

Heizungen im Altbau energetisch richtig modernisieren



- Umrüstung bestehender Öl- und Gasheizungen
- Regenerative Energiesysteme in der Praxis
- Energieträger- und Betriebskostenvergleiche
- Heizanlage optimieren, Einsparmöglichkeiten nutzen

**Mit zahlreichen Checklisten
und Kosten-/Nutzenvergleichen**

Vorwort

Die schwindenden Erdöl- und Gasvorkommen und der damit verbundene Preisanstieg machen die konventionellen Öl- und Gasheizungen zu Auslaufmodellen. Auch aus Sicht des Umwelt- und Klimaschutzes drängen sich erneuerbare Energieträger geradezu auf. Es ist technisch kein Problem, allein mit erneuerbaren Energien zu heizen.

Dieses Buch verschafft Ihnen einen Überblick über die marktreifen, zukunftsfähigen Heizsysteme, es beschreibt die unterschiedlichen Techniken und vergleicht deren Wirtschaftlichkeit – auch mit konventionellen Öl- oder Gasheizungen. So kommen Sie zu einer fundierten Entscheidung, wenn eine Heizungsmodernisierung oder die Anschaffung einer neuen Heizanlage für Ihr Haus ansteht.

Sie finden hier außerdem interessante neue Konzepte für die Regelung von Zentralheizungsanlagen und das Einbinden von Solaranlagen in das Heizsystem. Ein weiteres Kapitel behandelt die Themen Lüftung und Kühlung.

Ich wünsche Ihnen viel Erfolg beim Planen und Installieren der neuen Heiztechnik.

Reinhard Hoffmann

Inhalt

1	Wirtschaftlichkeit, Umweltschutz und Komfort	11
1.1	Versorgungssicherheit	11
1.2	Bestandsaufnahme, Heizungscheck	15
1.3	Wärmebedarf berechnen	19
1.4	Heizkörper oder Flächenheizung	21
1.5	Energieträgervergleich	25
1.6	Betriebskostenvergleich	34
2	Pflanzenöl und Biogas	41
2.1	Heizkessel auf Pflanzenöl umrüsten	41
2.2	Die Ressource Biogas	43
3	Heizen mit Holz	45
3.1	Heizen mit Pellets	46
3.1.1	Einzelöfen	52
3.1.2	Primärofen	53
3.1.3	Heizkesselanlage	54
3.2	Hackschnitzelheizung	61
3.3	Stückholzheizung	64
3.4	Kaminöfen	68
3.5	Kachelöfen	74
4	Strom erzeugende Heizung, Kraft-Wärme-Kopplung	79
4.1	Mini- und Mikro-Blockheizkraftwerke	82
4.1.1	Stand der BHKW-Technik	82
4.1.2	Einsatzfelder und Anlagenkonzepte	87
4.1.3	BHKW-Wirtschaftlichkeit	92
4.1.4	BHKW-Planung	96
4.2	Konzept einer autarken Installation	98
5	Wärmepumpenheizung	99
5.1	Funktion	99
5.2	Wärmequellen	102
5.2.1	Oberflächennaher Erdwärmekollektor	104
5.2.2	Erdwärmesonde	110
5.2.3	Wasser	113
5.2.4	Luft	114

5.3	Gaswärmepumpe	118
5.4	Wärmepumpen in der Praxis.....	119
5.4.1	Ergebnisse von Wärmepumpen-Feldtests	119
5.4.2	Erfahrungen von Betreibern	122
5.4.3	Einfluss unterschiedlicher Randbedingungen	124
5.5	Planung und Installation der Wärmepumpen-Heizanlage	127
5.5.1	Systeme mit Erdkollektor	130
5.5.2	Systeme mit Erdsonde	135
5.5.3	Grundwasserwärmepumpen	144
5.5.4	Systeme mit der Wärmequelle Umgebungsluft	146
5.6	Einbinden der Wärmepumpe ins Heizsystem und Inbetriebnahme.....	152
6	Heizung mit Sonnenkollektoren kombinieren	157
6.1	Brennstoff durch thermische Solaranlagen sparen	158
6.2	Solarwärmanlage in eine bestehende Zentralheizung integrieren	178
6.3	Optimaler Betrieb der Solaranlage	183
6.4	Selbsthilfe bei Störungen	185
6.5	Solaranlagen mit Wärmepumpen kombinieren.....	186
6.5.1	Solarthermische Warmwasserbereitung	189
6.5.2	Unterstützung der Raumheizung	191
6.5.3	Innovative Solar-Wärmepumpenheizungen	191
7	Die Heizanlage optimieren.....	201
7.1	Das Einsparpotenzial nutzen	201
7.1.1	Umwälzpumpen	201
7.1.2	Hydraulischer Abgleich	208
7.1.3	Abgasanlage	209
7.1.4	Holzfeuerung optimieren	213
7.1.5	Getrennte Mischkreise	215
7.2	Die optimale Regelung	217
7.3	Checkliste Heizungswartung	220
7.4	Wärmepumpenheizungen richtig regeln	221

8	Lüftung und Kühlung	223
8.1	Wie Sie Schimmelbefall vorbeugen können	223
8.2	Lüftungssysteme	226
8.2.1	Abluftanlage	228
8.2.2	Automatische Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung	233
8.2.3	Wartung	243
8.2.4	Solarthermische Kühlung	245
8.3	Fogging.....	247
9	Anhang	249
9.1	Glossar	249
9.2	Fördermittel allgemein.....	251
9.3	Fördermittel für Wärmepumpen	252
9.4	Adressen und Internetportale.....	253
	Index.....	256

4 Strom erzeugende Heizung, Kraft-Wärme-Kopplung

Eine ganze Reihe von Herstellern arbeitet an der nächsten Generation von Heizgeräten, die neben Wärme auch elektrische Energie erzeugen können. Neben den technisch ausgereiften Mini-Blockheizkraftwerken im Waschmaschinenformat, die für gut gedämmte Ein- bis Zweifamilienhäuser in der Regel zu groß dimensioniert sind, kommen zunehmend noch kleinere Mikro-Blockheizkraftwerke mit 1 bis 3 kW elektrischer Leistung auf den Markt.

Mit der dezentralen, gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung in einem Blockheizkraftwerk wird gegenüber der konventionellen Strom- und Wärmeversorgung aus Kraftwerken und Heizkesseln rund 35 % Primärenergie eingespart.



Abb. 4.1: Ein Braunkohlekraftwerk mit kaum übersehbarem Schadstoffausstoß, wie es vielfach in Osteuropa zu finden ist; konventionelle Großkraftwerke wandeln die eingesetzte Primärenergie nur zu 35 % bis 40 % in elektrische Energie um. Hinzu kommen die Leitungsverluste der Überlandleitungen. (Foto: BSW-Solar/Langrock)

Die 170-seitige Greenpeace-Studie „2.000 Megawatt – sauber!“ aus dem Jahr 2005 stellt zentrale und dezentrale Stromversorgung gegenüber: d. h. die heute übliche mit Großkraftwerken einer technisch möglichen mit Kleinkraftwerken.

Das Ergebnis: Dezentral erzeugter Strom mit vielen kleinen verteilten Kraftwerken mit Wärmeauskopplung, mit solaren und geothermischen Kraftwerken, würde 800 % mehr und dauerhafte Arbeitsplätze im Energiebereich schaffen und 14 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr einsparen. Das wäre gegenüber heute eine Reduktion um 93 %.

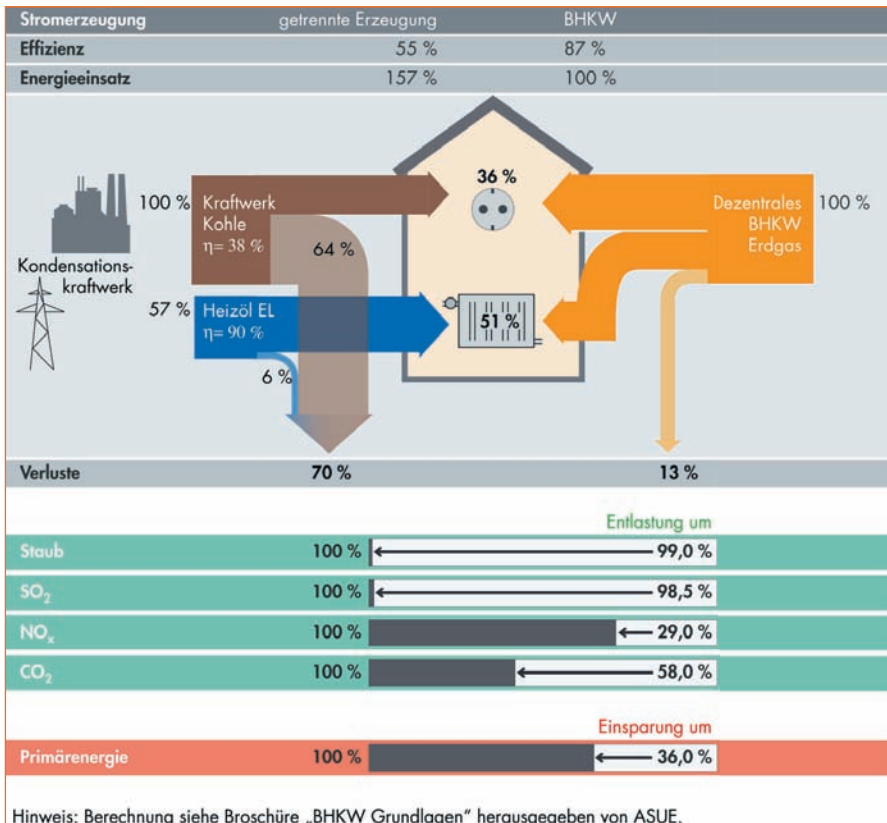


Abb. 4.2: Die Strom- und Wärmeproduktion mittels BHKW spart gegenüber der getrennten Strom- und Wärmeerzeugung mit konventionellem Kraftwerk und Ölheizung rund 36 % Primärenergie ein und setzt dabei 56 % weniger Kohlendioxid frei. (Grafik: ASUE)

Randnotiz

Dass die dezentrale Energieversorgung keine Utopie ist, haben die Bürger von Schönau bewiesen. 1997 haben sie das Ortsnetz des Schwarzwaldstädtchens nach einem erfolgreichen Bürgerbegehren gekauft. Spenden aus ganz Deutschland trugen dazu bei, den Kaufpreis an den bisherigen Energieversorger aufzubringen und die Elektrizitätswerke Schönau konnten gegründet werden. Diese fördern seither den Bau privater Kleinkraftwerke. Der liberalisierte Strommarkt ermöglicht es den Schönauer „Stromrellen“ mit ihrem Strom, der vollständig aus erneuerbaren Energien und durch Kraft-Wärme-Kopplung erzeugt wird, Kunden im ganzen Land zu beliefern. Zu den Großkunden gehört eine bekannte Schokoladenfabrik, die mehr Strom verbraucht als alle Schönauer zusammen.

In den Ländern Dänemark, Finnland und Niederlande liegt der Anteil der Kraft-Wärme-Kopplung an der Stromversorgung bei 35 % bis 50 %. Mit 12 % bleibt der KWK-Anteil in Deutschland weit hinter den technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten zurück, obwohl seit 1998 versucht wird, die Kraft-Wärme-Kopplung durch gesetzliche Bestimmungen zu fördern. Dazu sollen beitragen:

- Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), öffnet die Strommärkte für Wettbewerber
- Ökosteuer, begünstigt das BHKW bei Energie- und Stromsteuer
- KWK-Gesetz, zeitlich begrenzte Zuschlagszahlungen für jede vom BHKW erzeugte Kilowattstunde Elektrizität
- Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), Bonus von 3 Cent/kWh für mit Biomasse oder Biogas betriebene KWK-Anlagen und Technologiebonus von 2 Cent/kWh, wenn Gas aufbereitet wird, Trockenfermentation erfolgt oder Brennstoffzellen, ORC-Anlagen (Organic Rankine Cycle: organisches Arbeitsmedium bei Biomasse-KWK) oder Stirlingmotoren Strom gewinnen
- Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG)
- Energiesparverordnung (EnEV)
- Treibhausgas-Emissionshandels-Gesetz (TEHG)
- TA Luft, enthält die Emissionsgrenzwerte für Stickoxid und Kohlenmonoxid für Motor-BHKW
- TA Lärm, enthält die Geräuschgrenzwerte für BHKW im Heizungskeller und im Außenbereich (kostengünstiger Schallschutz)
- EU-Richtlinien
- Förderprogramme, z. B. Zuschüsse im Rahmen des Impulsprogramms für Mini-KWK-Anlagen

Diese Fülle an Verordnungen macht es für die KWK-Anwender schwer, den Überblick zu behalten. Am übersichtlichsten wird es, wenn der gesamte Strom selbst verbraucht wird. In Abschnitt 4.2 finden Sie praktische Tipps dafür, sich mit einem BHKW völlig unabhängig vom öffentlichen Stromnetz zu machen.

Den BHKW-Einsatz hemmt das aufwendige Verfahren zur Einholung von Genehmigungen. Oft ist auch bei kleinen Anlagen eine Baugenehmigung erforderlich. Außerdem muss jeder Betreiber eines BHKW vor Inbetriebnahme eine Erlaubnis des zuständigen Hauptzollamts zur Verwendung von steuerbegünstigtem Brennstoff einholen. Die Energiesteuererstattung und die Befreiung von der Stromsteuer müssen beantragt werden. Eine Vielzahl von Auflagen, Formularen und Kontrollen wirkt abschreckend auf künftige Betreiber. Aber der Aufwand lohnt sich: Ein Klein-BHKW mit 5 kW elektrischer Leistung, das 6.000 Stunden im Jahr läuft, erspart dem Betreiber allein durch die Strom- und Energiesteuer 1300 €.

Auch der örtliche Stromerzeuger darf mitmischen: Er prüft, ob das BHKW der vom Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) erarbeiteten Richtlinie für den Netzparallelbetrieb entspricht und ob es die ergänzenden Vorschriften des lokalen Versorgers einhält, damit keine negativen Netzzrückwirkungen vorkommen können.

Auch noch wichtig: Der Betreiber muss nach dem KWK-Gesetz jährlich einen Antrag beim Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle stellen, damit der Bonus von 5 Cent/kWh gezahlt wird.

4.1 Mini- und Mikro-Blockheizkraftwerke

4.1.1 Stand der BHKW-Technik

Antriebe

Das BHKW ist eine sogenannte Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage: Meist treibt ein *Verbrennungsmotor* einen Generator an, der dann elektrische Energie erzeugt. Die Abwärme aus dem Generator, dem Motorblock, dem Ölkühler und den Abgasen geht nicht verloren, sondern dient der Wärmeversorgung. Dabei werden 80 % bis 95 % der im Brennstoff enthaltenen Primärenergie genutzt und der CO₂-Ausstoß ist um fast die Hälfte geringer als bei getrennter Erzeugung von Strom und Wärme. Gängige Brennstoffe sind Erdgas, Flüssiggas, Heizöl, Biodiesel (RME), Biogas oder reines Pflanzenöl. Bei der Produktion von 1 kW Elektrizität gewinnt ein BHKW rund 2 kWh Heizenergie. Das Betriebsgeräusch entspricht dem eines älteren Ölbrenners: 56 Dezibel sind so laut wie ein in normaler Lautstärke geführtes Gespräch.



Abb. 4.3: Das Mini-BHKW „Dachs“ von SenerTec wird von einem Einzylindermotor angetrieben (oben), etwa in der Bildmitte ist der zylinderförmige Generator; Leistung mit Heizöl: 5,3 kW elektrisch und 10,5 kW thermisch. Es gibt auch Ausführungen, die mit Rapsöl, Erdgas oder Flüssiggas betrieben werden können. (Grafik: SenerTec)

Neben den klassischen Verbrennungsmotoren sind auch *Stirlingmotoren* auf dem Markt. Diese Motoren laufen, wenn ihnen von außen Energie in Form von Wärme zugeführt wird. Dabei ist jede denkbare Wärmequelle nutzbar. Günstig für häusliche Anwendungen ist, dass Stirlingmaschinen in Größe und Leistung kleiner gemacht werden können als Verbrennungsmotoren, im Vergleich zu denen sie auch bessere Abgaswerte haben und deutlich leiser sind.

Ein Stirlingmotor-BHKW unter den Mikro-BHKWs ist z. B. das „WhisperGen“ mit einer Leistung von 1 kW elektrisch und 7 bis 12 kW thermisch.

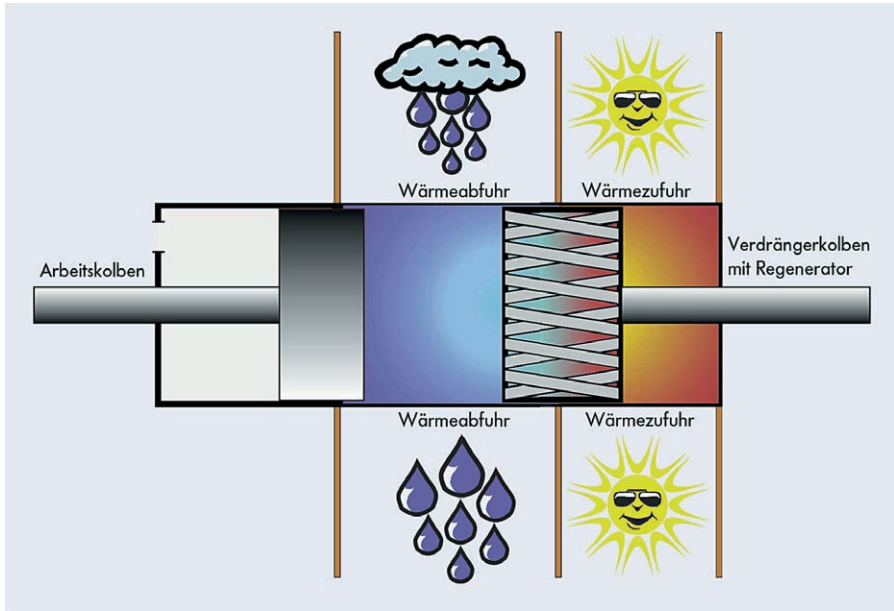


Abb. 4.4: Ein Stirlingmotor verbrennt seinen Treibstoff nicht explosionsartig im Zylinder, sondern mit einer kontinuierlichen Flamme außerhalb. Das im Zylinder eingeschlossene Gas wird in einem geschlossenen Kreislauf zyklisch von zwei Kolben (Arbeits- und Verdrängerkolben) zwischen einer heißen Stelle (Erhitzer) und einer kalten Stelle (Kühler) hin- und hergeschoben. Das aufgeheizte Gas dehnt sich aus, das abgekühlte zieht sich zusammen. Hierdurch steigt der Druck. Dieser Gasdruck wirkt über den Arbeitskolben auf den Kurbeltrieb. Die mechanische Energie kann durch zwei Elektrogeneratoren in elektrische Energie umgewandelt werden. Zwischen dem Erhitzerkopf und dem Kühler befindet sich der Regenerator, der dem Gas auf seinem Weg von der heißen zur kalten Seite Wärme entzieht und beim Zurückströmen wieder zuführt. Solche Motoren laufen mit fast jedem Brennstoff, sogar mit Abwärme, sie haben sehr hohe Wirkungsgrade und verschleifen weniger. Mit ihnen kann elektrische Energie emissionsarm erzeugt werden. (Grafik: ASUE)

Außerdem gibt es noch sogenannte *Lineargeneratoren*: Ein Gasbrenner erhitzt Wasser zu Dampf, der einen Doppelkolben antreibt. Der Dampf tritt wechselweise in die Arbeitszylinder ein, dehnt sich dort aus und erzeugt dabei Strom, indem er eine mit dem Doppelkolben fest verbundene Ankerspule durch ein starkes Magnetfeld treibt (Induktion). Der in der Spule erzeugte Wechselstrom wird gleichgerichtet und dann mittels Wechselrichter im Haus verbraucht. Überschüssiger Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist. Die dabei anfallende Wärme gelangt über einen Plattenwärmetauscher in die Kreisläufe für Heizung und Warmwasser.



Abb. 4.5: Der Lion-Powerblock ist ein Mikro-BHKW, das die Dampfexpansion als Antrieb nutzt; Leistung: 0,3 bis 3 kW elektrisch und 3,5 bis 16 kW thermisch (Foto: Otag)

Die *Brennstoffzelle* befindet sich als vierte vielversprechende Technik noch im Versuchsstadium. Seit Jahren laufen bereits Feldtests. Sie funktioniert folgendermaßen: Bei der Elektrolyse zerlegt Gleichstrom Wasser in seine Elemente Sauerstoff und Wasserstoff. Ein kleiner Zündfunke genügt, und dieses Gasgemisch verbindet sich mit lautem Knall schlagartig wieder zu Wasser. Auch in der Brennstoffzelle verbinden sich Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser – jedoch langsam und kontrolliert. Die Zelle besteht aus:

- Anode: Hier wird wasserstoffreicher Brennstoff, z. B. aufbereitetes Erdgas, herangeführt.
- Kathode: Dorthin wird Sauerstoff in Form von Luft geleitet.
- Elektrolyt: Trennt die beiden Elektroden und verhindert damit, dass sich Wasserstoff und Sauerstoff zu Knallgas vermischen.

Die Elektroden regen eine kontrollierte elektrochemische Reaktion zwischen Wasserstoffionen aus dem Brennstoff und der Luft zu Wasser an. Dabei kommt es zur Ladungstrennung, wie bei einer Batterie. In einem elektrischen Leiter, der die beiden Elektroden miteinander verbindet, entsteht so Gleichstrom. Außerdem wird gleichzeitig bei der chemischen Reaktion Wärme frei: Die Brennstoffzelle ist eine Form der Kraft-Wärme-Kopplung.

Der Elektrolyt bestimmt die Betriebstemperatur und gibt der Brennstoffzelle ihren Namen. Für Hausenergieanlagen eignen sich zwei Typen besonders:

Die Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle (PEFC) arbeitet mit reinem Wasserstoff bei Reaktionstemperaturen um 90 °C. In der Regel löst ein Reformer vor Ort den Wasserstoffanteil aus Erdgas und beigemischttem Wasserdampf heraus. Die Festoxid-Brennstoffzelle (SOFC) ist weniger anspruchsvoll hinsichtlich der Brennstoffqualität und kann Erdgas bei etwa 900 °C verarbeiten. Um eine möglichst kompakte Anordnung zu erreichen, werden die Zellen sandwichartig in einem Stapel (Stack) übereinander angeordnet.

Pflanzenöl

Es ist technisch kein Problem, unbehandeltes Pflanzenöl als Brennstoff zu verwenden. Im Prinzip kann jeder Dieselmotor, der ein BHKW antreibt, auf Pflanzenölbetrieb umgerüstet werden. Das macht z. B. die Firma Elsbett im mittelfränkischen Thalmässing. Wenn Sie ein solches BHKW mit großem Pufferspeicher dann noch mit einer thermischen Solaranlage kombinieren, haben Sie die komplette Hausversorgung mit erneuerbaren Energien.

Einige Hersteller bieten bereits in Serie hergestellte, mit Pflanzenöl betriebene Blockheizkraftwerke an, z. B. die Firma Raptor, die für weniger als 11.000 € plus Mehr-

wertsteuer ein Pflanzenöl-BHKW mit 3 bis 7 kW elektrischer und 6 bis 14 kW thermischer Leistung anbietet, das zwischen 1,3 und 2,9 l Pflanzenöl pro Stunde verbraucht. Ein weiterer Hersteller von Pflanzenöl-Blockheizkraftwerken ist KW Energie Technik, die 1995 von Konrad Weigel gegründet wurde, nachdem er 15 Jahre lang bei der Firma Elsbett-Konstruktion gearbeitet hatte.

Die Wartungsintervalle sind bei Pflanzenölbetrieb etwa 10 % kürzer als bei Diesel. Nach der umstrittenen Einführung einer Energiesteuer auf Pflanzenöl kostet es inzwischen mehr als Heizöl. Im Internet finden Sie die aktuellen Preise nach Regionen unter www.oelbestellung.de.

4.1.2 Einsatzfelder und Anlagenkonzepte

Verschiedene Hersteller bieten heute Kleinanlagen an, die auch für kleinere Wohnobjekte geeignet sind. Da ein Klein-BHKW teurer als ein konventioneller Heizkessel und der Planungsaufwand höher ist, muss die BHKW-Anlage mindestens 3.000 bis 3.500 Stunden im Jahr in Betrieb sein. Dann amortisieren sich die Anschaffungskosten von etwa 15.000 € in etwa zehn Jahren über die Wärme- und Stromgewinnung. Voraussetzung für die maximale Förderung aus dem Impuls-Förderprogramm für Mini-BHKWs sind jedoch 5.000 Betriebsstunden im Jahr. Kommen diese nicht zusammen, wird die Förderung entsprechend anteilig gekürzt.

Am wirtschaftlichsten arbeiten Blockheizkraftwerke dort, wo über das ganze Jahr ein ausreichender Wärmebedarf besteht und gleichzeitig viel von dem erzeugten Strom verbraucht wird. Für den restlichen Strom zahlen die Energieversorger eine Einspeisevergütung, deren Mindesthöhe gesetzlich geregelt ist.

Besonders geeignet ist ein BHKW für:

- Handwerksbetriebe wie Schlachtereien und Tischlereien
- in Verbindung mit Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung klimatisierte Gebäude
- Häuser mit beheiztem Schwimmbad
- in einem Nahwärmenetz zusammengefasste Wohnhäuser

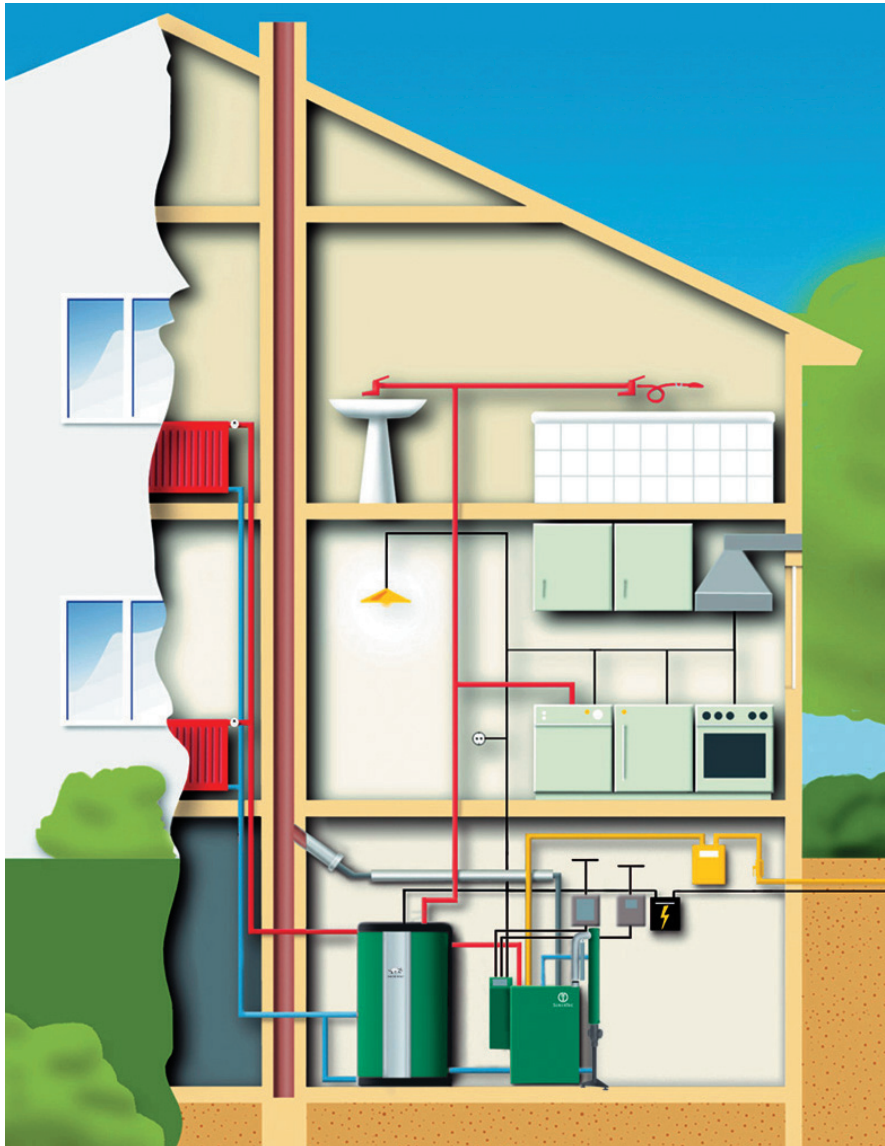


Abb. 4.6: Einbindung eines Blockheizkraftwerks in das Strom- und Heizungsnetz (Grafik: SenerTec)

Wenn im Sommer die Warmwasserbereitung die einzige Wärmenutzung im Einfamilienhaus ist, taktet das dann überdimensionierte Blockheizkraftwerk häufig, was

auf Kosten der Lebensdauer des Motors geht. Eine gute und wesentlich wirtschaftliche Alternative ist, dass mehrere Hausbesitzer eine gemeinsame Heizzentrale nutzen.

Ein Beispiel sind vier Doppelhaushälften in Talheim bei Heilbronn, die von einer gemeinsamen Heizzentrale mit Strom und Wärme versorgt werden, die sich in der gemeinsamen Tiefgarage befindet. Dort erzeugt ein BHKW mit 5,5 kW elektrischer Leistung und 12,5 kW thermischer Leistung die Wärme für 560 m² Wohnfläche. Es kommt ohne zusätzlichen Spitzenlastheizkessel aus.

Außerdem hat die Heizungsbaufirma einen 1.000-Liter-Pufferspeicher mit integrierter Warmwasserbereitung installiert. Durch die nachgeschaltete Brennwerttechnik beträgt die Abgastemperatur nur 50 °C und statt eines Kamins genügt eine Kunststoff-Abgasleitung.

Auch die Versorgungsanschlüsse für Strom und Gas liegen in der gemeinsamen Heizzentrale. Da die vier Häuser über einen gemeinsamen Gas- und Stromanschluss mit dem Energieversorger abrechnen, sparten die Eigentümer über 10.000 € Anschlusskosten. Der Strom- und Wärmeverbrauch der Eigentümer und Mieter wird über eigene Wärmemengen- und Stromzähler untereinander abgerechnet. Sie sind von der Öko- und Mineralölsteuer für Strom und Gas befreit und erhalten für nicht selbst verbrauchten Strom eine Einspeisevergütung. Näheres dazu finden Sie im folgenden Abschnitt „Wirtschaftlichkeit“. Der selbst erzeugte Strom kostet 11,8 Cent pro kWh. Außerdem sind die Betreiber von der Mineralöl- und Stromsteuer befreit. Das BHKW läuft rund 5.000 Stunden im Jahr.

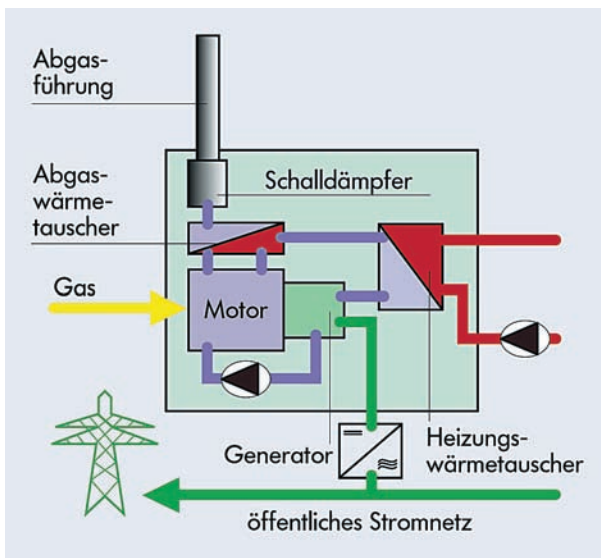


Abb. 4.7: Schema der BHKW-Netzkopplung (Grafik: ASUE)

Hinweis

Diese günstige Regelung, dass ein Blockheizkraftwerk mehrere Parteien mit Strom und Wärme versorgen „darf“, gilt erst seit Kurzem. Zuvor musste jeder Hauseigentümer einen eigenen Stromanschluss haben und BHKW-Betreiber mussten ihren Strom entweder selbst verbrauchen oder in das Netz des Energieversorgers einspeisen.

BHKW fürs Mehrfamilienhaus

Beim BHKW für das Mehrfamilienhaus rät BHKW-Experte Wolfgang Suttor, folgende Regeln zu beachten:

- Die Bewohner oder Nutzer des Mehrfamilienhauses beziehen ihren Strom vom BHKW-Betreiber. Das kann die Wohnungseigentümergeinschaft oder eine Mieter-GbR sein. Wenn der Strom aus dem BHKW nicht genügt, wird aus dem Netz zugekauft. Wird mehr produziert als verbraucht, speist das BHKW den Überschuss in das Stromnetz ein. Dies erfolgt über einen Stromzähler. Diese Vorgehensweise ist durch einen Beschluss der Bundesnetzagentur abgesichert. Die Stromverbraucher merken nichts davon. Wichtig ist dabei, dass technisch garantiert wird, dass jeder Bewohner seinen Stromanbieter frei wählen kann. In der Regel werden sich die Mieter oder Eigentümer für den kostengünstigeren Strom vom BHKW entscheiden.
- Das BHKW fährt in der Grundlast und erreicht so die für die höchste Förderung notwendigen 5.000 Betriebsstunden im Jahr. Nur an sehr kalten Tagen springt ein weiterer Wärmeerzeuger ein. Da dieser nur wenige hundert Stunden im Jahr läuft, kann das auch ein alter Kessel sein, der die gesetzlichen Grenzwerte einhält.

Im Mehrfamilienhaus rentiert sich ein BHKW immer. Dem Anschaffungspreis von rund 27.000 € einschließlich Montage stehen ein hoher Absatz von Strom zu günstigen Preisen und eine hohe Wärmeabnahme gegenüber. Wichtig ist ein Pufferspeicher, der die Wärme aufnehmen, speichern und verteilen kann.

BHKW fürs Einfamilienhaus

Die heute bereits bewährten und in ausreichenden Stückzahlen lieferbaren Blockheizkraftwerke haben eine elektrische Leistung um die 5 kW. Damit sind sie für ein gut gedämmtes Einfamilienhaus zu groß und daher nicht wirtschaftlich. Deshalb geht die Entwicklung weiter zu kleineren Anlagen mit 1 bis 3 kW elektrischer Leistung. Leider haben diese Mikro-BHKWs oft noch einen zu schlechten elektrischen Wirkungsgrad, eine schlechte Stromkennzahl (Verhältnis der erzeugten elektrischen

zur thermischen Energie), sind noch nicht ausgereift und am Markt kaum verfügbar. Ein Servicenetz muss noch aufgebaut werden. Außerdem sind Mikro-BHKWs bei Preisen bis zu 20.000 € für ein Einfamilienhaus kaum wirtschaftlich.

Tipp

Wenn Sie sich für ein Klein-BHKW interessieren, sollten Sie die Ergebnisse der Feldtests verschiedener Energieversorger und Hersteller (z. B. MVV, Vaillant) verfolgen und entsprechende Vergleichstests zurate ziehen. Das Angebot der verfügbaren Blockheizkraftwerke mit kleiner Leistung, die sich für Einfamilienhäuser eignen, steigt derzeit stark an.

Der BHKW-Betreiber, der seinen Strom vor allem selbst nutzt, steht wirtschaftlich besser da, als wenn er ihn verkauft. Der ins Netz eingespeiste Strom wird mit etwa 6 bis 7 Cent/kWh vergütet, abhängig vom üblichen Preis an der Strombörse. Für den vermiedenen Strombezug lässt sich dagegen der Einkaufspreis von um die 20 Cent ansetzen. Hinzu kommt in beiden Fällen der KWK-Bonus von 5,11 Cent pro kWh. Folglich ist selbst genutzter Strom etwa doppelt so viel wert wie eingespeister.

KWK-Strom aus erneuerbarer Energie (Biogas, Pellets) wird mit über 20 Cent/kWh vergütet (kein KWK-Bonus) und wird deshalb in der Regel vollständig ins Netz eingespeist.

Da in Einfamilienhäusern Strom und Wärme selten gleichzeitig gebraucht werden, empfiehlt es sich, das BHKW wärmegeführt zu betreiben. Wenn durch einen Pufferspeicher die Wärmeproduktion zeitlich vom Wärmebedarf entkoppelt werden kann, ist es teilweise möglich, die Ladezeit des Pufferspeichers in eine Zeit mit hohem Stromverbrauch zu verlegen. Dazu müssten jedoch die Wärme- und Strombedarfskurven bekannt sein. Wenn keine Messwerte vorliegen, hilft dabei die VDI-Richtlinie 4655 „Referenzlastprofile von Ein- und Mehrfamilienhäusern für den Einsatz von KWK-Anlagen“ weiter. In den Verbrauchsspitzen – morgens beim Kaffeekochen, mittags und am frühen Abend – decken sich Strom- und Wärmebedarf üblicherweise. Grundsätzlich gilt: Je höher der jährliche Heizwärmebedarf und je größer der Pufferspeicher ist, desto mehr Eigenstrombedarf lässt sich decken.

Zuverlässige Stromversorgung

Wenn Sie ein niedrigenergiefähiges BHKW erwerben, sichern Sie sich einen wesentlichen Vorteil: Sie haben dann ein eigenes, vom Netz des Energieversorgers unabhängiges kleines Kraftwerk, das auch im Fall eines Stromausfalls weiter Strom und Wärme liefert. Ein Heizkessel oder eine Wärmepumpe fällt dann einfach aus.

Ein paar Beispiele aus einer langen Liste von Stromausfällen der letzten Jahre weltweit: Als 1998 die Energieversorger in Kanada in einer Kälteperiode wochenlang kei-

nen Strom liefern konnten, weil die Überlandleitungen nach Eisregen serienweise unter ihrer Eislast brachen, war das für viele Kunden sehr unbequem bis bedrohlich. Das Gleiche passierte im Winter 2007 im mittleren Westen der USA.

2003 brach in Italien das überlastete Stromnetz mehrmals tagelang vollständig zusammen. Spätestens Ende 2006 zeigte sich, dass auch das bisher im Großen und Ganzen zuverlässige deutsche Stromnetz an seine Grenzen stößt: Das planmäßige Abschalten einer einzigen Hochspannungsleitung über die Ems hatte andere Netzkomponenten überlastet, was im Dominoeffekt zu Notabschaltungen führte: Millionen von Kunden in Westeuropa hatten für annähernd zwei Stunden keinen Strom. Der Liberalisierung des europäischen Strommarkts und der zunehmenden Einspeisung von Strom aus erneuerbaren Energien ist das deutsche Stromnetz nicht mehr gewachsen. Außerdem haben die Investitionen in die deutsche Stromversorgung seit den 80er-Jahren um etwa 40 % abgenommen, kritisiert der Verband der Elektroindustrie. Z. B. sind Tausende Strommasten versprödet, die vor 1970 aufgestellt wurden. Der erste brach bereits im November 2005 im Münsterland zusammen. Da die EU damit droht, den großen Stromkonzernen ihre Netze wegzunehmen, ist es nicht weiter erstaunlich, dass diese sich bei langfristigen Investitionen zurückhalten.

Wenn die Deutschen mehr dezentral erzeugten Strom in das Netz einspeisen wollen, müssen sie ihr Stromnetz komplett neu organisieren, d. h. weg vom heutigen Verteilnetz mit wenigen Großkraftwerken, hin zum intelligenten Austauschnetz mit sehr vielen kleinen Stromerzeugern. Sogar wenn sie mit fossilen Brennstoffen betrieben werden, ist die Ökobilanz von Blockheizkraftwerken besser als die von Photovoltaik-Anlagen, besagt eine Studie des Darmstädter Öko-Instituts.

4.1.3 BHKW-Wirtschaftlichkeit

Bei der Wirtschaftlichkeit spielen der elektrische Wirkungsgrad und die Wartungsintervalle eine entscheidende Rolle. Eine Wartung kostet im Durchschnitt etwa 350 €. Z. B. muss der Dachs von SenerTec bei Gasbetrieb nur alle 3.500 Betriebsstunden gewartet werden – übertragen auf ein Auto wären das alle 175.000 Kilometer. Mit Heizöl betriebene Blockheizkraftwerke haben kürzere Wartungsintervalle als mit Gas betriebene.

Diejenige Maschine ist die wirtschaftlichste, die den besten elektrischen Wirkungsgrad hat und damit pro Brennstoffeinheit den meisten Strom produziert.

Die folgenden Werte entstammen Firmenprospekten:

Fabrikat	ecopower	steamcell	microgen	Dachs	Solo Stirling	Sunmachine
Brennstoff	Gas	Gas	Gas	Gas/Öl	Gas	Pellets
Elektrische Leistung kW	4,7	4,6	1,0	5,5	9,5	3,0
Thermische Leistung kW	12,5	22,0	15,0	12,5	26,0	10,5
Elektrischer Wirkungsgrad	25 %	16 %	4 %	27 %	24 %	20 %
Thermischer Wirkungsgrad	66 %	79 %	67 %	61 %	65 %	70 %

Gas: Erdgas oder Flüssiggas

Öl: Pflanzenöl oder Heizöl

Der österreichische Hersteller der mit einem Stirlingmotor angetriebenen Sunmaschine gibt als Wartungsintervall enorme 80.000 Betriebsstunden an. Das BHKW ist jedoch mit 30.000 € auch besonders teuer. Die Firma Solo, die auch ein Stirlingmotor-BHKW angeboten hat, ist insolvent. Alle ihre Rechte und Patente hat die im schweizerischen Schaffhausen ansässige Stirling Systems AG übernommen. Bei der Auswahl des Herstellers ist folglich große Vorsicht geboten. Wenn er plötzlich vom Markt verschwindet, haben Sie wahrscheinlich ein Garantie- und Service-Problem.

Investitionskosten

Das Beispiel des Dachs von SenerTec zeigt, welche Kosten neben denen für die Anschaffung der Heizkraftanlage noch anfallen. SenerTec ist Marktführer mit bisher rund 23.000 verkauften Mini-Blockheizkraftwerken. Die Maschine hat die Größe einer Waschmaschine, ist 500 kg schwer und hat eine Lebensdauer von etwa 20 Jahren.

Posten	Preis in € ohne Mehrwertsteuer
Anschlussfertige BHKW-Anlage	um 15.000 €, je nach Brennstoffart
Wärmespeicher	1.117 bis 1.568 €, größenabhängig
Warmwasserspeicher 200 l	684 €
Warmwassermodul, Prinzip Durchlauferhitzer	1.574 €
Abgaswärmenutzung (Brennwerteffekt)	1.329 €
Heizkreisverteilung	350 bis 850 €
Montage/Einbindung Heizung	3.000 bis 4.800 €
Anschluss an das Hausnetz (Strom)	600 €
Nachheizsystem Strom	550 €
Nachheizsystem Gas	2.900 €
Antragsverfahren	ab 350 €
Fracht und Aufstellung	250 bis 550 €, aufwandsabhängig
Inbetriebnahme und Einweisung	680 €

Insgesamt kommen folglich je nach Anzahl der gewünschten Zusatzmodule mindestens 23.000 € plus Mehrwertsteuer zusammen. Der Dachs ist qualitativ gesehen „der Mercedes“ unter den Klein-Blockheizkraftwerken.

Es gibt drei mögliche Betriebsarten oder Ausführungen von Blockheizkraftwerken:

- Netzparallelbetrieb: Das BHKW kann ausschließlich parallel zum öffentlichen Stromnetz betrieben werden. Ein Inselbetrieb bei Netzausfall ist nicht möglich.
- Netzparallelbetrieb mit Notstromfunktion: Das BHKW sichert auch bei Netzausfall die Stromversorgung. Die Umschaltung erfolgt automatisch.
- Inselbetrieb: Das BHKW kommt dort zum Einsatz, wo kein Anschluss an das öffentliche Stromnetz vorhanden ist.

Förderung und Vergütung

Für Mini-BHKW-Anlagen bis 50 kW elektrischer Leistung gibt es einen Investitionszuschuss.

Förderbeispiel

Für die Beheizung eines Objekts mit 200 m² ist der Einbau einer KWK-Anlage mit einer elektrischen Leistung von 4,6 kW und einer thermischen Leistung von 10 kW geplant. Der Anlagentyp erfüllt die Voraussetzung für den Umweltbonus. Eine Liste der förderfähigen Anlagen finden Sie auf der Internetseite des Bundesamts für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle www.bafa.de (Energie/Kraft-Wärme-Kopplung).

Angenommen, das BHKW würde aufgrund des errechneten Wärmebedarfs durchschnittlich 2.800 Vollbenutzungsstunden (Vbh) im Jahr laufen, errechnet sich der Zuschussbetrag folgendermaßen:

für die ersten 4 kWel

$$Z1 = 4 \times 1.550 \text{ €} = 6.200 \text{ €}$$

für 4 bis 4,6 kWel

$$Z2 = 0,6 \times 775 \text{ €} = 465 \text{ €}$$

zuzüglich Umweltbonus

$$U = 4,6 \times 100 \text{ €} = 460 \text{ €}$$

$$\text{Zwischensumme } ZS = Z1 + Z2 + U = 7.125 \text{ €}$$

Da die Anlage anstatt der maximal 5.000 Vbh auf 2.800 Vbh projektiert ist, wird der Zuschussbetrag anteilmäßig gekürzt.

$$ZB = 2,8 \times 7.125 \text{ €} / 5 = 3.990 \text{ €}$$

Der Zuschuss kann nur beim BAFA mit dem BAFA-Antragsformular, das auf der oben genannten Internetseite zu finden ist, beantragt werden. Die Anlage muss spätestens 3 Monate nach Erhalt des BAFA-Zuwendungsbescheids installiert und in Betrieb genommen werden.

Die Höhe der Einspeisevergütung setzt sich folgendermaßen zusammen:

- 5,11 ct/kWh KWK-Zuschlag für Anlagen bis 50 kW, die bis zum 31.12.2016 in Betrieb gehen (maximal 10 geförderte Betriebsjahre)
- Quartalspreis des an der Leipziger Strombörse gehandelten Baseload-Stroms, Beispiel: Im 2. Quartal 2009 wurde der Quartalspreis des 1. Quartals 2009 erstattet, dieser Durchschnittswert betrug 4,35 ct/kWh.
- plus 0,89 ct/kWh vermiedene Netzkosten.

BHKW-Betreiber sind von der Mineralöl- und Stromsteuer befreit. Nach dem Ökostromgesetz erhalten Betreiber von Maschinen, die mit Biomasse oder Pflanzenöl laufen, 15,65 ct/kWh.

BHKW-Anlagen sind besonders wirtschaftlich, wenn ein großer Teil des erzeugten Stroms zur Deckung des eigenen Strombedarfs nutzbar ist. Technisch möglich ist auch die Umwandlung überschüssigen Stroms in Wärme mithilfe einer Wärmepumpe.

Tipp

Im Internet finden Sie zahlreiche Programme, mit denen sich die Wirtschaftlichkeit eines BHKW abschätzen lässt (z. B. bhkcheck.energieverbraucher.de oder www.kwk-check.de). Der Service kostet für ein Wohnhaus bis 500 m² Wohnfläche 50 €.

4.1.4 BHKW-Planung

Die Strom erzeugende Heizung mittels Mini- und Mikro-BHKW ist eine besondere Herausforderung für Planer und ausführende Firmen. Denn neben den gesetzlichen und verordnungspolitischen Rahmenbedingungen beinhaltet eine solche Planung auch Tariffragen, Genehmigungen sowie die elektrische, hydraulische und reglungs-technische Einbindung der KWK-Geräte. Experten empfehlen, einen Pufferspeicher mit mindestens 1.000 l in die Anlage einzubinden.

Einbindung

Die Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch (ASUE) rät, bei der Einbindung eines BHKW in das Wasserleitungssystem zur Wärmeübertragung Folgendes zu beachten:

- Damit das BHKW hohe Laufzeiten (mindestens 4.000 Betriebsstunden) erreicht, sollte es mindestens ein Drittel der benötigten Gesamtwärmeleistung abdecken.
- Die Vorlauftemperatur des Blockheizkraftwerks, d. h. die Temperatur des Wassers beim Verlassen des BHKW, sollte möglichst hoch sein (80 °C bis 90 °C), damit durch hohe Temperaturdifferenzen eine gute Wärmeübertragung erfolgen kann.
- Bei der Kombination mit Brennwertkesseln lautet die Empfehlung, das BHKW parallel zum Heizkessel zu installieren und nicht in Serie davor. Bei zu hohen Vorlauftemperaturen des Brennwertkessels würde andernfalls der Brennwerteffekt nicht mehr vollständig genutzt werden.
- Die Rücklauftemperatur, d. h. die Temperatur des Wassers beim Eintritt in das BHKW, darf nicht über dem vom Hersteller angegebenen Maximalwert (z. B. 70 °C) liegen, da andernfalls mit einem häufigen Takten des BHKW und Störungen zu rechnen ist. Ein BHKW sollte in Fließrichtung nicht hinter einen Kessel geschaltet werden.

BHKW-Hersteller stellen in ihren Planungsunterlagen beispielhaft Einbindungsmöglichkeiten vor. Sofern ein hydraulisch gut ausgelegtes und abgeglichenes Heizungssystem vorhanden ist, das fachmännisch installiert wurde, sind bei der Einbin-

dung eines BHKW keine Probleme zu erwarten. Aber die nachfolgenden Punkte sind besonders beachtenswert:

- Die Nennspreizung der Heizkreise muss so ausgelegt sein, dass die Rücklauftemperaturen nicht über 70 °C liegen. Das kann z. B. durch einen Rücklauftemperaturbegrenzer oder elektronisch geregelte Heizkreispumpen sichergestellt werden.
- Ein hydraulischer Abgleich ist vorzunehmen (s. Kapitel 7).
- Beim Einsatz von Kesselpumpen gilt: Sie müssen einen relativ hohen Volumenstrom bei geringem Druckverlust erzeugen. Deshalb ist eventuell eine hydraulische Weiche einzubauen. Andernfalls könnte die Kesselpumpe einen zu hohen Druck in den Heizkreisen aufbauen, was dazu führen kann, dass die Thermostatventile aufgedrückt werden und nicht mehr richtig arbeiten.

Wenn eine hydraulische Weiche eingebaut wird, ist sicherzustellen, dass Wasser aus dem Vorlauf nicht direkt in den Rücklauf gelangt, was zum Takten des BHKW führen würde.

Oft dient ein Pufferspeicher als hydraulische Weiche. Er macht es möglich, dass Strom erzeugt wird, auch wenn keine Wärme benötigt wird. Wenn kein Pufferspeicher vorhanden ist, kann das BHKW nur dann laufen, wenn gleichzeitig Strom und Wärme benötigt werden.

Ein Servicevertrag für ein BHKW kostet je nach Stromerzeugungsmenge oder Betriebsstunden bis zu 1.500 € pro Jahr. Die eigentlichen Serviceleistungen am BHKW kosten, einzeln beauftragt, weniger als 500 € pro Jahr.

Verträge

Bei mehreren Projektbeteiligten ist zuerst eine Betreiber- oder Nutzergemeinschaft zu organisieren. Diese muss einen Einspeisevertrag mit dem Netzbetreiber, Stromlieferverträge mit den Nutzern und einen Stromliefervertrag mit einem beliebigen Stromversorger abschließen. Hierbei ist Durchsetzungsvermögen erforderlich, denn BHKW-Betreiber konkurrieren mit den angestammten, auf Gewinnmaximierung fixierten Stromversorgern.

Contracting

Der Energieversorger Eon/Ruhrgas will SHK-Handwerkern das Kooperationsmodell „Mini- oder Mikro-KWK-Contracting“ anbieten, das auf standardisierten Verträgen, einem Leistungsverzeichnis nach dem Baukastenprinzip und einem modularen Systemangebot basiert. Der Kunde soll ein „Rundum-sorglos-Paket“ bekommen, das zusätzlich zum Wärmepreis nur etwa 50 Cent pro Tag mehr kostet als die Eigenfinanzierung oder der Eigenbetrieb.

4.2 Konzept einer autarken Installation

Zentralheizung, zentrale Warmwasserbereitung und zentrale Stromversorgung mögen zwar bequem sein, aber sie machen auch vollständig abhängig von den großen Energiekonzernen. Es gibt aber auch ein in der Praxis bewährtes Konzept, ein Wohnhaus völlig losgelöst vom zentralen Netz mit Energie zu versorgen.

Bei Neubauten lassen sich sogar die Stromanschlusskosten einsparen, und der Energieversorger ist verpflichtet auf dem Grundstück befindliche Freileitungen oder Masten sofort zu entfernen, wenn der Bauherr kein Stromkunde wird (nach § 8, Abs. 1 der AV-BeltV). Das erhöht in jedem Fall den Wert des Grundstücks.

Der Strom- und Warmwasserbedarf wird im Sommer allein durch Sonnenkollektoren und eine Photovoltaik-Anlage (Insellösung mit Wechselrichtern und Batterien) gedeckt. Gekocht wird auf einem Holzkoch- oder einem Propangasherd. Im Winter kommen Mini-BHKW sowie Holz- und Gasöfen entsprechend dem tatsächlichen Bedarf zum Einsatz. Mithilfe von Thermostatschalter, Strommessrelais und einer Zeitschaltuhr kann das auch automatisiert werden. Der Grundgedanke ist, dass elektrische und thermische Energie von verschiedenen Quellen geliefert werden, die möglichst wenig voneinander abhängen und möglichst selbstständig arbeiten.

Index

A

Abgasklappen 210
Abgaswärmetauscher 211
Abtauvorrichtung 147

B

Biogas 43
Blockheizkraftwerk 79
Brennstoffzelle 85

E

Einspeisevergütung 95
Energieträger 25
Entzugsleistung 107
Erdwärmetauscher 239

H

Heizgrenze 219
Heizkostenvergleich 36
Heizkurve 219
Heizungspumpen 203, 205

J

Jahresarbeitszahl 119
Jahresbetriebsstunden 136

K

Kohlenmonoxid 71
Künettenkollektoren 130

L

Legionellen 176
Luftwechsel 226

M

Mauerdurchführungen 129

N

Nachtabenkung 220, 222

O

Ofenregelung 213

P

Pflanzenöl 41, 86
Pufferspeicher 96, 154, 215

R

Radon 241
Rauchabsauger 213
Regelung 17
Rücklauftemperatur 96

S

Schichtenspeicher 177
Schimmelbildung 223
Solarstation 170
Solekreislauf 130
Sondenlänge 136
Stirlingmotor 84
Strombörse 95
Stromheizungen 14

T

Thermostatventile 218

V

Vorlauf 17
Vorlauftemperatur 96

W

Wärmebedarf 19
Wärmepumpe 99
Wärmetauscher 53
Warmwasserbedarf 173

Z

Zirkulationsleitung 204
Zusatzheizung 115

Heizungen im Altbau energetisch richtig modernisieren

Wenn Sie sich in nächster Zeit für eine neue Heizungs- und Warmwasseranlage in Ihrem Altbau entscheiden müssen, gibt Ihnen der Autor mit diesem Werk kompetente und objektive Antworten auf Ihre Fragen und füllt Wissenslücken. Er schützt Sie vor voreiligen Investitionen und hilft Ihnen dabei, die beste Lösung für Ihre bestehende und in die Jahre gekommene Heizungs- und Warmwasseranlage auszuwählen. Besondere Beachtung finden dabei Nachteile und Schwachstellen, auf die in den Hochglanzprospekten meist nicht hingewiesen wird. Kostenvergleiche und Hinweise auf eventuelle Zusatzkosten werden aufgelistet und mittels leicht nachvollziehbarer Beispiele erläutert.

Dieses Buch verschafft Ihnen einen Überblick über die marktreifen, zukunftsfähigen Heizsysteme. Es beschreibt die unterschiedlichen Techniken und vergleicht deren Wirtschaftlichkeit – auch mit konventionellen Öl- oder Gasheizungen. Es unterstützt Sie bei der Planung und Umrüstung einer Heizanlage. So kommen Sie zu einer

fundierten Entscheidung, wenn eine Heizungsmodernisierung oder die Anschaffung einer neuen Heizanlage für Ihr Ein- oder Mehrfamilienhaus ansteht. Sie finden hier außerdem interessante neue Konzepte für die Regelung von Zentralheizungsanlagen und das Einbinden von Solaranlagen in das Heizsystem. Wer hier nicht durchblickt, installiert ein System, bei dem die gewonnene Sonnenwärme weitgehend nutzlos verpufft. Ein weiteres Kapitel widmet sich den Themen „Lüftung und Kühlung“. Zahlreiche Checklisten sowie Kosten-/Nutzenvergleiche für alle gängigen Heizsysteme runden dieses Werk ab.

Wenn Sie die praktischen Ratschläge und Tipps dieses Buchs befolgen, macht sich das schon nach kurzer Zeit bezahlt. Es ist eine unentbehrliche Fundgrube für alle, die in ihrer täglichen Praxis Anregungen für schnelle Problemlösungen suchen.

Aus dem Inhalt

- Umrüstung bestehender Öl- oder Gasheizungen
- Das vorhandene Heizsystem prüfen
- Energieträger- und Betriebskostenvergleiche
- Regenerative Energiesysteme in der Praxis
- Heizanlage optimieren, Einsparmöglichkeiten nutzen

Zum Autor

Reinhard Hoffmann ist Diplom-Physiker, freier Fachjournalist und Autor mehrerer Bücher zu den Themen erneuerbare Energien, Altbausanierung und Haustechnik. Wertvolle Praxistipps stammen von Dipl.-Phy. Erich Keller, der als Energieberater tätig ist.

ISBN 978-3-645-65001-4



9 783645 650014