



ENERGIEWENDEBAUEN
Wissenschaftliche
Begleitforschung

Leitfaden

**Handlungsempfehlung zur Betriebskontrolle:
Einfachmonitoring von Einfamilienhäusern**

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	5
2	Verwendete Symbole	7
3	Grundsätze eines Messkonzepts	9
3.1	Vorgehen	9
3.2	Definition des Energieverbrauchs	10
3.3	Messtechnik	11
3.3.1	Wärmemengenzähler	11
3.3.2	Elektrozähler	12
3.3.1	Messung des Brennstoffverbrauchs	13
3.4	Wetterdaten und Witterungsbereinigung	13
4	Sonstige Kontroll- und Optimierungsmöglichkeiten	17
4.1	Unabhängige Beratung durch Verbraucherzentralen und Verbände	17
4.2	Heizungscheck nach DIN EN 15378	17
4.3	Betriebsüberwachung durch die Hausbesitzer	18
4.4	Hydraulischer Abgleich	20
4.5	Heizungspumpe	21
4.6	Trinkwarmwasserzirkulation	22
5	Gasheizkessel	23
5.1	Allgemeine Beschreibung	23
5.2	Messung	24
5.3	Auswertung	25
5.4	Benchmarks / Vergleichswerte	26
5.5	Funktionskontrolle / Optimierung	27
6	Ölheizung	29
6.1	Allgemeine Beschreibung	29
6.2	Messung	30
6.3	Auswertung	32
6.4	Benchmarks / Vergleichswerte	33
6.5	Funktionskontrolle / Optimierung	34
7	Wärmepumpe	35
7.1	Allgemeine Beschreibung	35
7.2	Messung	36
7.3	Auswertung	37
7.4	Benchmarks / Vergleichswerte	37
7.5	Funktionskontrolle / Optimierung	38

8	Holzpelletheizung	39
8.1	Allgemeine Beschreibung	39
8.2	Messung	40
8.3	Auswertung	41
8.4	Benchmarks / Vergleichswerte	42
8.5	Funktionskontrolle / Optimierung	42
9	Fern- und Nahwärme	43
10	Thermische Solaranlagen	45
10.1	Allgemeine Beschreibung	45
10.2	Messung	47
10.3	Auswertung	48
10.3.1	Solarertrag	48
10.3.2	Systemnutzungsgrad	48
10.3.3	solarer Deckungsgrad	49
10.4	Benchmarks / Vergleichswerte	49
10.4.1	Solarertrag	49
10.4.2	Systemnutzungsgrad	49
10.4.3	solarer Deckungsgrad	49
10.5	Funktionskontrolle / Optimierung	51
11	Heizenergieverbrauch	53
11.1	Messung	53
11.2	Benchmarks / Vergleichswerte	54
12	Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage)	55
12.1	Allgemeine Beschreibung	55
12.2	Messung	57
12.3	Auswertung	58
12.3.1	Solarstromertrag	58
12.3.2	Eigenverbrauch und Autarkiegrad	58
12.4	Benchmarks / Vergleichswerte	59
12.4.1	Solarstromertrag	59
12.4.2	Eigenverbrauch und Autarkiegrad	60
12.4.3	Wirkungsgrad Laden-Entladen	61
12.5	Funktionskontrolle / Optimierung	62
13	Stromverbrauch	63
13.1	Allgemeine Beschreibung	63
13.2	Messung	63
13.3	Auswertung	63
13.4	Benchmarks / Vergleichswerte	64
13.5	Funktionskontrolle / Optimierung	65



Literatur	67
ANHANG	71

1 Motivation

Nach Informationen der Bundesregierung sind die klimapolitischen Ziele zur Einsparung von Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2020, und darüber hinaus, durch bisherige Anstrengungen alleine nicht zu erreichen [1]. Das heißt: zusätzliche Anstrengungen sind erforderlich. Der Gebäudebereich, mit einem Anteil von 36% am Endenergieverbrauch [2], ist dabei ein wesentlicher Erfolgsfaktor für die Energiewende. Dabei kann auch durch Optimierungen im Bereich der Anlagentechnik und nicht nur durch Erfüllen der Vorgaben hinsichtlich des Wärmeschutzes und des Einsatzes von regenerativen Energien bei Neubauten und Sanierungen Energie eingespart werden. Die Leitstudie „Integrierte Energiewende: Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050“ der dena (Juni 2018) [3] gibt unter anderem die Empfehlung den „energieeffizienten Betrieb installierter Gebäudetechnik (langfristig) sicherzustellen“. Bislang wird die Gebäudetechnik überwiegend ineffizient betrieben. Eine Schätzung des Bundesverbands der deutschen Heizungsindustrie BDH [4] ergibt, dass 63% der 20,7 Mio. installierten Wärmeerzeuger im Jahr 2016 unzureichend effizient betrieben wurden (Bild 1).

Mit dieser Handlungsempfehlung zum Einfachmonitoring soll Besitzern von Einfamilienhäusern eine Möglichkeit an die Hand gegeben werden, die Energieeffizienz der einzelnen Technologien durch möglichst einfache Messungen zu überprüfen. Die Dauer der hierfür notwendigen Monitoring-Periode hängt dabei von den einzelnen Technologien ab. Dazu kann, soweit bereits eingebaut, auf bestehende Messmöglichkeiten und Zähler zurückgegriffen werden. Diese müssen gegebenenfalls um einzelne zusätzliche Messaufnehmer ergänzt werden. Wer seine Verbrauchswerte damit kontrolliert, kann durch einen Vergleich mit prognostizierten Werten aus der Planung der Anlage (z.B. PV-Ertrag, Arbeitszahl der Erzeuger, EnEV-Nachweis [5]), sowie mithilfe von Benchmarks Optimierungspotentiale ermitteln und gegebenenfalls Schwachstellen an seiner Anlage identifizieren.

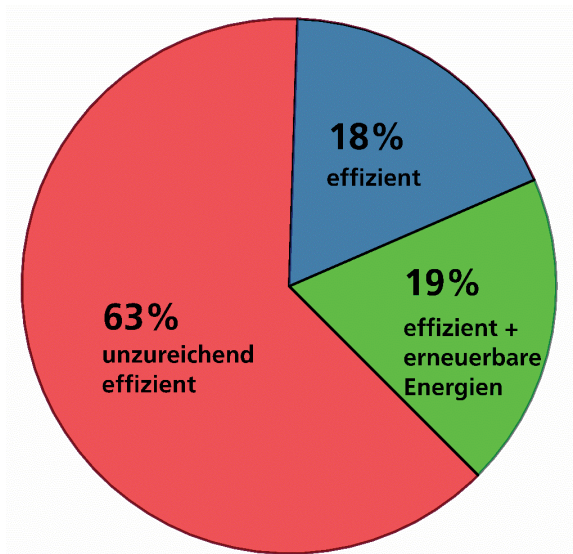


Bild 1: Effizienzbewertung des Heizungsbestands in Deutschland im Jahr 2016, nach [4].

2 Verwendete Symbole

	Trinkwarmwasserspeicher		Solarthermie
	Kombispeicher		Solarstation
	Bivalentener Speicher		Photovoltaik
	Pufferspeicher Heizung		Wechselrichter
	Warmwasser		Pumpe
	Heizung		Wärmemengenzähler
	Gaskessel		Elektrozähler
	Ölkessel		Beleuchtung
	Heizungsanlage		Haushaltsgeräte
	Holzpelletheizung		Batterie
	Wärmepumpe		Stromnetz
	Elektr. Heizstab		Gaszähler
			Ölzähler
			Pelletmengen Erfassung
	Überprüfung / Korrektur durch die Hausbesitzer		
	Überprüfung / Korrektur durch eine Fachfirma		

3 Grundsätze eines Messkonzepts

3.1 Vorgehen

In dieser Handlungsempfehlung erfolgt die Bilanzierung auf Gebäudeebene. Sie endet bei der Endenergie, die Primärenergie wird nicht mitbilanziert (Abschnitt 3.2). Die Verfügbarkeit der Messdaten nimmt mit jeder Stufe von der Endenergie bis zur Nutzenergie ab (Bild 3). Für eine einfache Prüfung und Optimierung der Anlagentechnik liegt der Fokus dieser Handlungsempfehlung daher auf den Bereichen Erzeugung und Speicherung. Dabei soll sich auf möglichst bereits vorhandene und/oder wenige zusätzliche Messsensoren (Wärmemengen- und Elektrozähler) beschränkt werden. Zusätzlich erforderliche Zähler sollten z. B. bei Neubau oder Sanierung gleich mit eingebaut werden, da ein nachträglicher Einbau meist (kosten-) aufwändiger ist. In dieser Handlungsempfehlung sind Einfamilienhäuser mit sogenannter „Smart-Home“-Ausstattung, deren Zweck unter anderem Transparenz und Effizienz des Energieverbrauchs ist, nicht separat aufgeführt. Die Messtechnik ist dort bereits eingebaut und die Daten können zeitgenau digital ausgelesen und meist sogar visualisiert werden.

In der vorliegenden Handlungsempfehlung werden die Technologien einzeln betrachtet. Es wird dargelegt, wie jeweils die Nutzungs- bzw. Wirkungsgrade (Anhang A1) sowie Energieverbräuche ermittelt werden sollten, die dann anschließend mit prognostizierten Werten und /oder Benchmark-Werten verglichen werden können. Die Überprüfung erfolgt meist durch eine monatliche oder jährliche Bilanzierung. Am Ende des Kapitels werden Hilfestellungen zur Funktionskontrolle bzw. Optimierung der entsprechenden Technologie in einer Tabelle aufgelistet. Dabei erfolgt für jede Hilfestellung eine Zuordnung, wie diese durchgeführt werden muss:



Überprüfung / Korrektur durch die Hausbesitzer



Überprüfung / Korrektur durch eine Fachfirma

Bild 2 zeigt beispielhaft ein Einfamilienhaus mit einer Gasheizung und einer Photovoltaik-Anlage mit den erforderlichen Zählern (Abschnitt 3.3). In dieser Handlungsempfehlung wird die Betriebskontrolle für die einzelnen Technologien (hier: Gaskessel und Photovoltaik-Anlage) in separaten Abschnitten beschrieben (hier: Abschnitt 5 und Abschnitt 12). Dadurch ist sie auch für jede andere Kombination der beschriebenen Technologien anwendbar.

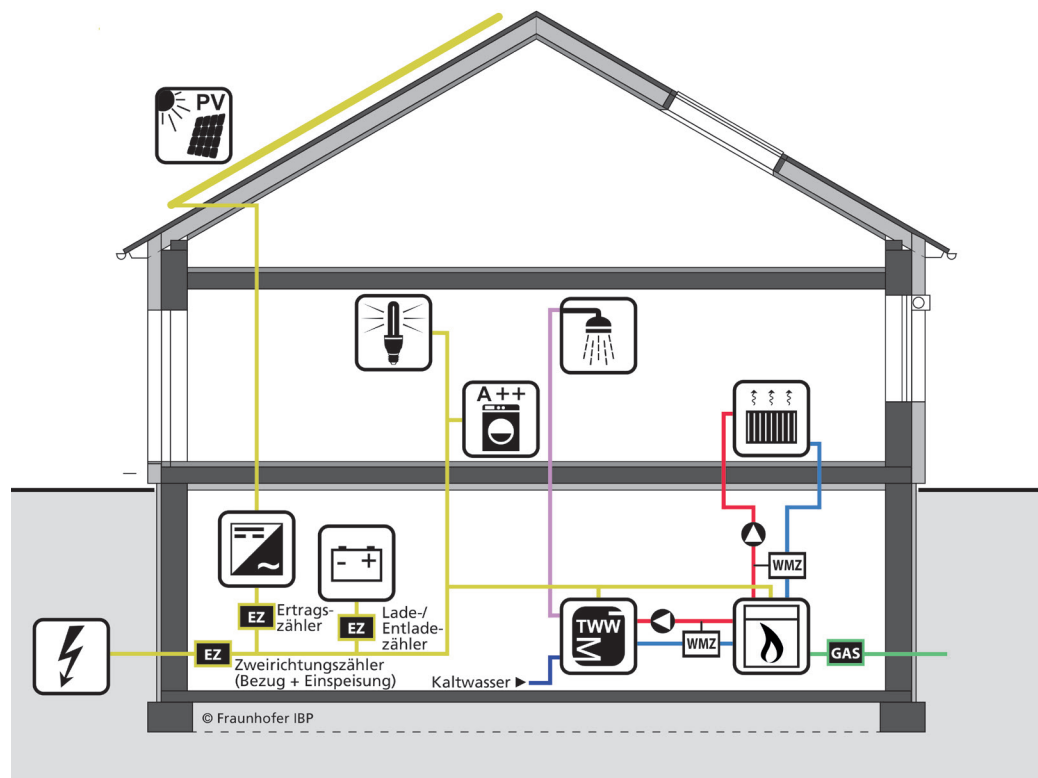


Bild 2: Beispielhafte Darstellung eines Gebäudes mit einer Gasheizung und einer Photovoltaik-Anlage.

3.2 Definition des Energieverbrauchs

Bei der Betrachtung des Energieverbrauchs unterscheidet man abhängig vom Bilanzierungsrahmen analog zu DIN V 18599 [6]:

- **Nutzenergie**
 - Energiemenge, die den Räumen eines Gebäudes zugeführt werden muss, um die festgelegten Raumluftzustände (Temperatur und Feuchte), den Trinkwarmwasserbedarf und die gewünschte Beleuchtungsqualität sicherzustellen. Es wird in Nutzwärme, Nutzkälte, sowie Nutzenergie für Trinkwarmwasser, Beleuchtung und Befeuchtung unterschieden.
- **Endenergie**
 - Energiemenge, die der Anlagentechnik zur Verfügung gestellt wird, um die erforderlichen Nutzenergiemengen bereitzustellen.
 - = Nutzenergie + Verluste der Anlagentechnik + notwendige Förderenergie der Anlagentechnik.
- **Primärenergie**
 - Energiemenge, die zusätzlich zum Energieinhalt des notwendigen Brennstoffs und der Hilfsenergie für die Anlagentechnik auch die Energiemengen einbezieht, die durch vorgelagerte Prozessketten außerhalb des Gebäudes bei der Gewinnung, Umwandlung und Verteilung der jeweils eingesetzten Brennstoffe bzw. Stoffe entstehen.

→ = Endenergie * Primärenergiefaktor (abhängig vom jeweiligen Energieträger).

Eine schematische Darstellung zu den Energieflüssen in einem Gebäude zeigt das folgende Bild 3.

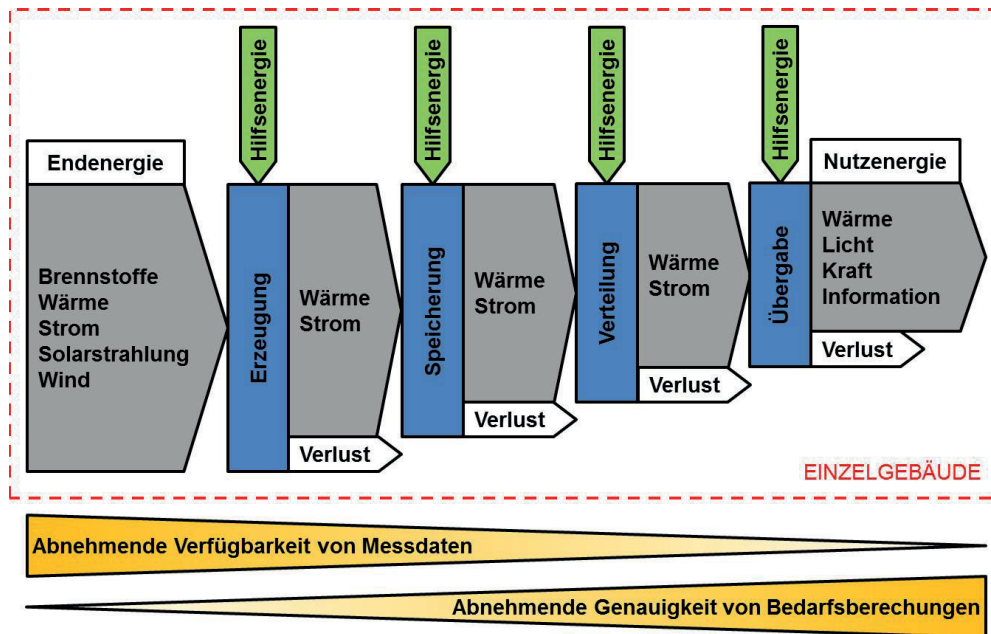


Bild 3: Vereinfachtes Schema der Energieflüsse in einem Gebäude, angelehnt an die Struktur der DIN V 18599.

3.3 Messtechnik

3.3.1 Wärmemengenzähler

Die Erfassung der Wärmemengen erfolgt über Wärmemengenzähler (WMZ). Diese sind teilweise bereits vorhanden (z.B. in der Solarstation einer thermischen Solaranlage) oder müssen nachträglich (bzw. bei Neubau zusätzlich) eingebaut werden. In Bild 4 sind beispielhaft Wärmemengenzähler dargestellt. Wärmemengenzähler bestehen aus einem Durchflusssensor sowie zwei Temperatursensoren. Beim Einbau ist darauf zu achten, dass sowohl Vor- und Rücklauf Temperatursensor als auch der zugehörige Durchflusssensor im gemeinsamen hydraulischen Regelkreis angeordnet werden [7]. Der Durchflusssensor ist dabei immer in den Rücklauf einzubauen. Typische Einbauschemen und Hilfestellungen sind in [8] zu finden. Die Auflösung der WMZ sollte 1 kWh oder kleiner betragen.



Bild 4: Wärmemengenzähler (Beispiele; Temperatursensoren nicht dargestellt).

3.3.2 Elektrozähler

In jedem Haushalt sind bereits Elektrozähler zur Erfassung des Gesamtstromverbrauchs eingebaut. Sie unterscheiden sich je nach Stromversorger und Alter des Gebäudes. Im Fall einer Photovoltaik-Anlage mit Einspeisung ins Netz gibt es einen zusätzlichen Elektrozähler für die Stromeinspeisung. Meist wird heute ein Zweirichtungszähler eingebaut. In Bild 5 sind beispielhaft Elektrozähler dargestellt. Die Auflösung der Elektrozähler sollte 0,1 kWh oder kleiner betragen.



Bild 5: Elektrozähler (links: Ferrariszähler, rechts: elektronischer Zähler).

3.3.3 Messung des Brennstoffverbrauchs

Die Messung des Brennstoffverbrauchs ist abhängig vom jeweiligen Brennstoff. Im Fall von Gas ist normalerweise ein Zähler für die Abrechnung vorhanden. Bei Heizöl und Holzpellets können entweder Zähler nachgerüstet werden oder der Brennstoffverbrauch muss mit Hilfe von Füllstandsanzeigen bzw. zwischen Betankungen abgeschätzt werden. In allen Fällen muss der Brennstoffverbrauch anschließend von Volumen- ([m³] oder [l]) bzw. Gewichtsangaben ([kg]) in die entsprechende Wärmemenge ([kWh]) umgerechnet werden (Tabelle 1).



Bild 6: Messung des Brennstoffverbrauchs (links: Gaszähler, Mitte: Öl-Zähler, rechts: Pelletfüllstandsanzeige).

Tabelle 1: Umrechnung in Wärmeenergie [kWh].

Brennstoff	Einheit	Brennwert	
Gas	[m ³]	siehe Verbrauchsrechnung	Abschnitt 5.3 (Tabelle 8)
Öl	[l]	10,83 [kWh/l]	Abschnitt 6.3 (Tabelle 14)
Holzpellets	[kg]	siehe Verbrauchsabrechnung o.ä.	Abschnitt 8.3 (Tabelle 24)

3.4 Wetterdaten und Witterungsbereinigung

Die Verbrauchsdaten hängen unter anderem von den vorherrschenden Wetterbedingungen ab. Da in der Regel keine Wetterstation am Gebäude verfügbar ist, die die aktuellen Wetterdaten (Außenlufttemperatur und Globalstrahlung) erfasst, können die lokalen Wetterdaten aus dem Internet (z.B. von der nächstliegenden Wetterstation bzw. von den Strahlungskarten des Deutschen Wetterdienstes) unentgeltlich heruntergeladen werden (Tabelle 2).

In einem „kalten“ Winter ist der Energieverbrauch selbstverständlich höher als in einem „warmen“ Winter. Aus diesem Grund sollen für einen Vergleich von Verbrauchswerten verschiedener Jahre oder mit den Bedarfswerten nach EnEV die Verbrauchswerte korrigiert bzw. „witterungsbereinigt“ werden. Diese „Witterungsbereinigung“ kann nach VDI 3807 [9] mithilfe des Gradtag-Verfahrens erfolgen [10]:

$$Q_{VH} = Q_{VgH} \cdot \frac{G_m}{G}$$

Q_{VH} [kWh/a] bereinigter Heizenergieverbrauch
 Q_{VgH} [kWh] außentemperaturabhängiger Heizenergieverbrauch
 G [Kd] Gradtage (Tage mit einem Tagesmittel der Außentemperatur < 15°C)
 G_m [Kd/a] langjähriges Mittel der Jahresgradtage

Die Gradtagmethode ist ein Näherungsverfahren, das von den vielen Einflüssen auf den Heizenergieverbrauch nur den Einfluss von Außenlufttemperatur und Raumlufttemperatur berücksichtigt. Der Zweck ist die Umrechnung der Heizenergieverbräuche (Abschnitt 11.1) an verschiedenen Standorten mit dem zugehörigen Wetter auf ein durch Gradtage beschriebenes „Einheitswetter“.

Der Deutsche Wetterdienst (DWD) bietet Gradtagszahlen bzw. Gradtage kostenfrei zum Download an [11]. Das IWU (Institut Wohnen und Umwelt) stellt hierfür ein Excel-Rechentool (Bild 7) [12] zur Verfügung (Beispiel siehe Anhang A6). Grundlage für dieses Tool sind ebenfalls Wetterdaten vom DWD.

Klimadaten deutscher Stationen

Datenquelle: Klimadaten Deutscher Stationen, Deutscher Wetterdienst, Offenbach - www.dwd.de

Postleitzahl: Wetterstation: Jahr: Start:

ausgewählte Station: Hohenpeißenberg Klimazone 15 nach DIN V 4108-6:2003

Innentemperatur: Ausgabegröße:

Heizgrenztemperatur: zur Berechnung der Gradtagzahl nach VDI 3807

Monat	2017/2018				langjähriges Mittel *			
	Gradtagzahl		Außen-	Außen-	Gradtagzahl		Außen-	Außen-
	G20/15	Heiztage	temperatur	temp.	G20/15	Heiztage	temperatur	an Heiztagen
	[Kd]	[d]	[°C]	an Heiztagen	[Kd]	[d]	[°C]	[°C]
September 2017	285	30	10,5	10,5	220	22	11,9	10,1
Oktober 2017	303	28	9,9	9,2	368	29	7,9	7,3
November 2017	527	30	2,4	2,4	507	30	3,1	3,0
Dezember 2017	634	31	-0,5	-0,5	607	31	0,4	0,4
Januar 2018	536	31	2,7	2,7	646	31	-0,8	-0,8
Februar 2018	702	28	-5,1	-5,1	582	28	-0,6	-0,6
März 2018	576	31	1,4	1,4	542	31	2,5	2,5
April 2018	213	23	12,2	10,7	423	29	5,8	5,4
Mai 2018					283	26	10,5	9,2
Juni 2018					174	19	13,5	10,7
Juli 2018					109	13	15,7	11,8
August 2018					113	14	15,5	12,0
Jahr	3775	232	2,8	3,7	4573	304	7,2	4,9

* von 1971 - 2017

Verhältnis der Gradtagzahl G20/15 2017 zu langjährigem Mittel:

Verhältnis der Heiztage Ht15 2017 zu langjährigem Mittel:

Klimafaktor für Energieverbrauchskennwerte nach EnEV ¹: Potsdam (ab 2014)

Bild 7: IWU Rechentool [12].

Tabelle 2: Wetterdaten.

Download Messwerte	Anmerkungen
<p>Globalstrahlung www.dwd.de https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/lstrahlungskarten_su.html?nn=510076 https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/lstrahlungskarten_mi.html?nn=510076</p>	<p>monatliche Globalstrahlungskarten Monatssummen Globalstrahlung ab Januar 1991 (Anlage A1) mittlere Monatssummen Globalstrahlung Zeitraum 1981 bis 2010 (Anlage A1)</p>
<p>Außenlufttemperaturen www.dwd.de https://www.iwu.de/veroeffentlichungen/tools/ → Tool Gradtagzahlen in Deutschland auswählen http://t3.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/Gradtagzahlen_Deutschland.xls</p>	<p>Außenlufttemperaturen zum Download Eingabe der Postleitzahl → Tool wählt Wetterstation aus Eingabe Beginn Monitoring → Tool lädt Außentemperaturen DWD siehe Anlage A6</p>

4 Sonstige Kontroll- und Optimierungsmöglichkeiten

4.1 Unabhängige Beratung durch Verbraucherzentralen und Verbände

Eine unabhängige Energieberatung bieten die Verbraucherzentralen [13] und Verbände (z.B. [14]) an. Die Energieberatung der Verbraucherzentralen wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie gefördert. Es werden unter anderen folgende Themen angeboten:

- Strom- und Wärmeverbrauch
- Heizkostenabrechnung
- Heizungs- und Regelungstechnik
- Erneuerbare Energien
- Förderprogramme (z.B. [15])

Diese Beratungen beinhalten abhängig vom Thema auch die Überprüfung des Heizsystems bzw. der Gegebenheiten vor Ort.

Ein weiterer Service den Energieverbrauch zu überwachen und dadurch Energie zu sparen, bietet die gemeinnützige Beratungsgesellschaft co2online mit dem Energiesparkonto [16]. Das Konto bietet die Möglichkeit, die Verbrauchsdaten zu vergleichen, sowie Tipps, um Energie einzusparen.

4.2 Heizungscheck nach DIN EN 15378

Eine Möglichkeit, um Heizungsanlagen bezüglich Energieeffizienz und Modernisierungsbedarf überprüfen zu lassen, bietet der Heizungscheck [17] nach DIN EN 15378 [18]. Dabei begutachtet ein Fachbetrieb die einzelnen Anlagenkomponenten (Kessel, Abgasanlage, Umwälzpumpe, Verteilungsleitungen, Heizflächen, Regelung, etc.) und bewertet sie bezüglich ihrer energetischen Qualität. Der Leitfaden zum Heizungscheck nach DIN EN 15378 [19] erläutert die praktische Durchführung des Heizungscheck.

Tabelle 3: Heizungscheck nach DIN EN 15378 [19].

	Modernisierungsempfehlungen / Optimierung
Wärmeerzeugung	
(1) Abgasverlust	ad (1) Wartung oder Instandsetzung (ggf. Kesselaustausch)
(2) Oberflächenverlust	ad (2) Kesseldämmung bei niedriger Raumtemperatur im Aufstellraum: Mindestgröße der Öffnungen ins Freie prüfen
(3) Ventilationsverlust	ad (3) Einbau Luftabschluss / Abgasklappe
(4) Brennwertnutzung	ad (4) bei Kesselaustausch: Brennwertgerät
(5) Kessel überdimensioniert	ad (5) bei Kesselaustausch: korrekt dimensionieren
(6) Regelung	ad (6) ad (6) evtl. Kesselaustausch, ggf. Regelung nachrüsten

Wärme- verteilung	(7) hydraulischer Abgleich	ad (7)	Einrohrheizung: strangweise Volumenstromregler nachrüsten Zweirohrheizung: hydraulischen Abgleich durchführen
	(8) Pumpe	ad (8)	Pumpe korrekt einstellen oder austauschen
	(9) Rohrleitungs- dämmung	ad (9)	Dämmung entsprechend EnEV ausführen
Wärme- übergabe	(10) Heizkörper- Regelung	ad (10)	Austausch gegen Thermostatventile mit Massenstrombegrenzung oder bessere Regler
	(11) Flächenheizungen- Regelung	ad (11)	Austausch gegen Einzelraumregler (ggf. Zeitprogramm)

4.3 Betriebsüberwachung durch die Hausbesitzer

Grundsätzlich sind für einen energieeffizienten Gebäudebetrieb vor allem Kenntnisse über richtiges Heizen und Lüften wichtig (z.B. [20], [21]). Außerdem muss eine Heizanlage, nach einer optimalen Auslegung und Montage, für gute Betriebsergebnisse im laufenden Betrieb regelmäßig überprüft, gewartet und ggf. neu eingestellt werden. In Tabelle 4 sind die Punkte genannt, auf die die Hausbesitzer achten sollten, um eine möglichst hohe Energieausnutzung zu erzielen. Es ist in jedem Fall empfehlenswert einen Wartungsvertrag bei einer Fachfirma abzuschließen [22].

Tabelle 4: Kontrolle durch die Hausbesitzer  → Ausführung durch eine Fachfirma .

CO2-Gehalt im Abgas	Vergleich: Messung des Schornsteinfegers mit Angaben des Herstellers	
Brennerlaufzeiten	Schaltdifferenz zwischen Ein- und Ausschalten: möglichst lange Laufzeiten	
Öl-Niedertemperaturkessel	Heizflächen und Wärmeübertragungsflächen regelmäßig reinigen Ölbrenner prüfen und ggf. neu einstellen	
Warmwasserzirkulation (Abschnitt 4.5)	falls notwendig: Regelung optimal einstellen (Laufzeit kurz halten) ggf. Zeitschaltuhr nachrüsten	
Heizungsumwälzungspumpe (Abschnitt 4.4)	mehrstufig einstellbar:	möglichst kleine Stufe: je besser der hydraulische Abgleich desto niedriger kann die Stufe gewählt werden
	nicht einstellbar:	Pumpe austauschen

Wasserdruck im Heizsystem	regelmäßig prüfen (fällt der Druck unter den Sollwert, kann Wasserverlust oder eine defektes Druckausgleichsgefäß die Ursache sein)
Heizungsregelung	<p>passende Einstellung muss im Betrieb gefunden werden (Heizungsbauer macht bei der Inbetriebnahme nur eine Voreinstellung)</p> <p>bei außentemperaturabhängiger Vorlauftemperaturregelung</p> <ul style="list-style-type: none"> → Zeiträume und Soll-Temperaturen für normalen und abgesenkten Heizbetrieb definieren → passende Heizkurve einstellen (Tabelle 5) (so flach wie möglich)
Hinweis: Die eingestellte „Nachttemperatur“ hat nichts mit der tatsächlichen nächtlichen Raumtemperatur zu tun, sondern sie beeinflusst die Vorlauftemperatur. Sie muss daher solange reduziert werden bis die gewünschte Raumtemperatur in der Nacht erreicht wird. Aus energetischer Sicht ist im wärmegeämmten Gebäude die Nachtabschaltung am günstigsten, da dann während dieser Abschaltung kein Pumpenstrom verbraucht wird.	
Wärmeübergabe	Heizkörper regelmäßig entlüften (Anlage A3)

Die wichtigste Größe für die Heizungsregelung ist die Vorlauftemperatur (Heizwassertemperatur) [23]. Die gewählte Heizkurve gibt vor, welche Vorlauftemperatur aufgrund der gemessenen Außentemperatur eingestellt wird: bei kalten Außentemperaturen muss eine wärmere Vorlauftemperatur gewählt werden als bei milder Witterung. Dabei soll die Heizkurve (Anlage A2), die durch Steigung und Parallelverschiebung definiert ist, so niedrig wie möglich eingestellt werden, aber mindestens so, dass es in allen Räumen ausreichend warm wird. In der folgenden Tabelle 5 sind Hinweise zum Einstellen der Heizkurve zusammengestellt.

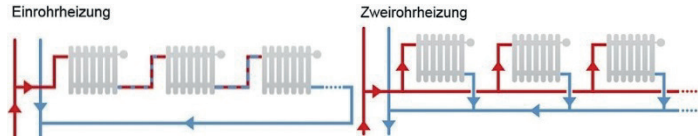

Tabelle 5: Hinweise zum Einstellen der Heizkurve [22].

Raumtemperatur in der kalten Jahreszeit	Raumtemperatur in der Übergangszeit	Veränderung der Heizkurve (Fachfirma) Anlage A2
zu niedrig	✓	Steigung vergrößern
✓	zu niedrig	Steigung verkleinern; Parallelverschiebung vergrößern
zu hoch	✓	Steigung verkleinern
✓	zu hoch	Steigung vergrößern; Parallelverschiebung verkleinern

4.4 Hydraulischer Abgleich

Durch den hydraulischen Abgleich wird die Heizung hydraulisch optimal eingestellt, indem der Druckabfall in allen Strängen annähernd gleich gehalten wird. Hierdurch wird sichergestellt, dass alle Heizkörper gleichmäßig warm werden und die Pumpenleistung reduziert wird. Er ist eine effektive Maßnahme um den Heizenergieverbrauch zu senken (Tabelle 6).

Tabelle 6: Hydraulischer Abgleich nach [24].

Indizien	<ul style="list-style-type: none"> • Heizung ist schlecht zu regeln • Geräusche an den Heizkörpern • einzelne Heizkörper werden heiß, andere bleiben lauwarm, obwohl sie voll aufgedreht sind
Voraussetzungen	<ul style="list-style-type: none"> • voreinstellbare Thermostatventile oder eine Rücklaufverschraubung (Bauteil zum Absperrern des Heizkörpers am kühleren Rohranschluss, meist mit Abdeckkappe) • ansonsten voreinstellbare Thermostatventile einbauen • Einrohr- (schwieriger) oder Zweirohrheizung (einfacher)
Ziel	<ul style="list-style-type: none"> • jeden Heizkörper mit dem richtigen Druck und folglich mit der richtigen Wassermenge zu versorgen
Wie	<ul style="list-style-type: none"> • Heizlast für jeden Raum berechnen • Vergleich mit der Heizleistung der vorhandenen Heizkörper • Berücksichtigung der Entfernung des Heizkörpers zur Heizungspumpe • Einstellwerte für jeden Heizkörper berechnen <div style="text-align: center;">  <p>[24]</p> </div>
Wer	<ul style="list-style-type: none"> • Handwerker, die in einer Unternehmererklärung schriftlich bestätigen, dass die durchgeführten Leistungen der Energieeinsparverordnung (EnEV) entsprechen 

→

4.5 Heizungspumpe

Bei Einfamilienhäusern kann der Stromverbrauch der Heizungspumpe (Bild 8) fünf bis zehn Prozent der Stromrechnung ausmachen [25]. D.h. Pumpen bieten ein hohes Einsparpotential.

Tipps für den Heizungspumpentausch [25]:

- Art Ihrer Heizungspumpe: ungerregelt Pumpenaustausch lohnt sich immer (*)
- Pumpe defekt o.ä. Hocheffizienzpumpe (Energieeffizienzindex EEI $\leq 0,27$ [26])
- Pumpeneinbau durch Fachbetrieb
- richtige Dimensionierung (Druckverlustberechnung)
- evtl. Pumpe eine Stufe runterdrehen
- staatliche Förderung, wenn gleichzeitig Wärmeverteilung im Haus optimiert wird
- Förderung durch Stromversorger (Komplettangebot mit längerfristigen Stromlieferverträgen kritisch prüfen)
- bei Neuanschaffung einer Heizungsanlage ist die Heizungspumpe oft integriert prüfen, ob effiziente Pumpe eingebaut ist (bei Austausch der Pumpe Garantiezeit prüfen, ggf. kann die Garantie der Heizungsanlage verloren gehen)

(*) Wie erkennt man ungerregelte Pumpen?

Bei ungerregelten Pumpen steht bei der Leistungsaufnahme ein fester Wert, z. B. P1: 80 W bzw. bei mehrstufigen Pumpen gibt es einen Drehknopf (z.B. Stufe 1 - 3). Im Gegensatz dazu haben elektronisch gerwegelte Pumpen einen Leistungsbereich z.B. 25 – 60 W, sie laufen nicht permanent und passen ihre Leistung an die Druckverhältnisse an.

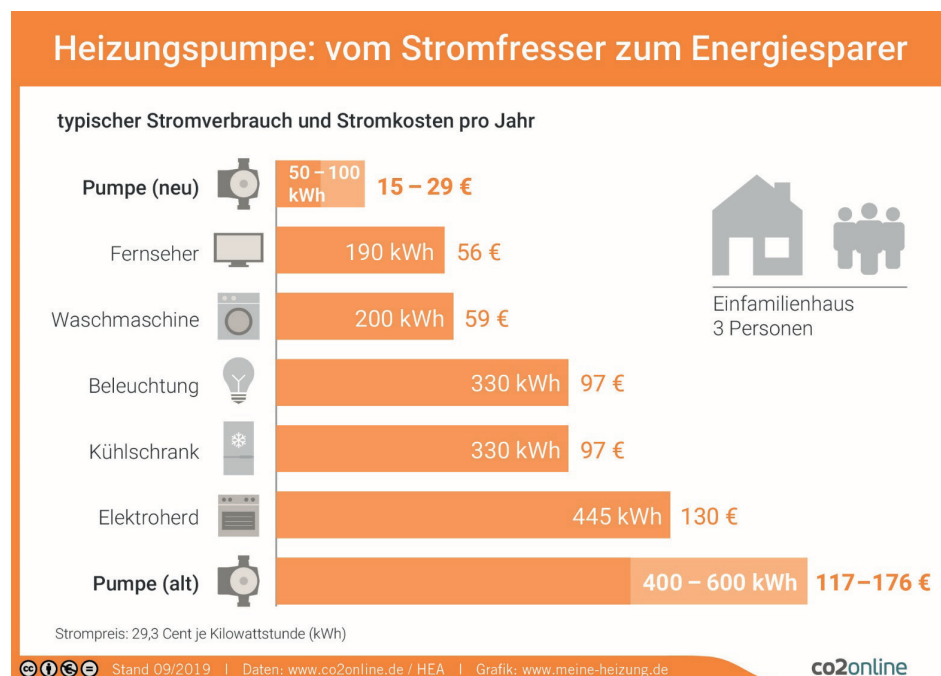


Bild 8: Stromverbrauch von ungerregelten und hocheffizienten Pumpen in einem Einfamilienhaus, nach [24].

4.6 Trinkwarmwasserzirkulation

Bei der zentralen Warmwasserbereitung kommt teilweise eine Zirkulation zum Einsatz. Sie soll verhindern, dass das erwärmte Wasser in den Rohrleitungen auskühlt. Eine Zirkulation erhöht einerseits den Komfort, so dass die gewünschte Warmwassertemperatur kurz nach dem Öffnen des Wasserhahns zur Verfügung steht, andererseits soll hiermit die Bildung von Legionellen [27] sehr gering gehalten werden. Für Ein- und Zweifamilienhäusern (Kleinanlagen mit einem Leitungsinhalt ≤ 3 Liter und einem Warmwasserspeicher ≤ 400 Liter) ist keine Zirkulation vorgeschrieben. Manchmal werden dort allerdings aus Komfortgründen Zirkulationsleitungen eingebaut, obwohl keine Notwendigkeit aus technischen oder hygienischen Gründen besteht [28].

Eine Zirkulationspumpe verbraucht Strom und verursacht außerdem zusätzliche Wärmeverluste im Leitungsnetz. In einem Einfamilienhaus kann diese Pumpe und damit die Zirkulation in der Regel stillgelegt und das Leitungsnetz umgerüstet werden. Zur Reduzierung des Risikos einer Legionellenkontamination [29] ist darauf zu achten, dass dabei keine toten Sticheleitungen entstehen [30]. Zur Energieeinsparung ist, die Schaltung der Zirkulationspumpe mit einer Zeitschaltuhr auf die wesentlichen Bedarfszeiten zu programmieren, eine Alternative ohne großen Komfortverlust.

5 Gasheizkessel

5.1 Allgemeine Beschreibung

Eine unabhängige Energieberatung bieten die Verbraucherzentralen [13] und Verbände. Bei Gasheizkesseln unterscheidet man zwischen Gasbrennwertkesseln, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, und Niedertemperaturkesseln, die man nur noch im Bestand vorfindet. Gasbrennwerttechnik bedeutet erhöhte Nutzung der im Heizgas enthaltenen Energie durch (Teil-)Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes. Bei Anwendung der Brennwerttechnik können die Nutzungsgrade im Vergleich zu Niedertemperaturkesseln um 8% bis 10% gesteigert werden [17]. Ein Schema zu einer Heizanlage mit einem Gasheizkessel zeigt Bild 9. Heizanlagen mit Gasheizkesseln können auch Varianten des gezeigten Aufbaus sein (z.B. in Kombination mit einer solarthermischen Anlage oder mit anderen Trinkwasserspeichern). Diese können ebenfalls entsprechend des in den folgenden Abschnitten gezeigten Vorgehens überprüft werden.

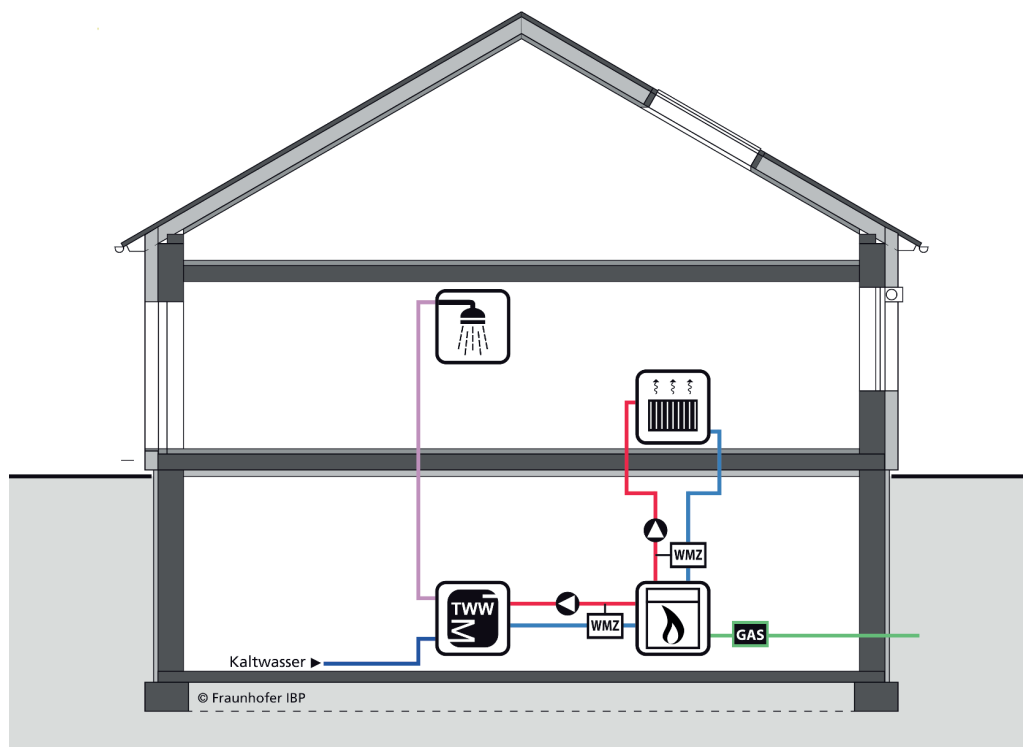


Bild 9: Gasheizkessel.

5.2 Messung

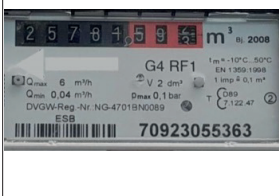
Zur Bestimmung des Nutzungsgrads eines Gasheizkessels müssen während einer Messperiode Wärmemengen und Gasverbrauch (Tabelle 7) gemessen werden. Die Wärmemengenzähler werden jeweils im Rücklauf der Heizung sowie der Trinkwassererwärmung (Bild 9) eingebaut. Die Vor- und Rücklauf temperatursensoren und der zugehörige Durchflusssensor müssen immer im gemeinsamen hydraulischen Regelkreis angeordnet sein (Abschnitt 3.3.1). Die Ermittlung der erforderlichen Werte erfolgt nach Tabelle 8. Die empfohlene Messdauer ist eine Heizperiode, es sollte jedoch mindestens 1 Monat (mit Heizbedarf) gemessen werden.

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad (Abgasverlust) wird dem Protokoll der Abgasmessung durch den Schornsteinfeger entnommen. Eine Abgasmessung wird abhängig vom Alter und Technik des Gasheizkessels alle 1 bis 3 Jahre durchgeführt [31].

Tabelle 7: Bewertungsgrößen.

Bewertungsgröße		Messtechnik / Bestimmung
Gasverbrauch (Heizung + Warmwasserbereitung)	[m ³]	Gaszähler (vorhanden) Tabelle 8
Wärmemenge Heizung	[kWh]	Wärmemengenzähler
Wärmemenge Trinkwarmwasser	[kWh]	Wärmemengenzähler

Tabelle 8: Bestimmung der Energieerzeugung (Gasverbrauch).

(1) Δ Zählerstand [m ³]	(2) Zustandszahl [-]	(3) Brennwert [kWh/m ³]	(4) Brennstoffwärmemenge [kWh]						
Ablesung 2 Gaszähler – Ablesung 1 Gaszähler	siehe Rechnung	siehe Rechnung	(1) * (2) * (3)						
<i>Beispiel:</i>	<i>Beispiel:</i>								
	Verbrauchsermittlung (Gasrechnung)								
	Zeitraum		Zählerstand	Differenz	Zustandszahl	Brennwert	Verbrauch		
	von	bis	von [m ³]	bis [m ³]	[m ³]	[-]	[kWh/m ³]	[kWh]	
	123456	01.01.2017	01.02.2017	2.044,12	3.437,00	1.392,88	0,9215	11,278	14.476
	123456	02.02.2017	24.05.2017	3.437,00	4.967,00	1.530,00	0,9215	11,243	15.851
	123456	25.05.2017	30.06.2017	4.967,00	5.011,00	44,00	0,9215	11,279	457

5.3 Auswertung

Zur Überprüfung der Gasheizung sollen der Nutzungsgrad und der feuerungstechnische Wirkungsgrad bestimmt werden (Tabelle 9). Der Jahres- bzw. Anlagenwirkungsgrad kann, falls gewünscht, im Rahmen eines umfangreichen Heizungschecks (Abschnitt 4.1) durch eine Fachfirma ermittelt oder durch Eigenleistung abgeschätzt werden. Die Ermittlung des Nutzungsgrads erfolgt nach Tabelle 10. Der feuerungstechnische Wirkungsgrad kann dem Schornsteinfegerprotokoll entnommen werden (Bild 10: $\eta_{Hu} = \eta(H_u)$).

Tabelle 9: Nutzungsgrad und feuerungstechnischer Wirkungsgrad bei Gaskesseln.

<p>Nutzungsgrad</p> <p>Jahresnutzungsgrad bzw. Anlagennutzungsgrad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Messwert um festzustellen, wieviel der im Brennstoff gebundenen Energie im Heizkreislauf ankommt • berücksichtigt (abhängig von der gewählten Messperiode): Strahlungsverluste im Kessel, Stillstands- und Bereitschaftsverluste (durch Auskühlung, Abstrahlung, Luftdurchströmung, Vorbelüftung), • nicht berücksichtigt: Verteilverluste des Rohrsystems • verlässlicher Wert zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit • kann im Rahmen eines umfangreichen Heizungs-Check durch Fachfirma ermittelt oder durch Eigenleistung abgeschätzt werden
<p>Feuerungstechnischer Wirkungsgrad (beinhaltet Abgasverlust)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Messwerte: Abgas- und Verbrennungslufttemperatur, CO₂- und Sauerstoffgehalt • wird bei einer Kesseltemperatur von 60°C gemessen • Werte über 100% möglich • keine Aussage über wirtschaftliche Betriebsweise der Anlage • geringe Aussagekraft • wenig Einfluss auf den Jahreswirkungsgrad • Schornsteinfegerprotokoll (Bild 10)

Tabelle 10: Bestimmung des Nutzungsgrads.

(1) Brennstoffwärmemenge [kWh]	(2) abgegebene Wärmemenge [kWh]	(3) Nutzungsgrad [-]
Ermittlung nach Tabelle 8	Wärmemenge (Heizung) + Wärmemenge (Trinkwarmwasser) (siehe Tabelle 7)	(2) / (1)



Anmerkung:

	Bezeichnungen	
Kessel	alt	neu
Brennwert	Ho	Hs
Heizwert	Hu	Hi

Bild 10: Protokoll einer Abgasmessung.

5.4 Benchmarks / Vergleichswerte

Zur Einordnung des ermittelten Nutzungsgrads (Tabelle 10) kann dieser mit Ergebnissen aus der OPTIMUS-Studie ([32]) verglichen werden (Bild 11). Die dargestellten Nutzungsgrade beziehen sich auf den Brennwert. Die Grenzwerte für die Abgasverluste (Bild 10) nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz [31] sind in Tabelle 11 angegeben.

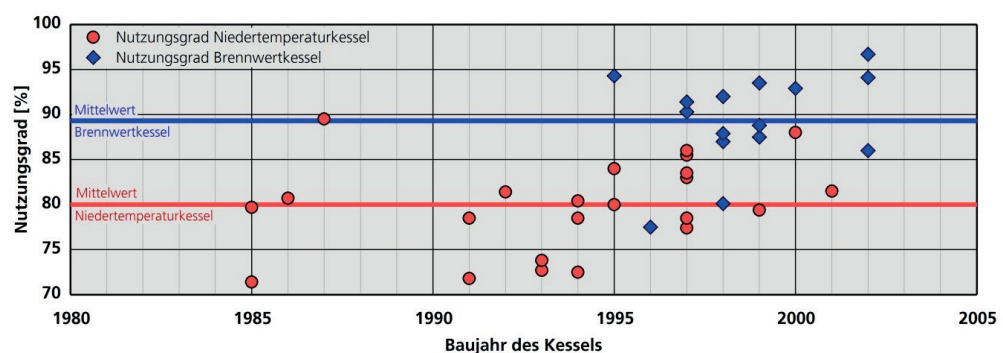


Bild 11: Nutzungsgrad von Kesseln abhängig vom Kesselbaujahr und -typ (OPTIMUS-Studie) [33].



Tabelle 11: Begrenzung der Abgasverluste [31].

Nennwärmeleistung [kW]	Grenzwerte für Abgasverluste [%]
$\geq 4 \leq 25$	11
$> 25 \leq 50$	10
> 50	9

5.5 Funktionskontrolle / Optimierung

In der folgenden Tabelle (Tabelle 12) sind Hilfestellungen für die Funktionskontrolle und die Optimierung von Gasheizungen aufgelistet.

Tabelle 12: Funktionskontrolle und Optimierung für Gasheizungen.

Anlagenteil		Konsequenz	Eigenleistung 	Fachfirma 
Einstellungen	hydraulischer Abgleich fehlt	Abschnitt 4.3		x
	Nachtabsenkung	Tabelle 4	x	
	zu hohe Heizkurve	Tabelle 5	Kontrolle	x
Kessel	überdimensioniert	→ zu viele Brennerstarts → höhere Emissionen → höherer Geräteverschleiß	Kontrolle	x
	fehlende / schlechte Dämmung	Bereitschaftsverluste (Stand-By-Verbrauch)		x
	Überströmventil bei Gasbrennwerttherme defekt	Anhebung der Rücklauf-temperatur → geringere Brennwertnutzung		x
	zu hohe Rücklauf-temperatur (Abgaskondensation beginnt ab Rücklauf-temperatur $< 57^{\circ}\text{C}$)	→ schlechte Brennwertnutzung → wenig Kondensat → hoher Verbrauch		x
Pumpe	einstufig statt mehrstufig, geregelt oder hocheffizient	Abschnitt 4.4	Kontrolle	ggf. Austausch
Außentemperaturfühler	fehlt oder falsch positioniert	falsche Vorlauf-temperatur		x
Wartung				jährlich [34]
Vergleich des Jahresverbrauchs mit dem der Vorjahre			Abschnitt 11	

6 Ölheizung

6.1 Allgemeine Beschreibung

Wie auch bei Gasheizkesseln unterscheidet man bei Ölheizkesseln zwischen Brennwertkesseln, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen, und Niedertemperaturkesseln, die man nur noch im Bestand vorfindet. Brennwerttechnik bedeutet erhöhte Nutzung der im Heizgas enthaltenen Energie durch (Teil-) Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes. Bei Anwendung der Brennwerttechnik können die Nutzungsgrade im Vergleich zu Niedertemperaturkesseln um 8% bis 10% gesteigert werden [17].

Ein Schema zu einer Heizanlage mit einem Ölheizkessel zeigt Bild 12. Heizanlagen mit Ölheizkesseln können auch Varianten des gezeigten Aufbaus sein (z.B. in Kombination mit einer solarthermischen Anlage oder mit anderen Trinkwasserspeichern). Diese können ebenfalls entsprechend des in den folgenden Abschnitten gezeigten Vorgehens behandelt werden.

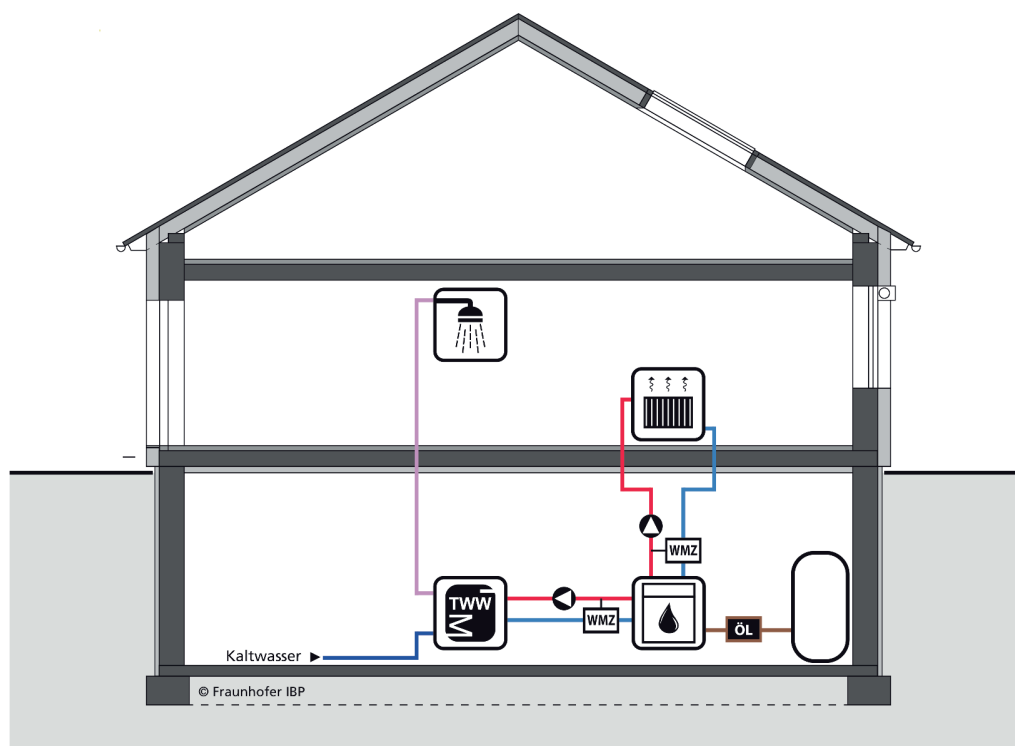


Bild 12: Ölheizkessel.

6.2 Messung

Zur Bestimmung des Nutzungsgrads eines Ölheizkessels müssen während einer Messperiode Ölverbrauch und Wärmemengen (Tabelle 13) gemessen werden. Die Ermittlung des exakten Ölverbrauchs ist teilweise schwierig. Verschiedene Möglichkeiten sind in Tabelle 14 aufgeführt. Die Wärmemengenzähler werden jeweils im Rücklauf der Heizung sowie der Trinkwassererwärmung (Bild 12) eingebaut. Die empfohlene Messdauer beträgt eine Heizperiode. Ist kein entsprechender Zähler o. ä. vorhanden, eignet sich als Messperiode evtl. auch der Zeitraum zwischen zwei Betankungen.

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad (Abgasverlust) wird dem Protokoll der Abgasmessung durch den Schornsteinfeger entnommen (Bild 13). Eine Abgasmessung wird abhängig vom Alter des Heizkessels alle 1 bis 3 Jahre durchgeführt [31].

Tabelle 13: Bewertungsgrößen.

Bewertungsgröße		Messtechnik / Bestimmung
Ölverbrauch (Heizung + Warmwasserbereitung)	[m ³] bzw. [l]	<ul style="list-style-type: none"> Füllstandsanzeige Ölzähler (Durchflussmesser) Ölverbrauch aus Betankung ermitteln (Zeitabstand oft groß) Ermittlung über Brennerstunden (Betriebsstundenzähler)
Wärmemenge Heizung	[kWh]	Wärmemengenzähler
Wärmemenge Trinkwarmwasser	[kWh]	Wärmemengenzähler

Tabelle 14: Möglichkeiten zur Ermittlung der Brennstoff-Wärmemenge.

Methode	Gegebenheiten	(1) Verbrauch [l] bzw. [h]	(2) Durchfluss [kg/h]	(3) Umrechnungsfaktor ⁽¹⁾ [kWh/l] [kWh/kg]	Brennstoff- wärmemenge [kWh]
Ölmenge ablesen	Füllstandsanzeige (ungenau) oder Ölzähler (nachrüstbar)	Ablesung 2 – Ablesung 1	-	10,83 [kWh/l]	(1)*(3)
Ölmenge bei Betankung	Zeitspanne zwischen den Betankungen darf nicht zu groß sein	„Abschätzung“			
Brennerstunden	Betriebsstundenzähler (nachrüstbar)	Brennerstunden	Typenschild Brenner ⁽²⁾	12,59 [kWh/kg]	(1)*(2)*(3)

(1) Umrechnung des Verbrauchs erfolgt mit: Brennwert 45.336 kJ/kg [35], Dichte 860 kg/m³ [36] → 10,83 kWh/l bzw. 12,59 kWh/kg

(2) kann meist auch an der Düse abgelesen werden

DO 19.07.2018	09:55:54
Heizöl EL	15.4 %
Abgasmessung	
T-Gas [°C]	141.2
T-Luft [°C]	22.6
CO2 [%]	12.0
Verluste [%]	5.8
O2 [%]	4.7
CO [ppm]	45
CO [ppm Unv]	59
Zug [hPa]	-0.21
Lambda []	1.29
ETA [%]	94.2
P (RCU) [hPa]	-0.00
Taupunkt [°C]	47.7
Messgas [l/min]	0.00
Exc.Air [%]	29

Anmerkung:

	Bezeichnungen	
Kessel	alt	neu
Brennwert	Ho	Hs
Heizwert	Hu	Hi

Bild 13: Protokoll einer Abgasmessung.

6.3 Auswertung

Zur Überprüfung der Ölheizung sollen der Nutzungsgrad und der feuerungstechnische Wirkungsgrad bestimmt werden (Tabelle 15). Die Bestimmung des Nutzungsgrades erfolgt nach Tabelle 16. Der Jahresnutzungsgrad kann, wenn gewünscht, im Rahmen eines umfangreichen Heizungschecks (Abschnitt 4.1) durch eine Fachfirma ermittelt oder durch Eigenleistung abgeschätzt werden.

Tabelle 15: Nutzungsgrad und feuerungstechnischer Wirkungsgrad bei Ölkesseln.

<p>Nutzungsgrad</p> <p>Jahresnutzungsgrad bzw. Anlagennutzungsgrad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Messwert, um festzustellen, wie viel der im Brennstoff gebundenen Energie im Heizkreislauf ankommt • berücksichtigt (abhängig von der gewählten Messperiode): Strahlungsverluste im Kessel, Stillstands- und Bereitschaftsverluste (durch Auskühlung, Abstrahlung, Luftdurchströmung, Vorbelüftung), • nicht berücksichtigt: Verteilverluste des Rohrsystems • verlässlicher Wert zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit • kann im Rahmen eines umfangreichen Heizungs-Check durch Fachfirma ermittelt oder durch Eigenleistung abgeschätzt werden
<p>Feuerungstechnischer Wirkungsgrad (beinhaltet Abgasverlust)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Messwerte: Abgastemperatur, Verbrennungslufttemperatur, CO₂- und Sauerstoffgehalt) • wird bei einer Kesseltemperatur von 60°C gemessen • Werte über 100% möglich • keine Aussage über wirtschaftliche Betriebsweise der Anlage • geringe Aussagekraft • wenig Einfluss auf den Jahreswirkungsgrad • Angabe i. d. R. im Schornsteinfegerprotokoll (Bild 13)

Tabelle 16: Bestimmung des Nutzungsgrads.

(1) Brennstoffwärmemenge [kWh]	(2) abgegebene Wärmemenge [kWh]	(3) Nutzungsgrad [-]
Ermittlung nach Tabelle 14	Wärmemenge (Heizung) + Wärmemenge (Trinkwarmwasser) (siehe Tabelle 13)	(2) / (1)

6.4 Benchmarks / Vergleichswerte

Zur Einordnung des ermittelten Nutzungsgrads (Tabelle 15) kann dieser mit Ergebnissen aus der OPTIMUS-Studie [32] verglichen werden (Bild 14). Die dargestellten Nutzungsgrade beziehen sich auf den Brennwert. Die Abgasverluste (Bild 13) können mit Tabelle 17 verglichen werden.

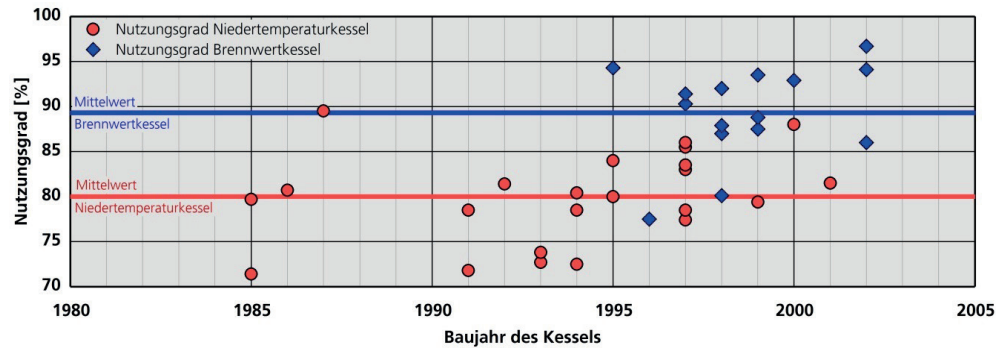


Bild 14: Nutzungsgrad von Kesseln abhängig vom Kesselbaujahr und -typ (OPTIMUS-Studie) [33].



Tabelle 17: Begrenzung der Abgasverluste [31].

Nennwärmeleistung [kW]	Grenzwerte für Abgasverluste [%]
$\geq 4 \leq 25$	11
$> 25 \leq 50$	10
> 50	9

6.5 Funktionskontrolle / Optimierung

In der folgenden Tabelle (Tabelle 18) sind Hilfestellungen für die Funktionskontrolle und die Optimierung von Ölheizungen aufgelistet

Tabelle 18: Funktionskontrolle und Optimierung für Ölheizungen.

Anlagenteil		Konsequenz	Eigenleistung 	Fachfirma 
Einstellungen	hydraulischer Abgleich fehlt	Abschnitt 4.3		x
	Nachabsenkung	Tabelle 4	x	
	zu hohe Heizkurve	Tabelle 5	Kontrolle	x
Kessel	überdimensioniert	→ zu viele Brennerstarts → höhere Emissionen → höherer Geräteverschleiß	Kontrolle	x
	fehlende / schlechte Dämmung	Stand-By-Verluste		x
	zu hohe Rücklauftemperatur (Abgaskondensation beginnt ab Rücklauftemperatur < 48°C)	→ schlechte Brennwertnutzung → wenig Kondensat → hoher Verbrauch		x
Pumpe	einstufig statt mehrstufig, geregelt oder hocheffizient	Abschnitt 4.4	Kontrolle	ggf. Austausch
Außentemperaturfühler	fehlt oder falsch positioniert	falsche Vorlauftemperatur		x
Wartung Reinigung			x	jährlich [34] Düse, Ölfiler wechseln
Vergleich des Jahresverbrauchs mit dem der Vorjahre			Abschnitt 11	

7 Wärmepumpe

7.1 Allgemeine Beschreibung

Elektrisch betriebene Wärmepumpen beziehen rund dreiviertel ihrer Energie zum Heizen aus der Umwelt. Um die kostenlose Umweltwärme nutzbar zu machen benötigen sie Strom. Man unterscheidet folgende Wärmequellen:

- Luft
- Erdreich / Grundwasser

Entscheidend für den Stromverbrauch und somit für die Effizienz einer Wärmepumpenanlage ist die Jahresarbeitszahl (JAZ):

$$JAZ = \frac{\text{nutzbare Wärmemenge}}{\text{zugeführte elektrische Energie}}$$

Die im praktischen Betrieb ermittelte Jahresarbeitszahl JAZ (englisch: Seasonal Performance Factor SPF [37]) unterscheidet sich von der Planungsgröße COP (COP = coefficient of performance nach DIN EN 14511 [38]), die für die Auslegung von Wärmepumpen herangezogen wird. Der COP wird im Labor ausschließlich für das Wärmepumpenaggregat ermittelt. Er berücksichtigt kein Nutzerverhalten und keine schwankenden Klimarandbedingungen.

Bild 15 zeigt die drei Bilanzräume zur Bestimmung der Arbeitszahl von Wärmepumpen im Praxisbetrieb. Bilanzraum 1 berücksichtigt nur die Wärmepumpe selbst (z.B. für die Ermittlung des COPs). Bilanzraum 2 berücksichtigt die abgegebene Wärmemenge der Wärmepumpe einschließlich eines eventuell vorhandenen Heizstabes. Für Bilanzraum 3 wird die Nutzenergie am Ausgang der gebäudespezifischen Heizungs- und Warmwasserspeicher im Verhältnis zur Stromaufnahme der Wärmepumpe einschließlich aller Umwälz- und Ladepumpen sowie des Heizstabs betrachtet. Die auftretenden Speicher-verluste sind in der JAZ berücksichtigt.

Die meisten Wärmepumpenanlagen werden, insbesondere bei Luft-Wärmepumpen, durch einen elektrischen Heizstab unterstützt: Um an milden Tagen die Laufzeit zu verlängern und die Effizienz zu erhöhen wird die Wärmepumpe absichtlich unterdimensioniert, wodurch bei kälteren Außentemperaturen ggf. durch den Heizstab zugeheizt werden muss.

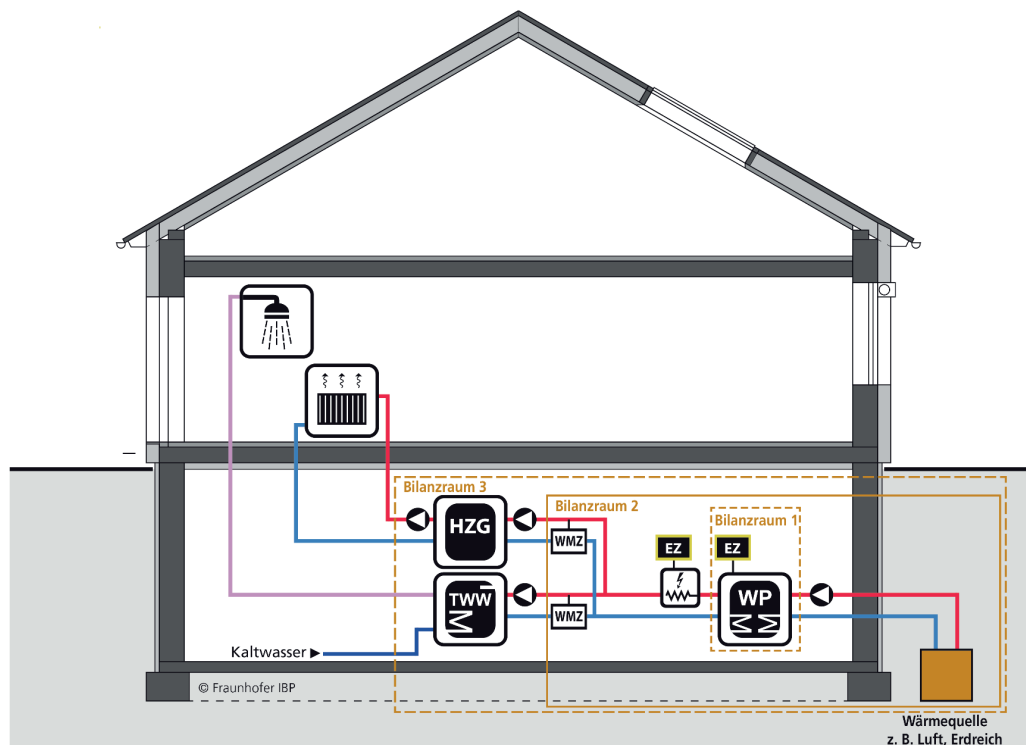


Bild 15: Schematische Darstellung einer Wärmepumpe mit verschiedenen Bilanzräumen zur Bestimmung der Arbeitszahl (JAZ) in der Praxis.

7.2 Messung

Zur Bestimmung der JAZ werden die Bewertungsgrößen nach Tabelle 19 benötigt. Die elektrischen Zähler und die Wärmemengenzähler sind bei den meisten Wärmepumpenanlagen vorhanden, da sie für die meisten Förderprogramme obligatorisch sind

Tabelle 19: Bewertungsgrößen.

Bewertungsgröße	Messtechnik / Bestimmung
Stromverbrauch Heizstab Stromverbrauch Kompressor Stromverbrauch Regelung Stromverbrauch Pumpe bzw. Ventilator vor der WP	[kWh] Elektrozeiler (evtl. ablesbar an der Wärmepumpe)
Wärmemenge Heizung und Trinkwarmwasser	[kWh] Wärmemengenzähler (2 Stück) (evtl. Bestandteil der Wärmepumpe)

7.3 Auswertung

Die Ermittlung der JAZ hängt vom gewählten Bilanzraum ab. Für die Auswertung wird der Bilanzraum 2 (entspricht der Bilanzgrenze der Wärmepumpenanlage WPA nach [40]) empfohlen. Die Berechnung erfolgt gemäß Tabelle 20.

Tabelle 20: Bestimmung JAZ.

Bewertungsgröße	Messung bzw. Bestimmung
(1) nutzbare Wärmemenge [kWh/a]	Wärmemengenzähler (1 oder 2) nach Heizstab
(2) zugeführte elektrische Energie [kWh/a]	Stromverbrauch Pumpe + Heizstab + Kompressor +
(3) JAZ (Bilanzraum 2) [-]	(1) / (2)

7.4 Benchmarks / Vergleichswerte

Die JAZ, ermittelt nach Tabelle 20 (Bilanzraum 2), kann nach Tabelle 21 eingeordnet werden.

Tabelle 21: Mindestwerte JAZ nach EE-WärmeG [41] und BAFA-Förderung [42] sowie Mittelwerte JAZ aus real gemessenen Gebäuden im Rahmen von Fraunhofer Monitoringvorhaben [43] [44].

Wärmepumpe	Mindest JAZ EE-WärmeG	Mindest JAZ BAFA-Basisförderung**	Mindest JAZ BAFA-Innovationsförderung***	Mittelwert JAZ 2 Monitoring
Sole/Wasser	4,0 (3,8)*	3,8	4,5	3,2- 4,0
Wasser/Wasser	4,0 (3,8)*	3,8	4,5	3,2- 4,0
Luft/Wasser	3,5 (3,3)*	3,5	4,5	2,6- 3,1
Luft/Luft	3,5 (3,3)*	-	-	2,6- 3,1

* Warmwasserbereitung durch WP



** für Wohngebäude (Bestand)

***mit Flächenheizung und Qualitätscheck

7.5 Funktionskontrolle / Optimierung

In Tabelle 22 sind Hilfestellungen für die Funktionskontrolle und Optimierung von Wärmepumpen aufgelistet.

Tabelle 22: Funktionskontrolle und Optimierung bei Wärmepumpen.

Anlagenteil	Konsequenz	Eigenleistung 	Fachfirma 
Gesamtanlage	heizungsrelevante Anlagenteile sind ganzjährig in Betrieb	höhere Stand-by-Verluste	Heizung im Sommer ausschalten
	Fehler bei Planung und Ausführung (z.B. Dimensionierung, zu hohe Heizungskreistemperaturen, etc.)	niedrigere JAZ	Ablauf nach [37]
Trinkwarmwasserbereitung	verhältnismäßig großer Anteil z.B. bei <ul style="list-style-type: none"> • sehr gutem Wärmeschutz und daraus resultierendem geringen Heizwärmeverbrauch • hohem Trinkwarmwasserbedarf 	niedrigere JAZ	-
Heizstab	heizt zu viel	höherer Energieverbrauch	x
Sonstiges	hohe Innenraumtemperaturen		x
Wartung			jährlich [34] Düse, Ölfilter wechseln
Vergleich des Jahresverbrauchs mit dem der Vorjahre		Abschnitt 11	

8 Holzpellettheizung

8.1 Allgemeine Beschreibung

Bei einem Zentralheizsystem mit Pelletbefeuerung führt häufiges Hoch- und Herunterfahren der Feuerung zu Effizienzeinbußen (z.B. durch das Heißluftgebläse zum Anheizen). Aus diesem Grund wird immer ein Speicher benötigt. Bild 16 und Bild 17 zeigen zwei unterschiedliche Aufbauprinzipien.

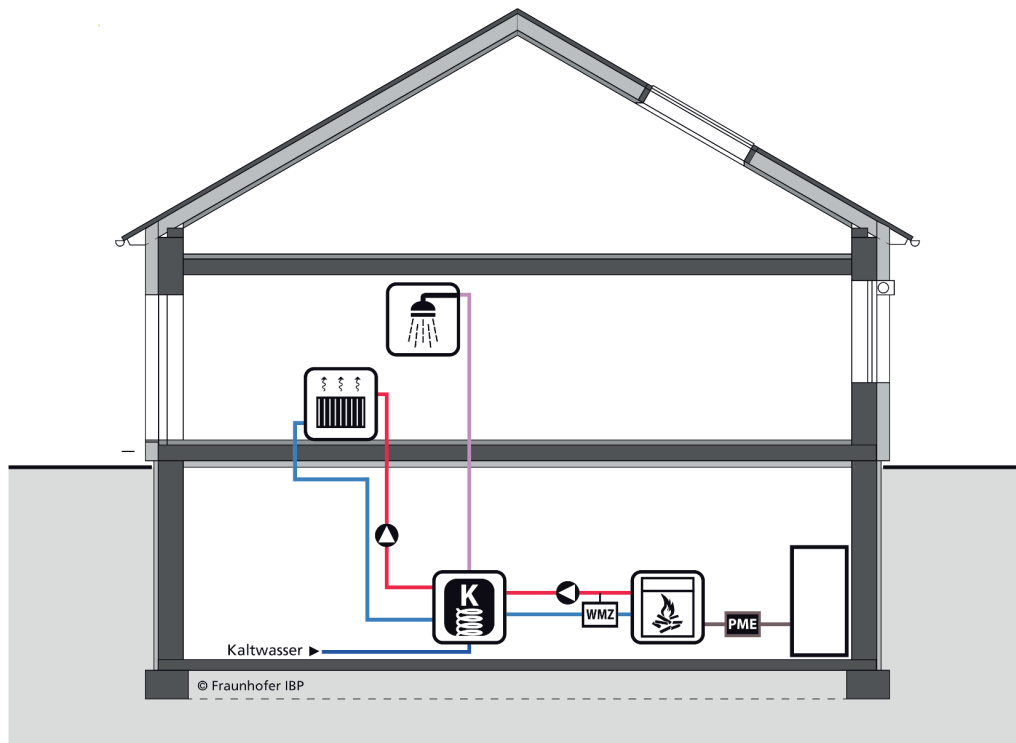


Bild 16: Holzpellettheizung mit Kombispeicher.

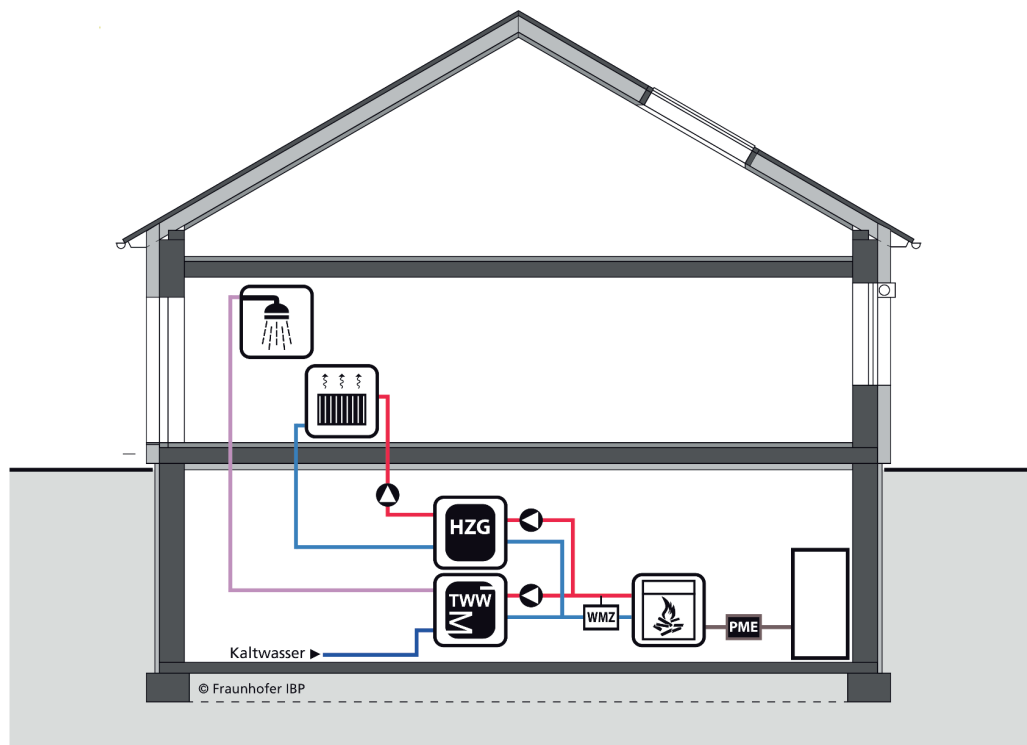


Bild 17: Holzpelletheizung mit Pufferspeicher.

8.2 Messung

Zur Überprüfung des Holzpelletkessels bzw. der Holzpelletqualität müssen während einer Messperiode der Pelletverbrauch und die Wärmemenge (Tabelle 23) gemessen werden. Der Wärmemengenzähler wird im Rücklauf des Kessels (Bild 16 und Bild 17) eingebaut. Die empfohlene Messdauer beträgt mindestens einen Monat während der Heizperiode.

Der feuerungstechnische Wirkungsgrad (Abgasverlust) wird dem Protokoll der Abgasmessung (Bild 18) durch den Schornsteinfeger entnommen. Eine Abgasmessung wird ca. alle 3 Jahre durchgeführt [31].

Tabelle 23: Bewertungsgrößen zur Überprüfung des Holzpelletkessels.

Bewertungsgröße	Einheit	Messtechnik / Bestimmung
Pelletverbrauch	[kg]	Anzeige (wenn vorhanden) alternativ Lagerbestand bzw. Differenzbildung bei Pelletlieferung
Wärmemenge	[kWh]	Wärmemengenzähler

```

16. 05. 2018      12:03:45
-----
Messort:
MESSORT
Anlagetyp      Gebläse
KUNDE
-----
Brennstoff: Holzpellets
O2Bezug:      11.0 %
CO2Max:      20.3 %
-----
                Abgas
16. 05. 2018      12:02:02

 92.6 °C      Abgastemp.
  8.0 %      O2
12.57 %      CO2
  10 ppm      CO
 10 mg/m³     CO
-13.3 Pa      Zug
 95.6 %      Wirkungsgrad
 20.5 °C      Verbr.-Temp.
 48.5 °C      Taupunkt

```

Bild 18: Beispiel Messprotokoll Abgasmessung (im Rahmen der regelmäßigen Wartung).

8.3 Auswertung

Es werden die spezifische Wärmemenge und der feuerungstechnische Wirkungsgrad bestimmt (Tabelle 24). Der Jahres- bzw. Anlagenwirkungsgrad kann, falls gewünscht, im Rahmen eines umfangreichen Heizungschecks (Abschnitt 4.1) durch eine Fachfirma ermittelt werden. Der feuerungstechnische Wirkungsgrad kann dem Schornsteinfeg erprotokoll entnommen werden (Bild 18)

Tabelle 24: Bestimmung der spezifischen Wärmemenge.

(1) Pelletverbrauch [kg]	(2) erzeugte Wärmemenge [kWh]	(3) spezifische Wärmemenge [kWh/kg]	(4) Brennwert [kWh/kg]	(5) Feuerungswirkungsgrad [-]
Pelletverbrauch [kg]	Pelletverbrauch [kg]	(2) / (1)	z.B. Angabe auf Rechnung oder Verpackung, Richtwerte aus Internet Hu ≥ 4,6 kWh/kg (≅ 16,5 MJ/kg)	aus Schornsteinfegerprotokoll (Bild 18)

8.4 Benchmarks / Vergleichswerte

Zur Bewertung der Effizienz soll die ermittelte spezifische Wärmemenge (Tabelle 24 : Spalte (3)) mit dem angegebenen Brennwert (Tabelle 24 : Spalte (4)) verglichen werden. Die Abgasverluste aus dem Messprotokoll der Abgasmessung (Bild 18) können mit den Werten aus Tabelle 25 verglichen werden.



Tabelle 25: Begrenzung der Abgasverluste [31].

Nennwärmeleistung [kW]	Grenzwerte für Abgasverluste [%]
$\geq 4 \leq 25$	11
$> 25 \leq 50$	10
> 50	9

8.5 Funktionskontrolle / Optimierung

In der folgenden Tabelle (Tabelle 26) sind Hilfestellungen für die Funktionskontrolle und die Optimierung von Holzpellettheizungen aufgelistet

Tabelle 26: Funktionskontrolle und Optimierung bei Holzpellettheizungen.

Anlagenteil	Konsequenz	Eigenleistung 	Fachfirma 
Gesamt-anlage	hydraulischer Abgleich fehlt	Abschnitt 4.3	x
	schlechte Qualität der Pellets	schlechterer Brennwert	ENplus-Zertifizierung [46]
	falsche Lagerung der Pellets	schlechterer Brennwert	geeignete Lagerung [47]
	Pufferspeicher zu groß	große Speicherverluste	x
hydraulische Einbindung des Pufferspeichers falsch	schlechterer Nutzungsgrad		
Wartung Reinigung			jährlich [34] Wartungshinweise [48]
Vergleich des Jahresverbrauchs mit dem der Vorjahre		Abschnitt 11	

9 Fern- und Nahwärme

Im Rahmen dieses Leitfadens kann nur der Gesamtenergieverbrauch (Abschnitt 11) überprüft werden.

10 Thermische Solaranlagen

10.1 Allgemeine Beschreibung

Thermische Solaranlagen können zur Trinkwassererwärmung und Heizungsunterstützung eingesetzt werden (Bild 19 und Bild 20). Die wesentlichen Komponenten einer thermischen Solaranlage sind die Kollektoren, der Speicher sowie die Regelung (oft Teil einer Solarstation). In Tabelle 27 werden die wesentlichen Eigenschaften der vorhandenen thermischen Solaranlage zusammengestellt.

Tabelle 27: Checkliste zur Datenaufnahme einer Solarthermie-Anlage.

		vorhandene thermische Solaranlage
Kollektortyp	Flachkollektor	
	Röhrenkollektor	
Montage	indach	
	aufdach	
Speicher	Bivalenter Trinkwarmwasserspeicher	
	Kombispeicher	
Ausrichtung [°]	 °
Neigung [°]	 °
Solarstation mit Wärmemengenzähler vorhanden?		ja / nein
Umwälzpumpe: einstufig, mehrstufig, geregelt, hocheffizient (modular?)		
Trinkwarmwassererwärmung		ja / nein
Heizungsunterstützung		ja / nein

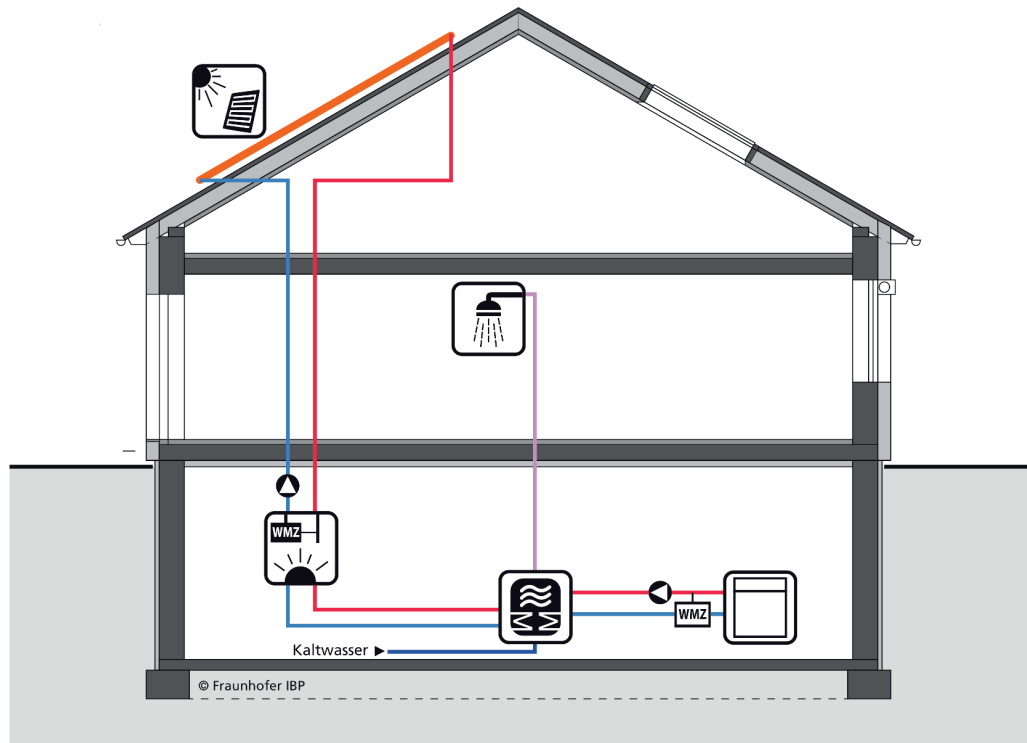


Bild 19: Thermische Solaranlage mit bivalentem Speicher zur Trinkwassererwärmung.

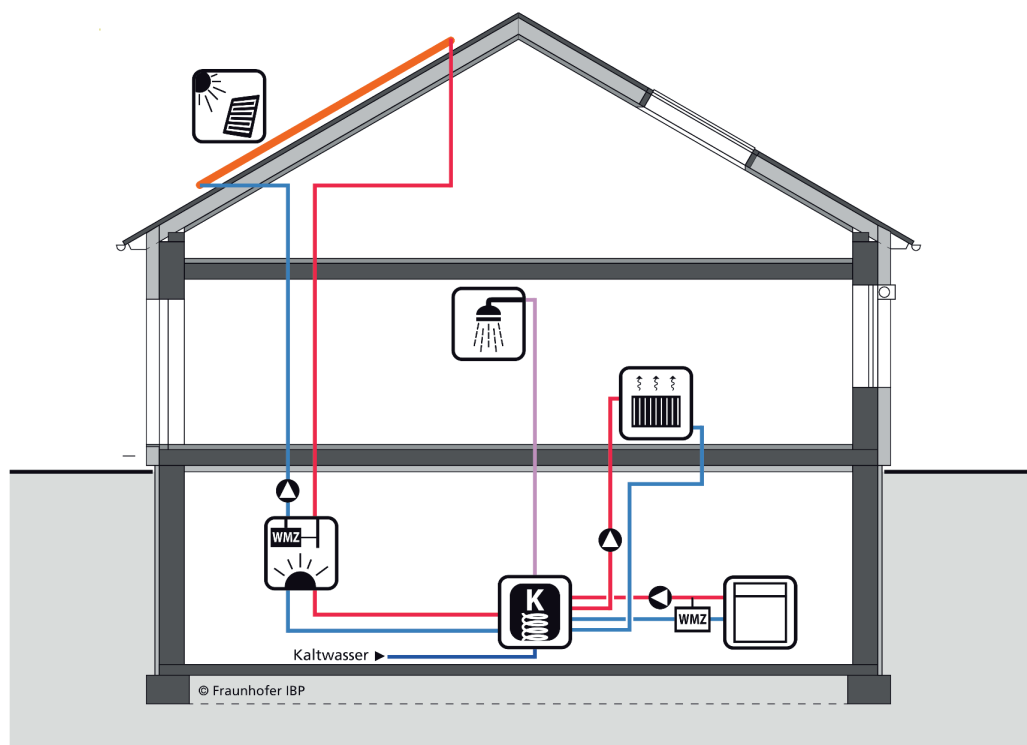


Bild 20: Thermische Solaranlage mit Kombispeicher zur Trinkwassererwärmung und Unterstützung der Raumheizung.

10.2 Messung

Zur Überprüfung der solarthermischen Anlage wird die solare Wärmemenge (Solarertrag) für die Beladung des Speichers (Tabelle 28) während eines Jahres gemessen. Ist eine Solarstation vorhanden, kann diese meist dort abgelesen werden. Anderenfalls muss ein Wärmemengenzähler eingebaut werden (Bild 19 und Bild 20). Die empfohlene Messperiode beträgt ein Jahr. Außerdem muss die von der Heizanlage bereitgestellte Wärmemenge für die Beladung des Speichers (bivalenter Trinkwarmwasserspeicher bzw. Kombispeicher) gemessen werden. Die Ermittlung des solaren Deckungsgrades kann monatlich und jährlich erfolgen.

Tabelle 28: Bewertungsgrößen zur Überprüfung der solarthermischen Anlage.

Bewertungsgröße		Messtechnik / Bestimmung
Globalstrahlung	[kWh/m ²]	www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/strahlungskarten_su.html?nn=510076 (Anhang A1)
Umrechnungsfaktor f_{neig}	[-]	Ermittlung über Tabellen oder Online-Tool (z.B. [49])
Einstrahlung auf (geneigte) Kollektorfläche	[kWh/m ²]	Globalstrahlung * Umrechnungsfaktor f_{neig} (f_{neig} ist abhängig von Neigung und Ausrichtung)
solare Wärmemenge Beladung Speicher (Solarertrag)	[kWh]	Wärmemengenzähler (evtl. bereits in Solarstation integriert)
Wärmemenge für Beladung Speicher (Heizkessel)	[kWh]	Wärmemengenzähler (Eingang Speicher)

10.3 Auswertung

10.3.1 Solarertrag

Der gemessene Solarertrag (solare Wärmemenge zur Beladung des Speichers) während des Messjahres wird mit dem der Vorjahre verglichen.

10.3.2 Systemnutzungsgrad

Der Systemnutzungsgrad einer thermischen Solaranlage ist das (Umwandlungs-)Verhältnis zwischen der solaren Einstrahlung auf die geneigte Kollektorfläche und der daraus gewonnenen thermischen Energie (Solarertrag).

Zur Ermittlung der Einstrahlung auf die geneigte Kollektorfläche (Tabelle 29) muss der Umrechnungsfaktor f_{neig} ermittelt werden, d.h. das Verhältnis der Globalstrahlung zur Einstrahlung auf die geneigte Kollektorfläche. Der Faktor ist abhängig von Neigung und Ausrichtung der Module. Dies kann mit Hilfe von Tabellen, Diagrammen oder mit einem Online-Tool (z.B. [49]) erfolgen.

Die Ermittlung des Systemnutzungsgrades erfolgt dann nach Tabelle 30

Tabelle 29: Ermittlung der Einstrahlung auf Kollektorfläche.

	(1) Umrechnungsfaktor f_{neig} [-]	(2) Globalstrahlung im Messjahr [kWh/m ²]	(3) Einstrahlung auf geneigte Kollektorflä- che [kWh/m ²]
	z. B. Anhang A5	Tabelle 28	(1) * (2)
Jahres- Summe			

Tabelle 30: Ermittlung des Systemnutzungsgrades.

	(1) Einstrahlung auf geneigte Kolle- ktorfläche [kWh/m ²]	(2) Kollektor- fläche [m ²]	(3) Gesamteinstrah- lung auf geneigte Kollektorfläche [kWh]	(4) Solarertrag (Messjahr) [kWh]	(5) System- nutzungsgrad [-]
	Tabelle 29 Spalte (3)	Tabelle 27	(1) * (2)	Tabelle 28	(4) / (3)
Jahres- Summe					

10.3.3 solarer Deckungsgrad

Für eine thermische Solaranlage wird zur Ermittlung des solaren Deckungsgrades der Solarertrag (solare Wärmemenge zur Beladung des Speichers) mit der Gesamtwärmemenge zur Beladung des Speichers (Solarertrag + Heizkessel) verglichen (Tabelle 31).

Tabelle 31: Ermittlung des solaren Deckungsgrades.

	(1) solare Wärmemenge Beladung Speicher [kWh]	(2) Wärmemenge Beladung Speicher aus Heizkessel [kWh]	(3) Gesamt- Wärmemenge für Beladung Speicher [kWh]	(4) solarer Deckungsgrad [-]
	Tabelle 28	Tabelle 28	(1) + (2)	(1) / (3)
Jahres- Summe				

10.4 Benchmarks / Vergleichswerte

10.4.1 Solarertrag

Zur Überprüfung der Anlage wird der Solarertrag (solare Wärmemenge zur Beladung des Speichers) mit den Solarerträgen der Vorjahre verglichen (Tabelle 28). Ein direkter Vergleich ist nur möglich, wenn sich die Gewohnheiten bzgl. des Trinkwarmwasserverbrauchs nicht geändert haben.

Alternativ können als Vergleich näherungsweise Tabellen oder Online-Tools (z. B. [49]) verwendet werden.

10.4.2 Systemnutzungsgrad

Der Systemnutzungsgrad gilt als wichtiger Vergleichswert für die Effizienz einer thermischen Solaranlage und dient somit vorrangig zur energetischen Bewertung der Solaranlage. Im Anwendungsbereich Trinkwarmwassererwärmung von Ein- und Zweifamilienhäusern sind Systemnutzungsgrade von 30 % bis 45 % vorzufinden, d.h. bei z.B. einer solaren Einstrahlung von 1000 kWh/a pro Quadratmeter Kollektorfläche ergibt sich ein solarer Ertrag von 300 bis 450 kWh/a pro Quadratmeter Kollektorfläche.

10.4.3 solarer Deckungsgrad

Thermische Solaranlagen sollen in den Sommermonaten den größten Teil der Trinkwarmwasserbereitung übernehmen. Für eine erste Kontrolle kann der Heizkessel für zwei bis drei Sommertage abgeschaltet werden.

Systemnutzungsgrad und solarer Deckungsgrad verlaufen entgegengesetzt, d.h. hohe Systemnutzungsgrade führen zu geringeren solaren Deckungsgraden. Ein (zu) hoher Deckungsgrad sorgt im Sommer für große Wärmeüberschüsse, welche keiner Nutzung

zugeführt werden können, was den Systemnutzungsgrad reduziert. Kleine Solarthermieanlagen haben oft einen sehr guten Systemnutzungsgrad, da die gewonnene Energie meist vollständig abgenommen werden kann, dafür aber einen vergleichsweise geringen solaren Deckungsgrad.

Richtwerte für den solaren Deckungsgrad über das ganze Jahr sind in Tabelle 32 zusammengestellt.

Tabelle 32: Richtwerte für den solaren Deckungsgrad [50].

System		solarer Deckungsgrad
Trinkwarmwasserbereitung (TWW)	Flachkollektorfläche: 5 – 6 m ² für 4 Personen	50%- 60%
	TWW-Bedarf: 25 – 30 % des Gesamtwasserverbrauchs \cong ca. 40 l TWW pro Person und Tag (45°C)	
Heizungsunterstützung	Warmwasseranschluss: 30 – 50 l je Gerät	Altbau: 10% – 20% Energiesparhaus: 25% – 40%
	Trinkwasserspeicher: 300 – 400 l für 4 Personen	
	Kollektorfläche: 10 – 15 m ²	
	Pufferspeicher: 700 – 1200 l	

10.5 Funktionskontrolle / Optimierung

In Tabelle 33 sind Hilfestellungen für die Funktionskontrolle und die Optimierung von thermischen Solaranlagen aufgelistet.

Tabelle 33: Funktionskontrolle und Optimierung bei Solarthermie.

Anlagenteil		Konsequenz	Eigenleistung 	Fachfirma 
Module	keine optimale Ausrichtung / Neigung	geringerer Ertrag	-	-
	Verschattung		ggf. entfernen	
	Verschmutzung			Reinigung
Speicher	Anschlüsse auf falscher Höhe	schlechte Temperaturschichtung		x
	Dämmung (mangelhaft)	Verluste	x	x
	Größe passt nicht zur Kollektorfläche	schlechte Ausnutzung		x
Einstellung / Regelung	Wärmemengenzähler fehlt	keine Kontrolle		x
	Nachheizzeiten nicht optimiert	höhere Verluste		x
	ggf. Warmwasserzirkulation nicht optimiert	höhere Verluste		Abschnitt 4.5
Pumpe	ungeregelt oder hocheffizient	Abschnitt 4.4	x	x
	Ein- und Ausschalt Differenz nicht optimiert	häufiges Takten		x
Sonstiges	Schwerkraftbremse funktioniert nicht	höhere Verluste		x
	Temperaturfühler (Funktion, Position)	geringerer Ertrag		x
	Luft im Kollektorkreis	geringer Ertrag bzw. Funktionsstörung		x
Wartung	Dokumentation nicht vollständig	erschwerter Fehlersuche	x	[51] [52]
Vergleich des Jahresverbrauchs mit dem der Vorjahre			x	

11 Heizenergieverbrauch

11.1 Messung

Im Normalfall kennt der Nutzer seinen jährlichen Heizendenergieverbrauch über die Jahresverbrauchsabrechnung seines Energieversorgungsunternehmens. Die Abrechnung beinhaltet in der Regel die Angabe der verbrauchten Kilowattstunden und ist nur dann verlässlich, wenn der Verbrauch am Zähler abgelesen wurde und nicht auf der Basis von Schätzungen berechnet wurde. Ansonsten kann der Jahresheizenergieverbrauch nach den Verfahren der vorhergegangenen Abschnitte 5 bis 9 ermittelt werden. Um den Heizenergieverbrauch einzuordnen bzw. um den Jahresheizenergieverbrauch verschiedener Jahre miteinander zu vergleichen, muss eine „Witterungsbereinigung“ durchzuführen werden. Eine Möglichkeit dazu bietet die Gradtagmethode nach VDI 3807 [9] (Abschnitt 3.4). Sie berücksichtigt von den vielen Einflüssen auf den Heizenergieverbrauch allerdings nur den Einfluss von Außenlufttemperatur und Raumlufttemperatur. Der Zweck der „Witterungsbereinigung“ ist die Umrechnung des Heizenergieverbrauchs auf ein „Einheitswetter“. Das IWU (Institut Wohnen und Umwelt) stellt hierfür ein Excel-Rechentool (Bild 7) [12] zur Verfügung (Anhang A6). Das Tool bestimmt sowohl den Korrekturfaktor im Vergleich zum langjährigen Mittel für den gewählten Standort und die gewählte Innentemperatur als auch den Korrekturfaktor für die Bestimmung nach EnEV (ab 2014 bezogen auf das Referenzklima von Potsdam) (Tabelle 34).

Tabelle 34: IWU-Tool zur Bestimmung der Gradtagzahlen.

Postleitzahl: 83607 Wetterstation: Frankfurt/M-Flughafen Jahr: 2017 Start: Januar

ausgewählte Station: Hohenpeißenberg Klimazone 15 nach DIN V 4108-6:2003

Innentemperatur: 22,0 °C Ausgabegröße: Gradtagzahl

Heizgrenztemperatur: 15 zur Berechnung der Gradtagzahl nach VDI 3807

Monat	2017				langjähriges Mittel *			
	Gradtagzahl G22/15 [Kd]	Heiztage [d]	Außen-temperatur [°C]	Außentemp. an Heiztagen [°C]	Gradtagzahl G22/15 [Kd]	Heiztage [d]	Außen-temperatur [°C]	Außentemp. an Heiztagen [°C]
Januar 2017	795	31	-3,6	-3,6	708	31	-0,8	-0,8
Februar 2017	547	28	2,5	2,5	638	28	-0,6	-0,6
März 2017	487	30	6,1	5,8	603	31	2,5	2,5
April 2017	499	30	5,4	5,4	481	29	5,8	5,4
Mai 2017	253	20	12,3	9,3	335	26	10,5	9,2
Juni 2017	86	9	16,9	12,4	211	19	13,5	10,7
Juli 2017	115	12	16,7	12,5	135	13	15,7	11,8
August 2017	87	9	17,7	12,3	142	14	15,5	12,0
September 2017	345	30	10,5	10,5	265	22	11,9	10,1
Oktober 2017	359	28	9,9	9,2	426	29	7,9	7,3
November 2017	587	30	2,4	2,4	567	30	3,1	3,0
Dezember 2017	696	31	-0,5	-0,5	669	31	0,4	0,4
Jahr	4855	288	8,1	5,1	5181	304	7,2	4,9

* von 1971 - 2017

Verhältnis der Gradtagzahl G22/15 2017 zu langjährigem Mittel: 0,94

Verhältnis der Heiztage Ht15 2017 zu langjährigem Mittel: 0,95

Klimafaktor für Energieverbrauchskennwerte nach EnEV ¹: 0,86 (Potsdam (ab 2014) / 0,91 (Würzburg (alt)))

11.2 Benchmarks / Vergleichswerte

Der „Heizspiegel für Deutschland“ bietet bundesweite Vergleichswerte für die Heizkosten und den Heizenergieverbrauch. In Tabelle 35 sind die Vergleichswerte für das Abrechnungsjahr 2017 in vier verschiedene Kategorien von „niedrig“ bis „zu hoch“ eingeteilt. Da der Heizenergieverbrauch wesentlich vom energetischen Zustand des Gebäudes abhängt, findet man unter dem in der Tabelle angegebenen Link zusätzlich eine nach Baujahr differenzierte Darstellung. Eine weitere schnelle Möglichkeit seinen Heizenergieverbrauch zu vergleichen bietet der sogenannte Heizatlas [53].

Tabelle 35: Heizspiegel für das Abrechnungsjahr 2017 (wird jährlich aktualisiert) [54]

Wohnfläche des Gebäudes in m ²	Energieträger	€ Kosten in Euro je m ² und Jahr				kWh Verbrauch in Kilowattstunden je m ² und Jahr			
		niedrig	mittel	erhöht	zu hoch	niedrig	mittel	erhöht	zu hoch
100 – 250	Erdgas	bis 8,10	bis 12,50	bis 17,90	über 17,90	bis 94	bis 166	bis 260	über 260
	Heizöl	bis 8,40	bis 11,70	bis 16,20	über 16,20	bis 108	bis 170	bis 257	über 257
	Fernwärme	bis 9,70	bis 14,30	bis 22,00	über 22,00	bis 86	bis 142	bis 240	über 240
251 – 500	Erdgas	bis 7,70	bis 11,80	bis 16,80	über 16,80	bis 91	bis 160	bis 247	über 247
	Heizöl	bis 7,90	bis 11,20	bis 15,50	über 15,50	bis 103	bis 165	bis 250	über 250
	Fernwärme	bis 9,20	bis 13,50	bis 20,80	über 20,80	bis 83	bis 135	bis 228	über 228
501 – 1.000	Erdgas	bis 7,40	bis 11,30	bis 15,90	über 15,90	bis 88	bis 153	bis 234	über 234
	Heizöl	bis 7,50	bis 10,70	bis 14,90	über 14,90	bis 99	bis 160	bis 244	über 244
	Fernwärme	bis 8,80	bis 12,80	bis 19,70	über 19,70	bis 80	bis 129	bis 218	über 218
über 1.000	Erdgas	bis 7,20	bis 10,90	bis 15,30	über 15,30	bis 86	bis 149	bis 226	über 226
	Heizöl	bis 7,20	bis 10,40	bis 14,50	über 14,50	bis 96	bis 157	bis 240	über 240
	Fernwärme	bis 8,60	bis 12,40	bis 19,00	über 19,00	bis 77	bis 125	bis 211	über 211

Die Vergleichswerte gelten für das Abrechnungsjahr 2017.
 Sie beziehen sich auf die gesamte Wohnfläche eines Gebäudes und beinhalten die **Anteile für Raumwärme und Warmwasserbereitung.**

Das bedeuten die Kategorien

- **niedrig:** Glückwunsch: Alles richtig gemacht!
- **mittel:** Das geht besser: Ihr Haus liegt im Durchschnitt.
- **erhöht:** Achtung: Jedes zweite Haus verbraucht weniger.
- **zu hoch:** Zeit zu handeln: 90 % aller Wohngebäude sind besser als Ihr Haus.

Anmerkung: Heizspiegel differenziert nach Baujahr des Hauses [54]

Download: www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/archiv-heizspiegel-nach-gebäudebaujahr/

Fläche = Gebäudenutzfläche (siehe Anhang A8)

falls nicht bekannt: 1,35 * Wohnfläche (Keller beheizt)

1,25 * Wohnfläche (Keller nicht beheizt)

12 Photovoltaik-Anlage (PV-Anlage)

12.1 Allgemeine Beschreibung

Die Photovoltaik-Anlage (Tabelle 36) setzt sich zusammen aus den PV-Modulen, dem Wechselrichter, Zählern und ggf. einem Batteriespeicher (Bild 21 und Bild 22).

Tabelle 36: Checkliste zur Datenaufnahme einer Photovoltaik-Anlage.

			vorhandene Anlage
Module	kristalline Module	monokristallines Silizium	
		Röhrenkollektor	
		zu Bändern gezogenes Silizium („Ribbon-Si“)	
	Dünnschicht-Technologie	amorphe und mikrokristalline Siliziumzellen	
		mikromorphe Siliziumzellen	
		Cadmiumtellurid (CdTe)-Zellen	
Cl(G)S-Zellen mit den Elementen Kupfer, Indium, Gallium, Schwefel und Selen			
HIT-Hybridzellen	Kombination aus kristallinem und amorphem Silizium		
Nennleistung		[kWp]	
Fläche		[m ²]	
Ausrichtung			
Neigung			
Zähler	PV(Ertrags)-Zähler Bezugszähler Einspeisezähler Zweirichtungszähler Batterie	Menge des erzeugten Solarstroms Menge des Stroms, der aus dem öffentlichen Netz bezogen wird Menge des Stroms, der ins öffentliche Netz eingespeist wird statt Bezug- und Einspeisezähler Lade- und Entladezähler	
Batteriespeicher		Nutzbare Speicherkapazität [kWh]	

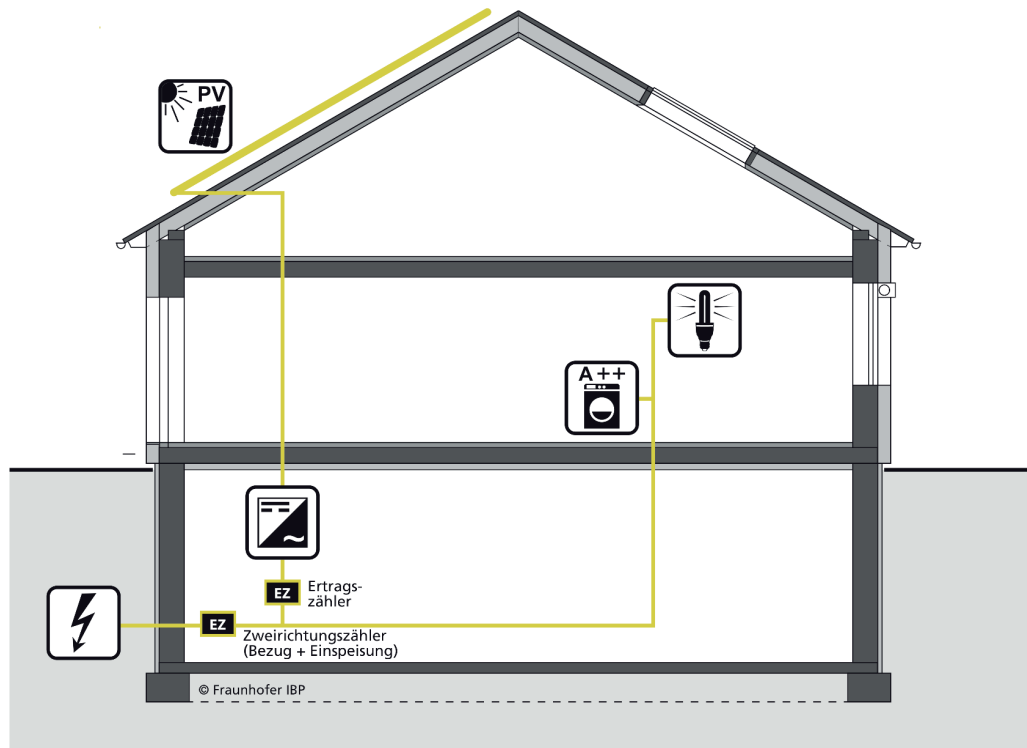


Bild 21: PV-Anlage ohne Batteriespeicher.

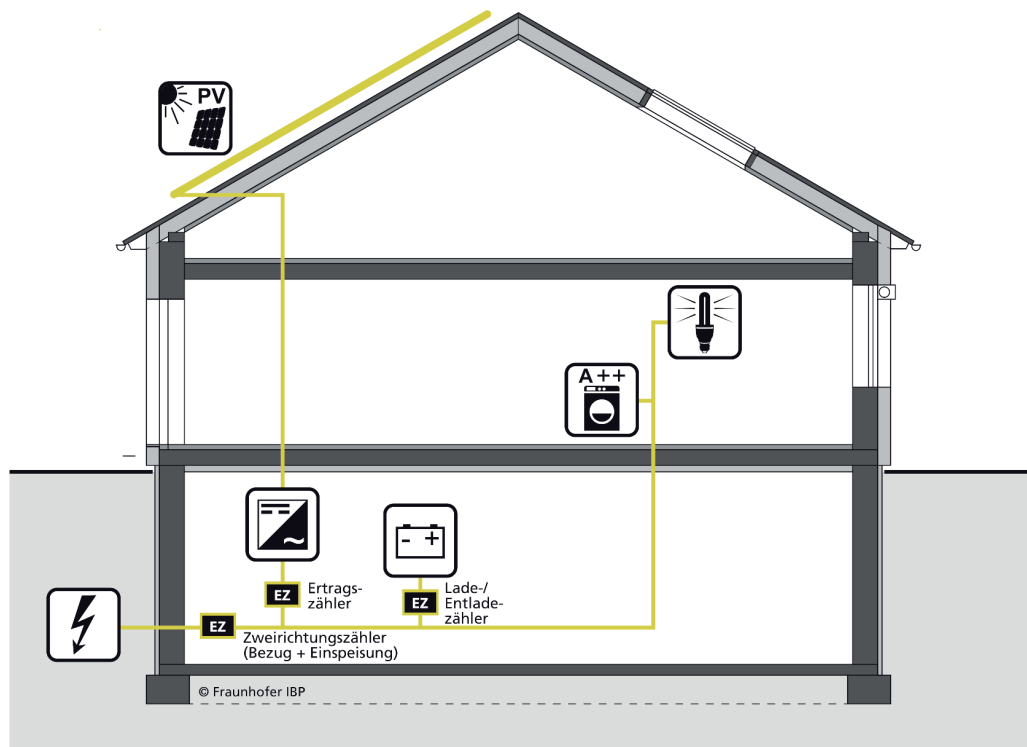


Bild 22: PV-Anlage mit Batteriespeicher .

12.2 Messung

Die Überprüfung der PV-Anlage erfordert im Normalfall keine zusätzlichen Zähler. Die Messdaten können mithilfe der vorhandenen Zähler und den Wetterdaten (Tabelle 37) ermittelt werden. Zur Einschätzung des gemessenen Ertrags wird die während dem Auswertzeitraum vorhandene Globalstrahlung derjenigen aus der Berechnung der Ertragsprognose (Anlagenplanung) (Anhang A7) gegenüber gestellt. Ist keine Ertragsprognose verfügbar, kann diese mit verschiedenen Online-Tools (z.B. [55], [56]) erstellt werden.

Tabelle 37: Bewertungsgrößen zur Überprüfung der PV-Anlage.

Bewertungsgröße		Messtechnik / Bestimmung
Globalstrahlung Ertragprognose	[kWh/m ²]	Anlagenplanung (Ertragsprognose) (Anhang A7), alternativ: www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/ lstrahlungskarten_mi.html?nn=510076 (Anhang A4)
Globalstrahlung Messperiode	[kWh/m ²]	monatliche bzw. jährliche Globalstrahlung z.B. www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/ lstrahlungskarten_su.html?nn=510076 (Anhang A4)
PV-Stromertrag Prognose	[kWh]	Anlagenplanung (Ertragsprognose) alternativ: Online-Tool
PV-Stromertrag Messperiode	[kWh]	PV-Ertragszähler
Stromeinspeisung	[kWh]	Einspeisezähler (des Energieversorgers)
Strombezug	[kWh]	Bezugszähler (des Energieversorgers)
Gesamt- Stromverbrauch	[kWh]	Bezugszähler + PV-Ertragszähler – Einspeisezähler
Laden Batteriespeicher	[kWh]	Lade-/Entladezähler Batteriespeicher
Entladen Batteriespeicher	[kWh]	Lade-/Entladezähler Batteriespeicher

12.3 Auswertung

12.3.1 Solarstromertrag

Den gemessenen PV-Stromerträgen (Jahres- bzw. Monatswerte) werden die prognostizierten PV-Stromerträge (Jahres- bzw. Monatswerte) aus der Anlagenplanung (Ertragsprognose) gegenübergestellt. Die Ertragsprognose basiert auf einem mittleren Klimadatensatz (langjähriges Mittel) für den entsprechenden Standort (Tabelle 37). Um die aktuellen Werte (Messperiode) mit den Prognosewerten vergleichen zu können, müssen diese „witterungsbereinigt“ werden. Als Korrekturfaktor wird das Verhältnis der Globalstrahlung während der Messperiode zur prognostizierten, mittleren Globalstrahlung aus der Anlagenplanung (Ertragsprognose) herangezogen. Nun kann überprüft werden, ob die witterungsbereinigten PV-Erträge die prognostizierten PV-Erträge unterschritten, erfüllt oder sogar übertroffen haben (Tabelle 40).

12.3.2 Eigenverbrauch und Autarkiegrad

Der Eigenverbrauch gibt an, wieviel des durch die PV-Anlage erzeugten Stroms im Gebäude selbst verbraucht wird. Er wird aus der Differenz zwischen dem PV-Ertragszähler und dem Einspeisezähler ins Netz gebildet. Der Eigenverbrauchsanteil gibt das Verhältnis von Eigenverbrauch zum gesamten PV-Ertrag an. Zusätzlich kann der sog. Autarkiegrad bestimmt werden. Dieser gibt das Verhältnis des Eigenverbrauchs zum Gesamtstromverbrauch (Hausverbrauch) an. Ein hoher Eigenverbrauch kann z.B. dadurch generiert werden, dass Stromverbräuche durch intelligente Gebäudetechnik und Haushaltsgeräte in Zeiten mit hohem solarem Angebot verlagert werden. Durch den Einsatz eines Batteriespeichers kann überschüssiger PV-Strom, z.B. für die Nutzung während der Nachtstunden, zwischengespeichert werden. Hierdurch lassen sich auch der Eigenverbrauch sowie der Autarkiegrad erhöhen. Das Verhältnis zwischen Laden und Entladen des Batteriespeichers gibt den Nutzungsgrad des Batteriespeichers an (Tabelle 39).

Tabelle 38: Bestimmung von Eigenverbrauchsanteil und Autarkiegrad.

(1) Eigenverbrauch [kWh]	(2) Eigenverbrauchsanteil [-]	(3) Autarkiegrad [-]
PV-Ertrag – Stromeinspeisung	(1) / PV-Ertrag	(1) / Gesamtstromverbrauch

Tabelle 39: Bestimmung des Wirkungsgrades des Batteriespeichers.

(1) Laden Batteriespeicher [kWh]	(2) Entladen Batteriespeicher [kWh]	(3) Nutzungsgrad [-]
Tabelle 37	Tabelle 37	(2) / (1)

Tabelle 40: Ertrag PV-Anlage im Vergleich zur Ertragsprognose.

Monat	(1) Globalstrahlung Messperiode [kWh/m ²]	(2) Globalstrahlung Ertragsprognose [kWh/m ²]	(3) Witterungs- bereinigung [-]	(4) PV-Ertrag Messperiode [kWh]	(5) PV-Ertrag witterungs- bereinigt [kWh]	(6) PV-Ertrag Prognose [kWh]	(7) Vergleich: Messung - Prognose [-]
	Tabelle 37	Tabelle 37	(2) / (1)	Tabelle 37	(3)*(4)	Tabelle 37	(5)/(6) ≤ 1?
Jan							
Feb							
Mär							
Apr							
Mai							
Jun							
Jul							
Aug							
Sep							
Okt							
Nov							
Dez							
Summe							

12.4 Benchmarks / Vergleichswerte

12.4.1 Solarstromertrag

Zur Überprüfung der Anlage sollen die vorhandenen Erträge mit denen der Prognose verglichen werden. Die Prognose basiert auf langjährigen Mittelwerten der Globalstrahlung am entsprechenden Ort. Aus diesem Grund werden die gemessenen PV-Erträge witterungsbereinigt (Tabelle 40) und anschließend mit den PV-Erträgen aus der Ertragsprognose verglichen.

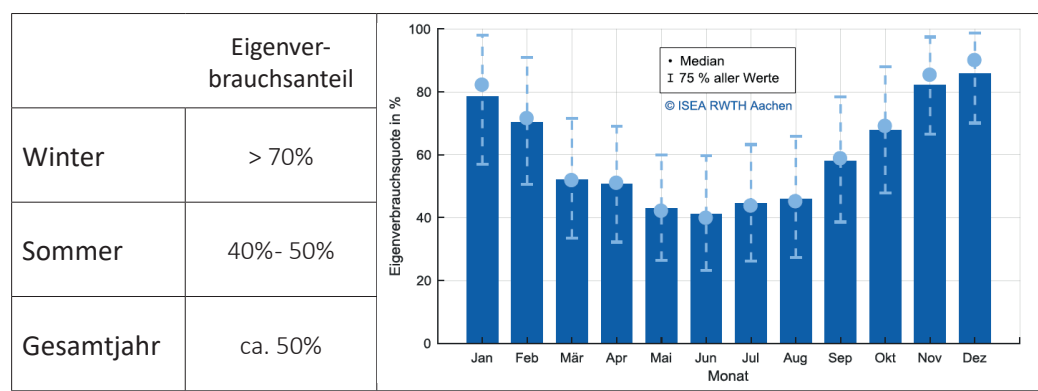
12.4.2 Eigenverbrauch und Autarkiegrad

Nach dem Speichermonitoring der RWTH Aachen [57] ist der Eigenverbrauchsanteil von Haushalten mit PV-Speichern stark jahreszeitenabhängig:

- im Winter übersteigt der Stromverbrauch die zu dieser Zeit geringere PV-Erzeugung
- im Sommer ist die durchschnittliche PV-Erzeugung höher bei geringerem Stromverbrauch

Tabelle 41 zeigt die durchschnittlichen Eigenverbrauchsanteile aus dem Speichermonitoring

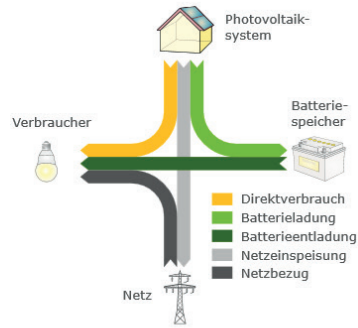
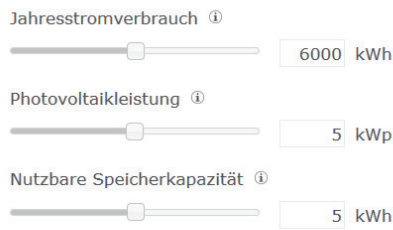
Tabelle 40: Ertrag PV-Anlage im Vergleich zur Ertragsprognose.



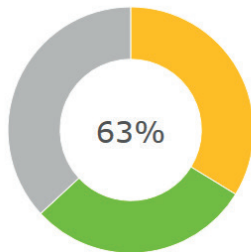
Photovoltaik-Anlagen mit Batterien lassen sich mit unterschiedlichen Zielsetzungen betreiben. Die Betriebsstrategie hat einen entscheidenden Einfluss auf die Netzeinspeisung bzw. den Eigenverbrauch. Die Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin hat dazu einen Unabhängigkeitsrechner zur Steigerung des Eigenverbrauchs und zur Begrenzung der Einspeiseleistung entwickelt (Bild 23, [58]).

htw.
Hochschule für Technik und
Wirtschaft Berlin
pv-speicher.htw-berlin.de
Weitere Informationen

Unabhängigkeitsrechner



Eigenverbrauchsanteil ⓘ



Autarkiegrad ⓘ

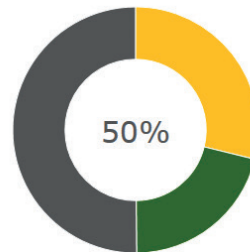


Bild 23: Unabhängigkeitsrechner der Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.

12.4.3 Wirkungsgrad Laden-Entladen

Die folgende Tabelle 42 zeigt typische Wirkungsgrade für das Laden und Entladen von Batteriespeichern.

Tabelle 42: Wirkungsgrad Entladen-Laden inkl. Batterieumrichter [59].

	Wirkungsgrad Entladen-Laden
Blei-Säure-Batterien	70%- 75%
Lithium-Ionen-Batterien	80%- 85%

12.5 Funktionskontrolle / Optimierung

In Tabelle 43 sind Hilfestellungen für die Funktionskontrolle und die Optimierung von Photovoltaik-Anlagen aufgelistet.

Tabelle 43: Funktionskontrolle und Optimierung bei Photovoltaik.

Anlagenteil		Konsequenz	Eigenleistung 	Fachfirma 
Module	Winkel / Ausrichtung nicht optimal	Leistungsminderung	-	-
	(teilweise) Verschattung		ggf. entfernen	-
	Verschmutzung		-	Reinigung
	Alterung		-	-
	defekte Module	wirken als Verbraucher, Feuchtigkeit kann eindringen		Thermografie
	Anschlussfehler			Dokumentation
Wechselrichter	Aufstellraum zu heiß	schlechterer Wirkungsgrad	x	x
	Nennleistung zu klein			x
	Leistungsregelverhalten			x
Speicher	Aufstellraum zu kalt	schlechterer Wirkungsgrad	x	x
Wartung				jährlich
Vergleich des Jahresverbrauchs mit dem der Vorjahre			x	

13 Stromverbrauch

13.1 Allgemeine Beschreibung

Bei der Bewertung des Stromverbrauchs wird nur der Gesamtjahresverbrauch betrachtet. Dabei muss ggf. auch die PV-Anlage (Abschnitt 12) mitbetrachtet werden.

13.2 Messung

Der Jahresstromverbrauch kann über die (jährliche) Ablesung des Stromzählers bzw. der jährlichen Stromrechnung bestimmt werden. Ist eine Photovoltaikanlage vorhanden, wird für den Jahresgesamtstromverbrauch noch der Eigenstromverbrauch aus der PV-Anlage (Abschnitt 12) addiert.

13.3 Auswertung

Für die Einschätzung des Stromverbrauchs werden Jahreswerte verwendet. Hierzu kann der Gesamtstromverbrauch gemäß Tabelle 44 ermittelt werden.

Tabelle 44: Stromverbrauch

	Elektrozähler	Stromverbrauch
Strombezug aus dem Netz	Bezugszähler	Ablesung 2 – Ablesung 1
Ertrag aus der PV-Anlage (falls vorhanden)	Ertragszähler	Ablesung 2 – Ablesung 1
Einspeisung ins Netz	Einspeisezähler	Ablesung 2 – Ablesung 1
Gesamtstromverbrauch		Bezug + Ertrag – Einspeisung

13.4 Benchmarks / Vergleichswerte

Tabelle 45 zeigt eine Zusammenstellung des typischen Stromverbrauchs für Einfamilien- oder Zweifamilienhäuser von Haushalten mit und ohne elektrische Trinkwarmwasserbereitung, abhängig von der Anzahl der im Haushalt lebenden Personen, kategorisiert von geringem bis sehr hohem Stromverbrauch.



Tabelle 45: Stromspiegel (wird jährlich aktualisiert) [60].

Gebäudetyp	Warmwasser	Personen im Haushalt	Verbrauch in Kilowattstunden (kWh) pro Jahr						
			Gering				Sehr hoch		
			A	B	C	D	E	F	G
Ein- oder Zweifamilienhaus	ohne Strom		bis 1.300	bis 1.700	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.000	bis 4.000	über 4.000
			bis 2.100	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.200	bis 3.600	bis 4.400	über 4.400
			bis 2.600	bis 3.000	bis 3.500	bis 3.900	bis 4.300	bis 5.200	über 5.200
			bis 2.900	bis 3.500	bis 3.800	bis 4.200	bis 4.900	bis 5.900	über 5.900
	mit Strom		bis 1.500	bis 2.000	bis 2.500	bis 3.000	bis 3.600	bis 5.000	über 5.000
			bis 2.500	bis 3.000	bis 3.500	bis 4.000	bis 4.500	bis 5.800	über 5.800
			bis 3.000	bis 3.800	bis 4.200	bis 4.900	bis 5.700	bis 7.300	über 7.300
			bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.500	bis 6.300	bis 8.000	über 8.000
			bis 3.500	bis 4.000	bis 4.800	bis 5.400	bis 6.000	bis 7.500	über 7.500
			bis 4.200	bis 5.000	bis 6.000	bis 7.000	bis 8.000	bis 10.900	über 10.900

13.5 Optimierung

In Tabelle 46 sind einige Hilfestellungen zum Stromsparen aufgelistet. Weitere Maßnahmen und Erläuterungen sind in diversen kostenfrei verfügbaren Ratgebern, wie z.B. [61], [62], [63] und [64] zu finden

Tabelle 46: Optimierung beim Stromverbrauch.

	Eigenleistung 	Fachfirma 
Warmwasseranschluss für Wasch- und Spülmaschinen		x
Verwendung von A+++ Geräten	x	
Stand-by-Verluste vermeiden: Nicht benötigte Elektrogeräte vom Netz trennen!	x	
bei elektrischer Warmwasserbereitung: Sparduschkopf und Durchflussbegrenzer	x	
Austausch von Leuchtmittel in energieeffiziente Systeme (z.B. LED)	x	
Heizungspumpen und Lüftungsventilatoren prüfen	x	
Temperatureinstellung Kühlschrank prüfen	x	
Vergleich des Jahresstromverbrauchs mit dem der Vorjahre	x	

Literatur

- [1] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz: www.umweltbundesamt.de/daten/klima/klimaschutzziele-deutschlands. Stand 15.05.2018.
- [2] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): dena-Gebäudereport kompakt 2018 - Statistiken und Analysen zur Energieeffizienz im Gebäudebestand. April 2018.
- [3] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): dena-Leitstudie „Integrierte Energiewende: Impulse für die Gestaltung des Energiesystems bis 2050“. Juni 2018.
- [4] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie e.V.: www.bdh-koeln.de. Stand 1.10.2018.
- [5] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung - EnEV). 24. Juli 2007.
- [6] DIN V 18599-1 Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primär-energiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 1: Allg. Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energie. Januar 2016.
- [7] DIN EN 1434-6 Thermische Energiemessgeräte - Teil 6: Einbau, Inbetriebnahme, Überwachung und Wartung. Februar 2016.
- [8] Minol Messtechnik: Minol Praxisratgeber zum Einbau von Wärme- und Kältezählern (3. Auflage). Juli 2016.
- [9] VDI 3807 Blatt 2 Verbrauchskennwerte für Gebäude - Verbrauchskennwerte für Heizenergie, Strom und Wasser. November 2014.
- [10] VDI 4710 Blatt 2 Meteorologische Daten in der technischen Gebäudeausrüstung - Gradtage. Mai 2007.
- [11] Deutscher Wetterdienst: www.dwd.de/DE/leistungen/gtz_kostenfrei/gtz_kostenfrei.html. Stand: 1.11.2018
- [12] Institut Wohnen und Umwelt IWU: www.iwu.de/veroeffentlichungen/tools/. Stand 1.10.2018.
- [13] Verbraucherzentrale Bundesverband e.V.: www.verbraucherzentrale-energieberatung.de. Stand 2018.
- [14] Zentralverband Sanitär Heizung Klima ZVSHK: www.wasserwaermeluft.de/. Stand 2018.
- [15] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Heizungs-optimierung/heizungsoptimierung_node.html. Stand 26.2.2018.
- [16] co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH: www.energiesparkonto.de. Stand 25.10.2018.
- [17] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie BDH: Kompendium Technische Informationen für Heizungsfirmen. März 2011.
- [18] DIN SPEC 15378 Inspektion von Wärmeerzeugern, Heizungs- und Trinkwassererwärmungsanlagen - Nationale Ergänzung zur DIN EN 15378-1. August 2018.

- [19] VdZ - Forum für Energieeffizienz in der Gebäudetechnik e.V.: Leitfaden zum Heizungscheck nach DIN EN 15378. Mai 2010.
- [20] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena): So machen Sie dicht (6.Auflage). Mai 2017.
- [21] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU): www.bmu.de/themen/gesundheit-chemikalien/gesundheit-und-umwelt/innenraumluft/richtiges-lueften-und-heizen/. Stand 9.7.2019.
- [22] Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Verkehr und Landesentwicklung: Energiesparinformationen 12 - Niedertemperatur- und Brennwertkessel, Wissenswertes über moderne Zentralheizungsanlagen. Ausgabe 2005.
- [23] Ostfalia Hochschule: www.delta-q.de. Stand November 2018.
- [24] co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH: www.co2online.de/energie-sparen/heizenergie-sparen/hydraulischer-abgleich/. Stand 3.2.2020.
- [25] Verbraucherzentrale Rheinland-Pfalz e.V.: Energieverbrauch von Heizungspumpen. März 2014.
- [26] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: Technisches Merkblatt zur Förderung der Heizungs-optimierung. September 2016.
- [27] co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH: www.co2online.de/energie-sparen/heizenergie-sparen/warmwasser/legionellen-experteninterview/. Stand 26. 2.2018.
- [28] Umweltbundesamt: Stellungnahme des UBA: Energiesparen bei der Warmwasserbereitung - Vereinbarkeit von Energieeinsparung und Hygieneanforderungen an Trinkwasser. September 2011.
- [29] Bürschgens, Arnd: Legionellen in Trinkwasser-Installationen - Gefährdungsanalyse und Sanierung. Beuth Verlag. September 2018.
- [30] co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH: www.co2online.de/energie-sparen/heizenergie-sparen/warmwasser/wasser-sparen-die-10-besten-tips/. Stand 26.2.2018.
- [31] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes; Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen - 1. BImSchV. 26. Januar 2010.
- [32] Wolff, Dieter; Jagnow, Kati: www.delta-q.de/cms/de/projekte/dbu_optimus.html. Stand 2018.
- [33] Wolff, Dieter; Jagnow, Kati: Bericht Optimus Band 2 - Technische Optimierung und Energieeinsparung/3.
- [34] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie BDH: Informationsblatt Nr. 14: Jährliche Inspektion und Wartung von Heizungsanlagen. Dezember 2017.
- [35] DIN V 18599-5 Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergie-bedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 5: Endenergiebedarf von Heizsystemen. September 2018.
- [36] DIN 51603-1 Flüssige Brennstoffe - Heizöle - Teil 1: Heizöl EL, Mindestanforderungen. März 2017.

- [37] VDI 4645 Heizungsanlagen mit Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern: Planung, Errichtung, Betrieb. März 2018.
- [38] DIN EN 14511-1 Luftkonditionierer, Flüssigkeitskühlsätze und Wärmepumpen für die Raumbeheizung und -kühlung und Prozess-Kühler mit elektrisch angetriebenen Verdichtern - Teil 1: Begriffe. Mai 2018.
- [39] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle: Wärmepumpe - Grundwissen zum Marktanzreiz-programm. 24.1.2019.
- [40] VDI 4650 Blatt 1 Berechnung der Jahresarbeitszahl von Wärmepumpenanlagen- Elektrowärmepumpen zur Raumheizung und Trinkwassererwärmung. Dezember 2016.
- [41] Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (EEWärmeG). 7.8.2008.
- [42] Bundesverband Wärmepumpe e.V.: Wärmepumpen Förderratgeber. Oktober 2017.
- [43] Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme : „WP Monitor“ - Feldmessung von Wärmepumpenanlagen. 15.7.2014.
- [44] Bergmann, Antje; Erhorn, Hans: Energieeffizienz elektrisch angetriebener Wärmepumpen, Praxis-ergebnisse aus dem Monitoring. IBP-Mitteilung 549 Neue Forschungsergebnisse, kurz gefasst. 2017.
- [45] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie BDH und Bundesverband Wärmepumpe e.V. bwp: Informationsblatt Nr. 62: Inspektion, Wartung und Optimierung von Heizungsanlagen mit Wärmepumpen. November 2015.
- [46] Deutsches Pelletinstitut GmbH: <http://www.enplus-pellets.de/>. Stand 3.12.2018.
- [47] Deutscher Energieholz- und Pellet-Verband e.V. DEPV und Deutsches Pelletinstitut DEPI: Empfehlungen zur Lagerung von Holzpellets. Oktober 2015.
- [48] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie BDH: Informationsblatt Nr. 26: CO₂-Reduktion durch moderne Holzheizungen Teil 1: Scheitholz- und Pelletsheizungen. März 2017.
- [49] Valentin Software GmbH: www.valentin-software.com. Stand 2015.
- [50] Verbraucherzentrale NRW e.V.: www.verbraucherzentrale.de/wissen/energie/erneuerbare-energien/solarthermie-solarwaerme-fuer-warmwasser-und-heizung-5568. Stand 24.10.2018.
- [51] Bundesindustrieverband Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik e.V. BDH: Informationsblatt Nr. 17: Thermische Solaranlagen Teil 3: Fehlersuche. März 2011.
- [52] Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie BDH: Informationsblatt Nr. 44: Thermische Solaranlagen - Dokumentation von Übergabe und Inspektion. März 2011.
- [53] co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH: www.co2online.de/service/energiesparchecks/heizatlas/. Stand 24.10.2018.
- [54] co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH: www.heizspiegel.de/heizkosten-pruefen/heizspiegel/. Stand 03.02.2020.

- [55] European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability, Renewable Energies Unit: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>. Stand 3.2.2020.
- [56] EEM Energy & Environment Media GmbH: www.solarserver.de/service-tools/pv-anlage-online-berechnen.html. Stand 24.10.2018.
- [57] RWTH Aachen: Speichermonitoring Jahresbericht 2018. Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungs-programm Solarstromspeicher 2.0. 2018.
- [58] Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin htw: pvspeicher.htw-berlin.de/unabhaengigkeitsrechner/. Stand 3.2.2020
- [59] Öko-Institut e.V., Geschäftsstelle Freiburg: Einsatz und Wirtschaftlichkeit on Photovoltaik-Batteriespeicher in Kombination mit Stromsparen. Perspektiven der Bürgerbeteiligung an der Energiewende unter Berücksichtigung von Verteilungsfragen (BMBF gefördertes Verbundprojekt). 2018.
- [60] co2online gemeinnützige Beratungsgesellschaft mbH: www.co2online.de/energie-sparen/strom-sparen/strom-sparen-stromspartipps/stromspiegel-stromverbrauch-vergleichen/. Stand 03.02.2020.
- [61] Umweltbundesamt: Energiesparen im Haushalt: wie Sie einfach und ohne Komfortverlust Ihren Energieverbrauch senken und Geld sparen können. (Juli 2013).
- [62] Umweltbundesamt: Das Energiesparschein - Informationen zum Wärmeschutz und zur Heizenergieeinsparung für Eigenheimbesitzer. Juni 2013.
- [63] Deutsche Energie-Agentur GmbH dena: Strom sparen im Haushalt - Anleitung für Verbraucher. Juli 2015.
- [64] Umweltbundesamt: Stromsparen - Schlüssel für eine umweltschonende und kostengünstige Energiewende. September 2015.
- [65] VdZ - Forum für Energieeffizient in der Gebäudetechnik e.V.: www.intelligent-heizen.info. Stand 1.10.2018.
- [66] FH Braunschweig: Qualifikation zum/r Energieberater/in TGA: Überblick Heizungsregelung. (Mai 2009).
- [67] Wienert, U.: Klimatologische Größen zur technischen Planung am Beispiel der TRY (Testreferenzjahre). 2008.

ANHANG

A1. Wirkungsgrad – Nutzungsgrad

Die folgende Tabelle 47 zeigt den Unterschied zwischen Wirkungs- und Nutzungsgrad [65].

Tabelle 47: Unterschied zwischen Wirkungsgrad und Nutzungsgrad .

Wirkungsgrad	Nutzungsgrad
<ul style="list-style-type: none"> • Verhältnis zwischen Aufwand (zugeführte Energie) und dem daraus gewonnenen Nutzen (z.B. Wärme) • je höher der Wert umso effizienter 	
<ul style="list-style-type: none"> • zu einem Zeitpunkt • höher als Nutzungsgrad 	<ul style="list-style-type: none"> • über einen längeren Zeitraum, in dem die Anlage tatsächlich genutzt wird • niedriger als Wirkungsgrad

A2. Heizkurve [66]

Mit der Heizkurve werden den Außentemperaturen (die typischerweise mit einem Temperaturfühler an der Nord- oder Nordwest-Fassade ohne Sonneneinwirkung gemessen werden) bestimmte Sollwerte der Heizwasservorlauftemperatur zugeordnet. Dabei gibt es zwei wichtige Einflussgrößen auf die Vorlauftemperaturen: Steilheit und Parallelverschiebung (Tabelle 48).

Tabelle 48: Einstellmöglichkeiten bei der Heizkurve.

Steigung	Parallelverschiebung
<p>Je höher die Steigung ist, desto höher ist die Vorlauftemperatur an den kalten Tagen.</p>	<p>Mit einer Parallelverschiebung können ganzjährig höhere Raumtemperaturen erreicht werden. Parallelverschiebungen bedeuten absolute Leistungssteigerungen.</p>
<p>ϑ_v Vorlauftemperatur ϑ_a Außentemperatur</p>	

A3. Heizkörper entlüften

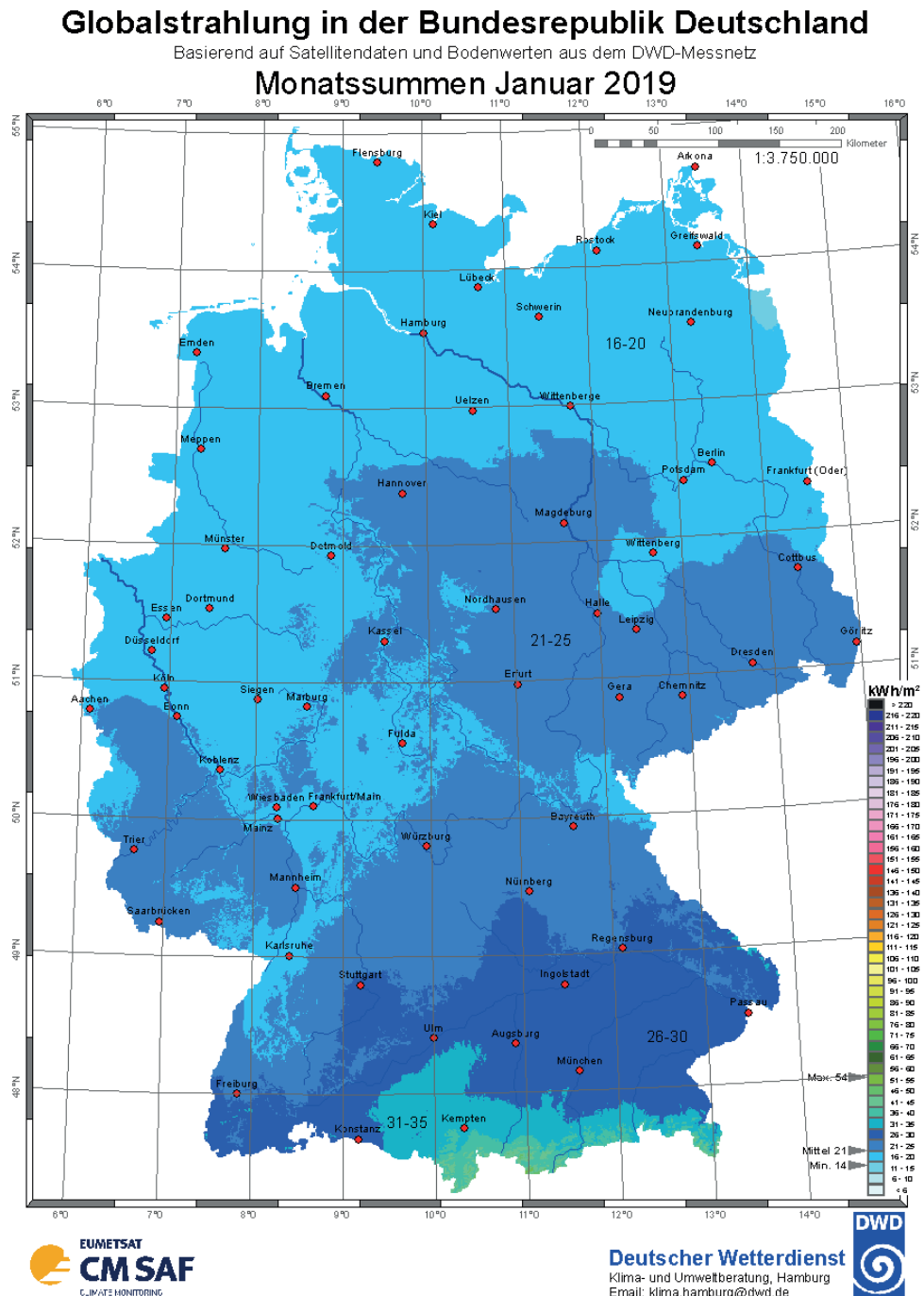
In der folgenden Tabelle (Tabelle 49) ist eine Anleitung zum Entlüften von Heizkörpern zusammengestellt

Tabelle 49: Entlüftung von Heizkörpern.

Wann	<ul style="list-style-type: none"> • vor Beginn der Heizperiode • Heizung macht ungewöhnliche Geräusche • Heizung wird nicht richtig warm.
Werkzeug	<ul style="list-style-type: none"> • Auffangbehälter • Tuch • Entlüftungsschlüssel, Schraubenzieher, Zange o.ä. (je nach Gegebenheiten)
Wie	<ul style="list-style-type: none"> • wenn möglich: Umwälzpumpe abschalten • ca. 1 Stunde warten • Thermostat auf höchste Stufe stellen • Auffangbehälter unter Ventil stellen und Tuch um Ventil wickeln • Ventil langsam mit Entlüftungsschlüssel öffnen bis es zu Zischen beginnt • ACHTUNG: entweichende Luft kann heiß sein! • wenn das Zischen leiser wird, beginnt Wasser auszutreten • ACHTUNG: Wasser ist meist schmutzig! • → Heizkörper ist entlüftet: Entlüftungsventil wieder schließen • Umwälzpumpe wieder anschalten • Wasserdruck überprüfen und ggf. nachfüllen
<p>Anmerkung: In gemieteten Objekten sollte der Eigentümer informiert werden.</p>	

A4. Strahlungskarten Solarserver

https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/1strahlungskarten_su.htm?nn=510076

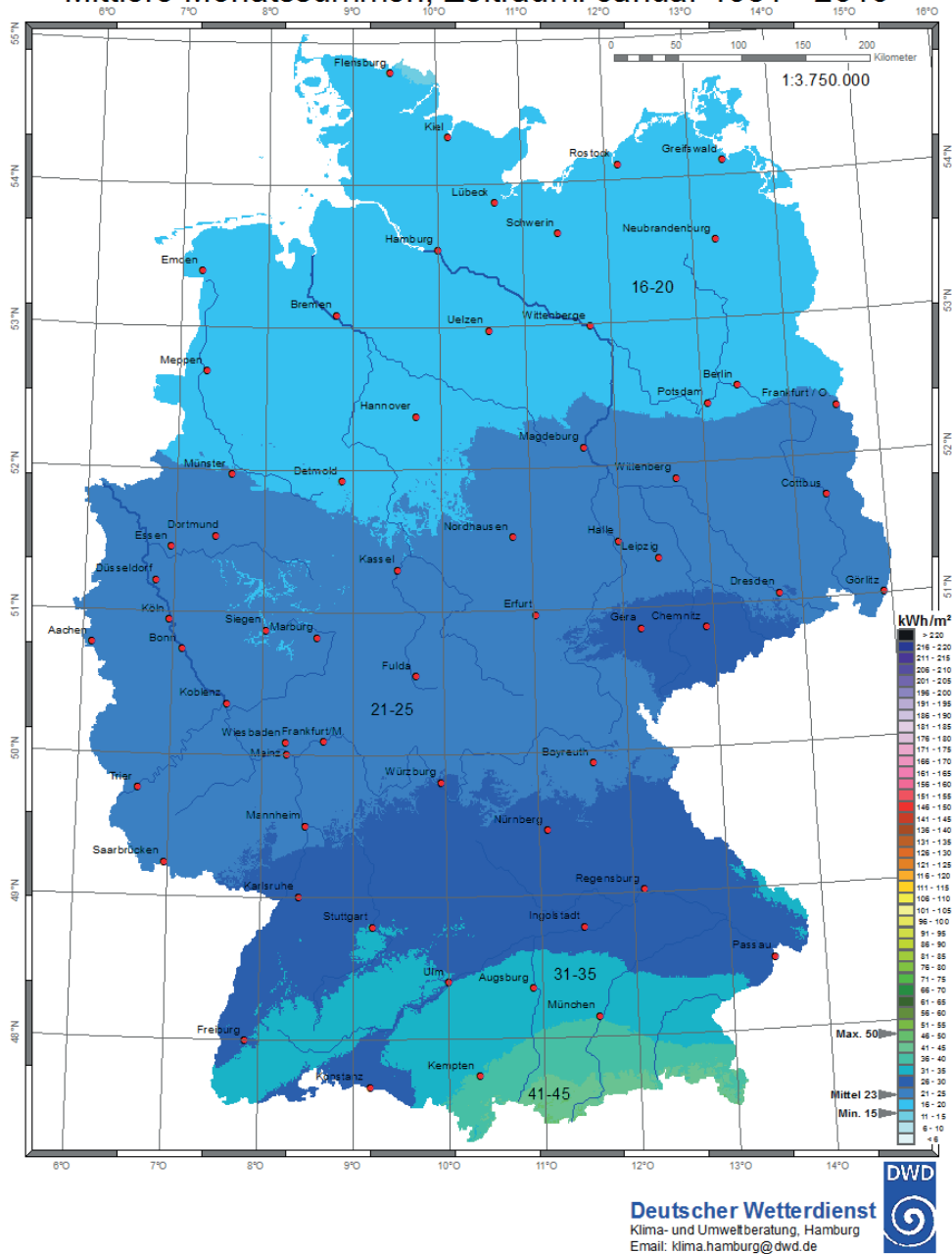


https://www.dwd.de/DE/leistungen/solarenergie/lstrahlungskarten_mi.htm?nn=510076

Globalstrahlung in der Bundesrepublik Deutschland

Basierend auf Satellitendaten und Bodenwerte aus dem DWD-Messnetz

Mittlere Monatssummen, Zeitraum: Januar 1981 - 2010



A5. Bestimmung von f_{neig} mit dem Valentin Software T*SOL Online-rechner

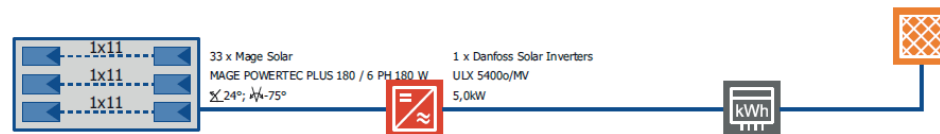
Beispiel: Bestimmung von f_{neig}		Solaranlage zur Warmwasserbereitung														
EINGABE 1 <table border="1"> <tr><td>Neigung</td><td>wie vorhanden</td></tr> <tr><td>Ausrichtung</td><td>wie vorhanden</td></tr> <tr><td>Fläche Solarmodule</td><td>frei wählbar</td></tr> <tr><td>Personenanzahl</td><td>frei wählbar</td></tr> <tr><td>Warmwassertemperatur</td><td>frei wählbar</td></tr> <tr><td>Ort (Wetterbedingungen)</td><td>nächst gelegen</td></tr> <tr><td>Speichergröße</td><td>frei wählbar</td></tr> </table>		Neigung	wie vorhanden	Ausrichtung	wie vorhanden	Fläche Solarmodule	frei wählbar	Personenanzahl	frei wählbar	Warmwassertemperatur	frei wählbar	Ort (Wetterbedingungen)	nächst gelegen	Speichergröße	frei wählbar	
Neigung	wie vorhanden															
Ausrichtung	wie vorhanden															
Fläche Solarmodule	frei wählbar															
Personenanzahl	frei wählbar															
Warmwassertemperatur	frei wählbar															
Ort (Wetterbedingungen)	nächst gelegen															
Speichergröße	frei wählbar															
Ergebnisse berechnen		<p style="text-align: center;">Ergebnisse</p> <p>Einstrahlung: 953 kWh/a</p> <p>Systemertrag: 402 kWh/a</p> <p>Deckungsanteil: 16 %</p> <p>CO² Einsparung: 106 kg/a</p>														
EINGABE 2 <table border="1"> <tr><td>Neigung</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ausrichtung</td><td>unwichtig</td></tr> <tr><td>Fläche Solarmodule</td><td>wie EINGABE 1</td></tr> <tr><td>Personenanzahl</td><td>wie EINGABE 1</td></tr> <tr><td>Warmwassertemperatur</td><td>wie EINGABE 1</td></tr> <tr><td>Ort (Wetterbedingungen)</td><td>wie EINGABE 1</td></tr> <tr><td>Speichergröße</td><td>wie EINGABE 1</td></tr> </table>		Neigung	0	Ausrichtung	unwichtig	Fläche Solarmodule	wie EINGABE 1	Personenanzahl	wie EINGABE 1	Warmwassertemperatur	wie EINGABE 1	Ort (Wetterbedingungen)	wie EINGABE 1	Speichergröße	wie EINGABE 1	
Neigung	0															
Ausrichtung	unwichtig															
Fläche Solarmodule	wie EINGABE 1															
Personenanzahl	wie EINGABE 1															
Warmwassertemperatur	wie EINGABE 1															
Ort (Wetterbedingungen)	wie EINGABE 1															
Speichergröße	wie EINGABE 1															
Ergebnisse berechnen		<p style="text-align: center;">Ergebnisse</p> <p>Einstrahlung: 1.010 kWh/a</p> <p>Systemertrag: 422 kWh/a</p> <p>Deckungsanteil: 17 %</p> <p>CO² Einsparung: 111 kg/a</p>														
Korrektorfaktor f_{neig}		$f_{neig} = \frac{\text{Einstrahlung Eingabe 1}}{\text{Einstrahlung Eingabe 2}}$														
Beispiel:		$f_{neig} = \frac{953}{1010} = 0,94$														

A6. Gradtagzahlen (Beispiel)

Beispiel:	83607 Holzkirchen September 2017 bis März 2018																																																																														
Postleitzahl eintragen	Postleitzahl <input type="text" value="83607"/>																																																																														
Tool wählt entsprechende Wetterstation	ausgewählte Station: Hohenpeißenberg																																																																														
alternativ: Wetterstation auswählen (dabei möglichst Wetterstation in derselben TRY (Testreferenzjahr)-Region nach VDI 4710-3 [67] verwenden) Wichtig: PLZ löschen!	Wetterstation <input type="text" value="Görlitz"/>																																																																														
gegebenenfalls Innentemperatur anpassen	Innentemperatur <input type="text" value="20.0 °C"/>																																																																														
Beginn des Monitorings wählen	Jahr <input type="text" value="2017"/> Start <input type="text" value="September"/>																																																																														
Heizgrenztemperatur	Heizgrenztemperatur <input type="text" value="15"/>																																																																														
Tool berechnet Gradtagzahlen und Heiztage (mit Hilfe der Außentemperaturen der entsprechenden Wetterstation und der Heizgrenztemperatur) Anmerkung: evtl. muss Auswertung verschoben werden bis alle Wetterdaten verfügbar sind. ggf. andere Wetterstation verwenden	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Monat</th> <th colspan="4">2017/2018</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Gradtagzahl</th> <th>Außen-temperatur</th> <th>Außentemp. an Heiztagen</th> </tr> <tr> <th>G20/15 [Kd]</th> <th>Heiztage [d]</th> <th>[°C]</th> <th>[°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>September 2017</td><td>285</td><td>30</td><td>10,5</td><td>10,5</td></tr> <tr><td>Oktober 2017</td><td>303</td><td>28</td><td>9,9</td><td>9,2</td></tr> <tr><td>November 2017</td><td>527</td><td>30</td><td>2,4</td><td>2,4</td></tr> <tr><td>Dezember 2017</td><td>634</td><td>31</td><td>-0,5</td><td>-0,5</td></tr> <tr><td>Januar 2018</td><td>536</td><td>31</td><td>2,7</td><td>2,7</td></tr> <tr><td>Februar 2018</td><td>702</td><td>28</td><td>-5,1</td><td>-5,1</td></tr> <tr><td>März 2018</td><td>576</td><td>31</td><td>1,4</td><td>1,4</td></tr> <tr><td>April 2018</td><td>213</td><td>23</td><td>12,2</td><td>10,7</td></tr> <tr><td>Mai 2018</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Juni 2018</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Juli 2018</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>August 2018</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Jahr</td><td>3775</td><td>232</td><td>2,8</td><td>3,7</td></tr> </tbody> </table>	Monat	2017/2018				Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen	G20/15 [Kd]	Heiztage [d]	[°C]	[°C]	September 2017	285	30	10,5	10,5	Oktober 2017	303	28	9,9	9,2	November 2017	527	30	2,4	2,4	Dezember 2017	634	31	-0,5	-0,5	Januar 2018	536	31	2,7	2,7	Februar 2018	702	28	-5,1	-5,1	März 2018	576	31	1,4	1,4	April 2018	213	23	12,2	10,7	Mai 2018					Juni 2018					Juli 2018					August 2018					Jahr	3775	232	2,8	3,7
Monat	2017/2018																																																																														
	Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen																																																																											
	G20/15 [Kd]	Heiztage [d]	[°C]	[°C]																																																																											
September 2017	285	30	10,5	10,5																																																																											
Oktober 2017	303	28	9,9	9,2																																																																											
November 2017	527	30	2,4	2,4																																																																											
Dezember 2017	634	31	-0,5	-0,5																																																																											
Januar 2018	536	31	2,7	2,7																																																																											
Februar 2018	702	28	-5,1	-5,1																																																																											
März 2018	576	31	1,4	1,4																																																																											
April 2018	213	23	12,2	10,7																																																																											
Mai 2018																																																																															
Juni 2018																																																																															
Juli 2018																																																																															
August 2018																																																																															
Jahr	3775	232	2,8	3,7																																																																											
Vergleich mit dem langjährigen Mittel (1971- 2017)	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Monat</th> <th colspan="4">langjähriges Mittel *</th> </tr> <tr> <th colspan="2">Gradtagzahl</th> <th>Außen-temperatur</th> <th>Außentemp. an Heiztagen</th> </tr> <tr> <th>G20/15 [Kd]</th> <th>Heiztage [d]</th> <th>[°C]</th> <th>[°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>September 2017</td><td>220</td><td>22</td><td>11,9</td><td>10,1</td></tr> <tr><td>Oktober 2017</td><td>368</td><td>29</td><td>7,9</td><td>7,3</td></tr> <tr><td>November 2017</td><td>507</td><td>30</td><td>3,1</td><td>3,0</td></tr> <tr><td>Dezember 2017</td><td>607</td><td>31</td><td>0,4</td><td>0,4</td></tr> <tr><td>Januar 2018</td><td>646</td><td>31</td><td>-0,8</td><td>-0,8</td></tr> <tr><td>Februar 2018</td><td>582</td><td>28</td><td>-0,6</td><td>-0,6</td></tr> <tr><td>März 2018</td><td>542</td><td>31</td><td>2,5</td><td>2,5</td></tr> <tr><td>April 2018</td><td>423</td><td>29</td><td>5,8</td><td>5,4</td></tr> <tr><td>Mai 2018</td><td>283</td><td>26</td><td>10,5</td><td>9,2</td></tr> <tr><td>Juni 2018</td><td>174</td><td>19</td><td>13,5</td><td>10,7</td></tr> <tr><td>Juli 2018</td><td>109</td><td>13</td><td>15,7</td><td>11,8</td></tr> <tr><td>August 2018</td><td>113</td><td>14</td><td>15,5</td><td>12,0</td></tr> <tr><td>Jahr</td><td>4573</td><td>304</td><td>7,2</td><td>4,9</td></tr> </tbody> </table>	Monat	langjähriges Mittel *				Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen	G20/15 [Kd]	Heiztage [d]	[°C]	[°C]	September 2017	220	22	11,9	10,1	Oktober 2017	368	29	7,9	7,3	November 2017	507	30	3,1	3,0	Dezember 2017	607	31	0,4	0,4	Januar 2018	646	31	-0,8	-0,8	Februar 2018	582	28	-0,6	-0,6	März 2018	542	31	2,5	2,5	April 2018	423	29	5,8	5,4	Mai 2018	283	26	10,5	9,2	Juni 2018	174	19	13,5	10,7	Juli 2018	109	13	15,7	11,8	August 2018	113	14	15,5	12,0	Jahr	4573	304	7,2	4,9
Monat	langjähriges Mittel *																																																																														
	Gradtagzahl		Außen-temperatur	Außentemp. an Heiztagen																																																																											
	G20/15 [Kd]	Heiztage [d]	[°C]	[°C]																																																																											
September 2017	220	22	11,9	10,1																																																																											
Oktober 2017	368	29	7,9	7,3																																																																											
November 2017	507	30	3,1	3,0																																																																											
Dezember 2017	607	31	0,4	0,4																																																																											
Januar 2018	646	31	-0,8	-0,8																																																																											
Februar 2018	582	28	-0,6	-0,6																																																																											
März 2018	542	31	2,5	2,5																																																																											
April 2018	423	29	5,8	5,4																																																																											
Mai 2018	283	26	10,5	9,2																																																																											
Juni 2018	174	19	13,5	10,7																																																																											
Juli 2018	109	13	15,7	11,8																																																																											
August 2018	113	14	15,5	12,0																																																																											
Jahr	4573	304	7,2	4,9																																																																											
Monitoringdauer: 1. September 2017- 31. März 2018 → aktuell gemessenen Verbrauch durch Faktor teilen	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Monat</th> <th>vorhandene Gradtagzahl</th> <th>mittlere Gradtagzahl</th> <th>Faktor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Sept 2017</td><td>285</td><td>220</td><td></td></tr> <tr><td>Okt 2017</td><td>303</td><td>368</td><td></td></tr> <tr><td>Nov 2017</td><td>527</td><td>507</td><td></td></tr> <tr><td>Dez 2017</td><td>634</td><td>607</td><td></td></tr> <tr><td>Jan 2018</td><td>536</td><td>646</td><td></td></tr> <tr><td>Feb 2018</td><td>702</td><td>582</td><td></td></tr> <tr><td>März 2018</td><td>576</td><td>542</td><td></td></tr> <tr><td>SUMME</td><td>3563</td><td>3472</td><td>$\frac{3563}{3472} = 1,03$</td></tr> </tbody> </table>	Monat	vorhandene Gradtagzahl	mittlere Gradtagzahl	Faktor	Sept 2017	285	220		Okt 2017	303	368		Nov 2017	527	507		Dez 2017	634	607		Jan 2018	536	646		Feb 2018	702	582		März 2018	576	542		SUMME	3563	3472	$\frac{3563}{3472} = 1,03$																																										
Monat	vorhandene Gradtagzahl	mittlere Gradtagzahl	Faktor																																																																												
Sept 2017	285	220																																																																													
Okt 2017	303	368																																																																													
Nov 2017	527	507																																																																													
Dez 2017	634	607																																																																													
Jan 2018	536	646																																																																													
Feb 2018	702	582																																																																													
März 2018	576	542																																																																													
SUMME	3563	3472	$\frac{3563}{3472} = 1,03$																																																																												

A7. PV-Anlagenplanung (Ertragsprognose)

Für die Finanzierung einer Photovoltaik-Anlage ist eine Anlagenplanung bzw. eine Ertragsprognose obligatorisch. Diese kann entweder für das Gesamtjahr (Bild 24) oder auch in detaillierter Form monatsweise erfolgen.



Standort:	Raubling
Klimadatensatz:	Rosenheim (1981-2000)
PV-Leistung:	5,94 kWp
PV-Brutto-/Bezugsfläche:	43,64 / 43,35 m ²

PV-Generator Einstrahlung:	49.231 kWh
PV-Gen. erzeugte Energie (wechselstromseitig):	5.184,1 kWh
Netzeinspeisung:	5.184,1 kWh

Systemnutzungsgrad:	10,5 %
Performance Ratio (Anlagennutzungsgrad):	76,7 %
Wechselrichter Nutzungsgrad:	91,8 %
PV-Generator Nutzungsgrad:	11,5 %
spez. Jahresertrag:	871,3 kWh/kWp
Vermiedene CO ₂ -Emissionen:	4.585 kg/a

Die Ergebnisse sind durch eine mathematische Modellrechnung ermittelt worden. Die tatsächlichen Erträge der Photovoltaikanlage können aufgrund von Schwankungen des Wetters, der Wirkungsgrade von Modulen und Wechselrichter und anderer Faktoren abweichen. Das obige Anlagenschema ersetzt nicht die fachtechnische Planung der Photovoltaikanlage.

Bild 24: Beispiel PV-Anlagenplanung

A8. Berechnung der Gebäudenutzfläche

nach EnEV 2009 Anlage 1 (Abschnitt 1.3.3)

Die Gebäudenutzfläche A_N [m²] wird bei Wohngebäuden wie folgt ermittelt:

$$A_N = 0,32 \text{ m}^{-1} * V_e$$

mit A_N Gebäudenutzfläche [m²]
 V_e beheiztes Gebäudevolumen [m³]

Beträgt die durchschnittliche Geschosshöhe h_G eines Wohngebäudes, gemessen von der Oberfläche des Fußbodens zur Oberfläche des darüber liegenden Geschosses mehr als 3 m oder weniger als 2,5 m, so ist die Gebäudenutzfläche A_N abweichend von Satz 1 wie folgt zu ermitteln:

$$A_N = \left(\frac{1}{h_G} - 0,04 \text{ m}^{-1} \right) * V_e$$

mit A_N Gebäudenutzfläche [m²]
 h_G Geschossdeckenhöhe [m]
 V_e beheiztes Gebäudevolumen [m³]

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Impressum

Herausgeber: Wissenschaftliche Begleitforschung_ENERGIEWENDEBAUEN
RWTH Aachen University
Lehrstuhl für Gebäude- und Raumklimatechnik
Mathieustraße 10
52074 Aachen

E-Mail: begleitforschung@eonerc.rwth-aachen.de
Internet: energiewendebauen.de

Autoren: Hans Erhorn¹, Almuth Schade¹, Michael Eberl¹, Herbert Sinnesbichler¹, Heike Erhorn-Kluttig¹,
sowie unter Mitwirkung weiterer Mitglieder der Wissenschaftlichen Begleit-
forschung ENERGIEWENDEBAUEN

Bildquellen: Wissenschaftliche Begleitforschung

Für den Inhalt und das Bildmaterial der einzelnen Beiträge tragen alleine die Autoren die Verantwortung.
Alle Rechte vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie oder in einem anderen
Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert oder unter Verwendung elektroni-
scher Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

ISBN: 978-3-948234-93-5

¹Fraunhofer-Institut für Bauphysik

