

Grundlast-  
Wärmeerzeuger

Spitzenlast-  
Wärmeerzeuger



**INSTITUT WOHNEN  
UND UMWELT GmbH**

Annastraße 15

64285 Darmstadt

Fon: (0049) 06151/2904-0

Fax: (0049) 06151/2904-97

eMail: info@iwu.de

Internet: http://www.iwu.de

BHKW

\*) Näheres siehe Rechenhilfe

Hilfsenergie

# Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Bewertungsschema –

Ergänzung zur Untersuchung  
„Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Erfahrungen und Perspektiven“  
im Auftrag des  
Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Darmstadt, den 30.08.2005

Autoren: Nikolaus Diefenbach  
Tobias Loga  
Rolf Born

	Grundlast- Wärmeerzeuger	Spitzenlast- Wärmeerzeuger
Verteilung und Regelung	1,0 ... 3,0	2,0
...	+0,5 ... +1,5	+1,0
...	+0,3 ... +0,7	+0,5
...	+0,3 ... +0,7	+0,5
...	+1,3 ... +4,0	+3,0
...	+0,5 ... +2,0	+1,0
...	+0,5 ... +1,5	+0,7
...	+0,5 ... +4,0	+ 0,1 x $q_{NW,d}$

- Erdreich-Wärmepumpe
- Luft-Wärmepumpe
- Abluft-Wärmepumpe
- BHKW\*
- Gasmotor-Wärmepumpe
- elektrischer Heizstab
- Holzpelletkessel

\*) siehe Rechenhilfe BHKW

Stromgutschriftmethode

## **Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Bewertungsschema**

Ergänzung zur Untersuchung

„Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Erfahrungen und Perspektiven“  
im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung

Autoren:           Nikolaus Diefenbach  
                      Tobias Loga  
                      Rolf Born

Reprotechnik:   Reda Hatteh

1. Auflage

Darmstadt, den 30.08.2005

ISBN-Nr.: 3-932074-83-1

IWU-Bestellnummer: 11/05

INSTITUT WOHNEN UND UMWELT GMBH

Annastraße 15

D-64285 Darmstadt

Fon: 06151/2904-0 / Fax: -97

Internet: [www.iwu.de](http://www.iwu.de)

## Inhalt

<b>1 Informationen zur vorliegenden Broschüre.....</b>	<b>4</b>
1.1 Das Verfahren .....	4
1.2 Berechnungsschema und Anhaltswerte .....	4
1.3 Anwendung des Verfahrens .....	5
<b>2 Bewertungsschema Wärmeversorgung.....</b>	<b>6</b>
2.1 Gesamtbilanz .....	6
2.2 Rechenhilfen .....	7
<b>3 Literaturverweis.....</b>	<b>8</b>
<b>4 Berechnungsblätter .....</b>	<b>8</b>

# 1 Informationen zur vorliegenden Broschüre

## 1.1 Das Verfahren

Bei der vorliegenden Broschüre handelt es sich um eine Arbeitshilfe, mit der verschiedene Wärmeversorgungs-systeme für Niedrigenergiehäuser aus energetischer Sicht bewertet werden können. Die Grundlagen für das Berechnungsschema und für die Anhaltswerte sind in der im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung erstellten Studie „Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Erfahrungen und Perspektiven“ [Diefenbach et al. 2005] dokumentiert.

Es können grundsätzlich folgende Versorgungssysteme für die kombinierte Bereitstellung von Wärme für Heizung und Warmwasser bewertet werden:

- konventionell befeuerte Heizkessel (Öl, Gas)
- Biomasse-Wärmeerzeuger (Holz-Pellets, -Hackschnitzel)
- Elektro-Wärmepumpen (Wärmequellen Erdreich, Luft und Abluft)
- Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (Öl, Gas, Biomasse)

Eine Kombination zweier Wärmeerzeuger (Grundlast/Spitzenlast) ist möglich. Weiterhin können die Auswirkungen der folgenden zusätzlichen Techniken auf die Gesamtbilanz abgeschätzt werden:

- Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung
- thermische Solaranlagen zur Unterstützung der Wärmeerzeugung in Einzelgebäuden
- Nah- und Fernwärmenetze
- solare Nahwärme

Das Berechnungsschema ermöglicht die überschlägige energetische Bilanzierung dieser Techniken. Für einen gegebenen Bedarf an Nutzwärme wird über die Abschätzung von Energieverlusten und Gewinnen der Bedarf an Endenergie und der Bedarf an Primärenergie bestimmt.

## 1.2 Berechnungsschema und Anhaltswerte

Das Schema soll einen Überblick über die Effizienz verschiedener Versorgungssysteme ermöglichen. Die angegebenen Anhaltswerte sind aus verschiedenen Quellen abgeleitet und orientieren sich an heute in der Praxis erzielbaren Werten. Weiterhin wird eine Spanne für die jeweiligen Größen angegeben, die jeweils die Abhängigkeit der Effizienz der Komponenten bzw. Teilsystemen von der Auslegung bzw. von ihren technischen Eigenschaften wiedergibt.

Bei der Konzeption des Berechnungsschemas wurde weiterhin berücksichtigt, dass Schnittstellen enthalten sind, bei denen Energieströme auch in der Praxis typischerweise gemessen werden. Damit wird gewährleistet, dass die angestrebten Effizienzwerte messtechnisch überprüfbar sind.

Informationen zu den Details des Schemas finden sich im Endbericht zur Studie [Diefenbach et al. 2005].

### 1.3 Anwendung des Verfahrens

Die Anwendung des Verfahrens ist z.B. in folgenden Bereichen möglich und sinnvoll:

- kommunale Entscheidungsträger: Festlegung von Versorgungssystemen im Rahmen der Bauleitplanung, beim Verkauf von kommunalem Bauland, etc.
- Bauträger, Fachplaner, Energieversorgungsunternehmen, Energiedienstleistungsunternehmen: Konzeptfindung für eine Wärmeversorgung von einzelnen Gebäuden und Siedlungen im Neubau und Bestand; Prüfung verschiedener Optionen im Hinblick auf die erzielbare Energieeffizienz
- Landesregierung / Bundesregierung: Bewertung verschiedener Strategien der Wärmeversorgung, Vorgabe für Kriterien zur Förderung, Entwicklung und Forschung

Bei der Bewertung verschiedener Wärmeversorgungssysteme wird etwa wie folgt vorgegangen:

1. Der Wärmeschutzstandard des Gebäudes wird festgelegt. Daraus ergibt sich der Brutto-Heizwärmebedarf. Für Niedrigenergiehäuser sollte er etwa bei 40 bis 70 kWh pro m<sup>2</sup> Wohnfläche liegen, für Passivhäuser bei 35 bis 45 kWh/(m<sup>2</sup>a).
2. Unter Verwendung der tabellierten Anhaltswerte wird die Energiebilanz der in Betracht kommenden Wärmeversorgungstechniken erstellt. So kann für die verschiedenen Varianten die primärenergetische Effizienz bestimmt werden. Wenn genauere Informationen vorliegen, können jeweils statt der Anhaltswerte die konkreten Daten des Projekts eingesetzt werden. Aus dem ebenfalls ausgewiesenen Endenergiebedarf der verwendeten Energieträger können weiterhin die verbrauchsabhängigen Kosten ermittelt werden.
3. Die Variation der einzelnen Teileffizienzen innerhalb der angegebenen Spanne zeigt nun, wie stark das Ergebnis von der energetischen Optimierung und Qualitätssicherung während Planung und Ausführung abhängt. Die Bestwerte sind mit Sicherheit nur erreichbar, wenn für eine kontinuierliche Überwachung der Energieeffizienzstandards im Bauprozess, bei der Inbetriebnahme und im ersten Nutzungsjahr gesorgt wird.

Das Bewertungsschema dient vor allem der Konzeptfindung und Ableitung von Anforderungen an Teilsysteme. Die konkrete Anlagenplanung und -auslegung erfolgt nach den Regeln der Technik, der gesetzliche Nachweis nach den Regelungen der EnEV.

## 2 Bewertungsschema Wärmeversorgung

### 2.1 Gesamtbilanz

Das Bewertungsschema für die Gesamtbilanz findet sich in Abschnitt 4. Alle Energiekennwerte beziehen sich auf die reale (beheizte) Wohnfläche.<sup>1</sup>

Ausgangspunkt für die Kalkulation ist der Heizwärmebedarf des Gebäudes und der Nutzwärmebedarf Warmwasser. Zusammen mit den Speicher- und Verteilverlusten errechnet sich daraus der Gesamtwärmebedarf des Gebäudes.<sup>2</sup> Der Wärmebeitrag einer thermischen Solaranlage wird davon abgezogen, wodurch sich der Nettowärmebedarf ergibt. Im Fall einer Nahwärmeversorgung werden die Netzverluste hinzuaddiert, im Fall einer solaren Nahwärmeversorgung der entsprechende solare Deckungsbeitrag abgezogen. Das Ergebnis ist die gesamte von den Wärmeerzeugern bereitzustellende Wärmemenge („Wärmeerzeugung gesamt“). Liegt keine Nahwärme vor, ist dieser Wert mit dem Nettowärmebedarf des Gebäudes identisch.

Für die zu erzeugende Wärmemenge können ein oder zwei Wärmeerzeuger angesetzt werden. Im Fall eines einzelnen Erzeugers wird nur der Pfad „Grundlast-Wärmeerzeuger“ verwendet. Über die Aufwandszahlen für die Wärmeerzeugung wird der erforderliche Endenergiebedarf bestimmt, durch Multiplikation mit dem zum Energieträger gehörenden Primärenergiefaktor der Primärenergiebedarf.

Als Systemkenngroße zusätzlich ausgewiesen werden die Primärenergie-Aufwandszahl des Gesamtsystems und die Primärenergie-Aufwandszahl der Wärmeerzeugung.<sup>2</sup> Die erste Größe entspricht der Definition nach DIN V 4701-10. Die zweite Größe ist ein Maß für die unmittelbare vergleichende Bewertung unterschiedlicher Anlagen zur Wärmeerzeugung (Näheres siehe [Diefenbach et al. 2005]).

Für die unterschiedlichen Kenngrößen der Teilsysteme werden jeweils Spannen und Anhaltswerte angegeben. Die Anhaltswerte dienen der schnellen Abschätzung der Effizienz des jeweils betrachteten Systems, die Spannen geben die Sensitivität von den energetisch relevanten Einflussfaktoren wieder. Auch die Spannen dienen nur der groben Orientierung, in der Praxis können auch Werte außerhalb der angegebenen Intervalle auftreten.

---

<sup>1</sup> Da die „Gebäudenutzfläche“  $A_N$  nach EnEV im Mittel etwa 25 % größer ist als die beheizte Wohnfläche, müssen flächenbezogene Werte aus DIN V 4701-10 für einen Vergleich stets mit dem Faktor 1,25 multipliziert werden.

<sup>2</sup> Formeln siehe Rechenschema in Abschnitt 4

## 2.2 Rechenhilfen

Für einige Eingabegrößen der Gesamtbilanz ist eine tabellarische Auflistung von Anhaltswerten nicht sinnvoll. Für diese Fälle werden separat mehrere Rechenhilfen angeboten, mit denen die jeweiligen Größen abgeschätzt werden können:

- Wärmelieferung thermische Solaranlage
- Wärmelieferung solare Nahwärme
- Deckungsanteil von Grundlast-Wärmeerzeugern
- Aufwandszahl der Wärmeerzeugung im Fall von Kraft-Wärme-Kopplung nach der Gesamteffizienzmethode und der Stromgutschriftmethode<sup>3</sup>
- Primärenergiefaktoren für Biomasse nach der BioBudget-Methode<sup>4</sup>

Grundlagen und Erläuterungen zum Gesamtverfahren und zu den einzelnen methodischen Ansätzen können der Studie „Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Erfahrungen und Perspektiven“ entnommen werden [Diefenbach et al. 2005]).

---

<sup>3</sup> Die Stromgutschriftmethode ist weit verbreitet und wird auch in der DIN V 4701-10 angewendet. Dabei werden KWK-Anlagen als die Kombination einer sehr effizienten Wärmeerzeugungsanlage und eines durchschnittlich effizienten Kraftwerks interpretiert. Bei der Gesamteffizienzmethode wird demgegenüber der Effizienzvorteil der Kraft-Wärme-Kopplung gleichermaßen der Wärme- und Stromerzeugung zugerechnet. (siehe [Diefenbach et al. 2005])

<sup>4</sup> Das Potential der für die Energieerzeugung zur Verfügung stehenden Biomasse ist begrenzt. Um die Notwendigkeit eines sparsamen Umgangs mit dieser Ressource in der primärenergetischen Bewertung zu berücksichtigen, kann ein Biomasse-Budget (in kWh Biomasse-Energieinhalt pro m<sup>2</sup> versorgter Wohnfläche) definiert werden. Bis zur Ausschöpfung des Budgets wird Biomasse als regenerativer Energieträger behandelt, d.h. nur der nicht-erneuerbare Energieeinsatz zur Gewinnung des Brennstoffs wird in der Primärenergie berücksichtigt. Bei Überschreitung des Budgets wird dagegen der Mehrverbrauch vollständig, d.h. inklusive dem Energieinhalt der Biomasse, in der Primärenergiebilanz verbucht. (siehe [Diefenbach et al. 2005])

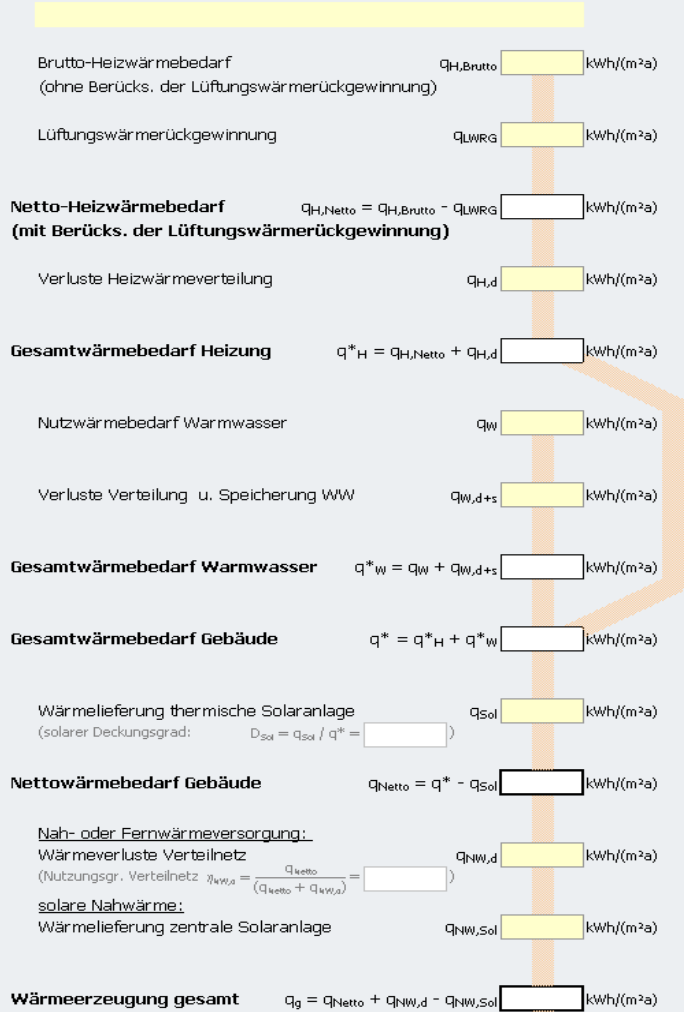
### 3 Literaturverweis

[Diefenbach et al. 2005] Diefenbach, N.; Loga, T.; Born, R.: Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Erfahrungen und Perspektiven; Studie im Auftrag des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung; IWU, Darmstadt 2005

### 4 Berechnungsblätter

Auf den folgenden Seiten finden sich die Blätter mit dem Berechnungsschema und den tabellierten Anhaltswerten (das Grundblatt als A4- und A3-Vorlage). Diese Blätter stehen auch als Excel-Anwendung zur Verfügung (kostenloser Download unter: [www.iwu.de](http://www.iwu.de)).





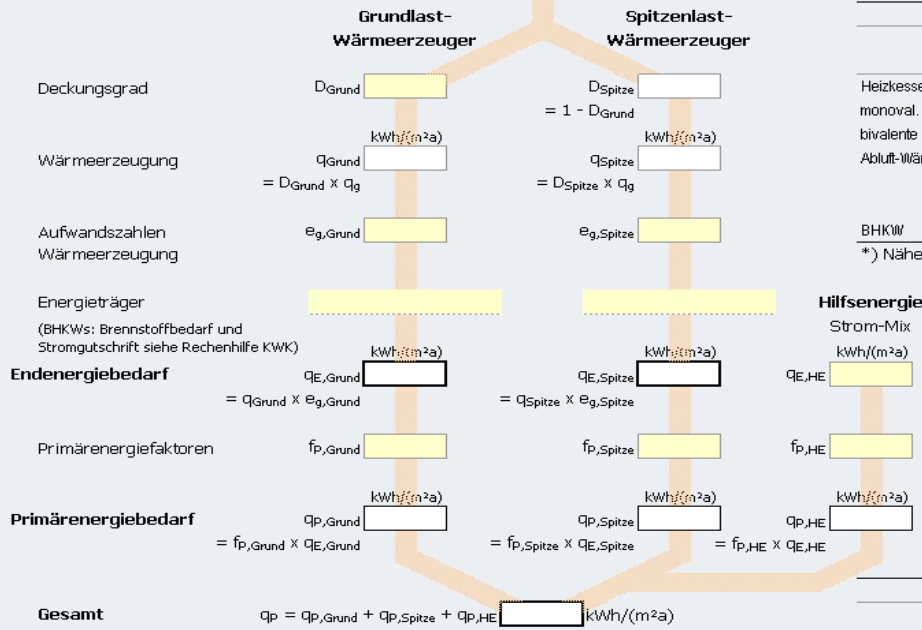
	Passivhaus	Niedrigenergiehaus	
<b>Q<sub>H,Brutto</sub></b>	35 ... 45	40 ... 70	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Q<sub>L,WRG</sub></b>	20 ... 30	15 ... 30	0 kWh/(m <sup>2</sup> a) ohne Lüftungswärmerückgew.
<b>Q<sub>H,Netto</sub></b>	≤ 15	20 ... 70	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Q<sub>H,d</sub></b>	je nach Verteilsyst. u. Dämmstandard 2 ... 20	Anhaltswert 10	kWh/(m <sup>2</sup> a)

	je nach Belegdichte	Anhaltswert	
<b>Q<sub>W</sub></b>	10 ... 20	15	kWh/(m <sup>2</sup> a)
	je nach Verteilsyst. u. Dämmstandard	Anhaltswert	
<b>Q<sub>W,d+s</sub></b>	5 ... 15	10	kWh/(m <sup>2</sup> a)

	<b>Q<sub>Sol</sub> in kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	
	je nach Auslegung	Anhaltswert*
Solaranlagen nur für Warmwasser	10 ... 15	12
Solaranl. für WW + Heizungsunterstützung	10 ... 30	20

	<b>Q<sub>NW,d</sub> in kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	
	je nach Verteilsyst. u. Dämmstandard	Anhaltswert
Siedlungstyp		
Einfamilienhaussiedlung niedriger Dichte	25 ... 45	35
EFH-Siedlung hoher Dichte, Reihenhäuser	15 ... 30	25
Zeilenbebauung mittlerer Dichte (3-5 Geschosse)	5 ... 15	10
Zeilenbebauung hoher Dichte, Hochhäuser	2 ... 10	6

**Q<sub>NW,Sol</sub>** siehe Rechenhilfe Solare Nahwärme



	<b>D<sub>Grund</sub></b>	
	je nach Auslegung	Anhaltswert*
Heizkessel als alleiniger Wärmeerzeuger	100%	100%
monoval. Wärmepumpen (Erdreich, Luft)	100%	100%
bivalente Wärmepumpen (Erdreich / Luft)	80% ... 99%	95% / 90%
Abluft-Wärmepumpen $q_{H,0} = 40$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	80% ... 95%	90%
$q_{H,0} = 55$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	40% ... 70%	60%
$q_{H,0} = 70$ kWh/(m <sup>2</sup> a)	30% ... 50%	40%
BHKW	30% ... 95%	-

	<b>f<sub>p</sub></b>
	Standardwert
Erdgas	1,10
Flüssiggas	1,10
Heizöl	1,10
Strom	2,70*
Biomasse **	0,20

\*) Bei Ansatz nach DIN V 4701-10:  $f_p = 3,0$   
 \*\*) bei Ansatz eines Biomasse-Budgets  $f_p = 0,20 \dots 1,20$  / siehe Rechenhilfe

**Primärenergie-Aufwandszahl des Gesamtsystems**

$ep = \frac{Q_p}{Q_{H,Brutto} + Q_W} =$

**der Wärmeerzeugung**

$ep_{p,g} = \frac{Q_{p,Grund} + Q_{p,Spitze}}{q^*} =$

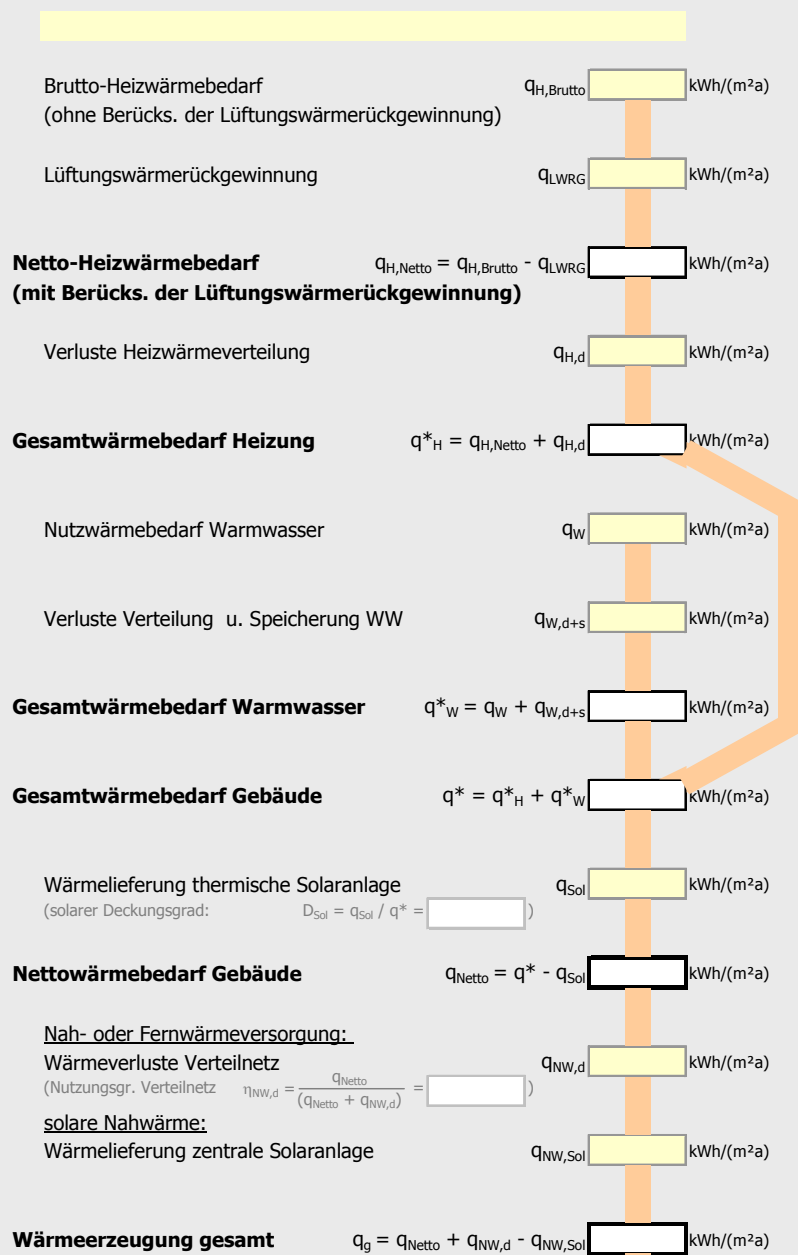
	<b>Q<sub>E,HE</sub></b>		
	je nach Bauart und Betriebsweise	Anhaltswert	
Zuschläge	Basiswert für Verteilung und Regelung	1,0 ... 3,0	2,0
	Zirkulation	+0,5 ... +1,5	+1,0
	keine Nachtabschaltung Heizungs-p.	+0,3 ... +0,7	+0,5
	keine Nachtabschaltung Zirkulation	+0,3 ... +0,7	+0,5
	Lüftungsanlage mit Wärmerückgew.	+1,3 ... +4,0	+3,0
	Abluftanlage	+0,5 ... +2,0	+1,0
	thermische Solaranlage	+0,5 ... +1,5	+0,7
Nahwärme	+0,5 ... +4,0	+ 0,1 x Q <sub>NW,d</sub>	

	<b>E<sub>g</sub></b>	
	je nach Bauart und Betriebsweise	Anhaltswert
Niedertemperaturkessel	1,05 ... 1,20	1,10
Brennwertkessel	0,98 ... 1,10	1,02
Erdreich-Wärmepumpe	0,25 ... 0,36	0,29
Luft-Wärmepumpe	0,35 ... 0,42	0,37
Abluft-Wärmepumpe	0,25 ... 0,36	0,30
BHKW*	0,00 ... 0,80	0,70
Gasmotor-Wärmepumpe	0,70 ... 0,90	0,80
elektrischer Heizstab	1,00	1,00
Holzpelletkessel	1,30 ... 1,50	1,40

\*) siehe Rechenhilfe BHKW, alternative Verfahren: Stromgutschriftmethode / Gesamtenergieeffizienzmethode

alle Kennwerte bezogen auf die reale beheizte Wohnfläche

## Wärmeversorgung für Niedrigenergiehäuser – Bewertungsschema Gesamtbilanz



	Passivhaus	Niedrigenergiehaus		
<b>q<sub>H,Brutto</sub></b>	35 ... 45	40 ... 70	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
<b>q<sub>L,WRG</sub></b>	20 ... 30	15 ... 30	0	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>q<sub>H,Netto</sub></b>	≤ 15	20 ... 70	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
	je nach Verteilsyst. u. Dämmstandard	Anhaltswert		
<b>q<sub>H,d</sub></b>	2 ... 20	10	kWh/(m <sup>2</sup> a)	

	je nach Belegungsdichte	Anhaltswert		
<b>q<sub>w</sub></b>	10 ... 20	15	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
	je nach Verteilsyst. u. Dämmstandard	Anhaltswert		
<b>q<sub>w,d+s</sub></b>	5 ... 15	10	kWh/(m <sup>2</sup> a)	

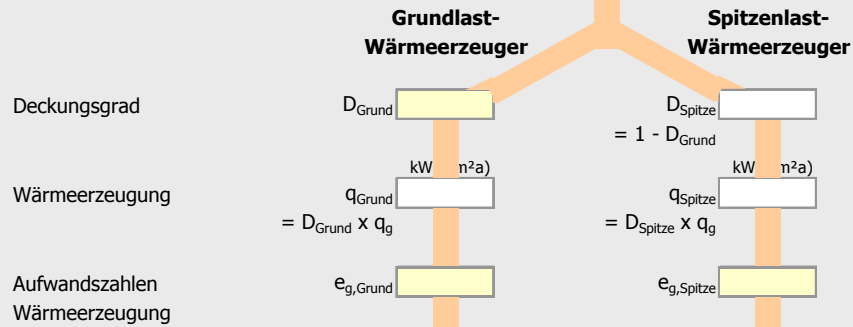
	<b>q<sub>Sol</sub> in kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	
	je nach Auslegung	Anhaltswert*
Solaranlagen nur für Warmwasser	10 ... 15	12
Solaranl. für WW + Heizungsunterstützung	10 ... 30	20

	<b>q<sub>NW,d</sub> in kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>	
Siedlungstyp	je nach Verteilsyst. u. Dämmstandard	Anhaltswert
Einfamilienhaussiedlung niedriger Dichte	25 ... 45	35
EFH-Siedlung hoher Dichte, Reihenhäuser	15 ... 30	25
Zeilenbebauung mittlerer Dichte (3-5 Geschosse)	5 ... 15	10
Zeilenbebauung hoher Dichte, Hochhäuser	2 ... 10	6

**q<sub>NW,Sol</sub>** siehe Rechenhilfe Solare Nahwärme

**Wärmeerzeugung gesamt**

$$q_g = q_{\text{Netto}} + q_{\text{NW,d}} - q_{\text{NW,Sol}} \quad \boxed{\phantom{000}} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$



Energieträger  
(BHKWs: Brennstoffbedarf und Stromgutschrift siehe Rechenhilfe KWK)

**Endenergiebedarf**

$$q_{E,\text{Grund}} = q_{\text{Grund}} \times e_{g,\text{Grund}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$q_{E,\text{Spitze}} = q_{\text{Spitze}} \times e_{g,\text{Spitze}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

**Hilfsenergie**

Strom-Mix

$$q_{E,\text{HE}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

Primärenergiefaktoren

$$f_{p,\text{Grund}} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$f_{p,\text{Spitze}} = \boxed{\phantom{000}}$$

$$f_{p,\text{HE}} = \boxed{\phantom{000}}$$

**Primärenergiebedarf**

$$q_{P,\text{Grund}} = f_{p,\text{Grund}} \times q_{E,\text{Grund}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$q_{P,\text{Spitze}} = f_{p,\text{Spitze}} \times q_{E,\text{Spitze}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

$$q_{P,\text{HE}} = f_{p,\text{HE}} \times q_{E,\text{HE}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

**Gesamt**

$$q_P = q_{P,\text{Grund}} + q_{P,\text{Spitze}} + q_{P,\text{HE}} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$$

**Primärenergie-Aufwandszahl des Gesamtsystems**

$$e_p = \frac{q_P}{q_{H,\text{Brutto}} + q_W} = \boxed{\phantom{000}}$$

**der Wärmeerzeugung**

$$e_{p,g} = \frac{q_{P,\text{Grund}} + q_{P,\text{Spitze}}}{q^*} = \boxed{\phantom{000}}$$

	$q_{E,\text{HE}}$	
	je nach Bauart und Betriebsweise	Anhaltswert
Basiswert für Verteilung und Regelung	1,0 ... 3,0	2,0
Zirkulation	+0,5 ... +1,5	+1,0
keine Nachtabschaltung Heizungs-p.	+0,3 ... +0,7	+0,5
keine Nachtabschaltung Zirkulation	+0,3 ... +0,7	+0,5
Lüftungsanlage mit Wärmerückgew.	+1,3 ... +4,0	+3,0
Abluftanlage	+0,5 ... +2,0	+1,0
thermische Solaranlage	+0,5 ... +1,5	+0,7
Nahwärme	+0,5 ... +4,0	+ 0,1 x $q_{\text{NW,d}}$

	$D_{\text{Grund}}$	
	je nach Auslegung	Anhaltswert*
Heizkessel als alleiniger Wärmeerzeuger	100%	100%
monoval. Wärmepumpen (Erdreich, Luft)	100%	100%
bivalente Wärmepumpen (Erdreich / Luft)	80% ... 99%	95% / 90%
Abluft-Wärmepumpen $q_{H,0} = 40 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	80% ... 95%	90%
$q_{H,0} = 55 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	40% ... 70%	60%
$q_{H,0} = 70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	30% ... 50%	40%
BHKW	30% ... 95%	-

\*) Näheres siehe Rechenhilfe

	$f_p$
	Standardwert
Erdgas	1,10
Flüssiggas	1,10
Heizöl	1,10
Strom	2,70*
Biomasse **	0,20

\*) Bei Ansatz nach DIN V 4701-10:  $f_p = 3,0$

\*\*\*) bei Ansatz eines Biomasse-Budgets  $f_p = 0,20 \dots 1,20$  / siehe Rechenhilfe

	$e_g$	
	je nach Bauart und Betriebsweise	Anhaltswert
Niedertemperaturkessel	1,05 ... 1,20	1,10
Brennwertkessel	0,98 ... 1,10	1,02
Erdreich-Wärmepumpe	0,25 ... 0,36	0,29
Luft-Wärmepumpe	0,35 ... 0,42	0,37
Abluft-Wärmepumpe	0,25 ... 0,36	0,30
BHKW*	0,00 ... 0,80	0,70
Gasmotor-Wärmepumpe	0,70 ... 0,90	0,80
elektrischer Heizstab	1,00	1,00
Holzpelletkessel	1,30 ... 1,50	1,40

\*) siehe Rechenhilfe BHKW, alternative Verfahren: Stromgutschriftmethode / Gesamtenergieeffizienzmethode

alle Kennwerte bezogen auf die reale beheizte Wohnfläche

## Rechenhilfe – Wärmelieferung thermische Solaranlage

Solarer Deckungsgrad Warmwasser

$D_{Sol,W}$

Gesamtwärmebedarf Warmwasser

$q^*_W$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

zusätzlicher Beitrag bei Solaranlage  
dimensioniert für Heizungsunterstützung

$q_{Sol,Zuschlag}$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Wärmelieferung  
Solaranlage**

$$q_{Sol} = D_{Sol,W} \times q^*_W + q_{Sol,Zuschlag} \quad \text{ kWh/(m}^2\text{a)}$$

	je nach Auslegung	Anhaltswert	
<b><math>D_{Sol,W}</math></b>	40% ... 60%	50%	

	je nach Auslegung	Anhaltswert	
<b><math>q_{Sol,Zuschlag}</math></b>	6 ... 12	8	kWh/(m <sup>2</sup> a)

## Rechenhilfe – Wärmelieferung solare Nahwärme

### Nahwärme-Solaranlagen zur Warmwasserbereitung

Solarer Deckungsgrad Warmwasser

$D_{Sol,W}$

Gesamtwärmebedarf Warmwasser

$q^*_{w}$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

Wärmeverluste Verteilnetz

$q_{NW,d}$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Wärmelieferung  
zentrale Solaranlage**

$$q_{NW,Sol} = D_{Sol,W} \times (q^*_{w} + q_{NW,d})$$

kWh/(m<sup>2</sup>a)

### Nahwärme-Solaranlagen zur WW-Bereitung und Heizungsunterstützung

Solarer Deckungsgrad

$D_{Sol}$

Gesamtwärmebedarf

$q^*$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

Wärmeverluste Verteilnetz inkl. zentr. Speicher

$q_{NW,d}$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Wärmelieferung  
zentrale Solaranlage**

$$q_{NW,Sol} = D_{Sol} \times (q^* + q_{NW,d})$$

kWh/(m<sup>2</sup>a)

	je nach Auslegung	Anhaltswert	
<b><math>D_{Sol,W}</math></b>	40% ... 60%	50%	

	je nach Auslegung*		
<b><math>D_{Sol}</math></b>	bis 50%		

\*) stark von Auslegung im Einzelfall abhängig => detailliertere Berechnung erforderlich

## Rechenhilfe – Deckungsanteil von Grundlast-Wärmeerzeugern

### BHKWs und bivalente Wärmepumpen

Nennwärmeleistung des BHKWs bzw. der Wärmep. (wohnflächenbezogen)

$p_{th}$   W/m<sup>2</sup>

Gesamtwärmebedarf

$q^*$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

Wärmeverluste Nahwärmenetz

$q_{NW,d}$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Leistungskenngröße**  $b = p_{th} \times 8,76 \text{ kh/a} / (q^* + q_{NW,d})$

**Deckungsanteil Grundlast**  $D_{Grund}$  (aus Tabelle)

### Abluft-Wärmepumpen

Heizwärmebedarf

$q_{H,Brutto}$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

**Deckungsanteil Grundlast**  $D_{Grund}$  (aus Tabelle)

b	$D_{Grund}$	
	Anhaltswerte	
	ohne Solaranlage	mit Solaranlage
0,30	25%	20%
0,50	40%	30%
1,00	65%	55%
1,50	85%	85%
1,75	95%	95%
2,00 und mehr	100%	100%

$q_{H,Brutto}$ = $q_{H,Netto}$ *	$D_{Grund}$	
	Anhaltswerte	
	ohne Solaranlage	mit Solaranlage
35 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,75	0,70
40 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,70	0,65
50 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,65	0,60
60 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,55	0,50
70 kWh/(m <sup>2</sup> a)	0,50	0,45

\*) Werte gelten nur für Abluft-Wärmepumpen ohne LWRG

## Rechenhilfe KWK – Aufwandszahl der Wärmeerzeugung

Gesamtnutzungsgrad KWK-Modul

$\eta_{\text{Ges,KWK}}$

elektrischer Nutzungsgrad KWK-Modul

$\eta_{\text{el,KWK}}$

thermischer Nutzungsgrad KWK-Modul

$\eta_{\text{th,KWK}}$

$$= \eta_{\text{Ges,KWK}} - \eta_{\text{el,KWK}}$$

### Gesamteffizienzmethode

(Effizienzgewinn verbucht in den Sektoren Wärme und Strom)

Nutzungsgrad Nahwärmeverteilung

$\eta_{\text{NW,d}}$

### (Äquivalente)

#### Aufwandszahl Wärmeerzeugung

$$= 1 / (\eta_{\text{th,KWK}} + 2,3 / \eta_{\text{NW,d+s}} * \eta_{\text{el,KWK}})$$

$e_{\text{g,Grund}}$

### Stromgutschriftmethode

(Effizienzgewinn nur verbucht im Sektor Wärme)

Primärenergiefaktor Brennstoff (KWK-Anlage)

$f_{\text{p}}$

Primärenergiefaktor Strom (Referenz-Stromerz.)

$f_{\text{p,el}}$

### (Äquivalente)

#### Aufwandszahl Wärmeerzeugung

$$= (1 - \eta_{\text{el,KWK}} \times f_{\text{p,el}} / f_{\text{p}}) / \eta_{\text{th,KWK}}$$

$e_{\text{g,Grund}}$

$P_{\text{el}} / P_{\text{th}}$	$\eta_{\text{el,KWK}}$ Anhaltswert	$\eta_{\text{th,KWK}}$ Anhaltswert	$\eta_{\text{Ges,KWK}}$ Anhaltswert
4 kW / 10 kW	25%	65%	90%
9 kW / 20 kW	28%	62%	90%
25 kW / 50 kW	30%	60%	90%
55 kW / 100 kW	32%	58%	90%
120 kW / 200 kW	33%	57%	90%
300 kW / 500 kW	35%	55%	90%
700 kW / 1000 kW	37%	53%	90%
1000 kW / 1500 kW	38%	52%	90%

## Rechenhilfe Biomasse – Primärenergiefaktor

### BioBudget-Methode

Biomasse-Budget

$Q_{\text{BioBudget}}$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

Primärenergiefaktor Biomasse  
nicht-regenerativer Anteil

$f_p$

Primärenergiefaktor Biomasse - total  
nicht-regenerativer + regenerativer Anteil

$f_{p,\text{total}}$

Endenergiebedarf Biomasse

$Q_{E,\text{Biomasse}} = Q_{E,\text{Grund}}$   kWh/(m<sup>2</sup>a)

### **Primärenergiefaktor Biomasse**

$$f_{p,\text{Biomasse}} = (Q_{\text{BioBudget}} \times f_p + (Q_{E,\text{Biomasse}} - Q_{\text{BioBudget}}) \times f_{p,\text{total}}) / Q_{E,\text{Biomasse}}$$