen 00/

| | Einheit | HKA G 5,5 | HKA G 5,0 (LowNOx) | HKA F 5,5 | HKA HR 5,3 |
|--|---------|-----------|-----------------------|------------|---------------|
| Brennstoff | - | Erdgas | Erdgas | Flüssiggas | Heizöl EL |
| elektrische Nettoleistung | kW | 5,38 | 4,88 | 5,38 | 5,16 |
| therm. Leistung der KWK-Anlage | kW | 12,5 | 12,3 | 12,5 | 10,5 |
| therm. Leistung des Kondensers | kW | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,7 |
| Brennstoffleistung | kW | 20,5 | 19,6 | 20,5 | 17,9 |
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage) | - | 0,51 | 0,56 | 0,51 | 0,40 |
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage inkl. Kondensers) | - | 0,48 | 0,53 | 0,48 | 0,38 |

⁵ Erdgas E (früher H) gemessen mit Prüfgas G 20, Erdgas LL (früher L) gemessen mit Prüfgas G 25, Flüssiggas gemessen mit Prüfgas G 31

In **Tabelle 2-3** sind neben den technischen Daten auch die thermischen Leistungen des Kondensers aufgeführt, die der Planungshilfe HKA-Kondensers entnommen wurden /Sen 00/. Da sich die technischen Daten auf eine Rücklauftemperatur von 60 °C beziehen wurde die thermische Leistung des Kondensers auch entsprechend abgelesen. Die Primärenergiefaktoren verbessern sich durch die Berücksichtigung des Kondensers um 0,03 bei den Erdgas-Anlagen bzw. 0,02 bei der Heizöl-Anlage.

Wie bereits im letzten Abschnitt erörtert, gelten bei der Betrachtung von Leistungen die genannten Einschränkungen bezüglich der instationären Vorgänge und des Start- und Stoppverhaltens.

2.3 Leistungscharakteristik des Abgaswärmeübertragers

Um die durch den Abgaswärmeübertragers (Kondensers) erzeugte thermische Leistung bei der Bestimmung der Primärenergiefaktoren berücksichtigen zu können, muss erörtert werden, in welchem Bereich die Rücklauftemperaturen zum Kondensers liegen werden. Dies ist relativ unabhängig von der Auslegungstemperaturpaarung des Heizsystems im Gebäude. Diese liegt bei 70/55 °C (Vorlauf-/Rücklauf-temperatur), bei Niedertemperatursystemen bei 55/45 °C und bei Fußbodenheizung bei 35/28 °C. Da alle Systeme i.d.R. mit einem Pufferspeicher zwischen KWK-Anlage und Heizkreis betrieben werden, wird das Temperaturniveau im Pufferspeicher von der Vorlauf-temperatur der KWK-Anlage dominiert, sodass auch bei einem Fußbodenheizsystem die Rücklauf-temperatur zum Kondensers weit über den 28 °C liegen wird. Deshalb muss davon ausgegangen werden, dass im stationären Betrieb nur geringe Mengen des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes auskondensieren. Nur bei Aufheizvorgängen (z.B. Übergang von Nachtabsenkung in Tagbetrieb) sind tiefere Temperaturen zu erwarten, bei denen Abgaskondensation auftritt.

Für die Bestimmung der Leistungscharakteristik des Kondensers liegen Messwerte aus den messtechnischen Untersuchungen am IfE und die technischen Daten des Herstellers vor.

2.3.1 Messtechnische Untersuchungen am KWK-Prüfstand

Die am KWK-Prüfstand durchgeführten Messungen an einer Dachs HKA G 5,5 (Erdgas E) wurden dahingehend ausgewertet, dass die thermische Leistung des Kondensers in Abhängigkeit von der Rücklauf-temperatur dargestellt werden kann.

Dabei zeigt sich der charakteristische Verlauf der thermischen Leistung. Bei Rücklauf-temperaturen oberhalb von ca. 52 °C ist die thermische Leistung nahezu konstant, unterhalb von 52 °C steigt die thermische Leistung mit abnehmender Rücklauf-temperatur stetig an. Diese Grenze wird durch den Taupunkt des Abgases charakterisiert. Dabei wurden Messwerte vom Wintertag, vom Übertag und aus einer stationären Messung berücksichtigt.

Um aus den vielen Messwerten greifbare Ergebnisse zur Bestimmung der Primärenergiefaktoren ableiten zu können, ist die Betrachtung der im Kondensers erzeugten Energiemengen sinnvoll. Diese wurden wie schon im Abschnitt 2.2.1 aus den Ergebnissen der einzelnen Typtage auf Jahreswerte hochgerechnet. Beim Betrieb der Dachs HKA G 5,5 mit Heizkreismischer hat der Kondensers eine durchschnittliche thermische Leistung von 0,83 kW, bzw. 0,61 kW ohne Heizkreismischer.

2.3.2 Technische Daten des Herstellers

Die Planungshilfe HKA-Kondensier enthält die zu erwartenden thermischen Leistungen in Abhängigkeit von der Rücklauf­temperatur /Sen 00/. Die in **Tabelle 2-4** enthaltenen Daten wurden jeweils für den Betrieb mit einer Erdgas- bzw. Heizöl­anlage ausgewiesen. Die Messungen wurden im Unterschied zu den Untersuchungen am IfE auf der Abgas­seite des Kondensier durchgeführt. Dabei wurden die Abgastemperaturen vor und nach dem Kondensier, der Abgasstrom und die anfallende Kondensatmenge erfasst und ausgewertet.

Tabelle 2-4: Leistungscharakteristik des Kondensier an verschiedenen Dachs HKA aus Herstellerangaben /Sen 00/

| | Einheit | Arbeitspunkt 1 | Arbeitspunkt 2 | Arbeitspunkt 3 | Arbeitspunkt 4 |
|----------------------------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Rücklauf­temperatur | °C | 20 | 35 | 50 | 60 |
| Abgastemperatur ca. | °C | 40 | 55 | 75 | 85 |
| Betrieb mit Dachs HKA-Gas | | | | | |
| Kondensationsgrad ca. | % | 80 | 50 | 5 | 0 |
| thermische Leistung ca. | kW | 3,0 | 2,3 | 0,9 | 0,8 |
| Betrieb mit Dachs HKA-Öl | | | | | |
| Kondensationsgrad ca. | % | 60 | 20 | 0 | 0 |
| thermische Leistung ca. | kW | 2,0 | 1,4 | 0,8 | 0,7 |

3 Ergebnisse

Unter gewissen, eindeutig zu benennenden Rahmenbedingungen können die Primär­energiefaktoren der verschiedenen Dachs Heizkraftanlagen auch anhand ihrer Leistungsangaben ausgewiesen werden. Dabei müssen die evtl. Abweichungen diskutiert werden, die sich bei der Berechnung auf der Basis von Jahresenergiemengen ergeben würden.

Die DIN V 4701, Teil 10, enthält Berechnungsvorschriften zur Bestimmung des Primär­energiefaktors, die auf KWK-Anlagen angewendet werden können. Jedoch sind dabei Jahresenergiemengen einzusetzen, die nur für konkrete Anwendungsfälle bekannt sein können. Allgemeingültige Primär­energiefaktoren lassen sich daraus nicht ableiten, da die Rahmenbedingungen der möglichen Anwendungsfälle stark differieren. Zwar hat die Ausweisung von Primär­energiefaktoren nach den Gleichungen der DIN V 4701, Teil 10, auf der Basis von Leistungsdaten den Mangel, instationäre Vorgänge und das Start-Stoppverhalten der KWK-Anlagen nicht zu berücksichtigen, diese Vorgehensweise stellt jedoch einen guten Kompromiss aus verfügbaren Daten, pragmatischer Vorgehensweise und Abbildung der technischen Verhältnisse dar.

3.1 Primärenergiefaktoren der Dachs Heizkraftanlagen

Der Vergleich der Tabelle 2-1 und Tabelle 2-3 zeigt, dass die entsprechenden Primärenergiefaktoren, die auf Grundlage der gemessenen Energiemengen errechnet wurden, sogar günstiger sind, als diejenigen auf der Basis der technischen Daten. Eine Besserstellung der KWK-Anlagen durch die Berücksichtigung von Leistungswerten aus den technischen Daten findet also nicht statt. Es kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass es Einsatzbeispiele der KWK-Anlagen gibt, in denen aufgrund der spezifischen Rahmenbedingungen die mit Leistungsdaten ermittelten Primärenergiefaktoren nicht erreicht werden.

Die vom Hersteller ausgewiesenen technischen Daten wurden auf der Grundlage der vom TÜV ermittelten Leistungswerte ausgewiesen. Vergleicht man die Primärenergiefaktoren aus Tabelle 2-2 mit denen aus Tabelle 2-3, so lassen sich bei den Gas-Anlagen nur Abweichungen von bis zu 0,01 erkennen, wobei die Faktoren auf der Basis der TÜV-Prüfungen günstiger sind. Nur bei der Heizöl-Anlage HKA HR 5,3 ist der Primärenergiefaktor um 0,02 schlechter als der mit den technischen Daten errechnete Faktor.

3.2 Thermische Leistung des Kondensers

Die thermische Leistung des Kondensers ist von der Rücklauftemperatur abhängig. Für die Berücksichtigung des Kondensers bei der Ausweisung von Primärenergiefaktoren ist es jedoch nicht sinnvoll, die Leistung in Abhängigkeit von Parametern auszuweisen, die bei der Nutzung des Primärenergiefaktors in der DIN V 4701, Teil 10, und Energieberaterprogrammen nicht direkt relevant sind. Mit beiden vorliegenden Quellen kann die Abhängigkeit der thermischen Leistung des Kondensers gezeigt werden. Die dabei aufgetretenen Abweichungen lassen sich auf die unterschiedliche Messmethodik zurückführen.

Für den Kondensator, der mit einer Erdgas betriebenen Dachs HKA arbeitet, geben die Herstellerangaben eine thermische Mindestleistung von 0,8 kW vor. Dieser Wert lässt sich auch mit den messtechnischen Untersuchungen für den von SenerTec empfohlenen Betrieb mit Heizkreismischer belegen. Die durchschnittliche thermische Leistung liegt bei 0,83 kW.

Bei Heizöl ist das Verhältnis von Brennwert zu Heizwert ($10,57 \text{ (kWh/l)} / 10,07 \text{ (kWh/l)} = 1,05$) geringer als bei Erdgas ($11,48 \text{ (kWh/m}^3\text{)} / 10,33 \text{ (kWh/m}^3\text{)} = 1,10$), sodass bei Kondensern, die mit einer Heizöl-Anlage betrieben werden, der Taupunkt bei einer niedrigeren Temperatur liegt. Die zu erwartende thermische Leistung durch Abgas-kondensation ist bei Heizöl folglich geringer.

Um die Allgemeingültigkeit der hier getroffenen Aussagen zu wahren, wird für die Berücksichtigung des Kondensers bei der Ausweisung der Primärenergiefaktoren von einer thermischen Leistung des mit einer Erdgas-Anlage betriebenen Kondensers von 0,8 kW bzw. 0,7 kW beim Betrieb mit einer Heizöl-Anlage ausgegangen.

3.3 Zusammenfassung

Als ausgewiesene Primärenergiefaktoren werden die in **Tabelle 3-1** aufgeführten Werte gutachterlich anerkannt.

Tabelle 3-1: Primärenergiefaktoren der KWK-Anlagen von SenerTec

| | HKA G 5,5 | HKA G 5,0 (LowNOx) | HKA F 5,5 | HKA HR 5,3 |
|---|------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------|
| Brennstoff | Erdgas E | Erdgas E | Flüssiggas (Propan) | Heizöl EL |
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage) | 0,51 | 0,56 | 0,51 | 0,42 |
| f_{PE,WV} (KWK-Anlage inkl. Kondenser) | 0,48 | 0,53 | 0,48 | 0,39 |

4 Literaturverzeichnis

- DIN 4701-10 DIN V 4701, Teil 10: Vornorm zur energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen - Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; August 2003; DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; Beuth Verlag, Berlin
- Hott 06 Hottgenroth: Energieberater Professional, Version 5.10, Hottgenroth Software, Köln, 2006
- IfE 06 Mühlbacher, H.; Geiger, B.: Innovative KWK-Systeme zur Hausenergieversorgung - Zwischenbericht SenerTec - Durchführung von messtechnischen Untersuchungen am SenerTec Dachs HKA G 5,5, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, TU München, September 2006
- Sen 00 Datenblatt und Planungshilfe HKA-Kondenser, Art. Nr.: 00/4798 137 005 SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH, Schweinfurt, 2000
- Sen 06 Technisches Datenblatt - Der Dachs, Art. Nr.: 06.05/4798.092.007, SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH, Schweinfurt, 2006
- TÜV 97 TÜV Bau und Betrieb: Bericht über die Prüfung des anschlussfertigen Blockheizkraftwerks Typ HKA G S1 der Firma SenerTec, stationärer Ottomotor für Erdgas oder Propan, München, Juni 1997
- TÜV 98 TÜV Bau und Betrieb: Bericht über die Prüfung des anschlussfertigen Blockheizkraftwerks Typ HKA G S1 der Firma SenerTec, stationärer Dieselmotor für Heizöl, München, Dezember 1998

5 Anhang: Beispielberechnung

Allgemeine Projektdaten

| | |
|-----------------------|-------------------------|
| Projekt : | SenerTec |
| | Dachs HKA G 5,5 |
| Gebäudetyp: | Wohngebäude |
| Innentemperatur: | normale Innentemperatur |
| Anzahl Vollgeschosse: | 4 |
| Anzahl Wohneinheiten: | 10 |

Gebäudegeometrie

| | |
|------------------------|------------------------|
| Gebäudehüllfläche: | 1238,50 m ² |
| Gebäudevolumen: | 2818,75 m ³ |
| Beheiztes Luftvolumen: | 2255,00 m ³ |
| Gebäudenutzfläche: | 902,00 m ² |
| A/Ve - Verhältnis: | 0,44 1/m |

Anlagenbewertung nach DIN 4701-10

Anlagenbeschreibung

Heizung:

| | |
|-------------|--|
| Erzeugung | Zentrale Wärmeerzeugung, 2 Wärme-Erzeuger, bivalent-parallel Wärmeerzeuger 1 - 90% Deckungsanteil Nah- oder Fernwärme - Kraft-Wärme-Kopplung, fossil SenerTec - Dachs HKA G 5,5 Wärmeerzeuger 2 - 10% Deckungsanteil NT-Kessel - 35 kW, Erdgas E BUDERUS - Logano G134 multigas 35kW |
| Speicherung | Pufferspeicher - 750 Liter, Dämmung nach EnEV |
| Verteilung | Auslegungstemperaturen 55/45°C Dämmung der Leitungen nach EnEV optimierter Betrieb (optimale Heizkurve, hydraul. Abgleich) Umwälzpumpe leistungsgeregelt |
| Übergabe | freie Heizfläche, Anordnung im Außenwandbereich Thermostatventil mit Auslegungsproportionalbereich 2 K |

Warmwasser:

| | |
|-------------|---|
| Erzeugung | Zentrale Warmwasserbereitung Warmwassererzeugung über die Heizungsanlage |
| Speicherung | Indirekt beheizter Speicher - 500 Liter, Dämmung nach EnEV |
| Verteilung | Verteilung mit Zirkulation Dämmung der Leitungen nach EnEV |

Ergebnisse

Eingaben:

$$A_N = \boxed{902,0 \text{ m}^2} \quad t_{HP} = \boxed{185 \text{ Tage}}$$

| | TRINKWASSER- ERWÄRMUNG | HEIZUNG | LÜFTUNG |
|------------------|--|---|---------|
| absoluter Bedarf | $Q_{tw} = 11275 \text{ kWh/a}$ | $Q_h = 55674 \text{ kWh/a}$ | |
| bezogener Bedarf | $q_{tw} = 12,50 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ | $q_h = 61,72 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ | |

Ergebnisse gesamt:

| Deckung von q_h | $q_{h,tw} = 2,04 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ | $q_{h,H} = 59,69 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ | $q_{h,L} = 0,00 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ |
|-------------------|---|---|--|
|-------------------|---|---|--|

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Σ WÄRME | $Q_{TW,E} = 21156 \text{ kWh/a}$ | $Q_{H,E} = 61169 \text{ kWh/a}$ | $Q_{L,E} = 0 \text{ kWh/a}$ |
| Σ HILFSENERGIE | 601 kWh/a | 515 kWh/a | 0 kWh/a |
| Σ PRIMÄR- ENERGIE | $Q_{TW,P} = 12591 \text{ kWh/a}$ | $Q_{H,P} = 36889 \text{ kWh/a}$ | $Q_{L,P} = 0 \text{ kWh/a}$ |

| | | |
|---------------------|---|---------------------------------------|
| ENDENERGIE | $Q_E = 82324 \text{ kWh/a}$ | Σ WÄRME |
| | 1115 kWh/a | Σ HILFSENERGIE |
| PRIMÄRENERGIE | $Q_P = 49480 \text{ kWh/a}$ | Σ PRIMÄRENERGIE |
| | $q_P = 54,86 \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$ | |
| ANLAGENAUFWANDSZAHL | $e_P = 0,74 \text{ [-]}$ | |
| ENDENERGIE | nach eingesetzten Energieträgern | |
| | $Q_{E,0} = 7031 \text{ kWh/a}$ | Σ Erdgas E |
| | $Q_{E,1} = 75293 \text{ kWh/a}$ | Σ Kraft-Wärme-Kopplung, fossil |

Ergebnisse Heizung:

| | |
|---------------------|--|
| Bereich: | Bereich 1 - zentral - |
| Heiz-Strang: | Zentralheizung mit Dachs HKA G5,5 |

| WÄRME (WE) | | | | |
|-------------------|--|------------------------|----------------|---------------|
| | Rechenvorschrift/Quelle | Dimension | | |
| q_h | Heizwärmebedarf | [kWh/m ² a] | | 61,72 |
| $q_{h,TW}$ | aus Berechnungsblatt Trinkwasser | [kWh/m ² a] | - | 2,04 |
| $q_{h,L}$ | aus Berechnungsblatt Lüftung | [kWh/m ² a] | - | - |
| $q_{c,e}$ | Verluste Übergabe | [kWh/m ² a] | | 3,30 |
| q_d | Verluste Verteilung | [kWh/m ² a] | + | 2,38 |
| q_s | Verluste Speicherung | [kWh/m ² a] | | 0,56 |
| Σ | $(q_h - q_{h,TW} - q_{h,L} + q_{c,e} + q_d + q_s)$ | [kWh/m ² a] | | 65,92 |
| | | | Erzeuger | Erzeuger |
| | | | 1 | 2 |
| α_g | Wärmeerzeuger-Deckungsanteil | [-] | 90,15 % | 9,85 % |
| e_g | Wärmeerzeuger-Aufwandszahl | [-] | 1,01 | 1,20 |
| q_E | $\Sigma q \times (e_{g,j} \times \alpha_{g,j})$ | [kWh/m ² a] | 60,02 | 7,79 |
| f_p | Primärenergiefaktor | [-] | 0,51 | 1,10 |
| q_p | $\Sigma q_{E,j} \times f_{p,j}$ | [kWh/m ² a] | 30,61 | 8,57 |

| | | |
|-------|----------------------------|-------------|
| Q_h | 55674 kWh/a | Wärmebedarf |
| A_N | 902,0 m ² | Fläche |
| q_h | 61,72 kWh/m ² a | Q_h / A_N |

67,81 kWh/m²a Endenergie

39,18 kWh/m²a Primärenergie

| HILFSENERGIE (HE) | | | | |
|--------------------------|--|------------------------|----------------|---------------|
| (Strom) | Rechenvorschrift/Quelle | Dimension | | |
| $q_{ce,HE}$ | Hilfsenergie Übergabe | [kWh/m ² a] | | - |
| $q_{d,HE}$ | Hilfsenergie Verteilung | [kWh/m ² a] | + | 0,43 |
| $q_{s,HE}$ | Hilfsenergie Speicherung | [kWh/m ² a] | | 0,14 |
| | | | Erzeuger | Erzeuger |
| | | | 1 | 2 |
| α_g | Wärmeerzeuger-Deckungsanteil | [-] | 90,15 % | 9,85 % |
| $q_{g,HE}$ | Hilfsenergie Erzeugung | [kWh/m ² a] | - | 0,00 |
| $\alpha \times q_{g,HE}$ | | [kWh/m ² a] | - | 0,00 |
| $\Sigma q_{HE,E}$ | $(q_{ce,HE} + q_{d,HE} + q_{s,HE} + \Sigma \alpha q_{g,HE})$ | [kWh/m ² a] | | 0,57 |
| f_p | Primärenergiefaktor | [-] | | 3,00 |
| $q_{HE,p}$ | $\Sigma q_{HE,E} \times f_p$ | [kWh/m ² a] | | 1,71 |

0,57 kWh/m²a Endenergie

1,71 kWh/m²a Primärenergie

| | | | | |
|-----------|---|---------------|--------------|-------|
| $Q_{H,E}$ | $\Sigma q_E \times A_N$ | WÄRME | 61169 | kWh/a |
| | $\Sigma q_{HE,E} \times A_N$ | HILFS-ENERGIE | 515 | kWh/a |
| $Q_{H,P}$ | $(\Sigma q_p + \Sigma q_{HE,p}) \times A_N$ | | 36889 | kWh/a |

ENDENERGIE

PRIMÄRENERGIE

Ergebnisse Trinkwassererwärmung:

| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| Bereich: | Bereich 1 - zentral - |
| TW-Strang: | Zentrale Warmwasserversorgung |

| WÄRME (WE) | | | |
|-------------|--|------------------------|-------|
| | Rechenvorschrift/Quelle | Dimension | |
| Q_{TW} | Trinkwasser-Wärmebedarf | [kWh/m ² a] | 12,50 |
| $Q_{TW,ce}$ | Verluste Übergabe | [kWh/m ² a] | - |
| $Q_{TW,d}$ | Verluste Verteilung | [kWh/m ² a] | 7,00 |
| $Q_{TW,s}$ | Verluste Speicherung | [kWh/m ² a] | 1,07 |
| Σ | ($Q_{TW} + Q_{TW,ce} + Q_{TW,d} + Q_{TW,s}$) | [kWh/m ² a] | 20,57 |

| | Erzeuger | Erzeuger | Erzeuger |
|-----------------|------------------------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| $\alpha_{TW,g}$ | Wärmeerzeuger-Deckungsanteil | 100,00 % | |
| $\theta_{TW,g}$ | Wärmeerzeuger-Aufwandszahl | 1,14 | |

| | | | |
|------------|---|------------------------|-------|
| $Q_{TW,E}$ | $\Sigma Q_{TW} \times (\theta_{TW,g}) \times \alpha_{TW,g}$ | [kWh/m ² a] | 23,45 |
| $F_{PE,I}$ | Primärenergiefaktor | [-] | 0,51 |
| $Q_{TW,P}$ | $\Sigma Q_{TW,E} \times f_{p,i}$ | [kWh/m ² a] | 11,96 |

| | | |
|----------|----------------------------|----------------|
| Q_{TW} | 11275 kWh/a | Wärmebedarf |
| A_N | 902,0 m ² | Fläche |
| q_{TW} | 12,50 kWh/m ² a | Q_{TW} / A_N |

| Heizwärmegutschriften | | |
|-----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| $Q_{h,TW,d}$ | 2,04 [kWh/m ² a] | Verteilung |
| $Q_{h,TW,s}$ | - [kWh/m ² a] | Speicherung |
| $Q_{h,TW}$ | 2,04 [kWh/m ² a] | $\dot{Q}_{h,TW,d} + \dot{Q}_{h,TW,s}$ |

23,45 kWh/m²a Endenergie

11,96 kWh/m²a Primärenergie

| HILFSENERGIE (HE) | | | |
|-------------------|--------------------------|------------------------|------|
| (Strom) | Rechenvorschrift/Quelle | Dimension | |
| $Q_{TW,ce,HE}$ | Hilfsenergie Übergabe | [kWh/m ² a] | - |
| $Q_{TW,d,HE}$ | Hilfsenergie Verteilung | [kWh/m ² a] | 0,24 |
| $Q_{TW,s,HE}$ | Hilfsenergie Speicherung | [kWh/m ² a] | 0,03 |

| | Erzeuger | Erzeuger | Erzeuger |
|--------------------------|------------------------------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 |
| $\alpha_{TW,g}$ | Wärmeerzeuger-Deckungsanteil | 100,00 % | |
| $Q_{TW,g,HE}$ | Hilfsenergie Erzeugung | 0,40 | |
| $\alpha \times Q_{g,HE}$ | | 0,40 | |

| | | | |
|----------------------|---|------------------------|------|
| $\Sigma Q_{TW,HE,E}$ | ($Q_{TW,ce,HE} + Q_{TW,d,HE} + Q_{TW,s,HE} + \Sigma \alpha Q_{g,HE}$) | [kWh/m ² a] | 0,67 |
| f_p | Primärenergiefaktor | [-] | 3,00 |
| $Q_{TW,HE,P}$ | $\Sigma Q_{TW,HE,E} \times f_p$ | [kWh/m ² a] | 2,00 |

0,67 kWh/m²a Endenergie

2,00 kWh/m²a Primärenergie

$Q_{TW,E} = \Sigma Q_{TW,E} \times A_N$
 $\Sigma Q_{TW,HE,E} \times A_N$

$Q_{TW,P} = (\Sigma Q_{TW,P} \times \Sigma Q_{TW,HE,P}) \times A_N$

| | |
|---------------|-------------|
| WÄRME | 21156 kWh/a |
| HILFS-ENERGIE | 601 kWh/a |

12591 kWh/a

ENDENERGIE

PRIMÄRENERGIE

Gutachten

Der sachverständige Gutachter, die

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.

Am Blütenanger 71, 80995 München

bescheinigt der

SenerTec Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH

Carl-Zeiss-Straße 18, 97424 Schweinfurt,

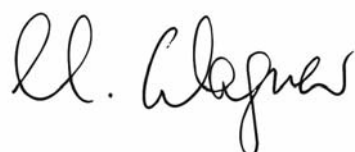
dass die Dachs Heizkraftanlagen die folgenden Primärenergiefaktoren erreichen:

| Gesetzliche Grundlage | EnEV 2007, §3, Abs. 2 (1.10.2007) DIN V 4701-10/A1, Tabelle C.4-1 (12/2006) | EnEV 2004, §3, Abs. 2 (2.12.2004) DIN V 4701-10, Tabelle C.4-1 (8/2003) |
|--|--|--|
| Primärenergiefaktor für Strom | 2,7 | 3,0 |
| Heizkraftanlage | Primärenergiefaktor $f_{PE,WV}$ | |
| Dachs G 5,5 (Brennstoff Erdgas E) | 0,64 | 0,51 |
| Dachs G 5,5 mit Kondenser (Brennstoff Erdgas E) | 0,60 | 0,48 |
| Dachs G 5,0 (Brennstoff Erdgas E) | 0,68 | 0,56 |
| Dachs G 5,0 mit Kondenser (Brennstoff Erdgas E) | 0,64 | 0,53 |
| Dachs F 5,5 (Brennstoff Flüssiggas Propan) | 0,64 | 0,51 |
| Dachs F 5,5 mit Kondenser (Brennstoff Flüssiggas Propan) | 0,60 | 0,48 |
| Dachs HR 5,3 (Brennstoff Heizöl EL) | 0,56 | 0,42 |
| Dachs HR 5,3 mit Kondenser (Brennstoff Heizöl EL) | 0,53 | 0,39 |
| Dachs RS 5.0 mit / ohne Kondenser (Brennstoff Rapsöl) | 0,00 | 0,00 |

Die berechneten Primärenergiefaktoren beziehen sich nur auf den Betrieb der jeweiligen Dachs Heizkraftanlage. Anlagenspezifische Faktoren für z.B. Spitzenlastkessel, Wärmespeicher oder Warmwasserbereitung wurden bei der Berechnung nicht berücksichtigt und müssen bei der Bestimmung der Anlagen-Aufwandszahl gemäß DIN V 4701-10 ermittelt werden. Die in der Langversion des Gutachtens beschriebenen Rahmenbedingungen bei der Berechnung sind bei der Verwendung der Primärenergiefaktoren zu beachten.

München, 27. August 2007

Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.



Prof. Dr.-Ing. U. Wagner



Prof. Dr.-Ing. W. Mauch