

Frank Otto, Joachim Otte, Armin Raatz

**Untersuchung der Marktchancen,
Hemmnisse und Systemoptionen für
Strom erzeugende Heizungen vor dem
Hintergrund neuer nationaler und
internationaler technischer Entwick-
lungen im Bereich der Kleinst-BHKW
im Hinblick auf zukünftig anstehende
Neu- und Umstrukturierungen der
deutschen Stromversorgung**



Bundesamt
für Bauwesen und
Raumordnung

F 2724

Bei dieser Veröffentlichung handelt es sich um die Kopie des Abschlußberichtes einer vom Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung -BMVBS- im Rahmen der Forschungsinitiative »Zukunft Bau« geförderten Forschungsarbeit. Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die Originalmanuskripte wurden reprotechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprotechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

2009

ISBN 978-3-8167-8051-9

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69

70504 Stuttgart

Nobelstraße 12

70569 Stuttgart

Telefon 07 11 9 70 - 25 00

Telefax 07 11 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

www.irb.fraunhofer.de/bauforschung

Untersuchung der Marktchancen, Hemmnisse und Systemoptionen für Strom erzeugende Heizungen vor dem Hintergrund neuer nationaler und internationaler technischer Entwicklungen im Bereich der Kleinst-BHKW im Hinblick auf zukünftig anstehende Neu- und Umstrukturierungen der deutschen Stromversorgung

- Abschlussbericht -

Dr.-Ing. Frank Otto
Dipl.-Ing. Joachim Otte
Dipl.-Ing. Armin Raatz

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung gefördert

Aktenzeichen: Z 6 – 10.08.18.7-06.18

Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt bei den Autoren.

Kassel, den 19. Februar 2009

Verbundpartner



Zentrum für Umweltbewusstes
Bauen e.V. (ZUB)
Gottschalkstraße 28a
34127 Kassel



INNOVATEC Energiesysteme
GmbH (Innovatec)
Im Graben 5
34292 Ahnatal



Kompetenznetzwerk Dezentrale
Energietechnologien e.V. (deENet)
Ständeplatz 15
34117 Kassel

Umfang des Berichts:

106	Seiten Text
45	Bilder
17	Tabellen
78	Seiten Anhang

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Definition der Strom erzeugenden Heizung (SEH)	3
3	Vorgehensweise und Untersuchungsmethodik	4
4	Literaturauswertung	6
4.1	Technische Gebäudeausrüstung	6
	Daten über den Gebäudebestand	8
4.2	Heizwärme- und Stromverbrauch von Wohngebäuden	11
5	Grundlagen	17
5.1	Erzeugungsprinzipien	17
5.1.1	Verbrennungskraftmaschine	17
5.1.2	Dampfexpansion	18
5.1.3	Stirling-Motor	18
5.1.4	Brennstoffzelle	19
5.2	Systemaufbau	20
5.2.1	Wärme- und Stromerzeuger	20
5.2.2	Anlagentechnische Einbindung (Hydraulik der Wärmeseite)	21
5.2.3	Anlagentechnische Einbindung (Elektrischer Anschluss)	21
5.2.4	Ausführungsformen von Stromzählern	24
5.3	Auswertung gemessener Strom- und Heizwärmeverbräuche	25
5.4	Gebäudesimulation	31
5.4.1	Grundlagen	31
5.4.2	Betrachtete Mustergebäude und Bauteile	32
5.4.3	Nutzung	32
5.4.4	Klimadaten	33
6	Ergebnisse der Gebäudesimulation	35
7	Stand und Entwicklung des KWK-Marktes	27
7.1	Stromerzeugung durch KWK-Technologien in Europa	27
7.2	Wachstumsmarkt SEH in Europa	29
7.3	Aktuelle Marktsituation der SEH-Technologien	29
7.3.1	Deutschland	30
7.3.2	Europa	30
7.3.3	Marktentwicklung weltweit	32
7.4	Marktübersicht Hersteller SEH-Anlagen	33
8	Rechtliche Rahmenbedingungen	36
9	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen	56
9.1	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	56
9.2	Rahmendaten der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei SEH	56
9.3	Ergebnisse / Vergleichswerte / Sensitivitätsanalysen	58

10 Befragung der Akteure.....	65
10.1 Vorgehensweise	65
10.2 Fragenkatalog / Leitfaden	65
10.3 Ergebnisse	67
11 Anforderungen an Strom erzeugende Heizungen	71
11.1 Anlagentechnische Kombinationen für Strom erzeugende Heizungen	71
11.2 Anlagentechnische Einbindung Strom erzeugender Heizungen	72
11.2.1 Versorgungstechnische Einbindung	72
11.2.2 Hydraulische Einbindung	73
11.2.3 Implementierte Regelungsschemata	76
11.2.4 Betriebsüberwachung	76
11.2.5 Abgasseitige Einbindung	76
11.2.6 Elektrische Einbindung	77
11.3 Minimierung der Wartungskosten	77
11.4 CO ₂ Gutschrift	77
12 Strom erzeugende Heizungen im Netzverbund.....	79
13 Thesen zur Überwindung bestehender Hemmnisse.....	83
14 Leitfaden - Der Weg zur Strom erzeugenden Heizung -.....	88
15 Zusammenfassung und Ausblick.....	99
16 Literatur.....	104
17 Anhang	

1 Einleitung

Die Erhöhung der Energieeffizienz bei der Wärme- und Stromerzeugung ist neben der Verbesserung des Wärmeschutzes von Gebäuden der wesentliche Beitrag zur Senkung der CO₂-Emissionen. Im Bereich der Erzeugung von Strom und Wärme sind hier noch erhebliche CO₂-Reduktionspotentiale vorhanden. Zudem befinden sich die elektrischen Energieversorgungssysteme aller Industrieländer in einem radikalen Veränderungsprozess. Bis zum Jahr 2020 sind z.B. in Deutschland ungefähr 50 % der vorhandenen Kraftwerkskapazitäten abgängig. Als Ersatz für diese Kraftwerke stehen unter den gegebenen Rahmenbedingungen (vereinbarte Ziele des Kyoto-Protokolls, beschlossener Ausstieg aus der Nutzung der Atomkraft) verschiedene Technologiepfade zur Verfügung.

Die Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) ist eine der Schlüsseltechnologien weltweit, um den bei der Stromerzeugung volkswirtschaftlich verschwenderischen Umgang mit Energie deutlich zu minimieren. Werden bei der konventionellen Stromerzeugung in Großkraftwerken nahezu zwei Drittel der eingesetzten Brennstoffenergie als Abwärme ungenutzt in die Umwelt abgegeben, nutzt die Kraft-Wärme-Kopplung die Gleichzeitigkeit der Wärme- und Stromerzeugung zur Erzielung hoher Wirkungsgrade, die produzierte Wärme wird in der Regel im örtlichen Zusammenhang genutzt.

Die Technologie der Kraft-Wärme-Kopplung reicht von kleinsten Geräten (ca. 0,3 kW) bis zur großtechnischen Anlage von einigen hundert Megawatt.

In der Bundesrepublik Deutschland werden etwa 40 % der insgesamt verbrauchten Energie zur Beheizung von Gebäuden verwendet, davon mit erheblichem Anteil die privaten Haushalte.

Die Stromerzeugung in der Bundesrepublik Deutschland findet zum allergrößten Teil nicht in privaten Haushalten statt, obwohl in diesem Bereich zumindest während der sechs- bis achtmonatigen Heizperiode ein zeitgleicher Wärme- und Strombedarf besteht. Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK), sogenannte Blockheizkraftwerke, die diese Potentiale effektiv nutzen, waren bisher aus wirtschaftlichen Gründen auf große Liegenschaften beschränkt. Seit einiger Zeit werden jedoch zunehmend Neuentwicklungen in sehr kleinen Leistungsbereichen vorgestellt, die nach den Vorstellungen der Hersteller in den nächsten Jahren in großen Stückzahlen verfügbar sein sollen und im Rahmen der Heizkesselerneuerung bestehende Kessel ersetzen könnten.

Die vom Bundestag eingesetzte Enquetekommission zur nachhaltigen Energieversorgung Deutschlands hat verschiedene Wege aufgezeigt, wie die zukünftige Energieversorgung nachhaltig gestaltet werden kann.

Einer dieser Pfade ist der massive Ausbau der dezentralen Kraft-Wärme-Kopplung und eine damit verbundene Dezentralisierung der Erzeugung von elektrischer Energie.

KWK-Technologien bieten folgende strukturellen Vorteile:

- Reduktion der CO₂-Emissionen durch effiziente Energienutzung (zeitgleiche Erzeugung von Strom und Wärme)
- Reduktion von Netzkapazitäten und von Übertragungsverlusten
- Einbindung von erneuerbaren Energien in die Versorgungsstruktur
- Erhöhung der Versorgungssicherheit durch einen dezentralen Versorgungsverbund

1 Einleitung

Darüber hinaus können lokale Versorgungsunternehmen, wie etwa Stadtwerke oder Regionalversorger mit diesen Technologien eigene Kraftwerkskapazitäten aufbauen, die unter bestimmten Randbedingungen zur lokalen Abdeckung von Spitzenlasten herangezogen werden können.

Die vorliegende Forschungsarbeit untersucht die Marktchancen, Hemmnisse und Systemoptionen für Strom erzeugende Heizungen (SEH) beim Einsatz im Ein- und Mehrfamilienhaus. Dabei werden sowohl die technischen und gebäudetypischen Rahmenbedingungen untersucht, als auch Fragen der Integration in bestehende Netze beleuchtet. Über Umfragen und Interviews bei verschiedenen Akteuren des sich entwickelnden Marktes wird der Frage nachgegangen, welche Rahmenbedingungen und flankierende Maßnahmen seitens der Politik notwendig sind, damit Strom erzeugende Heizungen in großen Stückzahlen zum Einsatz kommen können. Gleichwohl sind Strom erzeugende Heizungen nicht auf Wohngebäude beschränkt, sondern können bei den meisten anderen Gebäudetypen (Öffentliche Gebäude, Verwaltung, Schulen, Gewerbe usw.) ebenfalls eingesetzt werden.

Für die Praxis wird ein Leitfaden entwickelt, der zur Vorprojektierung eingesetzt werden kann und sowohl Anbietern von Contracting-Dienstleistungen als auch Handwerksbetrieben und Investoren als Hilfsmittel dienen soll, um die Einsatzmöglichkeiten von Strom erzeugenden Heizungen abschätzen zu können und vorhandene Potentiale möglichst gut zu erschließen.

2 Definition der Strom erzeugenden Heizung (SEH)

Die Strom erzeugende Heizung (SEH) gilt als die kleinste Baugröße einer Anlage zur Kraft-Wärme-Kopplung, eine Definition oder gar Normierung existiert jedoch nicht. Daher stellen wir den Erläuterungen zur Vorgehensweise und Untersuchungsmethodik eine, wie wir meinen sinnvolle, Definition der Strom erzeugenden Heizungen voran.

Eine Strom erzeugende Heizung (SEH) ist die gekoppelte und damit gleichzeitige, Strom- und Wärmeerzeugung auf Basis einer kleinen Energiewandlungseinheit. Die Anwendung reicht von der Versorgung einzelner Objekte (Einfamilienhaus, Gewerbebetriebe) bis hin zu Lösungen im Objektverbund. Strom erzeugende Heizungen können als Stand-Alone-Geräte und im Verbund mit anderen Wärmeerzeugern betrieben werden. Generell ist die Verwendung eines Pufferspeichers empfohlen.

In der Literatur werden Systeme mit einer elektrischen Leistung kleiner $15 \text{ kW}_{\text{el}}$ als Mini- oder Mikro-BHKWs bzw. Mikro-KWK bezeichnet (BHKW = Blockheizkraftwerk bzw. KWK = Kraft-Wärme-Kopplung).

Strom erzeugende Heizungen werden als Sonderbereich der Mikro-BHKW bzw. Mikro-KWK angesehen. Eine einheitliche Normierung existiert dafür nicht. In Anlehnung an die auf Tagungen geführten Diskussionsbeiträge sehen wir eine Kategorisierung auf Anlagen mit einer elektrischen Leistung bis 5 kW_{el} als sinnvoll an.

Eine wichtige Kenngröße für SEH-Anlagen ist die Stromkennzahl SK. Sie beschreibt das Verhältnis von elektrischer Leistung zur nutzbaren Wärmeleistung einer KWK-Anlage. Die auf dem Markt verfügbaren oder in marktnaher Entwicklung befindlichen SEH-Anlagen weisen Stromkennzahlen zwischen 10 % und 44 % auf. Dieser erhebliche Unterschied der Stromkennzahl bei SEH-Anlagen ist den unterschiedlichen Technologien geschuldet. Eine hohe Stromkennzahl ist grundsätzlich vorteilhaft für die Wirtschaftlichkeit. Die Stromkennzahl einer KWK-Anlage ist in der Regel keine konstante Größe, sondern vom Betriebszustand der Anlage abhängig, dies gilt auch für SEH-Anlagen. Im modulierenden Betrieb sind die Stromkennzahlen tendenziell geringer als im Nennbetrieb.

Bei den Untersuchungen im Rahmen dieser Arbeit werden KWK-Systeme mit einer elektrischen Leistung bis $< 5 \text{ kW}_{\text{el}}$ betrachtet. Systeme in dieser Leistungsklasse sind prinzipiell für die Versorgung von Ein- und Mehrfamilienhäusern geeignet. Die Hersteller erwarten, dass sich bei Systemen dieser Leistungsklasse in den nächsten Jahren ein Massenmarkt, vergleichbar den Gas-Brennwert-Heizungen, entwickelt. Durch die daraus zu erwartende Senkung der Produktionskosten und den mit standardisierten Installationen verbundenen geringen Planungsaufwand der SEH soll ein wirtschaftlicher Einsatz dieser KWK-Systeme auch in Einfamilienhäusern möglich sein. Strom erzeugende Heizungen lassen sich auf der Basis unterschiedlicher Funktionsweisen und Brennstoffe betreiben. In der vorliegenden Untersuchung werden allerdings nur Systeme betrachtet, die zumindest für Feldtestanwendungen in größeren Stückzahlen verfügbar sind. Zum Ende des Jahres 2007 sind dies ausschließlich motorische Systeme (Kolbenmaschine, Stirling-Motor, Dampf-Expansionsmotor) mit fossilen und biogenen Brennstoffen.

3 Vorgehensweise und Untersuchungsmethodik

Bei Strom erzeugenden Heizungen (SEH) handelt es sich prinzipiell um die Anwendung und Weiterentwicklung bekannter Verfahren zur Kraft-Wärme-Kopplung, leistungsmäßig orientiert im Marktsegment der kleinen Wärmeleistungen für Gebäude. Der Betrieb der Anlagen erfolgt in der Regel wärmegeführt am Wärmebedarf des Gebäudes. Gleichwohl sind die technischen Anforderungen an den Betrieb, das Handling und Funktionssicherheit nicht minder umfangreich als bei entsprechenden Anlagen größerer Leistung.

Um einen Überblick zu den auf dem Markt verfügbaren bzw. in marktnaher Entwicklung befindlichen Aggregaten zu erhalten, wird als erstes eine umfangreiche Marktrecherche mit Herstellerbefragung durchgeführt.

Auf der Basis von Erhebungen und Messungen vorangegangener Forschungsprojekte im Gebäudebereich (Synergiehaus [Maas et al. 1999], Analyse der Gebäudebestands [IWU 2005]) werden die Rahmenbedingungen für den Einsatz von SEH-Systemen ermittelt.

Der wirtschaftliche Einsatz von Strom erzeugenden Heizungen hängt maßgeblich vom Heizwärmebedarf der Gebäude ab. Hierbei sind von besonderer Bedeutung der Wärmeschutz der Gebäudehülle, die Gebäudebelüftung und das Nutzerverhalten. Bauartunterschiede hingegen bleiben unberücksichtigt, da sie bei gleichem Wärmeschutz nahezu bedeutungslos sind [Diefenbach et al. 2007, Otto 1997].

Thermische Simulationsrechnungen berücksichtigen detailliert die Gebäudegeometrie, die Fassadengestaltung, die Eigenschaften und der Aufbau der Bauteile, das Nutzerverhalten und das Außenklima.

Die Ermittlung des Jahres-Heizwärmebedarfs erfolgt auf der Basis von Standardgebäuden für freistehende Einfamilienhäuser, Reihenmittel- und Reihenendhäuser sowie Modulen von Mehrfamilienhäusern. Bei den Modulen der Mehrfamilienhäuser handelt es sich um ein Erdgeschoss, ein Zentralgeschoss und ein Dachgeschoss. Vollständige Gebäude werden durch Summenbildung, entsprechend der gewünschten Gebäudegröße, ermittelt. Die Beeinflussung der an das Erd- und das Dachgeschoss angrenzenden Ebenen bleibt bei der Vereinfachung unberücksichtigt.

Der Standorteinfluss auf den Heizwärmebedarf bzw. auf den Endenergiebedarf wird für das Einfamilienhaus für die zur Verfügung stehenden 15 Testreferenzjahre untersucht. Für die Serienuntersuchung findet die Zone 07. (Standort mit mittleren Außenlufttemperaturbedingungen und Solarstrahlungsverhältnissen) Berücksichtigung.

Marktanalyse Systemanbieter

Über Kontakte zu Fachverbänden und das Studium von Internetportalen wurden die wesentlichen Akteure auf dem Markt der Strom erzeugenden Heizung ermittelt. Besonders das Portal des Bundesverbandes Kraft-Wärme-Kopplung (www.bkww.de) war dabei eine gute Anlaufstelle. Die Branche ist zum jetzigen Zeitpunkt von viel Pioniergeist und Erfindern geprägt, so dass konkrete Informationen oft nur über persönliche Gespräche zu erhalten waren. Der Besuch von Fachmessen und –Veranstaltungen diente daher neben dem Erkenntnisgewinn auch wesentlich der Ermittlung von konkreten Ansprechpartnern in den Unternehmen.

Daraufhin erfolgten Telefoninterviews mit den verantwortlichen Mitarbeitern, möglichst mit den Geschäftsführern der Unternehmen. Einzelne Unternehmen wurden auch persönlich besucht. Die Marktanalyse begrenzte sich auf die Systeme, die für Feldtests zur Verfügung stehen, oder schon am Markt verfügbar sind.

Rechtliche Rahmenbedingungen

Zur Klärung der rechtlichen Rahmenbedingungen wurden die einschlägigen Gesetze (siehe Anhang) zu Rate gezogen. Der fachliche Teil wurde dabei von der Kanzlei Moritz Pökl Winterlich aus Northeim bearbeitet, die sich auf die rechtlichen Rahmenbedingungen für KWK-Anlagen spezialisiert hat. Weiterhin wurden verschiedene Fragestellungen mit lokalen Netzbetreibern diskutiert.

Interviews mit Marktakteuren

Mit den Marktakteuren (Hersteller, Netzbetreiber, Stadtwerke, Handwerker) wurden narrative Interviews durchgeführt, bei denen folgende Bereiche abgefragt wurden:

- persönliche und unternehmerische Motivation für die Beschäftigung mit dem Thema
- eigene Erfahrungen mit Mikro-KWK-Anlagen
- Hemmnisse aus der jeweiligen Akteurssicht
- wesentliche Chancen für das Unternehmen
- wünschenswerte Maßnahmen, um die Technologie in den Markt einzuführen

Von allen Interviews wurden Protokolle erstellt; die Verwendung der Ergebnisse erfolgte in anonymisierter Form.

4 Literaturlauswertung

4.1 Technische Gebäudeausrüstung

Zum Thema Strom erzeugende Heizung / Mikro-KWK existieren bisher nur wenige Standardwerke. Herausgeber und Autor Dr. M. Pehnt / ifeu-Heidelberg hat mit dem Werk: „Micro cogeneration. Towards decentralized energy systems. Springer-Verlag, 2006“ [Pehnt 2006] einen umfassenden Überblick über die Bandbreite der kleinen Anlagen mit Kraftwärmekopplung gegeben. Wesentliche Informationen über die technischen Eigenschaften der Systeme lassen sich direkt von den Herstellern ermitteln. Weiterhin wird folgende Literatur ausgewertet:

- Dr. Bernd Thomas, Mini-Blockheizkraftwerke, [Thomas 2006]
- ASUE Tagungsbände zur SEH 2006 und 2007, [ASUE 2006], [ASUE 2007]
- VDE-Studie Dezentrale Energieversorgung 2020, [VDE 2007]
- VDE-Materialienband: Dezentrale Energieversorgung – Entwicklungschancen, Voraussetzungen, Pilotprojekte, [xxx]

In [Thomas 2006] werden sehr detailliert die Prüfstandsergebnisse von Langzeitmessungen der Strom erzeugenden Heizungen der Hersteller: Senertec, SOLO, PowerPlus und DTU verglichen.

Diese Systeme weisen folgende Leistungsdaten auf:

Senertec (Dachs): $P_{el} = 5,5 \text{ kW}$; $Q_{th} = 12,5 \text{ kW}$

SOLO Stirling: $P_{el} = 2 - 9 \text{ kW}$; $Q_{th} = 8 - 26 \text{ kW}$

PowerPlus(ecopower): $P_{el} = 1,3 - 4,7 \text{ kW}$; $Q_{th} = 4 - 12,5 \text{ kW}$

DTU (Biogasstirling): $P_{el} = 9 \text{ kW}$; $Q_{th} = 25 \text{ kW}$

Die gemessenen Wirkungsgrade stellen sich wie folgt dar:

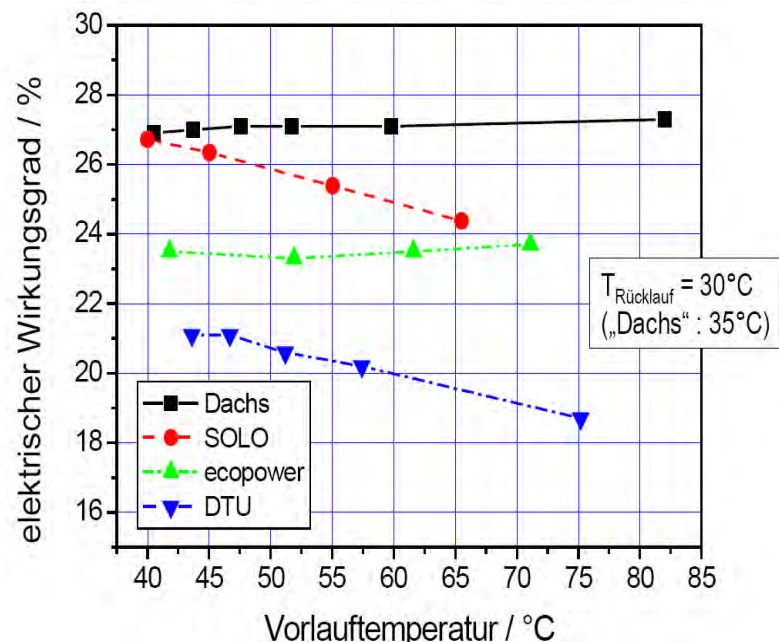


Bild 4.1: Prüfstand-Messergebnisse elektrischer Wirkungsgrad [Thomas 2006]

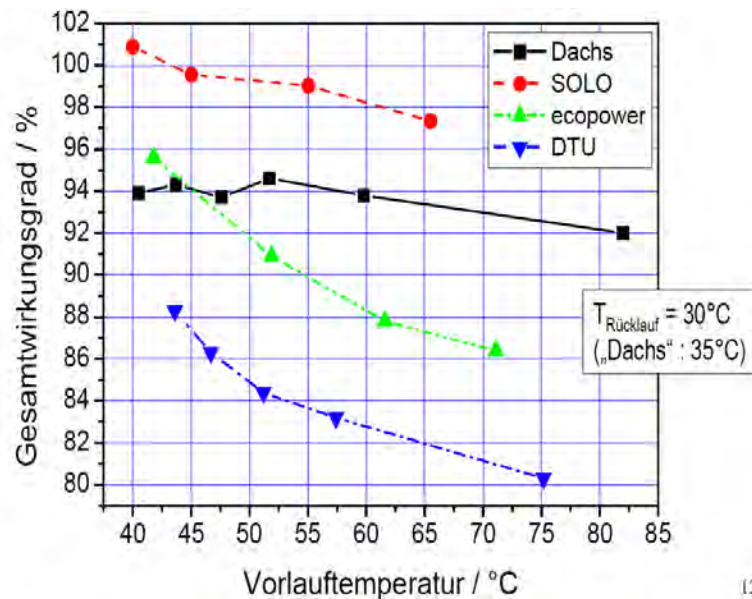


Bild 4.2: Prüfstand-Messergebnisse Gesamt-Wirkungsgrad [Thomas 2006]

Der Autor dokumentiert neben den technischen Rahmenbedingungen auch die Probleme beim Dauerbetrieb der Anlagen und liefert wichtige Hinweise zur Wirtschaftlichkeitsrechnung. Obwohl die Leistungen dieser Systeme etwas über dem definierten Standard für Strom erzeugende Heizungen von 5 kW_{el} liegen, lassen sich einige Ergebnisse auf den Bereich der Strom erzeugenden Heizungen übertragen.

Die Tagungsbände der ASUE [ASUE 2006], [ASUE 2007] liefern einen aktuellen Überblick über die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Strom erzeugenden Heizung. Neben einem Einblick in die aktuellen Forschungsarbeiten finden sich hier auch wichtige Hinweise zur Auslegung und zum Betrieb der Systeme.

Die VDE-Studie zur dezentralen Energieversorgung [VDE 2007] beinhaltet verschiedene Aspekte bezüglich des Netzausbaus mittels dezentraler Systeme.

Daten über den Gebäudebestand

Aktuelle Daten über den Gebäudebestand, ihren mittleren Wärmeverbrauch sowie die Art der Wärmeerzeugung finden sich in [IWU 1995] und [IWU 2007]. In Tabelle 4.1 sind die spezifischen Jahres-Heizwärmebedarfswerte in Abhängig vom Gebäudetyp und der Baualtersgruppe zusammengestellt [IWU 1995]. Der Anteil an Ein- und Zweifamilienhäusern beläuft sich auf etwa 60 %, die restlichen 40 % gliedern sich in Mehrfamilienhäuser unterschiedlicher Größe. Eine Übersicht über die vom Gebäudetyp sowie dem Baujahr abhängigen Wohnfläche und Gebäudeanzahl (Angabe der Werte in Tausend) zeigt Bild 4.3. Etwa 41 % der bundesdeutschen Wohnhäuser wurden in der Zeit vom 2. Weltkrieg bis zur Ölkrise in den 70er Jahren errichtet. Gebäude aus der Zeit davor nehmen etwa 22 % ein. Hieraus resultiert ein Anteil von ungefähr 37 % an Gebäuden mit bauordnungsrechtlich geregelter Wärmeschutz.

Tabelle 4.1: Wohngebäudebestand in Deutschland [IWU 1995]

Baujahr	Heizwärmebedarf [kWh/(m²a)]				
	Freistehende Ein- und Zweifamilien- häuser	Reihen- häuser	Kleine Mehr- familien- häuser	Große Mehr- familien- häuser	Hoch- häuser
Alte Bundesländer					
bis 1918					
Fachwerk	238		190		
Massivbau	185	203	163	161	
1919-1948	204	166	179	164	
1949-1957	253	163	184	151	
1958-1968	146	171	173	153	105
1969-1978	141	162	127	123	120
1976-1983	119	121	98		
1984-1990	120	94	76		
Neue Bundesländer					
bis 1918					
Fachwerk			227		
Massivbau	312		189	195	
1919-1945	283		161		
1946-1970	335				
1946-1965			175		
1961-1985			174		
1965-1980				109	111
1981-1985				106	
1971-1985	181				159
1986-1990	152			87	

Deutsche Gebäudetypologie – Häufigkeit von Gebäudetypen unterschiedlichen Baualters													
	Baualtersklassen										Summe	Anteil	
	vor 1918	vor 1918	1919 - 1948	1949 - 1957	1958 - 1968	1969 - 1978	1979 - 1983	1984 - 1994	1995 - 2001	2002 - 2006			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J			
Gebäudetypen*	EFH												
	Wohnfläche in Tsd. m²	81.503	148.776	168.937	174.251	235.409	223.135	112.631	236.441	255.280	103.208	1.739.571	52%
	Anz. Wohneinh. in Tsd.	916	1.707	2.010	1.915	2.274	1.867	936	2.055	1.994	671	16.345	42%
	RH												
	Wohnfläche in Tsd. m²		14.543	31.450	21.993	35.996	61.478	24.503	32.951	33.366	11.675	267.955	8%
	Anz. Wohneinh. in Tsd.		145	326	231	348	517	202	281	285	83	2.418	6%
	MFH												
	Wohnfläche in Tsd. m²	31.974	109.337	135.827	117.051	149.881	122.930	61.044	118.019	154.740	24.267	1.025.070	31%
	Anz. Wohneinh. in Tsd.	462	1.501	2.034	1.912	2.210	1.677	821	1.712	2.240	296	14.865	38%
	GMH												
	Wohnfläche in Tsd. m²		31.549	10.160	38.936	47.501	46.124					174.270	5%
	Anz. Wohneinh. in Tsd.		448	169	703	784	697					2.801	7%
	HH												
	Wohnfläche in Tsd. m²					12.617	12.988					25.605	1%
	Anz. Wohneinh. in Tsd.					198	198					396	1%
	MFH NBL												
	Wohnfläche in Tsd. m²				14.324	24.418						38.742	1%
	Anz. Wohneinh. in Tsd.				329	408						737	2%
	GMH NBL												
	Wohnfläche in Tsd. m²						22.976	19.899	17.977			60.852	2%
	Anz. Wohneinh. in Tsd.						390	336	305			1.031	3%
	HH NBL												
	Wohnfläche in Tsd. m²						16.823	4.230				21.053	1%
	Anz. Wohneinh. in Tsd.						310	67				377	1%
Wohnfläche in Tsd. m²		113.477	304.205	346.374	366.555	505.822	506.454	222.307	405.388	443.386	139.150	3.353.118	
Anteil		3%	9%	10%	11%	15%	15%	7%	12%	13%	4%		
Anz. Wohneinh. in Tsd.		1.378	3.801	4.539	5.090	6.222	5.656	2.362	4.353	4.519	1.050	38.970	
Anteil		4%	10%	12%	13%	16%	15%	6%	11%	12%	3%		
*) EFH = Einfamilienhaus, RH = Reihenhäuser, MFH = Mehrfamilienhaus, GMH = großes Mehrfamilienhaus, HH = Hochhaus, NBL = neue Bundesländer													

*) EFH = Einfamilienhaus, RH = Reihenhause, MFH = Mehrfamilienhaus, GMH = großes Mehrfamilienhaus, HH = Hochhaus, NBL = neue Bundesländer

Bild 4.3: Deutsche Gebäudetypologie – Häufigkeit von Gebäudetypen unterschiedlichen Baualters
[Diefenbach et al. 2007]

Die Struktur der Energieträger für Ein- und Mehrfamilienhäuser zeigt Bild 4.4. Einfamilienhäuser werden derzeit mit etwa 47 % vorwiegend mit Öl und Gas beheizt. Bei Mehrfamilienhäusern dominiert Gas mit 47 %, Öl erreicht 30 % und Fernwärme 23 %.

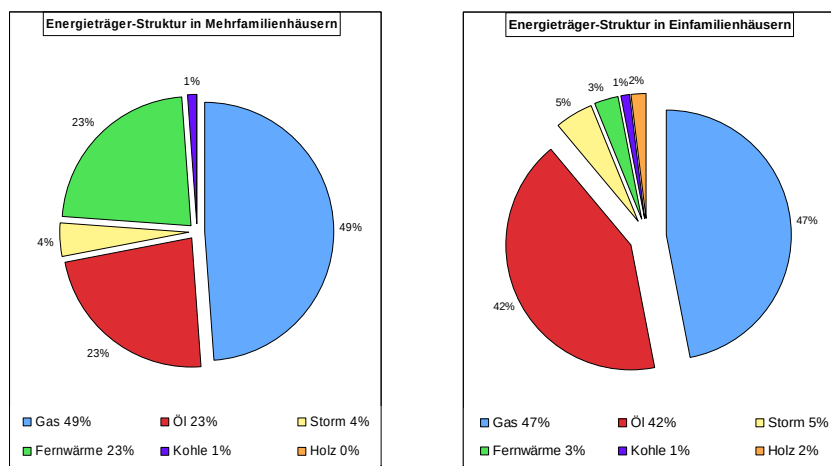


Bild 4.4: Struktur der Energieträger für Ein- und Mehrfamilienhäuser gemäß [Diefenbach et al. 2007]

Die Häufigkeit der einzelnen Heizsysteme kann Tabelle 4.2 entnommen werden. In Ein- und Mehrfamilienhäusern sind am häufigsten Zentralheizungssysteme mit einem Baujahr der Wärmeerzeuger ab 1990 anzutreffen. Bei den Zentralheizungen sind etwa 33 % älteren Baujahrs. In Bezug auf die Warmwasserversorgung sind zentral beheizte Gebäude auch mit einer zentralen Warmwasserbereitung ausgestattet. Einzelöfen sind sowohl in Ein- als auch in Mehrfamilienhäusern heute bedeutungslos. Sie besitzen nur noch 6 % bei Einfamilienhäuser und 4 % bei Mehrfamilienhäuser. Eine vergleichbare Größenordnung nimmt die Beheizung mit Elektro-Öfen (Nachtspeicheröfen und Elektro-Direkt-Heizung) ein.

Tabelle 4.2: Art der Beheizung in Deutschland [Diefenbach et al. 2007]

Typen der Beheizung			
	EFH [%]	MFH [%]	gesamt [%]
Sammelheizungen			
Gas-Zentralheizung alt	13	12	13
Gas-Zentralheizung alt + el. WW	2	2	2
Gas-Zentralheizung neu	28	29	29
Gas-Zentralheizung neu + el. WW	4	4	4
Öl Zentralheizung alt	15	7	11
Öl Zentralheizung alt + el. WW	0	2	1
Öl Zentralheizung neu	23	10	17
Öl Zentralheizung neu + el. WW	1	3	2
Fernwärme	1	16	9
Fernwärme + el. WW	2	6	4
Einzelheizungen			
Elektroheizung	5	4	4
Ofenheizung Gas	1	2	2
Ofenheizung Öl	2	1	1
Ofenheizung Kohle	1	1	1
Ofenheizung Holz	2	0	1
Summe	100	100	100

4.2 Heizwärme- und Stromverbrauch von Wohngebäuden

Im Folgenden werden die im Rahmen eines Forschungsprojektes (im Weiteren Synergiehaus-Projekt) [Maas et. al. 1999] gemessen Strom- und Heizwärmeverbrauchswerte aufbereitet, um den von der Jahres- und der Tageszeit abhängigen Strom- und Wärmeverbrauch aufzuzeigen. Die Untersuchungsergebnisse können dem Abschlussbericht [Synergie 2000] entnommen werden. Das Synergiehaus-Projekt beinhaltet die systematische Untersuchung von 339 Gebäuden zur Dokumentation der Wirksamkeit von Wärmeschutzmaßnahmen sowie der Effizienz von marktgängigen Techniken der Wärmeerzeugung und insbesondere die Übereinstimmung von Messergebnissen mit den einschlägigen Berechnungsverfahren. Bei 12 Haushalten werden zusätzlich detaillierte Messungen des Heizwärme- und des Stromverbrauchs mit einem 15 Minuten Intervall vom 01.06.1998 bis zum 31.05.1999 durchgeführt. Diese bilden die Grundlage der folgenden Auswertung. Eine Zusammenfassung der Jahressummenwerte aller Haushalte findet sich in Tabelle 4.3 Eine ausführliche Darstellung der Messergebnisse wird für den Fall 01, den Fall 02 und den Fall 06 vorgenommen. Fall 01 entspricht in etwa den mittleren Verbrauchswerten aller Haushalte. Fall 02 weist einen geringen und Fall 06 den höchsten Heizwärmeverbrauch auf. Auf die Darstellung des Falles 12, der den geringsten Strom- und Heizwärmeverbrauch beinhaltet, wird aufgrund unplausibler Einzelwerte, die aber bei der Bildung der Jahressummen bedeutungslos sind, verzichtet.

Tabelle 4.3: Zusammenstellung der gemessenen Strom- und Heizwärmeverbräuche von 12 Häusern
[Mass et al. 1999]

Fall	Haushalt	Anzahl der Bewohner	Gebäudenutzfläche A_n	Haustechnik	Strom	6 Uhr bis 22 Uhr	gesamt	Heizwärme
			[m ²]		[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
1	EAM3716	5	287,0	Zentrale Zu-/Abluftanlage mit WRG über einen Plattenwärmetauscher mit Nachheizregister, Gasbrennwerttherme für Heizung und Warmwasser.	686,59	2.781,02	3.467,60	14.402,76
2	PRE3002	2	207,9	Zentrale Zu-/Abluftanlage mit WRG über einen Plattenwärmetauscher, Gasbrennwerttherme für Heizung und Warmwasser, thermische Solaranlage für Warmwasser.	640,48	2.046,87	2.687,35	10.422,03
3	ÜNH2710	3	122,1	Zentrale Zu-/Abluftanlage mit WRG über einen Plattenwärmetauscher, Gasbrennwertkessel für Heizung und Warmwasser.	1.119,86	3.233,96	4.353,82	12.096,73
4	ETW3107	4	136,9	Zentrale Abluftanlage ohne WRG, Gastherme für Heizung und Warmwasser.	975,32	3.708,77	4.684,09	10.435,70
5	HAS2901	2	145,6	Zentrale Zu-/Abluftanlage mit WRG über einen Plattenwärmetauscher mit Vor- und Nachheizregister, Gasbrennwerttherme für Heizung und Warmwasser.	713,71	2.422,81	3.136,52	16.479,80
6	ETW3702	4	177,8	Zentrale Zu-/Abluftanlage mit WRG über einen Plattenwärmetauscher mit Nachheizregister, Gasbrennwertkessel für Heizung und Warmwasser.	955,22	3.056,90	4.012,12	21.723,28
7	EVM3902	2	172,8	Zentrale Abluftanlage mit WRG über eine L/W-Elektrowärmepumpe zur Unterstützung der Warmwasserbereitung und Heizung sowie integriertem Elektro-Kessel.	452,88	2.883,93	3.336,80	15.549,67
8	HEV1803	3	146,3	Zentrale Zu-/Abluftanlage mit WRG über einen Plattenwärmetauscher, Gasbrennwertkessel für Heizung und Warmwasser.	1.071,60	2.794,94	3.866,54	20.116,35
9	HAS3804	2	215,4	Zentrale Abluftanlage ohne WRG, Gasbrennwerttherme für Heizung und Warmwasser.	720,63	2.262,24	2.982,87	15.820,19
10	HAS3126	3	140,6	Zentrale Abluftanlage ohne WRG, Gasbrennwerttherme für Heizung und Warmwasser.	757,81	2.681,83	3.439,65	13.693,19
11	HAS3013	4	242,4	Zentrale Abluftanlage ohne WRG, Gasbrennwerttherme für Heizung und Warmwasser.	868,93	3.177,54	4.046,47	17.003,15
12	HAS3002	3	186,8	Zentrale Zu-/Abluftanlage mit WRG über einen Plattenwärmetauscher, Gasbrennwerttherme für Heizung und Warmwasser.	499,98	2.107,85	2.607,83	7.232,38

Bei der Auswertung der Messergebnisse werden die Verbrauchswerte für die Tages- (6 Uhr bis 22 Uhr) und Nachtzeit (22 Uhr bis 6 Uhr) sowie die Tagessumme bestimmt. Die ausgewerteten Stromverbräuche finden sich in Bild 3.5 bis Bild 3.7. Den zeitlichen Verlauf der Wärmeverbräuche zeigen Bild 3.8 bis Bild 3.10. Beim Stromverbrauch gibt es nur geringfügige saisonale Schwankungen. Eine Abnahme des Stromverbrauchs in den Sommermonaten tritt nur in geringem Maße auf. Beim Heizwärmeverbrauch hingegen ist der Verbrauch erwartungsgemäß stark von den jahreszeitlichen Schwankungen abhängig. Winter- und Sommerperiode unterscheiden sich deutlich. Im Sommer reduziert sich der Verbrauch auf die Bereitung des Warmwassers.

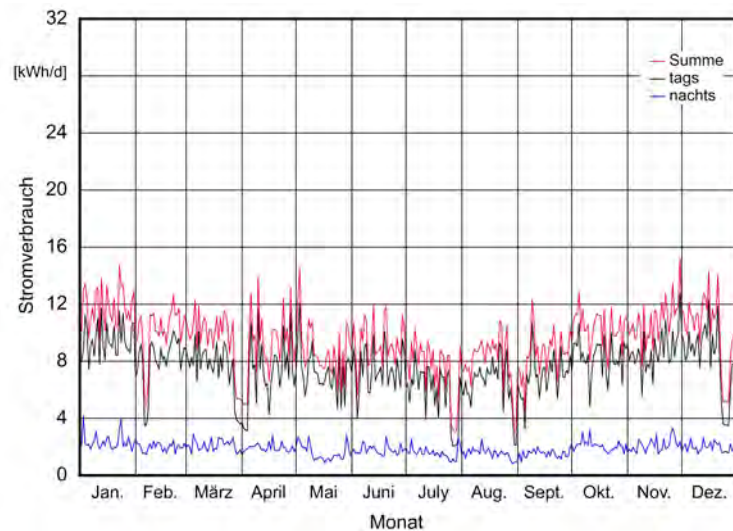


Bild 4.5: Haushalt mit mittlerem Stromverbrauch (Objekt: EAM 3716) [Synergie 2000]

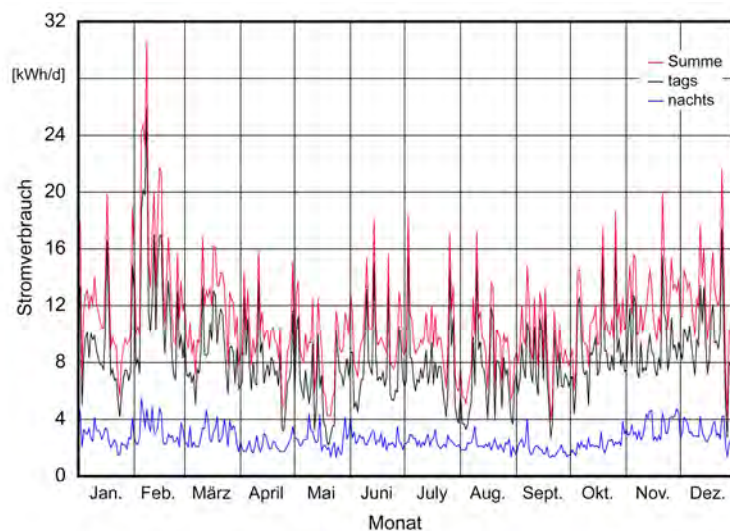


Bild 4.6: Haushalt mit hohem Stromverbrauch (Objekt: EWT3702) [Synergie 2000]

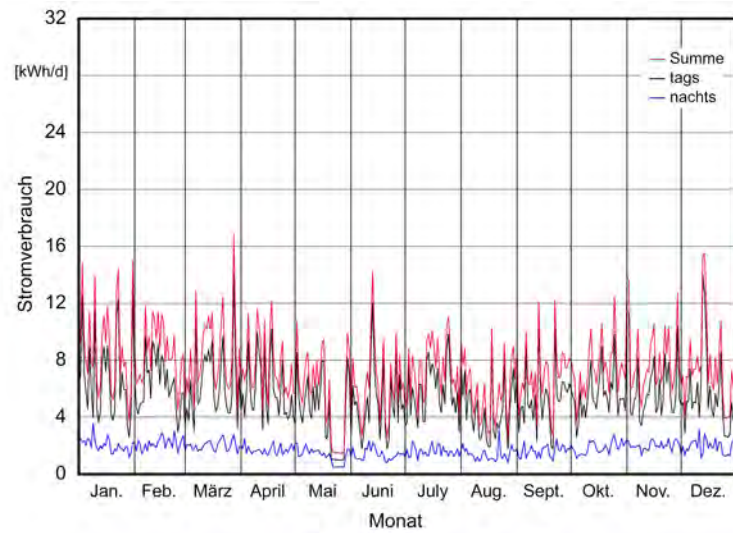


Bild 4.7: Haushalt mit niedrigem Stromverbrauch (Objekt: PRE3002) [Synergie 2000]

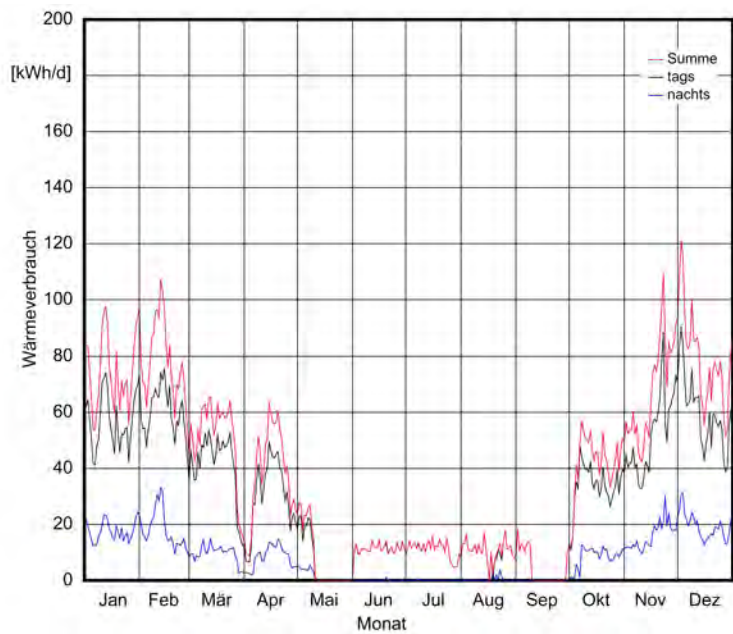


Bild 4.8: Haushalt mit mittlerem Heizwärmeverbrauch (Objekt: EAM 3716) [Synergie 2000]

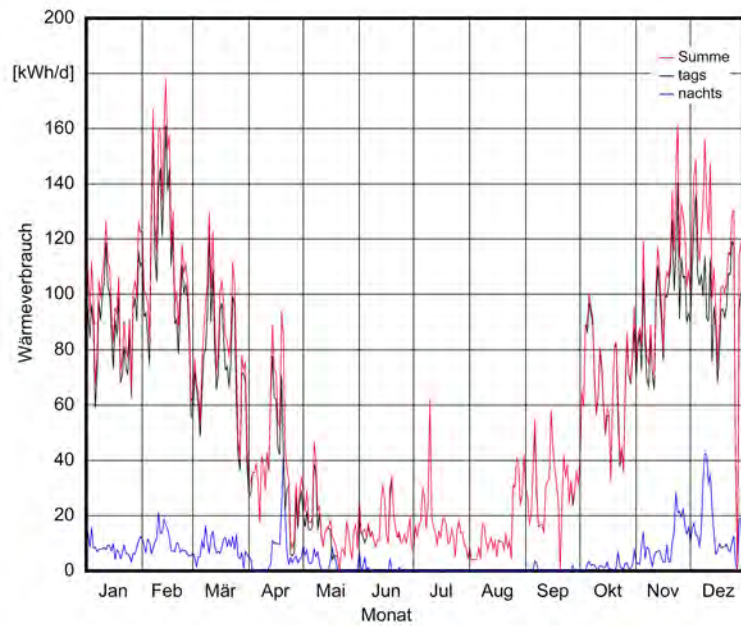


Bild 4.9: Haushalt mit hohem Heizwärmeverbrauch aus den in Tabelle 4.3 zusammengestellten messtechnisch untersuchten Haushalten (Objekt: EWT3702) [Synergie 2000]

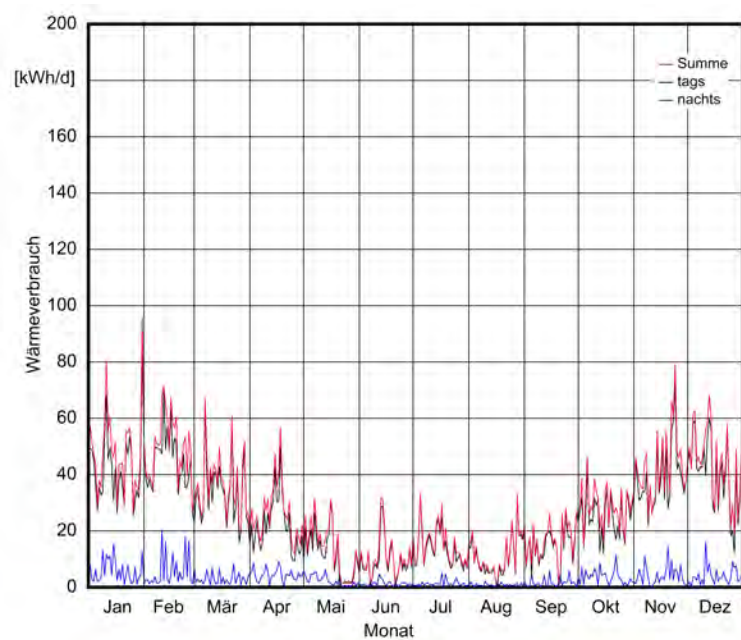


Bild 4.10: Haushalt mit niedriger Heizwärmeverbrauch aus den in Tabelle 4.3 zusammengestellten messtechnisch untersuchten Haushalten (Objekt: PRE3002) [Synergie 2000]

Die Bild 4.11 und Bild 4.12 zeigen eine Überlagerung aller Verbrauchswerte der 12 Haushalte. Der Verlauf vermittelt einen Eindruck von den zu erwartenden Netzlasten bei Nahversorgungssystemen. Die Schwankungsbreite der Stromverbrauchswerte variiert bei einem Mittelwert von 5,1 kWh zwischen 2,0 kWh und 15,9 kWh in der Heizperiode und einem Mittelwert von 4,2 kWh zwischen 1,9 kWh und 12,8 kWh außerhalb der Heizperiode. Beim Wärmeverbrauch steigen die Summenwerte in der Heizperiode (vom 1. September bis zum 31. Mai) bei einem mittleren Verbrauch von 24,9 kWh auf bis zu 91,7 kWh in der Heizperiode und einem mittleren Verbrauch von 5,2 kWh auf bis zu 28,5 kWh außerhalb der Heizperiode.

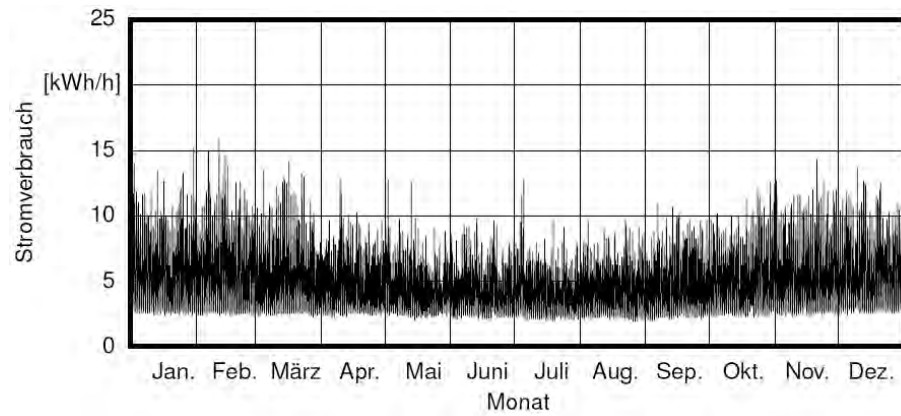


Bild 4.11: Summe der stündlichen Stromverbrauchswerte über alle in Tabelle 4.3 beschriebenen Haushalte im Jahresverlauf.

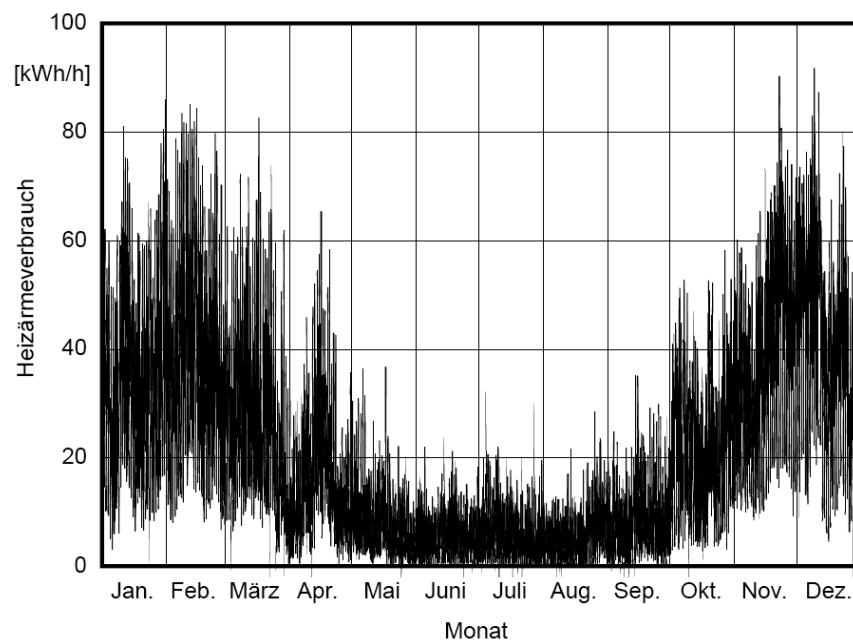


Bild 4.12: Summe der stündlichen Wärmeverbrauchswerte aller in Tabelle 4.3 beschriebenen Haushalte im Jahresverlauf.

5 Grundlagen

5.1 Erzeugungsprinzipien

Die gleichzeitige Strom- und Wärmeerzeugung mit Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zählt zu den effizienten Technologien rationeller Energienutzung. Die bei der Stromproduktion entstehende Wärme kann für Heizung und Warmwasser, aber auch für Kühlzwecke, genutzt werden. Es lassen sich für den gesamten Wandlungsprozess hohe Systemwirkungsgrade von über 90 % erreichen.

Zur Energiewandlung stehen unterschiedliche Technologien zur Verfügung. Generell ist es möglich, jede großtechnische Nutzung auch in einer kleinen Leistungsklasse zu realisieren. So sind mittlerweile Gasturbinen mit einer elektrischen Leistung von 30 kW_{el} am Markt verfügbar. Eine weitere Skalierung, hin zu noch geringeren Leistungen, ist für diese Technologie zurzeit allerdings wirtschaftlich nicht sinnvoll. Im folgenden Abschnitt werden verschiedene Technologien vorgestellt, die im Bereich der Strom erzeugenden Heizungen (SEH) zur Anwendung kommen.

5.1.1 Verbrennungskraftmaschine

Diese KWK-Technologie basiert auf dem Prinzip des Otto-Motors. Die Abwärme des Motors und des Abgases wird dem System entzogen und dem Wärmeverbraucher zugeführt. Zur Senkung der Abgasemissionen kommen die gleichen Strategien, wie in der Automobilindustrie (Magermotoren mit Oxydationskatalysator oder λ -Sonde und 3-Wege-Katalysator zum Einsatz.

Marktführer in Deutschland in dieser Technologie ist die Firma Senertec / Baxi-Group mit Sitz in Schweinfurt (ehemals Fichtel & Sachs). Das Standardmodell von Senertec ist der „Dachs“ (5,5 kW_{el}, 14 kW_{th}), von dem bis zum September 2007 mehr 15.000 Anlagen verkauft wurden. Haupteinsatzgebiete sind Mehrfamilienhäuser und Gewerbebetriebe mit sommerlichem Wärmebedarf (Hotels, Metzgereien, usw.).

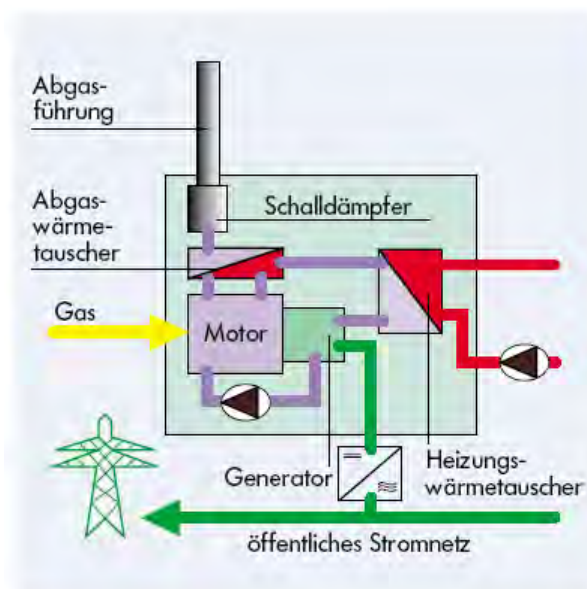


Bild 5.1: Schematischer Aufbau einer KWK-Verbrennungskraftmaschine Quelle: ASUE

Es sind sowohl Aggregate mit direkter Netzkopplung, als auch drehzahlvariable Maschinen (Ecopower / Vaillant Group, Honda) am Markt verfügbar. Die Nutzung von speziell adaptierten Verbrennungskraftmaschinen zur Kraft-Wärme-Kopplung besitzt die größte Marktreife. Der elektrische

Wirkungsgrad dieser Anlagen beträgt ungefähr 25 %, die gesamte Energieeffizienz beträgt etwa 80 % bis über 90 %.

5.1.2 Dampfexpansion

Bei einer Dampfexpansionsmaschine wird ähnlich wie bei einer Dampfmaschine die Expansionskraft von Wasserdampf zum Antrieb eines Generators genutzt. Ein Hersteller (OTAG) verwendet dieses Verfahren, um einen Lineargenerator zur Stromerzeugung zu betreiben. Da der Dampf über einen kontinuierlichen Verbrennungsprozess erzeugt wird, kann dieser gut kontrolliert werden. Daher weisen diese Systeme gute Abgaswerte auf. Auch können hier im Gegensatz zur Verbrennungskraftmaschine biogene Brennstoffe (zum Beispiel Pellet, Biogas) verwendet werden, dies ist sonst nur in Ausnahmefällen, wie beim Betrieb mit Rapsmethylester RME, möglich.

Die KWK-Technologie Dampfexpansionsmaschine erreicht einen elektrischen Wirkungsgrad von 12 % bis maximal 20 %. Die Brennstoffausnutzung des OTAG-Gerätes wird mit 85 % bis 98 % angegeben.

Das nachfolgende Schaubild verdeutlicht die Funktion des gasbetriebenen Lion-Powerblock der Firma OTAG:

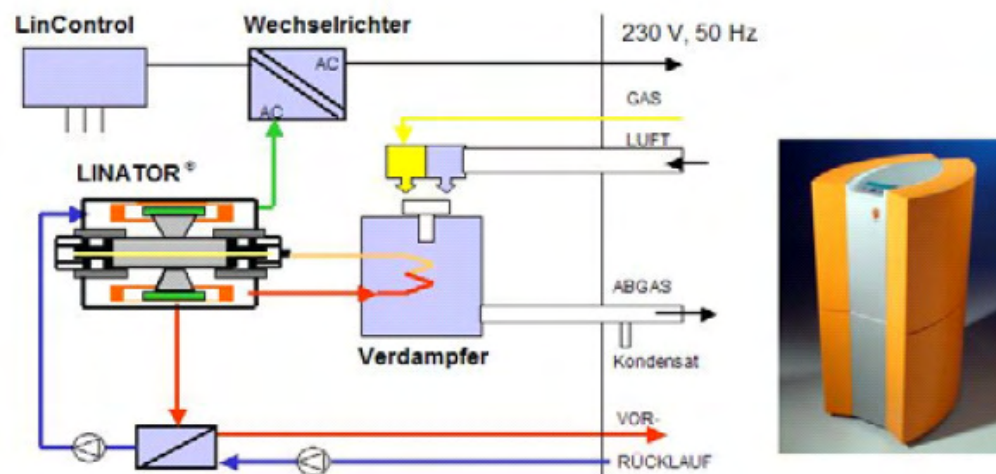


Bild 5.2: Funktionsschema OTAG Lion Powerblock Quelle: OTAG GmbH

Zur Einspeisung der Elektroenergie in das Stromnetz ist bei diesem Aggregat wegen des leistungsmodulierenden Betriebes, ähnlich wie bei den drehzahlvariablen SEH auf Basis der Verbrennungskraftmaschinen, ein Wechselrichter notwendig.

5.1.3 Stirling-Motor

Dem Stirling-Motor liegt ein ähnliches Arbeitsprinzip wie dem konventionellen Verbrennungsmotor zu Grunde. Auch hier wird ein Arbeitsgas auf einem niedrigen Temperaturniveau komprimiert, um es anschließend auf einem hohen Temperaturniveau zu expandieren. Dieses Prinzip wurde von Robert Stirling 1816 zum Patent angemeldet. Als Arbeitsgas wird meistens Helium eingesetzt; die Arbeitsdrücke in Stirling-Maschinen betragen weit über 100 bar, so dass bisherige Entwicklungen oft an Materialproblemen scheiterten.

Die folgende Abbildung zeigt das Funktionsprinzip eines Stirling-Motors:

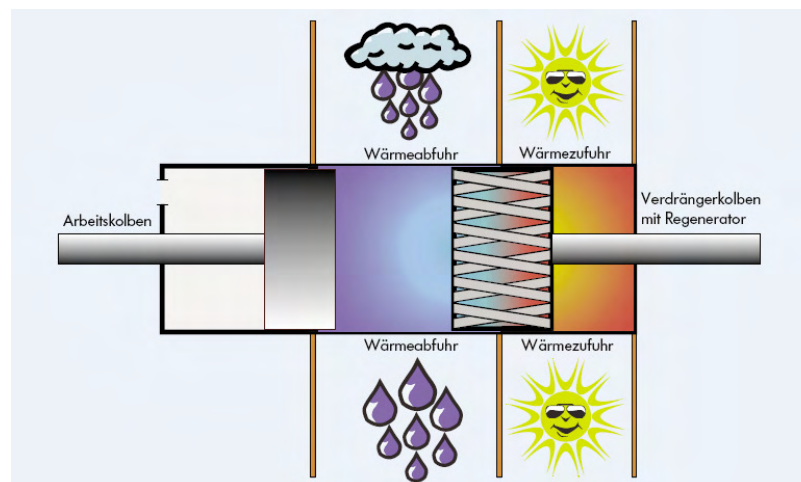


Bild 5.3: Funktionsprinzip eines Stirlingmotors Quelle: ASUE

Das Arbeitsgas wird unter Abgabe von Wärme an den Regenerator vom Verdrängerkolben in den kalten Raum gefördert. Durch die mit seiner Abkühlung verbundene Volumenverringerung entsteht ein Unterdruck am Arbeitskolben, der sich hierdurch in Bewegung setzt und Arbeit verrichtet. Anschließend fördert der Verdrängerkolben das Arbeitsgas durch den Regenerator zurück in den heißen Raum. Die aus dem Regenerator zurück gewonnene und extern zugeführte Wärme bewirken eine Ausdehnung des Arbeitsgases. Dadurch wird im Arbeitskolben ein Überdruck erzeugt, der zur Verrichtung von Arbeit führt.

Werden der Verdrängerkolben und der Arbeitskolben im richtigen Phasenwinkel zueinander gekoppelt, so kann das gesamte System als selbstständige Wärme-Kraft-Maschine betrieben werden.

Prinzipiell kann jede Wärmequelle zur Beheizung verwendet werden. Durch den kontinuierlichen Verbrennungsprozess und die damit verbundene gute Kontrollierbarkeit der Wärmeerzeugung erreichen diese Maschinen niedrige Emissionswerte. Der elektrische Wirkungsgrad kleiner Stirling-Maschinen beträgt jedoch nur ca. 10 % bis 12 %.

Zur Erzeugung der elektrischen Energie werden sowohl Asynchrongeneratoren, als auch drehzahlvariable Generatoren mit permanentmagnetischer Erregung oder auch Lineargeneratoren eingesetzt. In den beiden letzten Fällen ist zur Einspeisung in das elektrische Versorgungsnetz eine elektronische Leistungsaufbereitung (Wechselrichter) notwendig.

5.1.4 Brennstoffzelle

Die Funktion der Brennstoffzelle ist mit der Umkehrung der Elektrolyse des Wassers vergleichbar. Während bei der Elektrolyse durch die Zufuhr von elektrischer Energie das Wassermolekül in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespalten wird, reagieren in einer Brennstoffzelle H_2 und O_2 unter Abgabe von elektrischer und thermischer Energie zu Wasser.

In den letzten 10 Jahren wurden viele Initiativen unternommen, die Brennstoffzelle zur Serienreife zu führen. Alle bedeutenden Heizungshersteller (Viessmann, Buderus, Vaillant) verfügen über Labormuster und zum Teil werden erste Feldtest mit Aggregaten durchgeführt.

Das Entwicklungsziel ist ein elektrischer Wirkungsgrad von über 30 %. Da der für die Brennstoffzellen-Reaktion benötigte Wasserstoff nicht in erforderlichem Maße verfügbar ist, wird ein Reformers vorgeschaltet, der aus Erdgas ein wasserstoffreiches Gas erzeugt. Dadurch sinkt allerdings die Gesamt-Energieeffizienz erheblich. Die in der Entwicklung befindlichen Systeme für den Be-

reich Mikro-KWK haben eine elektrische Leistung zwischen 1 kW_{el} und 5 kW_{el}. Die befragten Hersteller (Viessmann, Vaillant, Buderus) geben bezüglich der Verfügbarkeit der Geräte für den Massenmarkt einen Zeitraum um das Jahr 2015 an. Besonders bezüglich der Standzeit der Materialien und der spezifischen Kosten besteht noch erheblicher Entwicklungsbedarf. Die Brennstoffzelle als Basis für eine Mikro-KWK wird daher in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet.

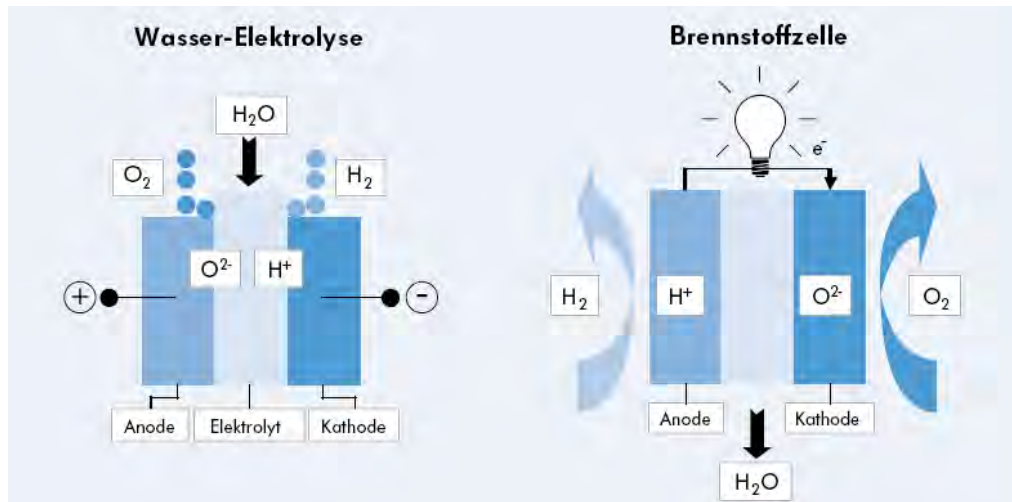


Bild 5.4: Funktionsprinzipien von Wasserstoff-Elektrolyse und Brennstoffzelle Quelle: ASUE

5.2 Systemaufbau

5.2.1 Wärme- und Stromerzeuger

Im Vergleich zu einem konventionellen Heizsystem zur reinen Wärmeerzeugung sind bei SEH-Systemen weitere Randbedingungen zu beachten. Der prinzipielle Aufbau eines konventionellen Heizsystems besteht aus einem Wärmeerzeuger, der dem Gebäude bedarfsgeregelt Wärme für Brauchwasser und Heizung zur Verfügung stellt.



Bild 5.5: Prinzip konventionelle Heizung

Beim Ersatz des konventionellen Heizsystems durch eine Strom erzeugende Heizung wird das konventionelle System um einen Stromerzeuger ergänzt, der gekoppelt mit dem Wärmeerzeuger Strom produzieren kann. In den meisten Anwendungsfällen ist es sinnvoll, diese Kopplung durch den Einsatz eines Pufferspeichers zu relativieren. Dadurch wird sowohl eine Stromproduktion bei fehlender Wärmeabnahme (Zwischenspeicherung der Wärme im Pufferspeicher) als auch eine Mindestlaufzeit des Gesamttaggregats ermöglicht.

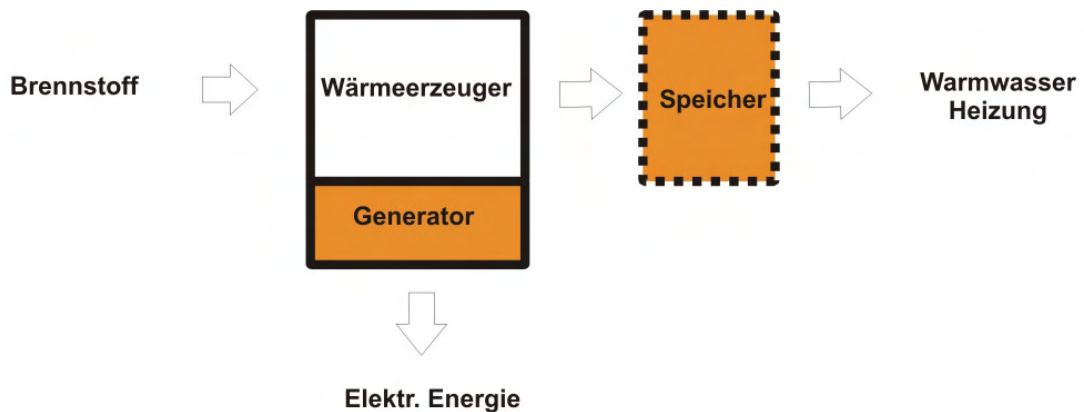


Bild 5.6: Ergänzung der konventionellen Heizung zur SEH

Für viele Anwendungsfälle ist eine Auslegung sinnvoll, die das KWK-Aggregat für den Wärme-Grundlastbetrieb vorsieht, die Wärmebedarfsspitzen jedoch mit einem konventionellen Wärmeerzeuger (mit günstigeren spezifischen Investitionskosten) abdeckt. Bei einer solchen Grundlastausrichtung beträgt die Nenn-Wärmeleistung des KWK-Aggregates etwa 20 % der maximalen Wärmebedarfsspitze. In einer solchen Konstellation erreichen KWK-Anlagen Laufzeiten von über 4000 h pro Jahr.

5.2.2 Anlagentechnische Einbindung (Hydraulik der Wärmeseite)

Die anlagentechnische Einbindung einer Strom erzeugenden Heizung erfolgt auf der Wärmeseite von der Maschine zum Heizungsnetz. Dabei sind für einen möglichst kontinuierlichen Betrieb der SEH eine Reihe von hydraulischen Zusammenhängen zu beachten.

Bei SEH gilt noch mehr als bei konventionellen Heizungen, dass eine hydraulische Eigenständigkeit für einen ausgeglichenen Betrieb immer von Vorteil ist. Dies wird in der Regel durch die Verwendung eines Pufferspeichers erreicht. Auch über die Leistungsfähigkeit der Umwälzpumpe (Druckhöhe, Regelbarkeit) kann in Zusammenhang mit einer angepassten Anlagenregelung eine Kontinuität in der Betriebsdauer erreicht werden.

Einzelne Hersteller bieten daher passend konfigurierte Pufferspeicher zusammen mit der SEH an, um Betriebsproblemen aufgrund einer nicht angepassten Hydraulik vorbeugend zu begegnen.

Beim Einsatz eines Pufferspeichers wirkt dieser als hydraulische Weiche und entkoppelt die Hydraulik des Gebäudes von den hydraulischen Anforderungen der SEH. Wird auf einen Speicher verzichtet, so muss im Einzelfall entschieden werden, ob und wie die hydraulischen Anforderungen von SEH und Gebäude aufeinander abzustimmen sind.

5.2.3 Anlagentechnische Einbindung (Elektrischer Anschluss)

Die Stromgeneratoren der Strom erzeugenden Heizungen werden im Verbund mit dem Netz des lokalen Netzbetreibers betrieben, welcher verpflichtet ist, den erzeugten Strom abzunehmen. Da diese Systeme ausschließlich in das Niederspannungsnetz einspeisen, sind für den Betrieb am öffentlichen Netz folgende Richtlinien einzuhalten:

- Richtlinie für Anschluss und Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz [VDEW EANS 2001]
- Niederspannungsanschlussverordnung NAV [NAV 2006]

Der Anschluss von Energieerzeugungsanlagen ist jeweils mit dem lokalen Netzbetreiber abzustimmen. Dabei müssen dessen technische Anschlussbedingungen beachtet werden.

Laut VDEW-Richtlinien darf ein Erzeuger mit einer Leistung von weniger als 4,7 kW einphasig an das Netz angeschlossen werden (das entspricht auf der Niederspannungsebene von 230V einer Strombelastung von 20 Ampere). Diese Leistungsgrenze wird bei den betrachteten SEH-Systemen nicht überschritten. Bei größeren Leistungen ist eine 3-phasige Einspeisung vorzusehen. Weiterhin ist das System mit einer ENS (Netzüberwachung) auf der Basis von E DIN VDE 0126 auszustatten, die eine Trennung des Systems vom Netz bei Spannungs- und Frequenzabweichungen außerhalb des üblichen Netzbetriebes vornimmt. So wird zum Beispiel sichergestellt, dass es nicht zu einer ungewollten Einspeisung bei Ausfall oder Abschaltung des öffentlichen Netzes kommt.

Der in das öffentliche Versorgungsnetz des lokalen Netzbetreibers von der SEH eingespeiste elektrische Strom wird messtechnisch erfasst. Für die Anordnung des Zählers spielt die gewünschte Funktion eine wichtige Rolle. Prinzipiell kann zwischen zwei Betriebsarten unterschieden werden:

- Volleinspeisung des erzeugten Stroms (sinnvoll bei Vergütung nach EEG)
Dies ist möglich bei Anlagen, die mit Brennstoffen betrieben werden, die nach EEG als nachwachsende Rohstoffe (NAWARO) eingestuft sind.
- möglichst vollständige Eigennutzung des erzeugten Stroms (bei Vergütung nach KWKG)

Bei Volleinspeisung des Stroms ergibt sich folgendes elektrisches Anschlussschema:

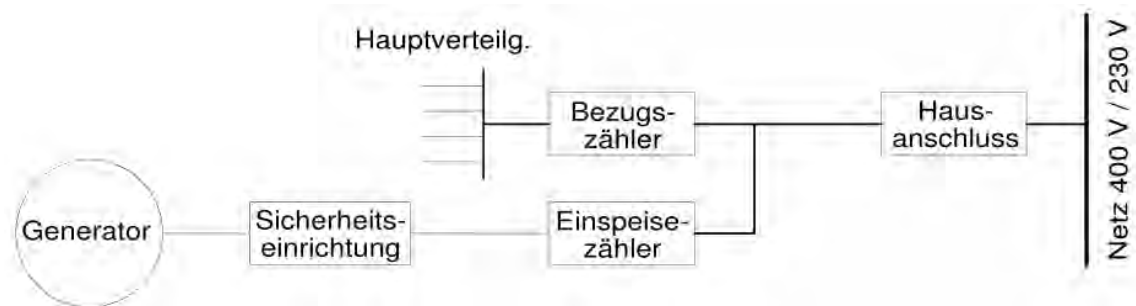


Bild 5.7: Anschlussschema Volleinspeisung nach EEG

Diese Art des Anschlusses ist bei Betrieb der Anlage nach EEG immer sinnvoll, da die Vergütungssätze den Preis des Versorgungstarifs deutlich übersteigen.

Bei einigen Versorgern wird der Einspeisezähler zusätzlich mit einem Bezugszählwerk ausgestattet, da die Anlage auch im Stillstand Strom beziehen kann, der dann separat abgerechnet wird (Regelung, Standby).

Beim Betrieb einer Anlage zu Bedingungen des KWKG-Gesetzes ist es wirtschaftlich sinnvoll, den erzeugten Strom möglichst vollständig zur Deckung des Eigenbedarfs heranzuziehen. Allerdings wird dies bei einer Verwendung im EFH nicht immer möglich sein. Daher sollten sowohl Einspeise- als auch Bezugszähler installiert werden. Im Vergleich zum Betrieb nach EEG wird der erzeugte Strom vorrangig zur Deckung des Eigenbedarfs verwendet, nur die Überschüsse werden eingespeist.

Zur Deckung des Eigenbedarfs und zur Einspeisung des überschüssig erzeugten Stroms ergibt sich folgendes elektrisches Anschlussschema:

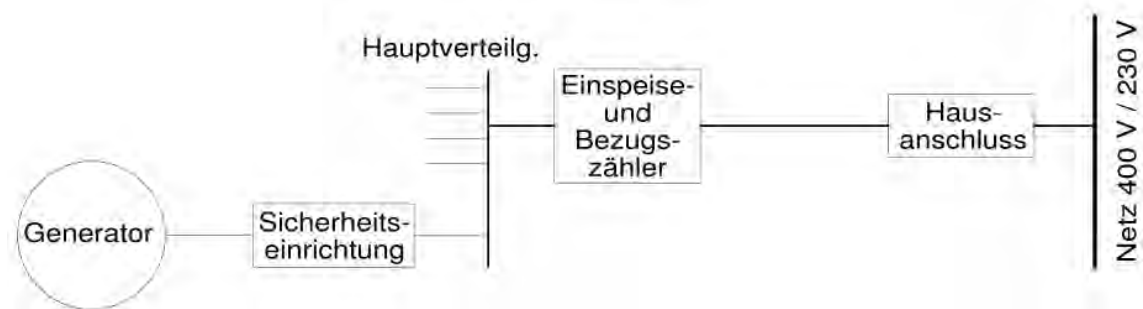


Bild 5.8: Anschlussschema Betrieb nach KWKG

Wird die Strom erzeugende Heizung hinsichtlich der Stromproduktion so dimensioniert, dass der erzeugte Strom nahezu vollständig zur Deckung des Eigenbedarfs herangezogen wird, kann auf den Einspeisezähler verzichtet werden. Die eingespeisten Strommengen sind dann so gering, dass der finanzielle Aufwand für Einspeisezähler und die separate Abrechnung nicht wirtschaftlich lohnenswert ist. Diese Variante ist nur bei Gebäuden mit einer ausreichend hohen elektrischen Grundlast sinnvoll. Überschüssig erzeugter Strom wird in diesem Fall allerdings nicht erfasst und dementsprechend auch nicht vergütet.

Eigenerzeugungsanlagenbetreiber dürfen nach § 448 Abs. 1 BGB einen eigenen Zähler einsetzen, um den eingespeisten Strom zu messen. Die Montage des Zählers muss durch einen zugelassenen Installateur erfolgen. Der Verbrauchszähler (Verbraucher kauft elektrische Energie von Netzbetreiber) muss in jedem Fall vom Netzbetreiber oder einem Messstellenbetreiber (Erläuterung siehe unten) sein.

Generell muss die Art des Zählers immer mit dem Netzbetreiber abgestimmt werden, da der Zähler in seinen zuständigen technischen Bereich fällt. Das Mitspracherecht des Netzbetreibers bezieht sich auf die Bauart und Funktionsweise des Zählers. Weiterhin ist dem Netzbetreiber nach Vorankündigung Zutritt zum Zähler zu gewähren.

Je nach Betriebsart der Anlage werden folgende Abrechnungsverfahren angewendet:

- A) Abdeckung der elektrischen Grundlast des Versorgungsobjektes ohne Vergütung der Netzeinspeisung
- B) Vorrangig Abdeckung der elektrischen Grundlast aber auch Stromeinspeisung ins öffentliche Netz

A) Anlage ausschließlich zur Abdeckung der elektrischen Grundlast

Wird die Anlage ausschließlich im Bereich der Grundlast zur Abdeckung der Eigenversorgung betrieben, ist kein zusätzlicher Zähler zur Erfassung der eingespeisten Energie sinnvoll. Der erzeugte Strom der Anlage führt zu einer Reduktion des Netzbezugs. Durch die in Haushaltszählern eingebaute Rücklaufsperrung wird der über den Eigenbedarf hinaus erzeugte Strom nicht vergütet.

Diese Variante ist in großen Mehrfamilienhäusern sinnvoll, wenn eine Strom erzeugende Heizung mit geringer Leistung so betrieben wird, dass sie ausschließlich die Stromgrundlast bedient. Der Aufwand für die Abrechnung des eventuell an wenigen Stunden eingespeisten Stromes steht dann in keinem Verhältnis zum Mess- und Verwaltungsaufwand.

B) Anlage auch zum Spitzenlastbetrieb mit Netzeinspeisung

Wird die Anlage so betrieben, dass sie nicht nur den Grundlastbereich bedient, sondern auch Strom ins Versorgungsnetz liefert, ist ein zweiter oder ein bidirektionaler Zähler notwendig, der den eingespeisten Strom erfasst.

5.2.4 Ausführungsformen von Stromzählern**Elektromechanische Zähler**

Die einfachste Möglichkeit zur Strommessung ist ein elektromechanischer Zähler nach dem Ferraris-Prinzip. Neue Zähler in geeichter Ausführung kosten ca. 60 EUR, regenerierte Geräte sind aber auch schon für 35 EUR zu haben (Preisrecherche Ende 2007). Elektromechanische Zähler müssen alle 16 Jahre geeicht werden.

Elektronische Zähler

Elektronische Wechselstromzähler sind in kleiner Bauart verfügbar und können auch auf Hutschiene montiert werden, benötigen also nicht zwingend einen Zählerplatz. In ihrer prinzipiellen Funktion (Erfassung einer Energierichtung und eines Tarifs) unterscheiden sie sich nicht vom elektromechanischen Zähler. Es besteht die Option auf Fernauslesung, wodurch diese Zähler in den letzten Jahren eine weite Verbreitung gefunden haben. So werden in Italien seit einigen Jahren flächendeckend Ferraris-Zähler gegen elektronische Geräte ausgetauscht, um eine Fernauslesung aller Verbraucher zu realisieren. Auch in Deutschland setzen einige Versorger bei Neuinstallationen ausschließlich vollelektronische Haushaltszähler ein. So setzt zum Beispiel RWE seit dem 1. September 2007 diese Zähler ein. Elektronische Zähler sind zu einem Preis von ca. 100 EUR verfügbar. Die Eichdauer beträgt im Gegensatz zu den elektromechanischen Zählern lediglich acht Jahre. In der Praxis bedeutet dies einen Austausch nach Ablauf der Eichzeit, was zu deutlichen Mehrkosten gegenüber dem elektromechanischen Zähler führt.

Mehrtarif- und Zweirichtungszähler

Die Erfassung von zwei Energierichtungen und gegebenenfalls mehrerer Tarife ist in Zählfunktionseinheit nur mit speziellen elektronischen Zählern möglich. Diese Geräte werden zurzeit für etwa 250 EUR angeboten. Auch bei diesen Geräten ist die Eichdauer auf acht Jahre gesetzlich begrenzt.

Letztendlich hängt die Entscheidung für einen eigenen Zähler oder für ein Leihgerät des Netzbetreibers von den jeweiligen finanziellen Angeboten ab. Einige Netzbetreiber verlangen eine Miete von bis zu 60 EUR pro Jahr und Messeinrichtung, so dass dieser Punkt sorgfältig abzuwägen ist.

Allerdings ist zu beachten, dass der Betreiber eines eigenen Zählers auch für dessen einwandfreien Zustand verantwortlich ist. So kann zum Beispiel die Überschreitung der Eichdauer erhebliche Vergütungsrückforderungen nach sich ziehen.

Messstellenbetreiber

Mit der Liberalisierung des Strommarktes wurden die Bereiche: Netzbetrieb, Energieerzeugung und Vertrieb sowie Energiemessung (Betrieb der Messstellen) separat definiert.

Mittlerweile wird die Strommessung von vielen Unternehmen, die sich auf Energiemessung spezialisiert haben, als separate Dienstleistung angeboten. Messstellenbetreiber benötigen eine Zulassung der VDEW.

Die Zusammenarbeit mit einem Messstellenbetreiber sollte allerdings sorgfältig geprüft werden, da dadurch die ohnehin geringe Marge noch weiter geschmälert wird. Allerdings wird bei dieser Variante der Betreiber der Strom erzeugenden Heizung von der Überwachung der Funktionstüchtigkeit des Zählers entlastet.

In allen Fällen bildet der so genannte Hausanschlusskasten die Systemgrenze zwischen gebäudeeigenem Versorgungsnetz und Netzbetreiber. An dieser Schnittstelle setzen aktuelle Entwicklungen (zum Beispiel BEMI [ISET 2006]) zur dezentralen Last- und Erzeugersteuerung an.

5.3 Auswertung gemessener Strom- und Heizwärmeverbräuche

Aus der Studie zum Energieverbrauch und dem Betriebsverhalten liegen für die Auswertung von zwölf Niedrig-Energie-Häusern [Synergie 2000] ausführliche Messdaten vor, die als Datengrundlage zur Potenzialermittlung herangezogen werden. Die vorliegenden Werte repräsentieren lediglich den Energieverbrauch für 15-minütige Zeitintervalle. Über die aufgetretenen Heiz- und Stromlasten fehlen jedoch die Daten. Somit erlauben die Messwerte nur die Bestimmung der mittleren Last für jedes Zeitintervall; die Lastverläufe werden geglättet.

In den folgenden Bildern werden die ausgewerteten Gas- und Stromverbräuche der Haushalte über ein komplettes Betriebsjahr dargestellt.

Zur besseren Veranschaulichung werden aus den zwölf Haushalten exemplarisch drei charakteristische Haushalte ausgewählt, die sich grundlegend im Energieverbrauch (Strom und Wärme) unterscheiden:

- Gebäude mit mittlerem Energieverbrauch (Strom und Wärme) Haushalt: EAM3716
- Gebäude mit dem höchsten Energieverbrauch (Strom und Wärme) Haushalt: ETW3702
- Gebäude mit relativ niedrigem Energieverbrauch (Strom und Wärme) Haushalt: PRE3002

Die Auswertung gemessener Strom- und Heizwärmeverbräuche ist für die Technik der Kraft-Wärme-Kopplung insofern von Bedeutung, als das Potenzial ermittelt und Dimensionierungsempfehlungen abgeleitet werden können. Sie dienen ferner als Grundlage für die auch durchgeführten Simulationsrechnungen.

Die Energiewandlung (Strom und Wärme) in Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung erfolgt immer zeitgleich, die Verbräuche von Strom und Wärme in den Gebäuden zeigen jedoch keinen zeitlich korrelativen Zusammenhang (siehe Bild 5.9). Die Punktwolken der drei Diagramme erlauben keine zeitgleiche Zuordnung des Strom- und Wärmeverbrauches. Bei einer Abhängigkeit von Strom- und Wärmeverbrauch würde sich bei zunehmendem Stromverbrauch ein ebenfalls steigender Wärmeverbrauch einstellen. Dies ist jedoch nur bei einzelnen Wertepaaren der Fall.

Die Punktwolken des Bild 5.9 zeigen auch, dass in den Haushalten kaum Stromleistungen im 15-Minuten Mittelwert über 1,0 kW erreicht werden. Bei kürzer Einschaltzeit, beispielsweise angenommenem fünf Minuten Dauerbetrieb für einen E-Herd beträgt die nachgefragte elektrische Leistung etwa 3 kW.

Für diese drei Gebäude werden in den dann folgenden Abbildungen

- die Häufigkeitsverteilung der Stromlasten dargestellt;
selten werden mehr als 500 W elektrische Leistung (15-Minuten-Mittelwerte) nachgefragt.
- die Überschreitungshäufigkeiten der Strom- und Heizlast gemeinsam dargestellt;
es liegt keine Gleichzeitigkeit bei den Lastabfragen vor
- der elektrische Monatsverbrauch als Säulendiagramm aufgetragen,
parallel dazu aus dem Monatswärmebedarf das (theoretische) Potenzial einer Stromproduktion bei KWK-Nutzung in Relation zur Stromkennzahl dargestellt.

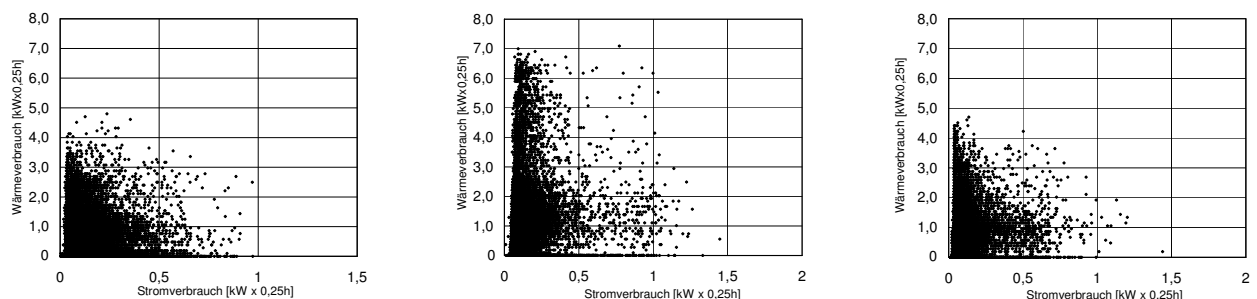


Bild 5.9: Korrelation von Wärmeverbrauch und Stromverbrauch für drei charakteristische Haushalte (links Gebäude mit mittlerem Strom- und Wärmeverbrauch, Haushalt: EAM3716, in der Mitte Gebäude mit maximalem Strom- und Wärmeverbrauch, Haushalt: ETW3702, rechts Gebäude mit geringem Strom- und Wärmeverbrauch, Haushalt: PRE3002) $\frac{1}{4}$ -h Summenwerte Wärme (Ordinate) über den $\frac{1}{4}$ -h Summenwerten Strom (Abszisse).

In den Bild 5.10 bis Bild 5.12 ist die Auftretenshäufigkeit von Stromlasten für drei charakteristische Haushalte dokumentiert. Der Haushalt mit mittlerem Stromverbrauch hat eine maximale Häufigkeit der Stromlast von ca. 200 W an 1000 Stunden im Jahr (siehe Bild 5.10). Die Messwerte beinhalten den Stromverbrauch für ein 15minütiges Intervall. Aus den Werten wird eine mittlere Stromlast für das Zeitintervall ermittelt und statistisch ausgewertet. Bei höherem Verbrauch verschiebt sich die Häufigkeitsspitze nicht zu höheren elektrischen Leistungen, sondern bleibt in etwa bei 200 W erhalten.

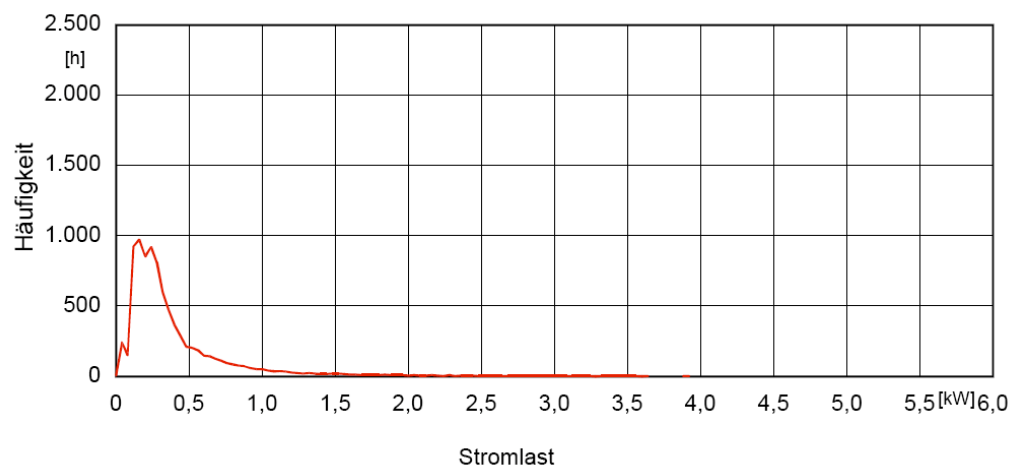


Bild 5.10: Häufigkeit der Stromlast für den Haushalt mit mittlerem Verbrauch, Haushalt: EAM 3716.

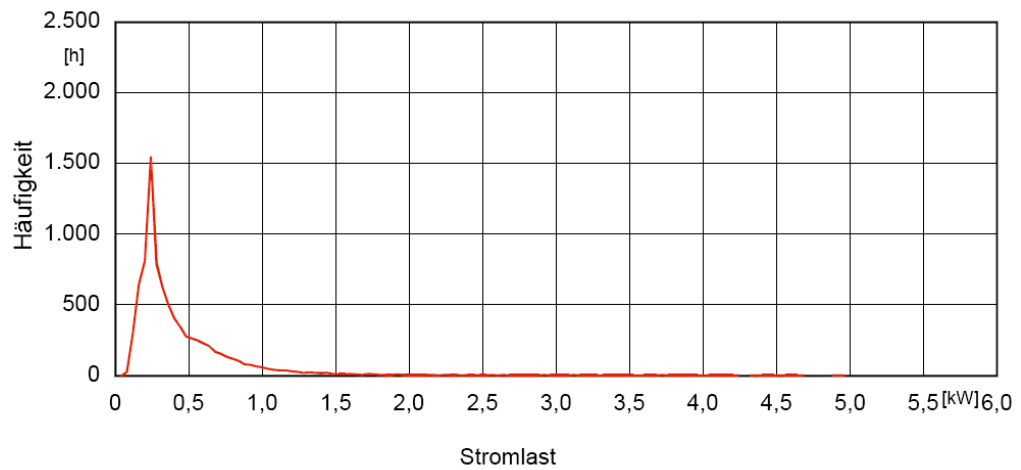


Bild 5.11: Häufigkeit der Stromlast für den Haushalt mit maximalem Verbrauch, Gebäudekennung: ETW 3702.

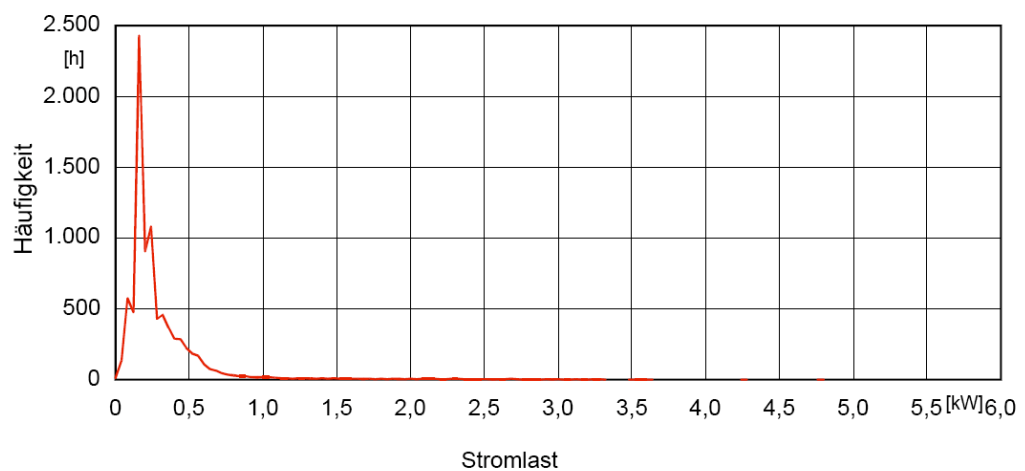


Bild 5.12: Häufigkeit der Stromlast für den Haushalt mit geringem Verbrauch, Gebäudekennung: PRE3002.

Die Überschreitungshäufigkeiten der Heiz- und Stromlasten zeigen in den Bild 5.13 bis Bild 5.15 die Relation zwischen Wärme- und Stromverbrauch in den untersuchten Gebäuden. Absolut gesehen entspricht das Verhältnis Strom zu Wärme einer theoretischen Stromkennzahl von etwa 0,15 bis 0,25.

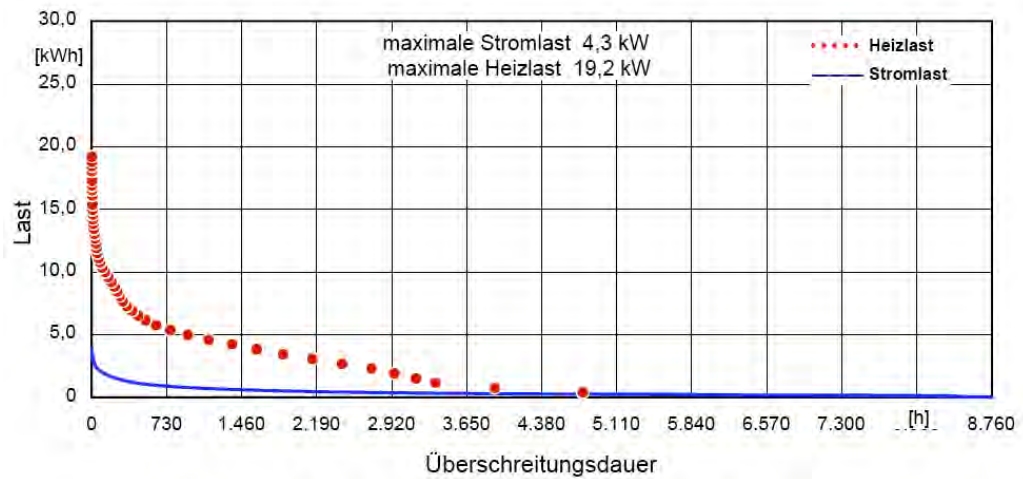


Bild 5.13: Überschreitungsdauer der Strom- und Heizlast für den Haushalt EAM 3716.

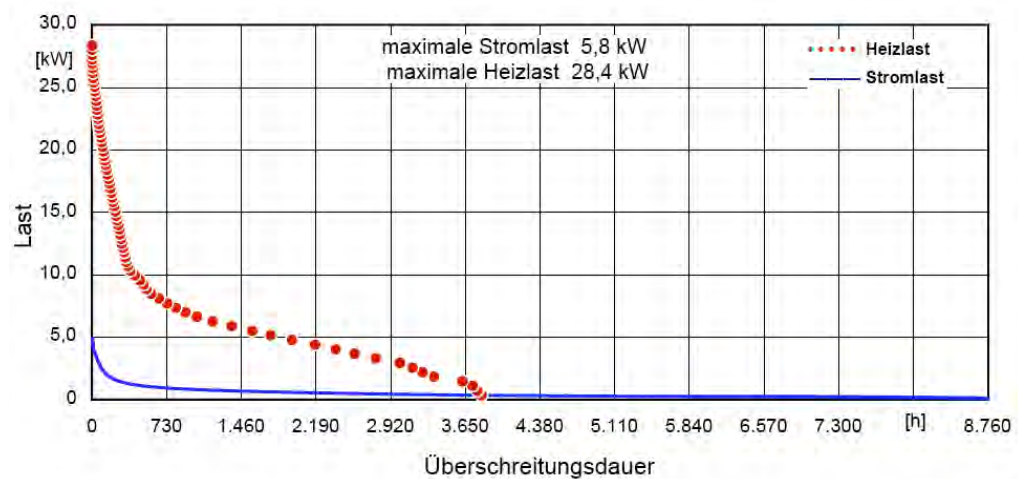


Bild 5.14: Überschreitungsdauer der Strom- und Heizlast für den Haushalt ETW 3702.

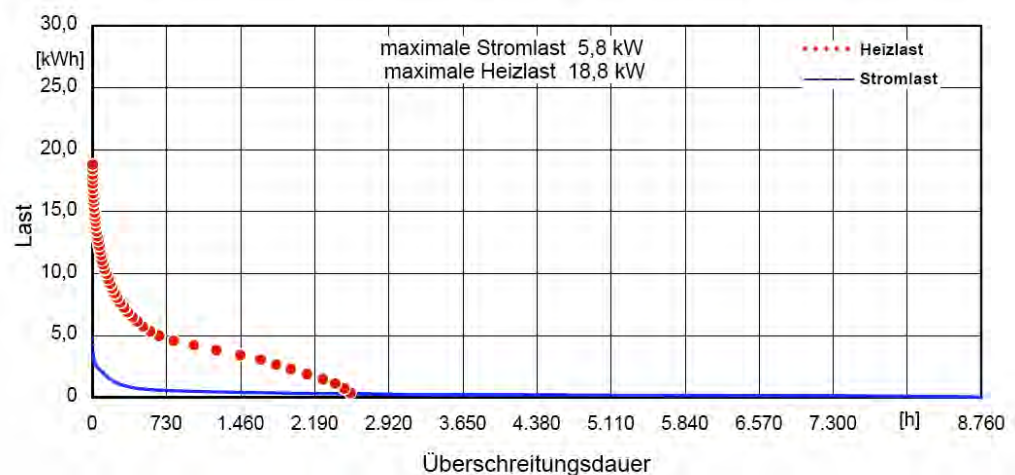


Bild 5.15: Überschreitungsdauer der Strom- und Heizlast für den Haushalt PRE3002.

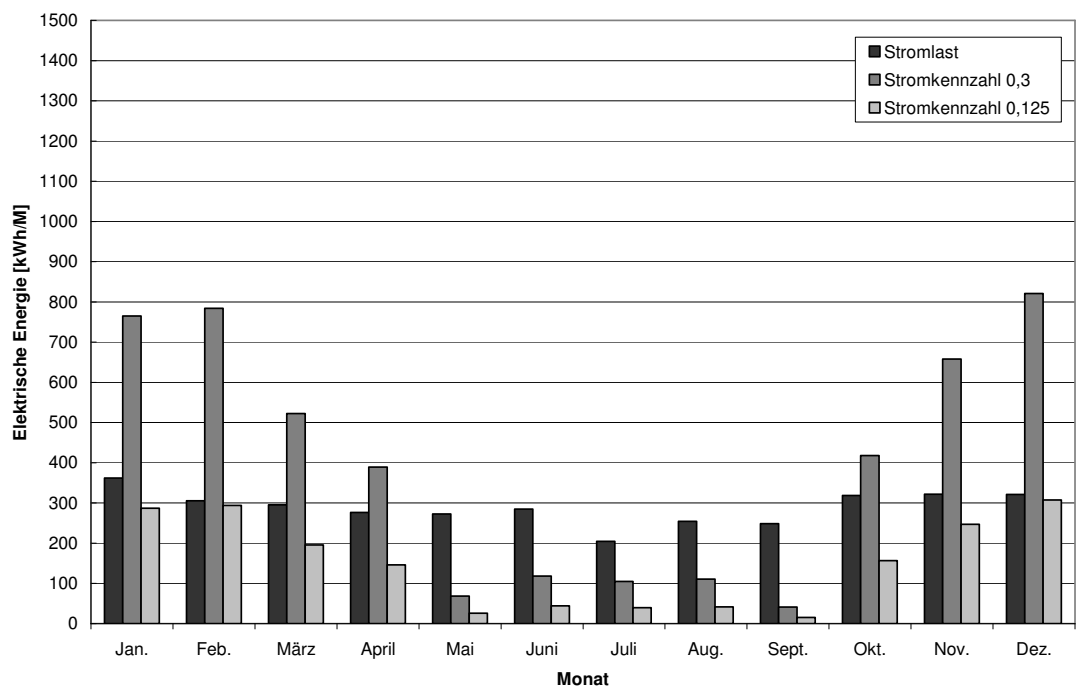


Bild 5.16: Monatlicher Stromverbrauch sowie Stromerzeugungspotenzial für den Haushalt EAM 3716.

Die Diagramme Bild 5.16 bis Bild 5.18 dokumentieren den monatlichen Stromverbrauch (schwarze Balken) der drei ausgewählten Haushalte. Nebstehend ist aufgezeigt, welches Stromerzeugungspotenzial für eine SEH bei einer Stromkennzahlen 0,30 (dunkelgrau Balken) und 0,125 (hellgrau Balken) besteht.

Es ist zu erkennen, dass eine Anlage mit hoher Stromkennzahl (30 %) in den Wintermonaten bei wärmegeführtem Betrieb mehr Strom erzeugt als verbraucht wird. Bei einer Stromkennzahl von 0,125 ist die Stromproduktion nominell geringer als der monatliche Verbrauch.

In den Sommermonaten (außerhalb der Heizperiode) ist unabhängig von der Stromkennzahl in keinem Fall ein nomineller Ausgleich von verbrauchter und erzeugter monatlicher Strommenge möglich.

Die Abbildungen zeigen ferner auch, dass der monatliche Strombedarf über das Jahr mit geringer sommerlicher Abnahme nahezu konstant bleibt.

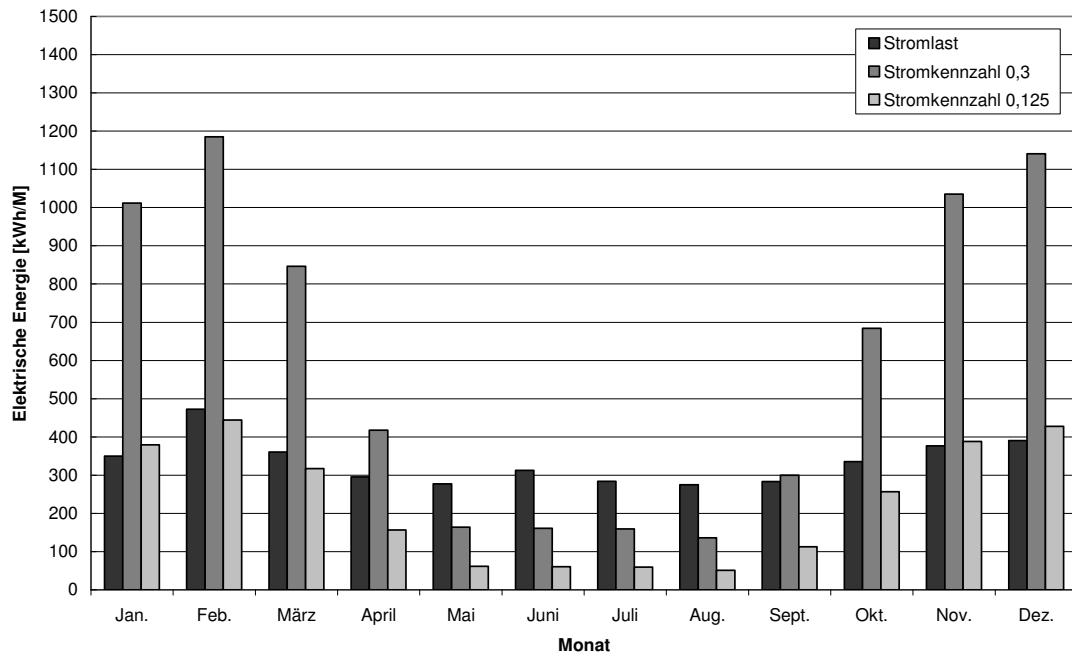


Bild 5.17: Monatlicher Stromverbrauch sowie Stromerzeugungspotenzial für den Haushalt EWT 3702.

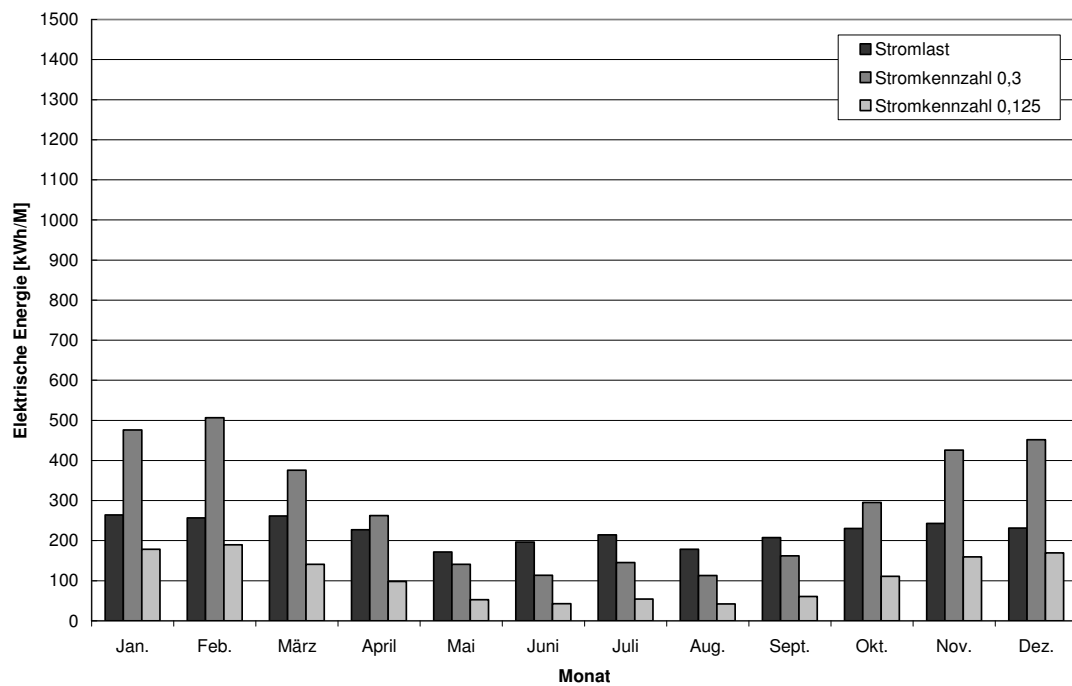


Bild 5.18: Monatlicher Stromverbrauch sowie Stromerzeugungspotenzial für den Haushalt PRE 3002.

5.4 Gebäudesimulation

Mit Hilfe der Gebäudesimulation werden auf Basis der Messwerte und unter Variation der Gebäudeparameter die Potenziale abgeschätzt im Hinblick auf die Frage, welche Gebäude eigenen sich aufgrund ihrer Verbrauchscharakteristik für den Einsatz Strom erzeugender Heizungen bzw. wo liegen die Grenzen.

5.4.1 Grundlagen

Das wärmetechnische Verhalten von Gebäuden wird anhand von Simulationsrechnungen bewertet. Die rechnerische Untersuchung mit einem Computermode l erlaubt die systematische Untersuchung einzelner Einflussgrößen. Grundzüge des Programms sind in [Hauser 1977, Hauser 1983, Hauser 1978-1, Hauser 1978-2, Hauser 1978-3] beschrieben. Das Simulationsmodell wurde seit der Zeit im Zuge von Forschungsarbeiten stetig dem Stand der Wissenschaft angepasst.

Mit dem eingesetzten Simulationsprogramm können Wärmebilanzen und Wärmetransportvorgänge in Bauteilen für eine große Anzahl von Zonen unter beliebigen Randbedingungen analysiert werden. Folgende Einflussgrößen werden detailliert erfasst:

- Außenlufttemperatur, Sonneneinstrahlung
- Sonnenhöhe und Azimut
- Wärmeleitfähigkeit und spezifische Wärmespeicherkapazität von Baustoffen
- Transmissions- und Absorptionsgrade von Bauteiloberflächen
- Wärmeabgabe von Geräten und Personen
- konvektiver Wärmeübergang innen und außen
- langwelliger Strahlungsaustausch innen und außen
- intensive Raumlüftung bei hohen Raumlufttemperaturen
- Einsatz von Sonnenschutzelementen
- Regelung der Heizlast nach empfunder Raumtemperatur oder Raumlufttemperatur

Bei der Berechnung der Raumlufttemperaturen handelt es sich um ein Randwertproblem. Die sich einstellenden Temperaturen in der Raumluft und den Bauteilen ergeben sich aus Randbedingungen, die für den betrachteten Zeitraum, üblicherweise ein Jahr, vorliegen müssen. Die Eingabe der Randbedingungen und die Darstellung der Ergebnisse erfolgt dabei als Stundenmittelwerte. Der eigentliche Zeitschritt zur Berechnung der Raumbilanz sowie der Temperaturverläufe in den Bauteilen beträgt aus Stabilitätsgründen jedoch eine hundertstel Stunde.

5.4.2 Betrachtete Mustergebäude und Bauteile

Die Untersuchungen werden anhand von Mustergebäuden durchgeführt. Für die Untersuchung wird ein freistehendes Einfamilienhaus, ein Reihemittelhaus und Reihenendhaus sowie ein Einzelgeschoss eines Mehrfamilienhauses herangezogen. Eine detaillierte Beschreibung der Gebäude findet sich im Anhang.

Der Jahres-Heizwärmebedarf wird in Abhängigkeit unterschiedlicher Dämmstandards untersucht. Auf eine Variation der Bauart wird aufgrund des geringen Einflusses verzichtet. Es werden die folgenden 5 Dämmniveaus untersucht:

- Baualter 1930
- Baualter 1960
- Wärmeschutz entsprechend der Wärmeschutzverordnung 1984 [WSVO 1984]
- Wärmeschutz nach dem derzeit gültigen Standard der Energie-Einsparverordnung [EnEV 2007]
- Wärmeschutz gemäß Passivhaus-Standard [Kaufmann et al. 2002]

Alle bei der Simulation in Ansatz gebrachten Bauteile können dem Anhang entnommen werden.

5.4.3 Nutzung

Um das energetische Verhalten von Gebäuden im Laufe eines Jahres bewerten zu können, müssen Festlegungen über das Nutzerverhalten und die gewünschten Raumtemperaturen getroffen werden. Die Festlegungen betreffen die Heizperiode und die Sommermonate aufgrund ihrer wechselseitigen Beeinflussung gleichermaßen. Die Angaben erstrecken sich über den Luftwechsel, die internen Wärmequellen und den Schwellwert der Raumlufthtemperatur für die Raumbeheizung. Für die Berechnungen müssen Stundenmittelwerte vorliegen. In der Heizperiode werden die Räume nach einer Nachtabenkung mit 3 K pro Stunde aufgeheizt, so dass bei einsetzender Nutzung die gewünschte Raumlufthtemperatur erreicht ist. Bei Wohngebäuden wird von einer Beheizung zwischen 6 Uhr und 22 Uhr und einer achtstündigen Nachtabenkung ausgegangen. Der Sollwert der empfundenen Raumlufthtemperatur (Mittelwert aus Raumlufthtemperatur und flächengemittelter Oberflächentemperatur der Umschließungsflächen) für die Heizungsregelung beträgt 22 °C.

Dem Wohnraum liegen die Nutzungsdaten eines Vierpersonenhaushalts zugrunde [DIN V 4108-6]. Die internen Wärmequellen werden in Anlehnung an [DIN V 4108-6] mit 5 W/m² und nach [Kaufmann et al. 2002] mit 2,1 W/m² (nur für den Passivhaus-Standard) festgelegt. Die in Ansatz gebrachte fühlbare Wärme berücksichtigt die Wärmeabgabe der Bewohner sowie der elektrischen Geräte. Die internen Wärmequellen wirken zu 50 % über Strahlung und zu 50 % konvektiv.

Eine weitere wichtige Einflussgröße ist der Luftwechsel. Durch eine intensive Lüftung können die Temperaturen im Sommer deutlich gesenkt werden. Den Berechnungen liegt ein optimales Nutzerverhalten zugrunde, bei dem nur intensiv gelüftet wird, wenn die empfundene Raumtemperatur höher ist als die Außenlufttemperatur. Hierdurch wird sichergestellt, dass an heißen Tagen nur ein geringer konvektiver Wärmeeintrag in die Räume erfolgt. Der Luftwechsel wird in Abhängigkeit von der empfundenen Raumtemperatur gesteuert.

Bis zu einer Raumtemperatur von 24 °C beträgt der Luftwechsel beim EnEV-Niveau 0,5 pro Stunde von 6 Uhr bis 22 Uhr, ansonsten liegt er bei 0,1 pro Stunde (nachts). Bei Temperaturen zwischen 24 °C und 26 °C erhöht sich der Luftwechsel auf 5 pro Stunde und ab 26 °C auf 10 pro Stunde. Beim Passivhaus-Standard wird generell von einer mechanischen Belüftung ausgegangen. Die Rückwärmzahl beträgt in der Heizperiode 0,87 und die Infiltration beträgt $0,06 \text{ h}^{-1}$. Für die Raummodule mit dem Wärmeschutzniveau WSV0 1984 beträgt der reguläre Luftwechsel $1,0 \text{ h}^{-1}$ zwischen 6 Uhr und 22 Uhr und nachts $0,2 \text{ h}^{-1}$. Der erhöhte Luftwechsel bei Raumlufttemperaturen über 24 °C bzw. 26 °C wird bei allen Dämmniveaus gleich behandelt.

Der Einsatz eines außen liegenden Sonnenschutzes erfolgt ab einer Raumlufttemperatur von 24 °C.

5.4.4 Klimadaten

Für die Simulationsrechnungen werden Stundenmittelwerte für die Außenlufttemperatur sowie die direkte und die diffuse Sonneneinstrahlung aus Testreferenzjahren (TRY) herangezogen [Christoffer et al. 2004]. Als meteorologischer Datensatz wird das Testreferenzjahr der Region 7 (nördliche und westliche Mittelgebirge, zentrale Bereiche, im Weiteren: TRY07) betrachtet. Es liefert für die durchschnittliche Außenlufttemperatur und für die Summe der jährlichen direkten sowie der jährlichen diffusen Strahlung gute Mittelwerte in Bezug auf die drei flächenmäßig größten Klimaregionen: 3 (Nordwestdeutsches Tiefland), 4 (nordostdeutsches Tiefland) und 13 (Schwäbisch-fränkisches Stufenland und Alpenvorland). Zusätzlich werde für das freistehende Einfamilienhaus Berechnungen für alle Klimaregionen durchgeführt. Bild 5.19 zeigt den Jahresverlauf der Außenlufttemperatur, Bild 5.20 die diffuse, die direkte sowie die globalen Solarstrahlungsintensität für das TRY07 [Christoffer et al. 2004].

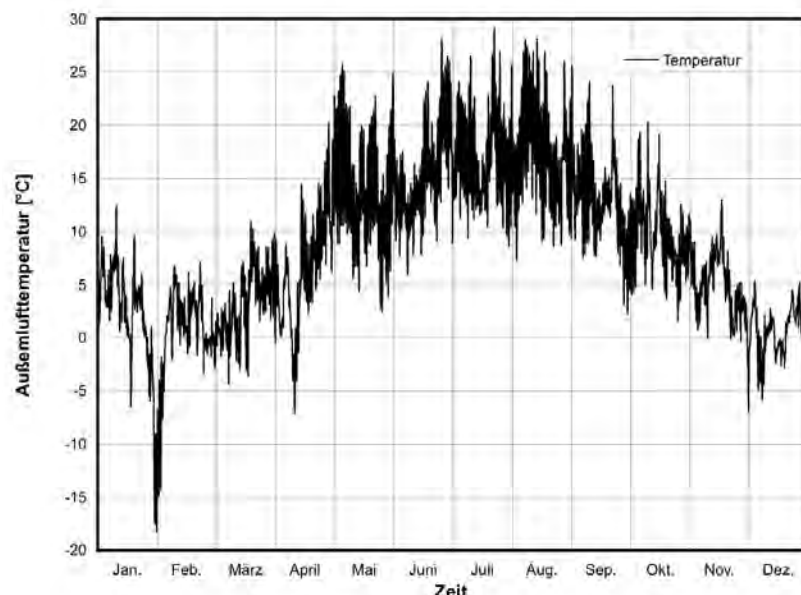


Bild 5.19: Jahresverlauf der Außenlufttemperatur für die Klimazone TRY07 [Christoffer et al. 2004].

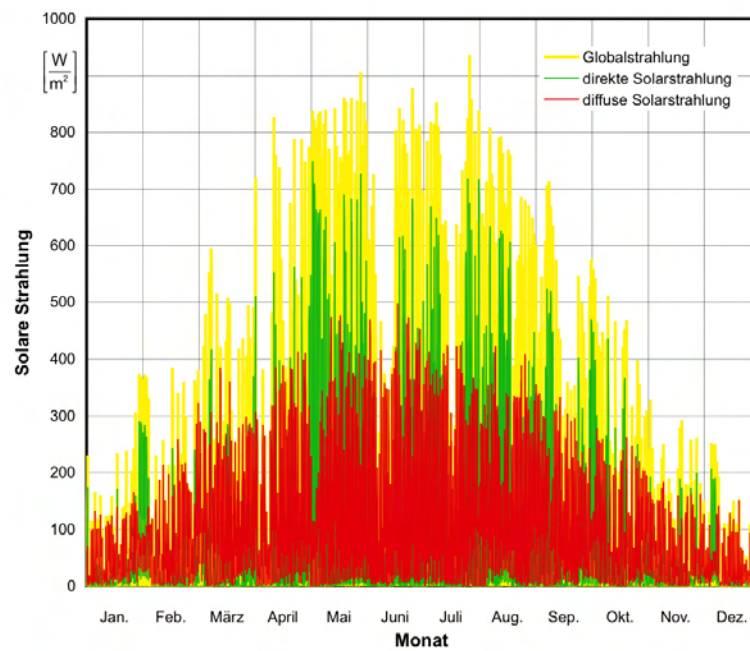


Bild 5.20: Jahresverlauf der Solarstrahlung für die Klimazone TRY07 [Christoffer et al. 2004].

6 Ergebnisse der Gebäudesimulation

Für die Bewertung der Einsatzmöglichkeiten von Strom erzeugenden Heizungen werden in Abhängigkeit vom Baualter für unterschiedliche Gebäudetypen die Heizlastkurve und die Jahres-Endenergiebedarfswerte anhand von Simulationsrechnungen ermittelt. Im Anhang finden sich für jeden Berechnungsfall der geordnete Verlauf der Heizleistung für Raumwärme und der monatliche Endenergiebedarf unter Einbeziehung der Warmwasserbereitung. Die Bilder Bild 6.1 und Bild 6.2 zeigen exemplarisch die Darstellung der Berechnungsergebnisse für das freistehende Einfamilienhaus mit einem Dämmniveau gemäß [EnEV 2007]. Bild 6.1 zeigt die Überschreitungsdauer der Heizlast in Stunden im Laufe eines Jahres mit mittlerem Außenklima. In Bild 6.2 sind die Monatssummen für die Endenergie unter Einbeziehung der Warmwasserbereitung (Annahme 3.800 kWh/a für den in Ansatz gebrachten 4-Personenhaushalt) und der Aufwandszahlen für die Wärmebereitstellung gemäß Tabelle 6.1 dargestellt.

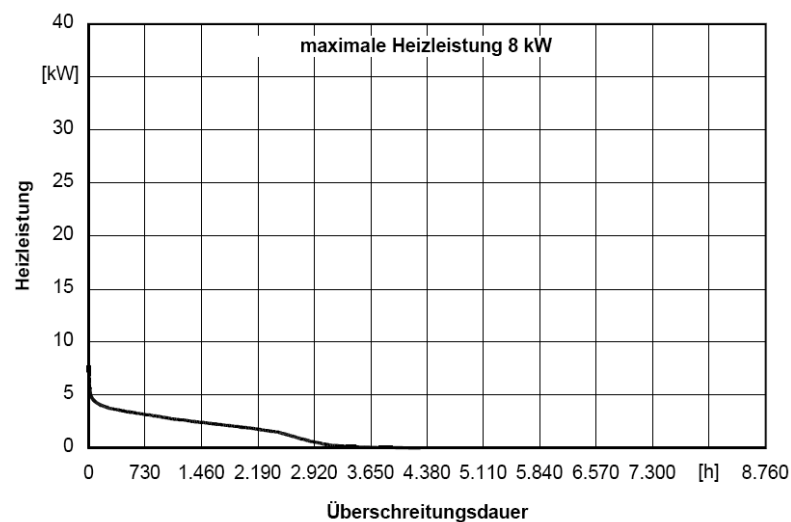


Bild 6.1: Geordnete Heizlastkurve für Raumwärme für das im Anhang beschriebene freistehende Einfamilienhaus mit Dämmstandard entsprechend den Anforderungen der EnEV 2007

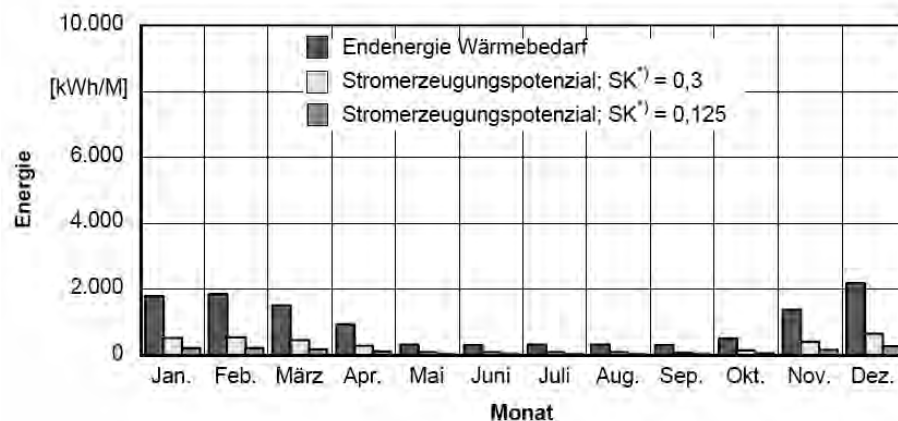


Bild 6.2: Monatlicher Endenergiebedarf sowie Stromerzeugungspotenzial für das betrachtete freistehende Einfamilienhaus mit Dämmstandard entsprechend den Anforderungen der EnEV 2007 für SEH mit einer Stromkennzahl (SK) von 0,30 und 0,125.

Die Jahres-Endenergiebedarfswerte aller betrachteten Fälle sind in den Tabelle 6.1 bis Tabelle **6.3** zusammengestellt. Die Tabellen enthalten den Jahres-Heizenergiebedarf, die Anlagenaufwandszahl für die Erzeugung der Raumwärme, den Jahres-Endenergiebedarf für die Warmwasserbereitung den Jahres-Wärmebedarf für Raumwärme und Warmwasser sowie das Stromerzeugungspotenzial bei einer Stromkennzahl (SK) von 0,125 und 0,30 unter mittleren meteorologischen Randbedingungen. Der Standorteinfluss wird exemplarisch für das freistehende Einfamilienhaus für alle Klimazonen in der Bundesrepublik Deutland aufgezeigt. Die Untersuchungsergebnisse sind in Tabelle 6.2 zusammengestellt. Der Einfluss der Gebäudeorientierung beim freistehenden Einfamilienhaus kann Tabelle 6.3 entnommen werden.

Der Wärmedämmstandard und der Gebäudetyp sind die bestimmenden Größen für das Stromerzeugungspotenzial. Die in Tabelle 6.2 ausgewiesenen Berechnungsergebnisse zeigen, dass auch der Standort den Wärmebedarf erheblich beeinflusst. Die Jahres-Endenergiebedarfswerte schwanken zwischen 10.406 kWh/a und 18.629 kWh/a. Damit ist auch der Standort eine nicht zu vernachlässigende Größe bei der Bewertung der Wirtschaftlichkeit Strom erzeugender Heizungen. Die Gebäudeorientierung spielt hingegen keine Rolle, wie aus den Ergebniszusammenstellung in Tabelle 6.3 zu ersehen.

Die Simulationsergebnisse zeigen, dass der Einsatzbereich einer Strom erzeugenden Heizung bei einem Einfamilienhaus mit hohem Dämmstandard EnEV oder Passiv schwierigere wirtschaftliche Bedingungen hat als das gleiche Gebäude mit schlechtem Dämmstandard.

Tabelle 6.1: Ergebnisse der Jahressimulationen

Gebäudetyp	Baualter	Heizwärmebedarf [kWh/a]	Anlagen- aufwandszahl für Heizwärme e	Endenergie für Heizwärme [kWh/a]	Warmwasser [kWh/a]	Endenergie für Heizung und Warmwasser [kWh/a]	Anlagenaufwands- zahl gesamt	Stromerzeugungspotenzial Stromkennzahl	
								12,5% [kWh/a]	30% [kWh/a]
EFH	1930	41.935,2	1,07	44.870,7	3.800,0	48.670,7	1,10	6.083,8	14.601,2
	1960	49.284,6	1,07	52.734,5	3.800,0	56.534,5	1,09	7.066,8	16.960,4
	WSVO 1984	24.344,2	1,07	26.048,3	3.800,0	29.848,3	1,12	3.731,0	8.954,5
	EnEV	7.311,4	1,1	8.042,5	3.800,0	11.842,5	1,22	1.480,3	3.552,8
	Passiv	2.171,3	1,1	2.388,4	3.200,0	5.588,4	1,22	698,6	1.676,5
REH	1930	34.958,7	1,07	37.405,8	3.800,0	41.205,8	1,10	5.150,7	12.361,7
	1960	42.805,4	1,07	45.801,8	3.800,0	49.601,8	1,10	6.200,2	14.880,5
	WSVO 1984	17.460,1	1,07	18.682,3	3.800,0	22.482,3	1,13	2.810,3	6.744,7
	EnEV	5.202,2	1,1	5.722,4	3.800,0	9.522,4	1,25	1.190,3	2.856,7
	Passiv	1.755,3	1,1	1.930,8	3.200,0	5.130,8	1,23	641,4	1.539,2
RMH	1930	30.128,5	1,07	32.237,5	3.800,0	36.037,5	1,11	4.504,7	10.811,2
	1960	37.332,3	1,07	39.945,6	3.800,0	43.745,6	1,10	5.468,2	13.123,7
	WSVO 1984	15.290,8	1,07	16.361,2	3.800,0	20.161,2	1,14	2.520,1	6.048,3
	EnEV	3.989,4	1,1	4.388,3	3.800,0	8.188,3	1,28	1.023,5	2.456,5
	Passiv	1.335,4	1,1	1.468,9	3.200,0	4.668,9	1,25	583,6	1.400,7
MFH EG	1930	27.318,9	1,07	29.231,2	6.650,0	35.881,2	1,14	4.485,2	10.764,4
	1960	33.275,6	1,07	35.604,9	6.650,0	42.254,9	1,13	5.281,9	12.676,5
	WSVO 1984	16.626,9	1,07	17.790,8	6.650,0	24.440,8	1,17	3.055,1	7.332,2
	EnEV	3.294,8	1,1	3.624,3	6.650,0	10.274,3	1,37	1.284,3	3.082,3
	Passiv	701,2	1,1	771,4	5.600,0	6.371,4	1,30	796,4	1.911,4
MFH OG	1930	26.460,1	1,07	28.312,3	6.650,0	34.962,3	1,14	4.370,3	10.488,7
	1960	31.944,2	1,07	34.180,3	6.650,0	40.830,3	1,13	5.103,8	12.249,1
	WSVO 1984	15.411,2	1,07	16.490,0	6.650,0	23.140,0	0,59	2.892,5	6.942,0
	EnEV	2.772,0	1,1	3.049,2	6.650,0	9.699,2	1,39	1.212,4	2.909,8
	Passiv	429,0	1,1	471,9	5.600,0	6.071,9	1,31	759,0	1.821,6
MFH DG	1930	30.944,5	1,07	33.110,6	6.650,0	39.760,6	1,13	4.970,1	11.928,2
	1960	35.734,6	1,07	38.236,0	6.650,0	44.886,0	1,12	5.610,8	13.465,8
	WSVO 1984	20.027,2	1,07	21.429,1	6.650,0	28.079,1	1,16	3.509,9	8.423,7
	EnEV	4.463,4	1,1	4.909,7	6.650,0	11.559,7	1,33	1.445,0	3.467,9
	Passiv	959,2	1,1	1.055,1	5.600,0	6.655,1	1,29	831,9	1.996,5

2.400 kWh Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser

Tabelle 6.2: Heizwärmebedarf und Stromerzeugung in Abhängigkeit vom Standort

Gebäudetyp	Klimazone	Heizwärme- bedarf [kWh/a]	Anlagen- aufwands- zahl für Heizwärme e	Endenergie für Heizwärme [kWh/a]	Warmwasser [kWh/a]	Endenergie für Heizung und Warmwasser [kWh/a]	Anlagenaufwands- zahl gesamt	Stromerzeugungspotenzial Stromkennzahl	
								12,5%	30%
EFH	TRY01	6.005,8	1,1	6.606,4	3.800,0	10.406,4	1,24	1.300,8	3.121,9
	TRY02	7.325,3	1,1	8.057,8	3.800,0	11.857,8	1,22	1.482,2	3.557,3
	TRY03	7.092,7	1,1	7.802,0	3.800,0	11.602,0	1,22	1.450,2	3.480,6
	TRY04	7.650,7	1,1	8.415,8	3.800,0	12.215,8	1,22	1.527,0	3.664,7
	TRY05	6.407,7	1,1	7.048,5	3.800,0	10.848,5	1,23	1.356,1	3.254,5
	TRY06	9.213,6	1,1	10.135,0	3.800,0	13.935,0	1,20	1.741,9	4.180,5
	TRY07	7.311,4	1,1	8.042,5	3.800,0	11.842,5	1,22	1.480,3	3.552,8
	TRY08	10.020,9	1,1	11.023,0	3.800,0	14.823,0	1,19	1.852,9	4.446,9
	TRY09	8.022,1	1,1	8.824,3	3.800,0	12.624,3	1,21	1.578,0	3.787,3
	TRY10	9.032,9	1,1	9.936,2	3.800,0	13.736,2	1,20	1.717,0	4.120,9
	TRY11	13.481,2	1,1	14.829,3	3.800,0	18.629,3	1,17	2.328,7	5.588,8
	TRY12	5.851,3	1,1	6.436,4	3.800,0	10.236,4	1,24	1.279,6	3.070,9
	TRY13	7.893,8	1,1	8.683,2	3.800,0	12.483,2	1,21	1.560,4	3.745,0
	TRY14	8.993,5	1,1	9.892,9	3.800,0	13.692,9	1,20	1.711,6	4.107,9
	TRY15	8.500,4	1,1	9.350,4	3.800,0	13.150,4	1,21	1.643,8	3.945,1

2.400 kWh Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser

Tabelle 6.3: Heizwärmebedarf und Stromerzeugung in Abhängigkeit von der Orientierung

Gebäudetyp	Orientierung	Heizwärme- bedarf [kWh/a]	Anlagen- aufwands- zahl für Heizwärme e	Endenergie für Heizwärme [kWh/a]	Warmwasser [kWh/a]	Endenergie für Heizung und Warmwasser [kWh/a]	Anlagenaufwands- zahl gesamt	Stromerzeugungspotenzial Stromkennzahl	
								12,5%	30%
EFH	Süd	7.311,4	1,1	8.042,5	3.800,0	11.842,5	1,22	1.480,3	3.552,8
	West	7.506,8	1,1	8.257,5	3.800,0	12.057,5	1,22	1.507,2	3.617,2
	Nord	7.813,4	1,1	8.594,7	3.800,0	12.394,7	1,21	1.549,3	3.718,4
	Ost	7.614,5	1,1	8.376,0	3.800,0	12.176,0	1,22	1.522,0	3.652,8

2.400 kWh Nutzwärmebedarf Trinkwarmwasser

7 Stand und Entwicklung des KWK-Marktes

7.1 Stromerzeugung durch KWK-Technologien in Europa

Der Anteil des KWK-Stromes an der Stromerzeugung der jeweiligen Länder variiert im Bereich der EU sehr stark. Betrachtet man die prozentualen Anteile an der Stromerzeugung im Bereich der Europäischen Union, so ergibt sich folgendes Bild:

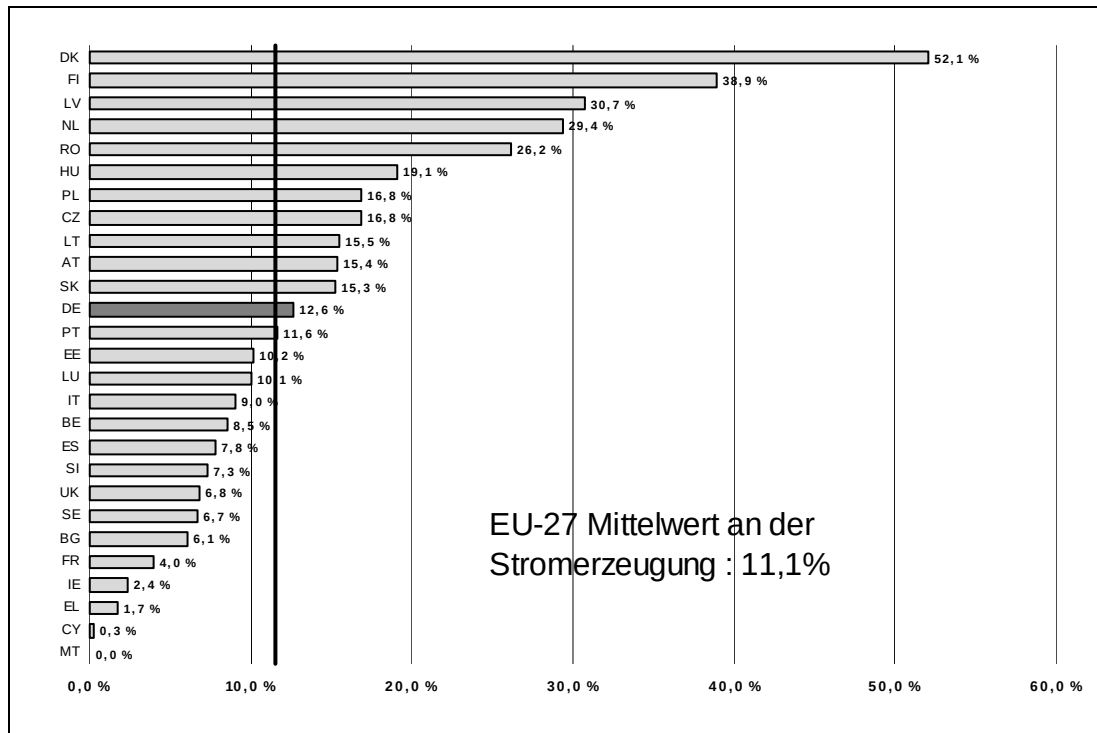


Bild 7.1: Prozentualer Anteil KWK-Strom in an der gesamten Stromerzeugung im Jahr 2005 in den 27 EU-Mitgliedsländern [eurostat 2/2008]

Auffallend sind die Staaten mit hohem Anteil an KWK-Strom, welcher deutlich über dem EU-Durchschnitt liegt. In diesen Ländern wurde der Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung auf unterschiedlichen Wegen verfolgt, die hier kurz umrissen werden.

Für den Bereich der Strom erzeugenden Heizung spielen diese Entwicklungen insofern eine Rolle, da sie deutlich machen, in welchem politischen und ordnungsrechtlichen Umfeld der Einsatz von KWK-Technologien stattfindet.

Im Folgenden werden die Maßnahmen zur Einführung bzw. der Erhöhung des Anteils von KWK-Anlagen kurz skizziert. In [TRAUBE et al. 1999] sind diese Entwicklungen sehr detailliert beschrieben.

Dänemark

Dänemark hat den höchsten KWK-Anteil von über 50 % an der nationalen Stromversorgung. Schon sehr frühzeitig wurden hier die Weichen in Richtung Kraft-Wärme-Kopplung gestellt. Unter dem Eindruck der ersten Ölkrise um 1970 wurde ein Wärmeplanungsgesetz erlassen, mit dem die Kommunen einen Anschlusszwang an ein Fernwärmenetz durchsetzen konnten. Dieses Gesetz wurde im Jahr 1990 dahingehend ergänzt, dass alle Heizwerke größer 1 MW auf KWK umgebaut werden mussten. Weiterhin wurde die Umrüstung von Nachtspeicherheizungen auf Fernwärme seitens des Staates massiv bezuschusst. Gleichzeitig wurde eine Abnahmepflicht für KWK-Strom zu staatlich festgelegten Preisen eingeführt.

Der hohe Anteil an KWK-Strom in Dänemark beruht im Wesentlichen auf langfristigen konsequenten politischen Rahmensetzungen. Diese sind nur durch eine langfristig angelegte Energiepolitik möglich, die kontinuierlich von allen großen Parteien gemeinsam erarbeitet und fortgeschrieben wird. Damit wird für Investoren eine hohe Planungs- und Investitionssicherheit gewährleistet. Weiterhin wirkt sich die dezentrale Struktur der dänischen Energiewirtschaft positiv auf die KWK-Entwicklung aus, da hierdurch die Konkurrenz zu Großkraftwerken gering ist.

Finnland

Der Ausbau der KWK in Finnland erfolgte ohne Eingriffe des Staates oder Förderprogramme. In der energieintensiven Industrie (Papierherstellung) gibt es schon eine lange Tradition der Kraft-Wärme-Kopplung. So wurden bereits 1960 18 % des Stromaufkommens aus Industrie-KWK-Anlagen erzeugt. Die öffentlichen Stromversorger betrieben konsequent den Ausbau der KWK in Heizkraftwerken, so dass bereits in den 90er Jahren mehr KWK-Strom im Bereich der öffentlichen Stromversorgung erzeugt wurde als in industriellen Anlagen.

Der Ausbau wurde hier vor allem durch günstige technische Rahmenbedingungen (lange Laufzeiten durch lange und kalte Winter, hoher Wärme- und Strombedarf der Papierindustrie) begünstigt.

Lettland

In Lettland sind etwa 70 % der Haushalte an das Fernwärmenetz angeschlossen. Die Netze sind in der Hand von kommunalen Gesellschaften, die dadurch die Möglichkeit haben, KWK-Anlagen zu betreiben. Ähnliche Verhältnisse bezüglich der Fernwärmestruktur finden sich auch in anderen Staaten des ehemaligen Ostblocks (Rumänien, Ungarn, Polen, Tschechien).

Niederlande

Der Ausbau der KWK-Technologie erfolgte in den 90er Jahren durch ein intensives staatliches Förderprogramm. Neben Zuschüssen für die Neuerrichtung von Anlagen wurde der Stromabsatz über eine Abnahme- und Vergütungspflicht für KWK-Strom abgesichert. Weiterhin wurden zu diesem Zeitpunkt Modalitäten zur Trennung von Energieproduzenten und Verteilunternehmen (Netzbetreiber) eingeführt. Netzbetreibern war eine eigene Stromerzeugung nur noch auf KWK-Basis gestattet, wodurch sie den Ausbau von KWK-Anlagen stark forcierten.

Die Niederlande verfügen über hohe Erdgasvorkommen, die für das Land eine gewisse Versorgungssicherheit zu relativ stabilen Preisen ermöglicht. Dadurch, dass auf den Bau von Atomkraftwerken verzichtet wurde, entstand eine dezentrale Struktur der Stromerzeugung, die ein hohes KWK-Potenzial ermöglicht.

7.2 Wachstumsmarkt SEH in Europa

Der Ausbau der Fernwärme zur Erhöhung des KWK-Anteils an der Stromproduktion wird die Einsatzmöglichkeiten für die in dieser Arbeit betrachteten Strom erzeugenden Heizungen nicht verbessern. Durch die dezentrale Arbeitsweise sind diese Systeme nicht in „Fernwärmegebieten“ einzusetzen, sondern in großen Stückzahlen in den Arealen, die mit Gas versorgt werden. Daher bietet diese Technologie für Länder, die bisher nur über einen geringen Ausbaugrad von KWK-Strom verfügen, die Möglichkeit, auch über das vorhandene Gasnetz den KWK-Anteil zu erhöhen. Ein großflächiger Ausbau der Fernwärmeversorgung und damit hohe Investitionen in Wärmeverteilungssysteme ist dann nicht zwingend notwendig.

Die Rahmenbedingungen für einen wachsenden Einsatz von SEH-Technologien sind in Europa sehr unterschiedlich. Besonders in den Ländern Deutschland (KWKModG), Niederlande (Förderprogramm Slim Met Gas, das eine Zuschussförderung für 10.000 SEH-Einheiten bis 2010 beinhaltet) und Großbritannien (Steuererleichterungen, Sustainable Energy act) bestehen gute Voraussetzungen, dass in den nächsten Jahren sich ein SEH-Markt entwickeln wird. Markttreibend sind in allen Ländern besonders die Gasversorger und EVUs, deren Engagement allerdings sehr unterschiedlich ist. Während in Deutschland einzelne Unternehmen (MVV, GASAG, EWE, EON) bisher Testinstallationen mit geringen Stückzahlen (weniger als 50 Stück) durchgeführt haben, wird in Großbritannien und den Niederlanden mit der Installationen von Anlagen in großen Stückzahlen (etwa 10.000 Stück) begonnen.

Die Gasversorger versprechen sich durch den großtechnischen Einsatz von SEH-Anlagen eine Erhöhung des Gasabsatzes und damit eine teilweise Kompensation der Umsatzeinbrüche durch die europaweiten Anstrengungen zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden.

7.3 Aktuelle Marktsituation der SEH-Technologien

Nach Angaben von Unternehmen, auf der Basis von Verbandszahlen und aufgrund eigener Schätzungen wurden im Jahr 2006 weltweit in etwa folgende Stückzahlen abgesetzt:

Tabelle 7.1: Hersteller und Stückzahlen Anfang 2007 (geschätzt)

Hersteller	Elektrische Leistung	Verkaufte Einheiten in 2006
Senertec / Baxi	5,5 kW	3.750
PowerPlus / Vaillant	4,7 kW	500
Honda	1,0 kW	16.000
Whisper Tech	1,2 kW	1.000

Sowohl Senertec als auch PowerPlus/ecopower erzielten 90 % ihres Umsatzes auf dem deutschen Markt. Das KWK-Gesetz und die steigenden Strompreise sind für diese Entwicklung verantwortlich. Die Übersicht in der Tabelle (siehe oben) enthält ausschließlich Hersteller, die mehr als 200 Systeme pro Jahr absetzen konnten. Die weiteren in der Marktübersicht genannten Hersteller von SEH-Systemen haben diese Stückzahlen nicht erreicht.

7.3.1 Deutschland

Bis zum jetzigen Zeitpunkt hat die Kraft-Wärmekopplung im Leistungsbereich bis 5 kW_{el} (SEH) in Bezug auf die gesamte elektrische Energieerzeugung in Deutschland faktisch keine Bedeutung. So wurden bis Ende des Jahres 2004 nach einer Erhebung des Öko-Institutes Freiburg lediglich 0,04 % (240 GWh) des elektrischen Stroms in Deutschland mittels SEH-Anlagen erzeugt

Am deutschen Markt, wie auch auf anderen Märkten, sind die Gasversorger stark in der Förderung der SEH-Technologien auf Erdgas-Basis engagiert, da der großflächige Einsatz dieser Technologien zu einer Erhöhung des Gasabsatzes um circa 20 % führen würde.

Damit erhoffen die Gasversorger einen Teil des Umsatzeinbruches durch Energiesparmaßnahmen in den kommenden Jahren ausgleichen zu können. EON-Ruhrgas betreibt im Kompetenzzentrum Gastechnik einen SEH-Prüfstand, der den Prototypentest von Neuentwicklungen anhand hoch aufgelöster gemessener Lastprofile ermöglicht. Regionale Gasversorger unterstützen Hersteller bei der Durchführung von Feldtests.

SEH-Anlagen auf der Basis von nachwachsenden Treibstoffen waren Ende 2007 nur in geringen Stückzahlen am Markt verfügbar.

7.3.2 Europa

Für das Jahr 2008 kündigen sich neue Allianzen und Initiativen von Herstellern an.

WhisperGen

Das neuseeländische Unternehmen hat Ende 2007 eine Kooperationsvereinbarung mit der spanischen Unternehmensgruppe MCC unterzeichnet, die ab 2009 eine Jahresproduktion von 30.000 Aggregaten vorsieht. Der Vertrieb erfolgt in erster Linie über Versorgungsunternehmen. So hat der britische Versorger EON-U.K. einen Rahmenvertrag mit WhisperGen abgeschlossen, der die Abnahme von 80.000 Einheiten vorsieht.

MEC Microgen Engine Cooperation

Mit dem Ausstieg des Versorgers British Gas aus dem Unternehmen Microgen Energy Ltd. Mitte des Jahres 2007 musste dieses Insolvenz anmelden. Die OEM-Kunden des Unternehmens (Dietrich/Remeha, Baxi, Vaillant und Viessmann) bildeten im August 2007 ein neues Konsortium mit dem Namen Microgen Engine Cooperation Ltd., das die Rechte von British Gas übernahm. Weiterhin ist am Unternehmen der japanische Stirling-Spezialist Sunpower beteiligt. Das Unternehmen hat das Ziel, die beteiligten Heizungsunternehmen mit preisgünstigen Generatoren zu versorgen, die dann in das jeweilige Heizgerät integriert werden sollen. Durch diese Synergie werden erhebliche Kostenreduktionen angestrebt.

Infinea

Das amerikanische Unternehmen Infinea, das sich mit der Entwicklung eines solargetriebenen Stirling-Maschine einen Namen gemacht hat, hat im letzten Jahr Kooperationsabkommen mit verschiedenen Heizungsherstellern unterzeichnet (BTT Bosch Thermotechnik/Deutschland, Enatec-ATAG/Niederlande, Rinnai/Japan und Merloni MTS/Italien). Die Vereinbarung sieht die Lieferung von etwa 1.000 Aggregaten für Feldversuche bis zum Jahr 2010 vor.

Es ist geplant, nach Auswertung des Feldversuchs ein Stirlingheizgerät zur Serienreife zu bringen, dass sowohl für den europäischen als auch für den fernöstlichen Markt geeignet ist. Markteintritt mit einem Seriengerät ist für das Jahr 2011 geplant.

Marktpotenzial in Europa

Das Marktpotenzial in Europa bestimmt sich über die Anzahl der jährlich zu erneuernden Heizkessel und lässt sich wie folgt abschätzen:

Tabelle 7.2: Jährlicher Bedarf an Heizkesseln in Europa [ASUE 2006]

Land	Ersatz Heizkessel pro Jahr
Niederlande	400.000
Großbritannien	1.300.000
Deutschland	600.000
Italien	500.000
rest. Europa	1.000.000
GESAMT	3.800.000

Bei der Annahme, dass 15 % der Heizungen durch SEH-Systeme ersetzt werden, ergibt sich ein gesamter Absatzmarkt in Europa von ungefähr 500.000 Anlagen pro Jahr.

Diese Abschätzung berücksichtigt nicht parallele Entwicklungen wie:

- Erhöhung der Energieeffizienz der Gebäude
- Entwicklung der Bevölkerung
- Förderinstrumente

Umfangreiche Studien zu diesem Thema [Krewitt 2004]; [Frost&Sullivan 2006] weisen ähnliche Zahlen auf, differenzieren allerdings stark in Abhängigkeit von der Entwicklung der Rahmenbedingungen.

Diesem hohen theoretischen Potenzial steht ein noch sehr geringes Angebot an marktfähigen Produkten der Strom erzeugenden Heizungen entgegen. Für den Zeitraum 2008 bis 2010 streben die bisherigen Marktteilnehmer folgende Stückzahlen an (Umfrage bei den Geschäfts- und Vertriebsleitungen; Veröffentlichungen der Unternehmen):

Tabelle 7.3: Hersteller und geplante Stückzahlen SEH in EUROPA im Jahr 2008

Hersteller	Jahresproduktion
	(Einheiten)
Enatec / Niederlande	1.000
Honda / Japan	5.000
OTAG / Deutschland	500
Senertec / Deutschland	3.000
PowerPlus/ecopower / Deutschland	1.000
Solo Stirling / Deutschland	500
Stirling Systems AG / Schweiz	1.000
SunMachine / Deutschland	2.000
WhisperGen / Neuseeland Fertigung in Spanien	30.000
Verfügbare Einheiten in Europa im Jahr 2009	48.500

Das bedeutet, dass auch bei einem Erreichen der sehr ehrgeizigen Ziele der Hersteller lediglich 10 % des europäischen Marktpotenzials abgedeckt werden können.

Mit der Marktverfügbarkeit von Brennstoffzellen ist erst ab dem Jahr 2015 zu rechnen.

7.3.3 Marktentwicklung weltweit

Weltweit existieren nur in wenigen Ländern Ansätze für die Einführung von SEH-Systemen.

Japan

Honda sieht für das Produkt ECOWILL bis zum Jahr 2010 ein Marktpotenzial von circa 200.000 Einheiten. Dieses soll durch den konsequenten Ausbau der Produktion erreicht werden.

Weiterhin wird erwartet, dass noch vor dem Jahr 2010 die ersten Brennstoffzellen-Aggregate am japanischen Markt kommerziell verfügbar sind (erwartete Stückzahlen: etwa 1.000 pro Jahr).

Die Entwicklung treiben alle in diesem Feld engagierten Unternehmen (unter anderem Matsushita, Toshiba, Sanyo) und die großen Gasversorger in Japan voran.

USA

Für das Jahr 2008 plant Honda die Vermarktung ihres Systems ECOWILL und das Unternehmen PowerPlus/ecopower den Markteintritt über einen lokalen Partner. Der Markt in USA wird sich voraussichtlich in den nächsten Jahren nur gering entwickeln. Dies ist vor allem in fehlenden Förderprogrammen und in niedrigen Preisen für Elektrizität begründet. Als markttreibend könnte allerdings die steigende Nachfrage nach Notstromversorgungen wirken.

7.4 Marktübersicht Hersteller SEH-Anlagen

In diesem Kapitel werden die am Markt verfügbaren, beziehungsweise kurz vor Markteintritt stehenden Strom erzeugenden Heizungen kurz vorgestellt. Die ausführlicheren Produktunterlagen inkl. Daten der Unternehmen sind im Anhang ausführlich gelistet.

Die Angaben wurden im Wesentlichen verfügbaren Produktunterlagen entnommen. Weitere Informationen stammen aus Gesprächen mit den Geschäfts- und/oder Vertriebsleitungen der einzelnen Unternehmen.

Die Darstellung erfolgt in alphabetischer Reihenfolge und berücksichtigt die erhobenen wesentlichen Marktteilnehmer. Sie erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Kurzfassung Marktübersicht

Tabelle 7.4: Anbieter von Strom erzeugenden Heizungen

Hersteller	EcoPower GmbH	Enatec micro-gen b.v.	Eternal Energie GmbH	Honda
Prinzip	Otto-Motor	Stirling Freikolben	Diesel-Vielstoff-Motor	Otto-Motor
Brennstoff	Gas	Gas	Pflanzenöl	Gas
elektr. Leistung [kW]	1,3 - 4,7	1	3,0 – 7,0	1
therm. Leistung [kW]	4,0 - 12,5	5,0 - 15	6,0 – 14,0	3,25
Gewicht [kg]	395	100	490	82
Bemerkungen	ca. 2.500 Geräte modulierende Betriebsweise Marktreife	20 Geräte Feldtest	100 Geräte installiert kurze Wartungsintervalle	Marktreife
Kontakt / URL	www.ecopower.de	www.enatec.com	www.raptor-bhkw.de	www.honda.de

Tabelle 7.5: Anbieter von Strom erzeugenden Heizungen

Hersteller	MEC	OTAG GmbH&CO KG	Senertec Dachs	Solo Stirling GmbH
Prinzip	Stirling	Dampfexpansion	Otto-Motor	Stirling
Brennstoff	Gas	Gas	Erdgas, Flüssiggas Heizöl, RME	Gas, Pellets
elektr. Leistung [kW]	1,1	0,3 – 2,0	5,0 – 5,5	2 – 7,4
therm. Leistung [kW]	Mai 15	3,0 – 16,0	10,3 – 12,5	Aug 22
Gewicht [kg]	90	195	520	450
Bemerkungen	60 Geräte Feldtest	100 Geräte installiert Marktreife	18.000 Geräte Marktreife auch für Inselbetrieb verfügbar	50 Geräte Feldtest
Kontakt / URL	www.microgen-engine.com	www.otag.de	www.senertec.de	www.stirling-engine.de

Tabelle 7.6: Anbieter von Strom erzeugenden Heizungen

Hersteller	Stirling Systems AG	Sunmachine GmbH	Whispergen Ltd.
Prinzip	Stirling	Stirling	Stirling
Brennstoff	Gas	Pellet	Gas
elektr. Leistung [kW]	1,2	1,5 - 3	1,2
therm. Leistung [kW]	5,0 - 15	4,5 – 10,5	8
Gewicht [kg]	k.A.	350	130
Bemerkungen	10 Anlage Feldtest	50 Anlagen Markteinführung 2008	3000 Anlagen Marktreife
Kontakt / URL	www.sticore.com	www.sunmachine.com	www.whispergen.com

Fazit der Marktübersicht

Die Marktanalyse zeigt, dass in den nächsten Jahren Strom erzeugende Heizungssysteme in größeren Stückzahlen zur Verfügung stehen werden; allerdings befindet sich der Markt zur Zeit in einer Pionier- und Aufbruchphase mit allen dazugehörigen Auswirkungen und Konsequenzen (Insolvenzen innovativer Unternehmen, Konzentrationsprozesse, usw.). Generell lässt sich feststellen, dass die angekündigten Umsatzzahlen von Herstellern, die sich in der Markteinführung befinden, tendenziell immer zu hoch benannt waren. Faktisch haben die bisherigen Markteinführungen bei allen Herstellern bisher nur mit kleinen Umsatzzahlen stattgefunden.

Hersteller von BHKWs, die auf einem klassischen Verbrennungsmotor beruhen (Senertec, Eco-Power, Honda), haben bewiesen, dass der Aufbau eines stabilen Geschäftsfeldes möglich ist. In der Stirling-Technologie verfügt das neuseeländische Unternehmen WhisperGen über langjährige Erfahrung und wird im Jahr 2008 eine Produktionsstätte in Europa (Spanien) errichten.

Nur wenige Unternehmen verfügen zurzeit über ein ausgebautes Vertriebsnetz und gute Produktunterlagen, die einem fachfremden Interessenten die Anwendung dieser Technologie auf direktem Weg ermöglichen.

Die meisten Systeme sind für den Brennstoff Erdgas ausgelegt, prinzipiell eignen sich aber die Systeme, die auf einer äußeren Wärmezufuhr basieren (Stirling, Dampf-Linearmotor) auch für den Einsatz biogener Brennstoffe. Damit ergeben sich interessante Optionen für den Einsatz regenerativer Energieträger.

Die Option, eine Strom erzeugende Heizung sowohl netzgekoppelt als auch im Netzersatzbetrieb (Notstromfunktion) zu betreiben, wird bisher von keinem Hersteller angeboten. Konzepte für diese Funktionalität inklusive der Integration eines Batteriespeichers sind im Solarstrombereich am Markt verfügbar und könnten als Zusatzmodul eine Strom erzeugende Heizung ergänzen [SMA Sunny Backup 2008]. Dieses System ermöglicht die automatische Umschaltung auf den Netzersatzbetrieb, fungiert als selbsttätige Freischaltstelle nach DIN VDE 0126-1-1 und bindet einen Batteriespeicher mit ein.

Die Kraft-Wärme-Kopplung kann technisch zu einer Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung erweitert werden, indem mittels Absorptionskältetechnik die Wärme in Kälte gewandelt wird. Für eine solche Anwendung ist weltweit ein steigender Bedarf (Klimawandel) festzustellen. Im Bereich der Strom erzeugenden Heizungen gibt es nach unserer Kenntnis bei den oben genannten Herstellern derzeit hierfür noch keine technischen Entwicklungskomponenten.

Für die weitere Marktentwicklung ist es nach Aussage aller Marktteilnehmer notwendig, dass rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen werden, die langfristig einen wirtschaftlichen Betrieb von Strom erzeugenden Heizungen mit geringem administrativem Aufwand ermöglichen.

Auf Kundenseite besteht zurzeit eine geringe Nachfrage, da die Möglichkeiten kaum bekannt sind und bisher nur einzelne engagierte Personen sich mit dem Thema befassen.

Um das ehrgeizige politische Ziel, nämlich die Erhöhung des Einsatzes von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen von derzeit 12 % bis auf 25 % im Jahr 2020 zu erreichen, ist ein deutlicher Impuls seitens des Gesetzgebers (Informationskampagne, Impulsprogramm) notwendig, um ähnlich wie im Solar- und Windbereich die Marktentwicklung zu beschleunigen.

8 Rechtliche Rahmenbedingungen

Die Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung in Deutschland basiert sowohl auf einer direkten Förderung von Strom aus KWK-Anlagen als auch auf Steuervergünstigungen.

KWK-Anlagen, die auf regenerativen Energieträgern basieren, werden gesondert im Rahmen des Gesetzes für den Vorrang Erneuerbare Energien (EEG) gefördert.

KWK-Gesetz 2002

Das KWK-Gesetz (Gesetz für die Erhaltung, die Modernisierung und den Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung KWKG 2002) vom 19. März 2002 bestimmt den Rahmen für die Förderung von KWK-Anlagen, die mit fossilen Energieträgern betrieben werden. In den Geltungsbereich dieses Gesetzes fallen alle Anlagen mit einer Leistung bis zu 2 MW_{el}. Neben Übergangsregelungen für bestehende und modernisierte Anlagen regelt dieses Gesetz die Vergütung von eingespeistem Strom aus neu errichteten KWK-Anlagen.

Das Wesen der Systematik des Vergütungsanspruchs nach dem KWKG 2002 besteht darin, dass dieser keine einheitliche Gestalt hat, sondern aus zwei unterschiedlichen Elementen besteht. So hat der Netzbetreiber an den Betreiber einer KWK-Anlage für den aufgenommenen KWK-Strom einen variablen Preis zuzüglich eines fixen Zuschlags zu entrichten.

Das variable (Markt-) Preiselement lässt sich auf der Grundlage des KWKG 2002 nach drei Möglichkeiten bestimmen:

- Anlagen- und Netzbetreiber einigen sich vertraglich über die Vergütungshöhe,
- für den Fall, dass eine vertragliche Vereinbarung nicht zustande kommt, gilt der durchschnittliche Preis für Grundlaststrom an der Strombörse EEX in Leipzig (www.eex.de) im jeweils vorangegangenen Quartal als vereinbarter Preis,
- die dritte Möglichkeit zur Bestimmung des variablen Preiselements besteht darin, dass der Anlagenbetreiber den KWK-Strom im Wege der Selbstvermarktung einem Dritten verkauft. Der Netzbetreiber ist sodann verpflichtet, dem Anlagenbetreiber den Strom zu diesem Preis abzunehmen. Der Dritte ist seinerseits verpflichtet, dem Netzbetreiber den KWK-Strom zum Preis seines Angebots an den Betreiber der KWK-Anlage abzunehmen. Die Verträge werden im Sinne einer „Bypass-Regelung“ verschoben. Die Entgelte für die Netznutzung hat der Netzbetreiber in dieser Variante eigenständig mit dem Anlagenbetreiber zu vereinbaren.

Die Preise haben sich ab dem Zeitpunkt der Gültigkeit dieser Regelung (1. Juli 2004) an der Strombörse EEX in Leipzig wie folgt entwickelt:

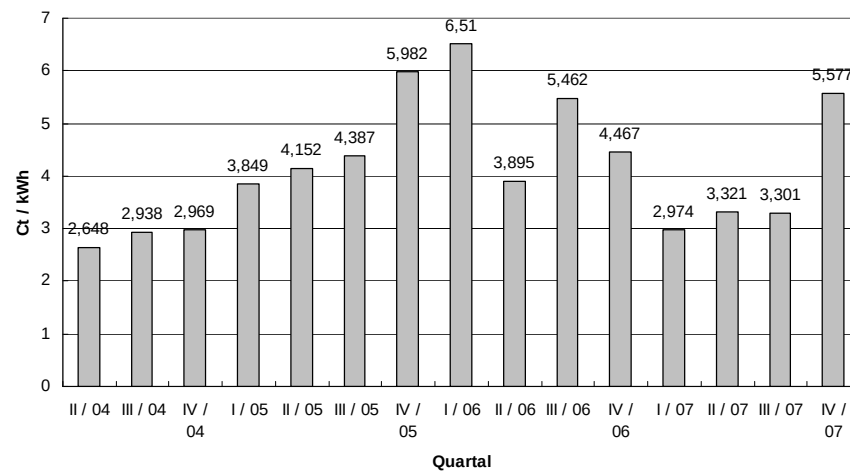


Bild 8.1: Preisentwicklung des Grundlaststroms an der Strombörse EEX/Leipzig

Der gesetzlich festgeschriebene KWK-Zuschlag hängt im Wesentlichen von dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme, dem Anlagenzustand und der elektrischen Leistung der jeweiligen Anlage ab. Im Einzelnen lässt sich die Zuschlagberechtigung von Anlagen gemäß des KWKG 2002 wie folgt untergliedern:

Tabelle 8.1: KWKG 2002

KWK-Zuschlag in Ct/kWh für	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
alte Bestandsanlagen - Dauerinbetriebnahme bis zum 31. Dezember 1989	1,53	1,53	1,38	1,38	0,97				
Neue Bestandsanlagen - Dauerinbetriebnahme ab dem 01. Januar 1990 bis zum 01. April 2002	1,53	1,53	1,38	1,38	1,23	1,23	0,82	0,56	
modernisierte Anlagen - Dauerinbetriebnahme nach dem 07. April 2002 bis zum 31. Dezember 2005	1,74	1,74	1,74	1,69	1,69	1,64	1,64	1,59	1,59
Klein - KWK - Anlagen (> 50 bis 2000 kW _{el}) - Dauerinbetriebnahme nach dem 01. April 2002	2,56	2,56	2,40	2,40	2,25	2,25	2,10	2,10	1,94
Klein - KWK - Anlagen (> 50 bis 2000 kW _{el}), Dauerinbetriebnahme nach dem 01. April 2002 bis zum 31. Dezember 2008 Brennstoffzellen - Anlagen	5,11								
Zuschlagzeitraum: zehn Jahre ab Aufnahme des Dauerbetriebes der Anlage									

- ferner begründet die Regelung des § 18 der Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen (StromNEV) zu Gunsten von Betreibern von dezentralen Erzeugungsanlagen gegenüber den Betreibern des Elektrizitätsverteilernetzes, in dessen Netz sie einspeisen, einen Entgeltanspruch. Dieses Entgelt muss den gegenüber den vorgelagerten Netz- oder Umspannebenen durch die jeweilige Einspeisung vermiedenen Netzentgelten (VNNE) entsprechen. Ausnahme: der Anspruch entsteht dann nicht, wenn die Stromeinspeisung nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) vergütet wird oder zwischen dem Anlagen- und Netzbetreiber eine vertragliche Vergütungsvereinbarung besteht, welche die vermiedenen Netzentgelte bereits berücksichtigt.

Das Entgelt für die vermiedene Netznutzung richtet sich nach den tatsächlich vermiedenen gewälzten Kosten aus den vorgelagerten Netz- oder Umspannebenen. Die Berechnung der vermiedenen Netznutzungsentgelte im Lichte der relevanten Kenngrößen „Vermeidungsarbeit“ und „Vermeidungsleistung“ richtet sich nach § 18 Abs. 2 StromNEV.

KWK-Novelle 2008

Die Novellierung des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes ist Teil eines Bündels von Maßnahmen, auf das sich die Bundesregierung am 24. August 2007 in Meseberg im Rahmen des Integrierten Energie- und Klimaprogramms verständigt hat, sog. „IEKP-Maßnahme 1“.

Durch eine Novelle des geltenden Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes sollen laut Begründung des Gesetzesentwurfs die Modernisierung und der Neubau von KWK-Anlagen und der Aus- und Neubau von Wärmenetzen, in die Wärme aus KWK-Anlagen eingespeist wird, gefördert sowie ein befristeter Schutz bestehender KWK-Anlagen und die Unterstützung der Markteinführung der Brennstoffzelle bewirkt werden. Zu diesem Zweck soll der Anwendungsbereich des Fördermechanismus zielgerichtet angepasst werden.

Mit der Novelle des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes werden im Wesentlichen die Förderung der Modernisierung von KWK-Anlagen wieder aufgenommen und neue Fördertatbestände eingeführt. Zu den neuen Fördertatbeständen zählen der Ausbau der KWK-Anlagen ohne Größenbeschränkung sowie der Aus- und Neubau von Wärmenetzen.

Die Förderung soll, wie im KWKG 2002, auf Basis eines durch die Netzbetreiber zu zahlenden Zuschlags erfolgen. Berücksichtigt wird dabei neben dem bereits nach geltendem Recht geförderten KWK-Strom künftig auch solcher KWK-Strom, der im Rahmen einer Eigenversorgung an ein Unternehmen des Produzierenden Gewerbes geliefert wird (industrielle KWK). Auch die Förderung der Wärmenetze soll über einen vom Netzbetreiber zu zahlenden Zuschlag erfolgen.

Die mit der Novelle des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes vorgesehene Förderung umfasst laut Begründung des Gesetzesentwurf weiterhin neue bzw. modernisierte KWK-Anlagen, die bis Ende 2014 in Dauerbetrieb genommen werden, und neue bzw. ausgebauten Wärmenetze, die bis Ende 2020 in Dauerbetrieb genommen werden.

Für die Förderung von KWK-Anlagen mit einer elektrischen Leistung von mehr als 50 kW ist in der Novelle des Gesetzes eine Förderdauer festgelegt, die jeweils das Jahr der Inbetriebnahme und die fünf folgenden Kalenderjahre umfasst. Zusätzlich wird die Förderung auf maximal 30.000 Vollbenutzungsstunden (Doppelkriterium) begrenzt. Der Zuschlag beträgt für kleine KWK-Anlagen bis 2 MW_{el} 2,1 Ct/kWh und für KWK-Anlagen größer 2 MW_{el} 1,5 Ct/kWh. Im Falle der Eigenversorgung des Produzierenden Gewerbes mit KWK-Strom, die jetzt in die Förderung aufgenommen wird, unterliegen diese Sätze im Zeitablauf einer Degression.

Abweichend von den sonstigen KWK-Anlagen erhalten kleine KWK-Anlagen bis 50 kW einen nach dem Jahr der Inbetriebnahme gestaffelten konstanten Zuschlag über acht Jahre:

- Inbetriebnahmejahr 2009/2010: 5,0 Ct/kWh
- Inbetriebnahmejahr 2011/2012: 4,5 Ct/kWh
- Inbetriebnahmejahr 2013/2014: 4,0 Ct/kWh

Brennstoffzellenanlagen werden 10 Jahre mit einem gleich bleibenden Fördersatz von 5,11 Ct/kWh gefördert.

Die Förderung des Neu- bzw. Ausbaus von Wärmenetzen soll laut Begründung des Gesetzesentwurfes ebenfalls durch einen vom Netzbetreiber zu zahlenden Zuschlag erfolgen. Die Höhe ist in Abhängigkeit vom Nenndurchmesser der Wärmeleitung definiert, darf jedoch insgesamt höchstens fünf Millionen Euro und maximal 20 % der zuwendungsfähigen Investitionskosten betragen. Mit der Förderung des Wärmenetzausbaus sollen zusätzliche Wärmepotentiale (Wärmesenken) erschlossen werden, um die Grundlage für den angestrebten Ausbau hocheffizienter KWK-Anlagen zu schaffen (Quelle: *Begründung des Gesetzesentwurfs vom 05. Dezember 2007*).

Stromsteuergesetz

Gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG ist Strom, der in Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu 2 MW erzeugt wird und entweder zum Selbstverbrauch oder zur Leistung an Dritte im Räumlichen Zusammenhang entnommen wird, von der Stromsteuer befreit. Es bedarf dazu keiner Erlaubnis des Hauptzollamts. Die Steuerbefreiung erfolgt Kraft der gesetzlichen Regelung. Die vermiedene Stromsteuer beträgt im Jahr 2007 2,05 Ct/kWh.

Energiesteuergesetz

In §53 EnergieStG ist geregelt, dass stationäre Anlagen zur gekoppelten Erzeugung von Kraft und Wärme bis 2 MW mit einem Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 % von der Energiesteuer entlastet werden. Die Energiesteuer beträgt beispielsweise für Erdgas seit 2003 0,550 Ct/kWh. Weitere besteuerte Energieerzeugnisse sind Heizöl und Flüssiggas. Auch diese Energieerzeugnisse werden beim Einsatz in KWK-Anlagen und Vorliegen der oben genannten Voraussetzungen von der Energiesteuer befreit.

Die Befreiung erfolgt im Wege einer nachträglichen Erstattung, die beim zuständigen Hauptzollamt jeweils bis zum 31.12. des Folgejahres zu beantragen ist. Im Antrag ist lediglich die in der Anlage verbrauchte Menge an Energieerzeugnissen (zum Beispiel Erdgas) anzugeben und mit dem Steuersatz zu multiplizieren. Der so ermittelte Betrag wird vom Hauptzollamt erstattet. Das Formular ist unter www.zoll.de im Formularcenter der Zollverwaltung unter der Nummer 1117 verfügbar

Erneuerbare-Energie-Gesetz

Das EEG sieht nach § 8 eine besondere Regelung für Strom aus Biomasse vor. Bis zu einer elektrischen Leistung von maximal 150 kW beträgt die Mindestvergütung bei Inbetriebnahme der Anlage im Jahr 2008 10,83 Ct/kWh.

Diese Basisvergütung wird für einen Zeitraum von 20 Jahren zuzüglich des Jahres der Inbetriebnahme gezahlt: Sie sinkt jedes Jahr um 1,5 % Prozent bezogen auf den Vorjahreswert.

Weiterhin werden folgende Zuschläge gewährt (ohne Preisdegression):

Verwendung nachwachsender Rohstoffe (NawaRO-Bonus):	6,0 Ct/kWh
Nutzung der Abwärme (KWK-Bonus)	2,0 Ct/kWh
Einsatz neuer Technologien (z.B. Stirling, Dampfmotoren)	2,0 Ct/kWh

Stromerlöse

Bezogen auf die elektrisch erzeugte Energie ergeben sich im vierten Quartal 2007 (Baseload-Preis aus III/2007) folgende Vergütungen (Nettobeträge):

Ersatz von Strombezug (Eigenstromerzeugung) (Basistarif Stadtwerke Kassel):

vermiedene Stromkosten	16,45 Ct/kWh_{el}
Erstattung Energiesteuer Erdgas (Stromkennzahl zwischen 44 % und 10 %)	ca. 2,2 – 7,4 Ct/kWh _{el}
Erzielter Strompreis	ca. 18,65 - 23,85 Ct/kWh_{el}

Anlage, die nicht nach EEG vergütet wird (z.B. Erdgasbetrieb):

Basisvergütung nach Baseload-Preis der EEX	3,30 Ct/kWh_{el}
KWK-Zuschlag	5,11 Ct/kWh _{el}
Entgelt für vermiedene Netznutzung (Stadtwerke Kassel) *)	1,07 Ct/kWh _{el}
Erstattung Energiesteuer Erdgas (Stromkennzahl zwischen 44 % und 10 %)	2,2 – 7,4 Ct/kWh _{el}
Erzielter Strompreis	11,68 - 16,88 Ct/kWh_{el}

*) Als Entgelt für die vermiedenen Netznutzung wird von den Netzbetreibern üblicherweise der Betrag vergütet, der für die Abnahme auf der nächst höheren Spannungsebene (bei Einspeisung in das Niederspannungsnetz: Umspannung Nieder-/Mittelspannung berechnet wird. Das Entgelt ist von der jeweiligen örtlichen Netztopologie abhängig.

Anlage, die nach EEG vergütet wird (z.B. Pflanzenöl):

Basisvergütung (Inbetriebnahme 2008)	10,83 Ct/kWh_{el}
NawaRo-Bonus (Nachwachsende Rohstoffe)	6,00 Ct/kWh _{el}
KWK-Bonus	2,00 Ct/kWh _{el}
Technologie-Bonus (Stirling, Dampfgenerator, etc.)	2,00 Ct/kWh _{el}
Erzielter Strompreis	20,83 Ct/kWh_{el}

Zu beachten ist, dass die Vergütung nach EEG über einen Zeitraum von 20 Jahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres gezahlt wird, während der KWK-Zuschlag auf 10 Jahre befristet ist.

Umsatzsteuergesetz

Nach den Regelungen des Umsatzsteuergesetzes unterliegen die Vergütungen des Netzbetreibers an den Anlagenbetreiber der Umsatzsteuer. Es handelt sich um einen Leistungsaustausch im Sinne des § 1 Abs. 1 Nr. 1 UStG. Der Anlagenbetreiber ist Unternehmer im Sinne des § 2 UStG, da er eine gewerbliche Tätigkeit (Stromlieferung) selbständig ausübt.

Allerdings wird von sogenannten „Kleinunternehmern“ die Umsatzsteuer nicht erhoben. Kleinunternehmer gelten als solche, wenn der Umsatz im Kalenderjahr 17.500 € nicht übersteigt. Damit dürften Klein-BHKW auch bei Volleinspeisung des erzeugten Stroms überwiegend der Kleinunternehmerregelung unterfallen.

Vielfach wird jedoch von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, auf die Anwendung der Kleinunternehmerregelung zu verzichten und doch die Behandlung als „normaler“ Unternehmer zu erreichen. Diese Wahlmöglichkeit eröffnet § 19 Abs. 2 UStG. Sinnvoll ist dieser Verzicht auf die Kleinunternehmerregelung vielfach deshalb, weil die Besteuerung als „normaler“ Unternehmer neben den leider erheblichen formalen Anforderungen in wirtschaftlicher Hinsicht nur Vorteile bringt:

Der Netzbetreiber vergütet die an das Finanzamt abzuführende Umsatzsteuer (zurzeit 19 %) zusätzlich zur eigentlichen Vergütung für den Strom.

Der Anlagenbetreiber kann die Erstattung der Umsatzsteuer beantragen, die bei Erwerb bzw. Errichtung der KWK-Anlage angefallen ist. Er reduziert damit seine Investitionskosten um den Umsatzsteuerbetrag. Diese Erstattung kann sich aber nur die anteilig auf die Stromerzeugung entfallende Nutzung beziehen. Die Nutzung zur Wärmeerzeugung berechtigt nicht zur Erstattung der Umsatzsteuer, da insoweit keine steuerpflichtigen Umsätze mit Dritten erzielt werden (Eigenverbrauch oder Weiterleitung im Rahmen steuerbefreier Vermietung).

Auch aus den laufenden Kosten der Anlage kann die Erstattung der enthaltenen Umsatzsteuer beantragt werden, wobei auch hier nur der auf die Stromerzeugung entfallende Anteil erstattungsfähig ist.

Im Ergebnis kann aus der Behandlung als umsatzsteuerlicher Unternehmer eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit erreicht werden.

Zum Betrieb einer Strom erzeugenden Heizung die nicht nach dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) vergütet wird, sind folgende Anträge zu stellen, bzw. folgende Genehmigungen einzuholen:

Vor der Installation:

- Antrag auf Anschluss einer Eigenerzeugungsanlage beim örtlichen Netzbetreiber
(Unterlagen: Datenblatt des Systems, Unbedenklichkeitserklärung, Konformitätserklärung)
- Genehmigung der Abgasführung durch Bezirksschornsteinfegermeister
(Unterlagen: Datenblatt der Abgaswerte, Zulassung der Abgassystems)
-> ein Vor-Ort-Termin ist ratsam
- Bei Gasbetrieb: Abfrage der Anschlussleistung des Gasanschlusses beim Gasversorger,
falls erforderlich Installation eines geeichten Gas-Unterzählers
(Unterlagen: Technische Daten der Strom erzeugenden Heizung)
- Förderanträge, z.B. KfW oder Landesförderprogramme stellen
(Unterlagen: abhängig vom Förderprogramm)

Nach der Installation:

- Antrag KWK-Bonus beim Bundesamt für Außenwirtschaft (BAFA) stellen.
(Unterlagen: Inbetriebnahmeprotokoll, Datenblatt des Systems)
- Gegebenenfalls: Eröffnungsfragebogen des Finanzamts zur Aufnahme einer
steuerpflichtigen Tätigkeit.

Jährlich einzureichen:

- Bei Gas-, HEL- oder Flüssiggasbetrieb: Antrag auf Vergütung der Energiesteuer aufgrund
der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme beim zuständigen Hauptzollamt stellen
(Unterlagen: Datenblatt des Systems, Nachweis des Wirkungsgrades, Ermittlung des
Brennstoffeinsatzes)
- Mitteilung an das Bundesamt für Außenwirtschaft über die eingespeiste Strommenge zur
Vergütung des KWK-Zuschlages (bis zum 31.03. des Folgejahres)
Unterlagen: Formular des BAFA
- Gegebenenfalls: Umsatzsteuerjahreserklärung

Wird die Anlage auf Basis des EEG betrieben, sind folgende Schritte notwendig:

Vor der Installation:

- Antrag auf Anschluss einer Eigenerzeugungsanlage beim örtlichen Netzbetreiber
(Unterlagen: Datenblatt des Systems, Unbedenklichkeitserklärung, Konformitätserklärung)
- Genehmigung der Abgasführung durch Bezirksschornsteinfegermeister
(Unterlagen: Datenblatt der Abgaswerte, Zulassung der Abgassystems)
-> ein Vor-Ort-Termin ist ratsam
- Förderanträge, z.B. KfW oder Landesförderprogramme stellen
(Unterlagen: abhängig vom Förderprogramm)
- Gegebenenfalls: Eröffnungsfragebogen des Finanzamts zur Aufnahme einer
steuerpflichtigen Tätigkeit.

Nach der Installation:

- Anzeige der Inbetriebnahme beim örtlichen Netzbetreiber, klären der Vergütungsmodalitäten (Abschlagszahlungen, Jahresabrechnung) mit Abschluss eines Einspeisevertrages
- Gegebenenfalls: Umsatzsteuerjahreserklärung.

Die jährliche Abrechnung erfolgt aufgrund der eingespeisten Strommenge.

Fazit

Der Aufwand, um für Strom erzeugende Heizungen eine Förderung nach KWKG 2002 zu erhalten und die steuerlichen Vorteile nutzen zu können, ist im Verhältnis zum erzielten Ertrag (einige hundert Euro pro Jahr) recht hoch. Die Abrechnungsmodalitäten schrecken viele potentiellen Anwender ab.

Da keine drastische Vereinfachung der, insbesondere steuergesetzlichen, Regelungen zu erwarten ist, könnte die Komplexität der Behandlung ein Ansatzpunkt für Angebote entsprechender Energiedienstleister sein.

9 Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

9.1 Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Wirtschaftlichkeit einer Maßnahme kann allgemein nach Aufwand und Nutzen beurteilt werden, bei Investitionsgütern erfolgt dies in der Regel nach monetären Kriterien. Dabei bilden die Investitions- und Betriebskosten den Aufwand, geldwerte Vorteile den Nutzen. Wo die „Systemgrenze“ für geldwerte Vorteile gezogen wird, hängt von der Sichtweise und Profession der „Bewertenden“ ab. Die Systemgrenze kann der Heizungskeller (Endkunde), aber auch die allgemeinere Umwelt mit Ziel Schonung der Ressourcen (Gesellschaft) sein. Insofern können Strategien zur Minderung der CO₂-Emissionen durchaus Bedeutung als geldwerter Vorteil erlangen, für den Endkunden in Form einer Bonus-Vergütung, für die Gesellschaft durch Minderung der Technikfolgekosten.

Im Bereich Energie ist die Verfahrensweise bei der Wirtschaftlichkeitsberechnung gebäude-technischer Anlagen umfänglich in der VDI 2067 beschrieben.

Die folgenden Betrachtungen zur Wirtschaftlichkeit basieren auf der sog. Annuitätenmethode. Die Annuität bzw. der Annuitätsfaktor ist abhängig vom Zinssatz (des Leihkapitals) und der Laufzeit des Kredits. Die Annuität gibt die jährliche monetäre Belastung aus Zins und Tilgung über die gewählte Kreditlaufzeit an.

Bei der Annuitätenrechnung werden über die Investitionssumme, den Zinssatz und die Kreditlaufzeit gleiche Jahresraten (Annuitäten) ermittelt. Die Summe aller Jahresraten ist um die während der Laufzeit gezahlten Zinsen größer als der Investitionsbetrag. Die Berechnung berücksichtigt den Zinsaufwand, nicht aber positive oder negative Teuerungsraten. Diesen investiven Jahresraten werden jährliche Betriebskosten zugerechnet und mit dem geldwerten Vorteil, der sich durch die Investitionsmaßnahme ergibt (zum Beispiel Stromkosteneinsparung), verglichen.

Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird zur besseren Vergleichbarkeit festgelegt, dass die Investition zu 100% über einen Bankkredit finanziert wird.

Für Strom erzeugende Heizungen halten wir einen modifizierten Ansatz zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit für sinnvoll. Eine Gebäude-Heizungsanlage ist eine in der Regel nicht entbehrliche Technologie zur Raumwärme- und ggf. Trinkwarmwasserversorgung. Wird eine Heizungsanlage neu errichtet bzw. bei der Sanierung eines Gebäudes erneuert, zählt die Investition in die Heizungsanlage zu den sog. Sowieso-Maßnahmen.

Eine Strom erzeugende Heizung (SEH) liefert neben der Wärmebereitstellung zusätzlich Strom. Also müssen sich die Mehrkosten einer SEH direkt aus dem geldwerten Vorteil der Stromseite beurteilen lassen. Anders formuliert können aus der Angabe der Randbedingungen (wie zum Beispiel Betriebs- und Kreditkosten) - über die Wirtschaftlichkeitsrechnung - Investitionsmehrkosten ermittelt werden. Diese Investitionsmehrkosten geben an, um welchen Betrag eine Strom erzeugende Heizung teurer sein darf als eine konventionelle Heizungsanlage („tolerierbare Investitionsmehrkosten“).

9.2 Rahmendaten der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung bei SEH

Die Strom erzeugenden Heizungen (SEH) können bei der Wärme- und Stromversorgung von Gebäuden je nach gewählter Anlagentechnik und hydraulischer Einbindung in das Gesamtsystem - je Aggregat - einen Wärmebedarf zwischen 10.000 bis 60.000 kWh/a, im Maximalfall bis ca. 90.000 kWh abdecken.

Die zeitgleich erzeugte Strommenge folgt aus der Stromkennzahl (SK) der betrachteten SEH-Anlage. Gemäß Definition der SEH ist die elektrische Leistung auf 5 kW_{el} beschränkt.

Je nach Laufzeit und Stromkennzahl einer SEH-Anlage erreicht der geldwerte Vorteil aus der Stromproduktion einige Hundert Euro bis zu einigen Tausend Euro pro Jahr. Davon zu subtrahieren sind die Kosten für den Energieeinsatz der Stromproduktion sowie Instandhaltung und Wartung.

Die Randbedingungen für Laufzeit und Kreditkonditionen sind für die folgenden Betrachtungen als konstant angenommen worden, um die Variationen auf die wesentlichen Parameter (Sensitivitätsanalyse) zu beschränken.

Fixe Parameter der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:

• Laufzeit:	15,0	Jahre
• Zinssatz (Kredit)	4,5	%
• Teuerungsrate	0,0	%
• Vergütung selbstgenutzter Strom (ohne Energiesteuer)	16,5	ct/kWh _{el}
• Vergütung eingespeister Strom (ohne Energiesteuer)	8,9	ct/kWh _{el}
• Energiesteuer Erdgas ($0.55 \text{ ct/kWh}_{\text{el}} \times 1.11 \text{ Ho/Hu}$)	0,61	ct/kWh _{Endenergie}
• Thermischer Gesamtwirkungsgrad	90,0	%

Die Vergütung für eingespeisten Strom setzt sich dabei aus dem Baseload-Preis der Strombörse Leipzig (EEX) von ca. $2,7\text{--}6,5 \text{ ct/kWh}_{\text{el}}$ der Vergütung aus dem KWKG-Gesetz für Anlagen bis $50 \text{ kW}_{\text{el}}$ von $5,11 \text{ ct/kWh}_{\text{el}}$ (wird nur für die Dauer von 10 Jahren gezahlt) sowie dem Entgelt für vermiedene Netznutzung $1,07 \text{ ct/kWh}_{\text{el}}$ zusammen. Da in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Wegfall der KWKG-Vergütung nach 10 Jahren keine Berücksichtigung findet, wurde mit einem mittleren Preis für eingespeisten Strom in Höhe von $8,50 \text{ ct/kWh}_{\text{el}}$ gerechnet.

Die Datenfenster für die Bewertung der Wirtschaftlichkeit von SEH-Anlagen reichen von:

• Wärmebedarf:	10.000 – 60.000	kWh/a
• Stromkennzahl SEH:	10-42	%
• Anteil Eigenstromdeckung:	60-80	%
• Wartungskosten (Fixpreis):	150 - 330	€/a
• Wartungskosten (variable Kosten):	0 – 4	ct/kWh _{el}
• Eigen-Strombedarf (Gebäude)	3.500 – 20.000	kWh/a
• Energiekosten (Endenergie)	3,5 – 9,0	ct/kWh _{HU}

Die meisten der verfügbaren Strom erzeugenden Heizungen werden mit Erdgas betrieben, daher sind die vergleichenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen auf Basis des Energieträgers Erdgas durchgeführt worden.

Die Energiesteuer Erdgas beträgt lt. Gesetzgeber für die zum Betrieb der KWK bzw. SEH-Anlage eingesetzte Endenergie $0,0061 \text{ €/kWh}_{\text{HU}}$ ($0,0055 \text{ €/kWh}_{\text{HO}} \times 1.11 \text{ Ho/Hu}$), sofern die Anlage einen Jahresnutzungsgrad von 70% erreicht, was bei wärmegeführten KWK-Anlagen gegeben ist. Aus der Stromkennzahlkopplung ergeben sich für die Strom erzeugenden Heizungen (abhängig von der Stromkennzahl und dem Gesamtwirkungsgrad) die folgenden Vergütungssätze der Energiesteuer (Basis Erdgas $0,0061 \text{ €/kWh}_{\text{HU}}$, thermischer Wirkungsgrad 90%):

- | | |
|---------------------------------------|--------------------------|
| • SEH Erdgas, Stromkennzahl SK = 0,10 | 7,4 ct/kWh _{el} |
| • SEH Erdgas, Stromkennzahl SK = 0,16 | 4,9 ct/kWh _{el} |
| • SEH Erdgas, Stromkennzahl SK = 0,32 | 2,8 ct/kWh _{el} |
| • SEH Erdgas, Stromkennzahl SK = 0,42 | 2,3 ct/kWh _{el} |

9.3 Ergebnisse / Vergleichswerte / Sensitivitätsanalysen

Die folgenden Diagramme weisen tolerierbare Investitionsmehrkosten (siehe oben) für die Anlagentechnik der Strom erzeugenden Heizungen (SEH) aus. Die Berechnungen wurden ausschließlich für SEH auf Basis Energieträger Erdgas durchgeführt, folgende Parameter wurden in ihrem Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit untersucht:

- Laufzeit / Energiebedarfsdeckung
- Stromkennzahl
- Wartungskosten
- Deckungsanteil Eigenstrom
- Energiekosten
- Einspeisevergütung / CO₂-Bonusvergütung

Wartungskosten

Die erste Darstellung zeigt den Verlauf „tolerierbarer Investitionsmehrkosten“ für zwei SEH-Aggregate unterschiedlicher Bauweise. Die Stromkennzahlen der Aggregate betragen – deutlich unterschiedlich – 16% und 42%. Das Aggregat mit höherer Stromausbeute erlaubt generell höhere Investitionsmehrkosten, da der geldwerte Vorteil über den Stromerlös größer ist. Allerdings sind mit den verschiedenen Bauweisen der Aggregate auch unterschiedlich hohe Wartungskosten verbunden.

Während der Hersteller mit dem Gerät geringerer Stromkennzahl (SK 16%) für die Wartungskosten einen Fixpreis von ca. 330 €/a nennt, bemessen sich die Wartungskosten des Aggregates mit der Stromkennzahl 42% direkt proportional zum Energieertrag (4 ct/kWh_{el}).

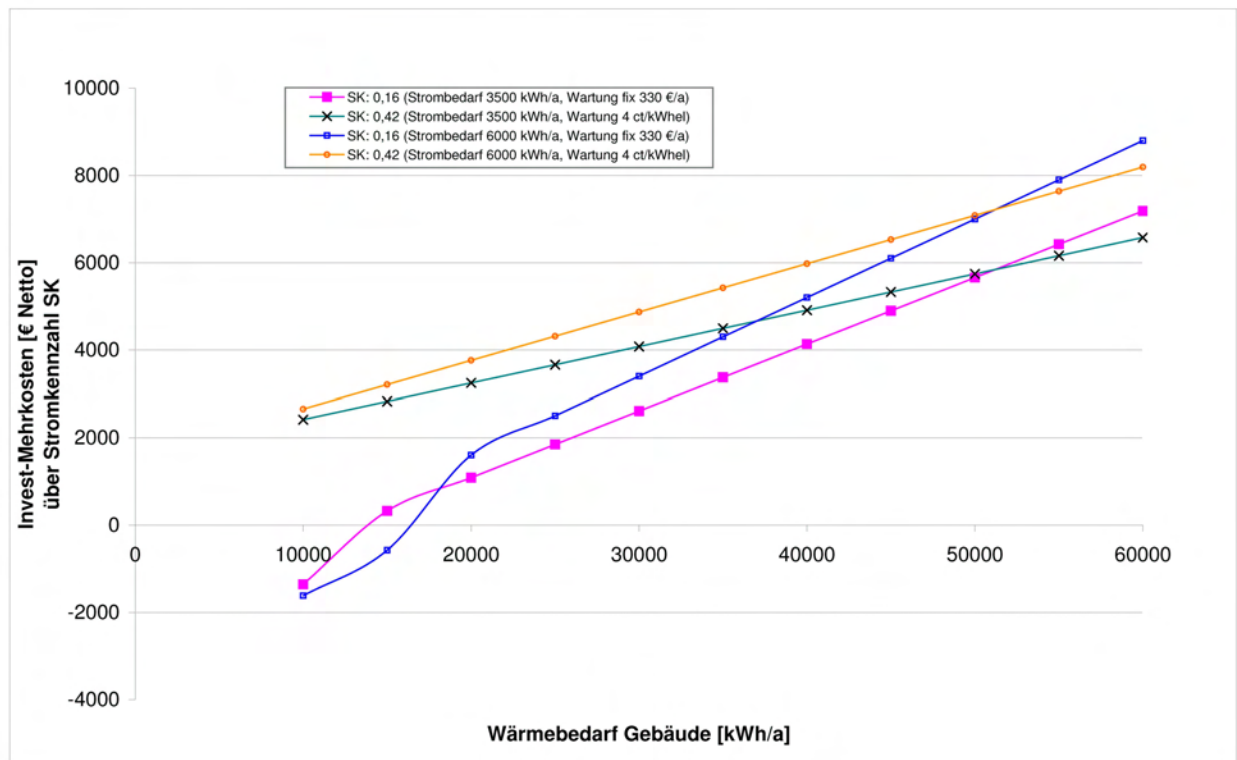


Bild 9.1: Einfluss der Wartungskosten und des Eigenstrombedarfs auf die tolerierbaren Investitionsmehrkosten.

Aus diesem ersten Bild lassen sich, gültig für die aktuellen Marktbedingungen, grundlegende Schlussfolgerungen für die Entwicklung der SEH ziehen:

- Die tolerierbaren Investitionsmehrkosten bei SEH mit niedriger Stromkennzahl erreichen erst ab etwa 30.000 kWh Wärmebedarf eine Größenordnung (ca. 3000-4000 €), die für den anlagentechnischen Mehraufwand einer Strom erzeugenden Heizung realistisch erscheint.
- Bei geringer Stromkennzahl und zugleich geringem Wärmebedarf des Gebäudes wird nur ein geringer geldwerter Vorteil auf der Stromseite erwirtschaftet, so dass schon eine jährliche Wartungskostenpauschale von ca. 330 € den wirtschaftlichen Überschuss aufbraucht. Bei einer Halbierung der Wartungskostenpauschale (Anlage SK 16%) wäre bei einem Jahreswärmebedarf von ca. 15.000 kWh immerhin ein Investitionsmehrpriß von ca. 2.000 € (SK 16%) bzw. ca. 4.200 € (SK 42%) möglich.
- Anlagen mit hoher Stromkennzahl können – wenn sie mit geringen Investitions-Mehrkosten (ca. 2.000 €) auf dem Markt erhältlich sind – auch bei geringem Jahres-Heizwärmebedarf (zum Beispiel bis 15.000 kWh/a) erfolgreich betrieben werden.
- Eine Verbesserung der Marktbedingungen zum Beispiel durch eine Bonusvergütung über die eingesparten CO₂ Emissionen verbessert die Marktchancen erheblich, wie die folgende Abbildung zeigt.

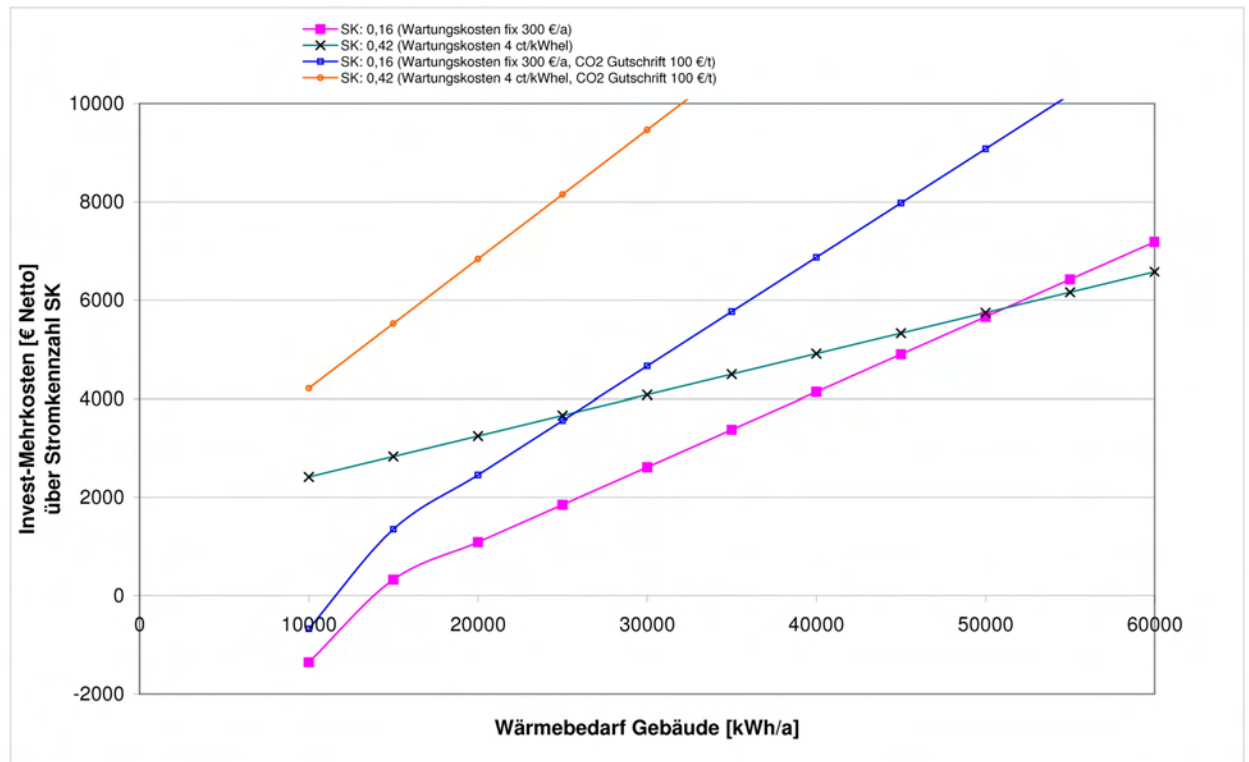
CO₂-Bonusvergütung

Bild 9.2: Einfluss CO₂-Bonusvergütung (Gutschrift 100 €/t) auf die tolerierbaren Investitionsmehrkosten.

Das Bild 9.2 zeigt den positiven Einfluss einer zusätzlichen monetären Förderung (CO₂-Gutschrift) auf die Tolerierung marktfähiger Preise. Es wurde eine Vergütung von 100 € pro eingesparter Tonne CO₂ angerechnet. Je höher die Stromkennzahl, umso vorteilhafter wirkt dieses Förderinstrument.

Abzuwägen bei jeglichem Förderinstrument bleibt, zum einen den positiven Einfluss von Strom erzeugenden Heizungen auf die Energieeffizienz zu würdigen, ohne den bürokratischen Aufwand unangemessen zu steigern.

Ein einfaches, altbekanntes und gefordertes Förderinstrument ist die Aufhebung der Zählersperre, so dass Strom bidirektional an der Netzschnittstelle fließen kann. Damit werden allerdings nur die Stromerträge gefördert, die in das öffentliche Versorgungsnetz abfließen.

Bei der hier gewählten Beispielvergütung von 100 €/t CO₂ wirkt das Förderinstrument stärker als eine Förderung über Aufhebung der Rücklaufsperr. Für SEH mit geringer Stromkennzahl stellt ein bidirektionaler Zählerbetrieb nur eine geringe Förderung dar, weil aufgrund der geringeren Stromproduktion außerhalb der Eigennutzung nur wenig Strom in das öffentliche Netz eingespeist wird. Im Vergleich mit der aktuell existierenden Energiesteuer-Rückerstattung ist der Effekt kaum auszumachen (siehe Bild 9.3).

Aufhebung der Zählersperre

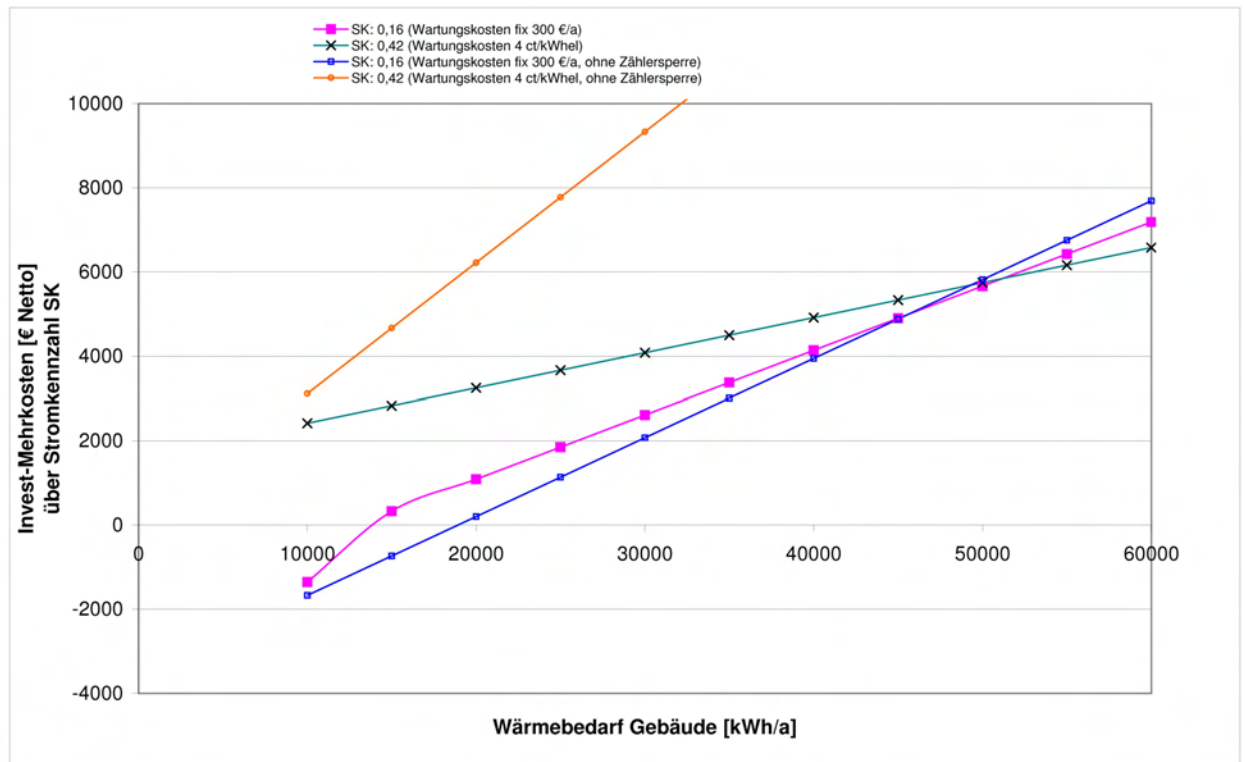


Bild 9.3: Verzicht auf Zählersperre und Einfluss auf die tolerierbaren Investitionsmehrkosten.

Eine Förderung in Form einer CO₂-Gutschrift (wie in Bild 9.2 gezeigt) wirkt auf sämtliche produzierten Stromerträge und ist damit auch effektiver bei SEH-Anlagen mit geringer Stromkennzahl.

Energiepreissteigerungen

Einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit von Strom erzeugender Heizungen hat der wärmeseitige Energiepreis, da dieser direkt die Betriebskosten wesentlich bestimmt.

Die beiden folgenden Bilder vergleichen eine Energiepreiserhöhung für den Endenergieträger Erdgas von 5 Ct/kWh auf 8 Ct/kWh. Zusätzlich werden die Wartungskosten variiert.

Die SEH-Anlage (SK 16%) wird vom Hersteller mit einer fixen Wartungspauschale von 300 €/a, die SEH-Anlage (SK 42%) auf Basis eines Gas-Otto-Motors mit höheren Wartungspauschalen (4 ct/kWh) angegeben. Die Variation der Wartungskosten wird für einen Ansatz von 100% und 50% gerechnet.

Bei einer so deutlichen Zunahme des Energiepreises ohne Änderung sonstiger Randbedingungen wie zum Beispiel Vergütung des eingespeisten Stroms besteht für SEH-Anlagen mit hohen Stromkennzahlen und stromproportionalen Wartungskosten die Gefahr, dass – wie die Abbildung zeigt – kein wirtschaftlicher Betrieb mehr möglich ist.

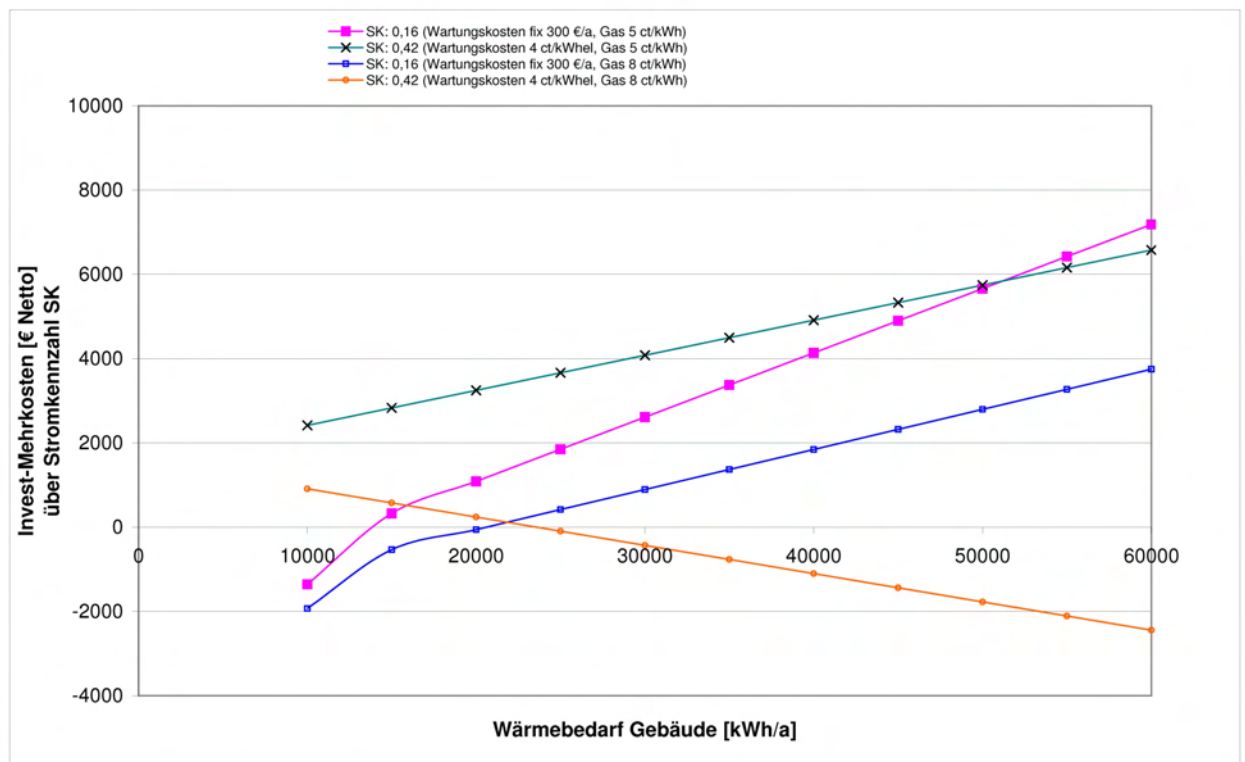


Bild 9.4: Energiekostenerhöhung und Wartung übersteigt Stromerlöse.

Im Bereich Bild links (bei geringem Wärmebedarf des Gebäudes) kann eine SEH mit Stromkennzahl 42% bereits einen erheblichen Teil des Stromeigenbedarfes erbringen. Mit steigendem Wärmebedarf erhöht sich zwar der Anteil der Eigenstromdeckung geringfügig, der größere Teil des produzierten Stroms wird jedoch in das Öffentliche Netz eingespeist. Bei der Annahme Gaspreis 8 ct/kWh und stromproportionalen Wartungskosten (4 ct/kWh_e) übersteigen diese Betriebskosten den Stromerlös umso mehr, je mehr Strom eingespeist wird.

Der volkswirtschaftliche Gewinn höherer Energieeffizienz und verminderter CO₂-Emissionen würde mit wirtschaftlichen Negativwerten erkaufte, dem wird kein unternehmerischer Erfolg beschieden sein, der Betreiber wird die Anlage nur noch so fahren, dass eine möglichst gute Deckung seines Strom-

Eigenbedarfs gegeben ist, aber Strom nach Möglichkeit nicht für das Öffentliche Netz zur Verfügung gestellt wird.

Auch die Anlage mit der geringen Stromkennzahl verschlechtert ihre Wirtschaftlichkeit bei steigenden Wärme-Energiepreisen, jedoch wird jeder kWh Strom nominal über die Energiesteuer aufgrund der geringeren Stromkennzahl besser vergütet.

Sucht man nach Verbesserungen dieser monetär ungünstigen Situation, so bieten sich drei Möglichkeiten:

- (1) Verbesserung der Vergütung eingespeisten Stroms (Gesetzgeber)
- (2) Senkung der Wartungskosten (Hersteller)
- (3) Akquirierung weiterer Stromabnehmer im Umfeld der Anlage, Arealversorgung (Betreiber)

Der positive Effekt eines CO₂-Bonus wurde bereits weiter oben erläutert. Die Auswirkungen einer Halbierung der Wartungskosten zeigt die folgende Abbildung.

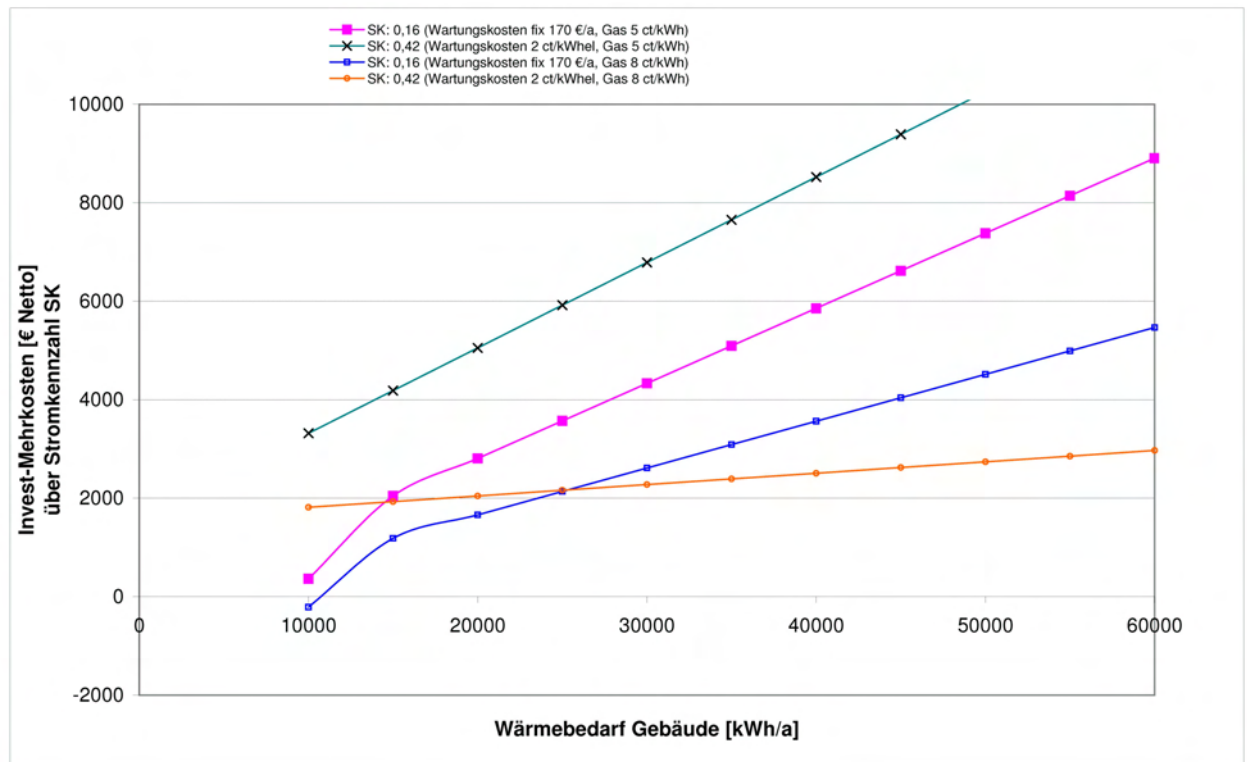


Bild 9.5: Verbesserung der Betriebsbedingungen durch Halbierung der Wartungskosten

Fazit:

Ob eine Strom erzeugende Heizung (SEH) wirtschaftlich vorteilhaft betrieben werden kann, hängt wesentlich, wie bei größeren KWK-Anlagen, von den Jahresbetriebsstunden und damit von dem abzudeckendem Wärmebedarf des Gebäudes ab. Je kleiner der Wärmebedarf, umso stärker reagiert die Wirtschaftlichkeit auf Nebenkosten, wie zum Beispiel Wartung, durch die ein knappes Erlösbudget möglicherweise über die Maßen belastet wird. Das Fenster tolerierbarer Investitions-Mehrkosten ist umso kleiner, je geringer der Jahreswärmebedarf des Gebäudes ist.

SEH in der Bauweise mit niedrigen Stromkennzahlen erlauben für besonders energiesparende Gebäude (kleiner Wärmebedarf) nur geringe Mehrkosten.

Um die erforderlichen Preiskorrekturen im Markt zu erzielen, muss der Absatz von SEH-Systemen erheblich in Richtung industrielle Serienfertigung gesteigert werden. Diese Initialzündung erfordert nach Ansicht der Autoren eine einfache, aber geeignete gleichberechtigte monetäre Förderung.

10 Befragung der Akteure

Mit der Befragung der Akteure sollte exemplarisch sowohl der Stand der Markteinführung sowie bestehende Hemmnisse und Hindernisse identifiziert und evaluiert als auch die Erwartungen an die zukünftige Entwicklung der SEH-Anlagen im Bereich bis 5 kW_{el} ermittelt werden.

10.1 Vorgehensweise

Die Interviewpartner wurden so ausgewählt, dass sie inhaltlich wesentliche Wissens- und Anwendungsgebiete beim Einsatz von SEH-Systemen abdecken konnten. Die befragten Akteure lassen sich in folgende Berufsgruppen einteilen:

- | | |
|--|---------------------------------------|
| • Betreiber | (Endkunde) |
| • Contractoren | (Dienstleister) |
| • Handwerksfirmen / Installateure | (Dienstleister) |
| • Handwerksfirmen / Geschäftsführer | (Dienstleister) |
| • Fachlehrer / Fachpersonal | (Berufsschule) |
| • Technischer Kundendienst | (Großhändler) |
| • Technischer Kundendienst | (Hersteller) |
| • Technische Redakteure | (Hersteller) |
| • Vertriebsbeauftragte | (Hersteller) |
| • Referats- bzw. Amtsleiter Stadtwerke | (Versorger) |
| • Architekten / Ingenieure | (Multiplikatoren / Projektentwickler) |
| • Prüf- und Entwicklungsingenieure | (Forschung) |

Die Interviews erfolgten nicht mit festen Fragen, sondern anhand eines erarbeiteten Interviewleitfadens in freier Rede (narrative Interviews) und wurden sowohl persönlich als auch telefonisch durchgeführt. Die Ergebnisse der Befragungen wurden dokumentiert und textlich ausgewertet.

10.2 Fragenkatalog / Leitfaden

Die folgenden Fragen stellen einen Auszug aus dem gesamten Fragenkatalog dar. Es wurde u.a. gefragt:

- Wie würden Sie „Mikro-KWK“ definieren?
- „Strom erzeugende Heizung“, ist das für Sie begrifflich das gleiche wie Mikro-KWK?
- Wenn vorhergehende Frage mit „nein“ beantwortet wurde, wo sehen Sie Unterschiede zwischen Mikro-KWK und „Strom erzeugenden Heizungen“?
- Wodurch sind Sie auf Strom erzeugende Heizungen aufmerksam geworden?
- Wie wichtig schätzen Sie die verfügbare Stromkennzahl bei den verschiedenen SEH-Anlagen ein?
- Was sind ihrer Einschätzung nach die größten technischen Schwierigkeiten bei der Markteinführung von SEH-Anlagen?
- Wenn eine staatliche Förderung der SEH-Markteinführung vorgesehen werden sollte, welche Art der Förderung würden Sie favorisieren?
- Wie kann das Wartungskonzept für SEH-Anlagen aussehen? Inwieweit ist z.B. Fernwartung

möglich? Wie müssten die Servicestellen gestreut sein?

- Info: Jährlich werden in Deutschland ca. 500.000 Heizkessel erneuert.
Ist für Sie vorstellbar, dass in 10 Jahren 1/5 dieser Geräte durch Mikro-KWK oder Strom erzeugende Heizungen ersetzt wird?
- Damit eine solche Entwicklung stattfinden kann, welches wären wichtige Randbedingungen für einen erfolgreichen Start?
- Ist ein 100.000 Heizungskeller-Programm ähnlich wie seinerzeit bei PV sinnvoll?
- Welchen Anteil bei der Strombedarfsdeckung sehen Sie für SEH-Anlagen in Deutschland als möglich an?
- Ist es volkswirtschaftlich sinnvoll, dass Strom erzeugende Heizungen im kleinen Maßstab Strom in das Öffentliche Versorgungsnetz einspeisen?
- Die Einspeisemodalitäten für Strom erzeugende Heizungen und für große BHKW sind gleich, für Strom erzeugende Heizungen ist ein solcher Modus bei einigen Hundert EUR wirtschaftlichem Vorteil unverhältnismäßig.
Wie könnte eine sinnvolle Regelung der Einspeisevergütung bzw. Stromproduktion für diese kleinen KWK-Aggregate aussehen?
- Ein Einsatz von SEH in Einfamilienhäusern ist abrechnungstechnisch – wenn auch mit viel bürokratischem Aufwand – lösbar.
Wie sehen Sie die Problematik Mehrfamilienhaus und Stromlieferung, ist dies für Investoren abrechnungstechnisch zu bewältigen?
- Wo sehen Sie die wesentlichen Barrieren für den Einsatz Strom erzeugender Heizungen bei Mehrfamilienhäusern?
- Braucht es eine neue Kategorie Ausbildungsberuf, Heizung und Elektro in der Ausbildung zu kombinieren?
- Können Strom erzeugende Heizungen auch über Contractor-Gesellschaften in größerem Umfang realisiert werden?
- Ist die elektrische Leistung bei einem vermehrten Einsatz von Strom erzeugenden Heizungen kalkulierbar bzw. abrufbar?
- Ist eine Verbund-Kommunikation via Internet o.ä. sinnvoll / vorstellbar, um Effizienz, Verfügbarkeit oder Wirtschaftlichkeit zu optimieren?
- Ist eine Kombination Kühlen aus KWK-Wärme für Strom erzeugende Heizungen eine Marktalternative?
Oder betrifft das Kühlen von Häusern nur südliche Länder?
- Welche manpower muss ein Hersteller von Strom erzeugenden Heizungen bereitstellen, um auf dem Markt Fuß fassen zu können?
Ist eine solche Anstrengung auch kleinen Firmen (Mittelstand) zuzutrauen, oder kann dies nur von großen renommierten Herstellern geleistet werden?
- Ist Notstromversorgung ein Marktaspekt für Strom erzeugende Heizungen?
- Welche wirtschaftlichen Chancen sehe Sie in der Technologie Strom erzeugender Heizungen, im Allgemeinen und insbesondere für ihren Betrieb / ihre Anwendung?

10.3 Ergebnisse

Handwerk

Es wurden Handwerksunternehmen im Raum Nordhessen befragt, die sich fast alle schon seit Jahren mit Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energie und zur Energieeffizienz befassen. Es handelt sich vor allem um inhabergeführte Unternehmen mit bis zu 10 Beschäftigten. Größere Unternehmen zeigten wenig Interesse an einer Befragung zum Thema SEH, da sie entweder noch keine Erfahrung in diesem Bereich aufweisen konnten, und/oder in diesem Feld keinen lohnenden Geschäftsbereich sehen.

Ausbildung

Für engagierte Handwerker bieten sowohl einige Hersteller als auch Versorgungsunternehmen Schulungen für SEH-Anwendungen an. Motiviert durch Kundenanfragen besteht Interesse am Erwerb von zusätzlichem Wissen in diesem Technologiefeld. Im Rahmen der grundständigen Berufsausbildung wird diese Technologie bisher nur kurz umrissen. Im nächsten Jahr plant eine der befragten Berufsschulen den Aufbau eines Experimentierplatzes für eine SEH-Anlage.

Kundenakquisition

Die befragten Handwerksunternehmen haben bisher keine aktive Vermarktung von SEH-Anlagen betrieben. In zwei Fällen wurden Muster zeitlich befristet in den Ausstellungsbereich übernommen und einmal ein Fachvortrag SEH im Rahmen eines Gesamtprogramms Energieeffizienz vom Handwerksbetrieb organisiert.

Die installierten Anlagen wurden auf Kundennachfrage angeboten und installiert. Keiner der befragten Handwerker verfügt über eine eigene Beratungskompetenz in Form eines Planungs- oder Auslegungswerkzeuges.

Einschätzung der aktuellen Marktsituation

Da im Bereich der Ein- und Mehrfamilienhäuser das Handwerk in vielen Fällen die Schnittstelle zum Endkunden darstellt, war es wichtig, hier zu erfahren, wie das Thema SEH an dieser Stelle wahrgenommen wird. Zurzeit überwiegt eine Skepsis bezüglich des Einsatzes von SEH-Anlagen in größeren Stückzahlen. Diese Haltung wird durch folgende Faktoren begründet:

- mangelnde Unterstützung durch die Hersteller bei der Umsetzung
Die Hersteller von Anlagen im Leistungsbereich bis 2 kW_{el} verfügen Ende 2007 über keine flächendeckende Vertriebsstruktur, wie Werksvertretungen oder Partner im Großhandel. Lediglich bereits etablierte Hersteller von SEH Anlagen, die aufgrund ihrer Größe für viele Einfamilienhäuser eher nicht geeignet sind, verfügen über entsprechende Vertriebs- und Servicenetze. Dadurch ist nicht immer eine zeitnahe Unterstützung des Handwerkers vor Ort beim Kunden (Ersatzteilservice, Montageunterstützung, etc.) gewährleistet, so dass die Installation von SEH-Anlagen für den Heizungsbauer mit einem hohen Risiko verbunden ist. Im Falle von auftretenden Schwierigkeiten wendet sich der Kunde an das Handwerksunternehmen, das die Anlage installiert hat. Kann der Handwerker dann nicht auf einen guten Herstellerservice zurückgreifen, ist schnell ein verärgelter Kunde produziert und der Ruf des Unternehmens beschädigt.
- Unzureichende Produktunterlagen und Schulungsmöglichkeiten
Unterlagen zur Installation und zur Wartung der Anlagen von neuen Marktteilnehmern liegen

in vielen Fällen noch nicht vollständig vor. Ein Gelingen der Umsetzung ist stark vom Engagement des installierenden Betriebes abhängig. Schulungen werden bisher nur sehr unregelmäßig und an zentralen Orten angeboten

- **Aufwändige Abrechnung / unsichere Ertragssituation**
Der Verwaltungsaufwand für eine SEH-Anlage wird von den Kunden als sehr hoch im Verhältnis zum Ertrag angesehen.
- **Informationsstand der Kunden**
Durch die aktuelle Diskussion und Beiträge in Tageszeitungen und der „Kioskliteratur“ zum Thema „Kraft-Wärme-Kopplung im Einfamilienhaus“ häufen sich Anfragen nach diesen Technologien. Oft verfügt der Kunde über ein größeres „angelesenes Wissen“ als der Handwerker, der sich aufgrund seines Alltagsgeschäftes selten mit Details von KWK-Technologien befassen kann.

Fazit Handwerk

Bis auf wenige engagierte Einzelpersonen, die aus fachlicher Motivation an einer Ausweitung ihres Geschäftsfeldes interessiert sind, beschäftigen sich viele Handwerksunternehmen erst bei aktuellen Kundenanfragen mit Strategien und Produkten im Bereich der Strom erzeugender Heizungen.

Die Notwendigkeit, bei der Installation von SEH-Systemen Gewerke übergreifend tätig werden zu müssen (Stromeinspeisung, Elektro-Unterverteilung), ist für viele Handwerksbetriebe im Heizungsbau Neuland. Die Zentralverbände der Heizungs- und Elektroinnung (ZVSHK und ZVEH) haben bereits im Jahr 2002 eine Vereinbarung über eine gegenseitige Anerkennung von Meistertiteln getroffen. So kann nach der erfolgreichen Absolvierung einer Fortbildung mit einem Umfang von 240 Stunden der Meistertitel des jeweils anderen Berufsstands anerkannt werden.

Liegt die Qualifikation des installierenden Handwerksbetriebes nicht für beide Gewerke vor, so werden die Gewerke fremden Arbeiten im Rahmen eines Unterauftrages durch einen entsprechenden Fachbetrieb abgewickelt.

Einige sehr engagierte Fachbetriebe erhoffen sich einen höheren Umsatz von SEH-Anlagen in naher Zukunft. Sobald sich größere Marktaktivitäten entwickeln, werden auch die Betriebe nachziehen, die bisher noch kein Interesse an dieser Technologie gezeigt haben.

Für Handwerksbetriebe ist es wichtig, dass der Monteur vor Ort sich mit der Technik identifiziert. Dazu bedarf es engagierter Herstellerschulungen. Eine ablehnende Haltung des Monteurs zur Technik führt zu unnötigen Schwierigkeiten.

Hersteller

Bei den befragten Herstellern handelt es sich mehrheitlich um Anbieter der SEH-Anlagen. Es wurden aber ebenso Gespräche mit Vertretern von etablierten Herstellern von Heiztechnik zum Potenzial der SEH geführt.

Hersteller SEH-Anlagen

Diese Unternehmen befinden sich fast alle in einer Phase der Markteinführung und verfügen in der Regel nur über geringe finanzielle Ausstattung. Die handelnden Personen zeigen schon seit Jahren einen sehr hohen persönlichen Einsatz zur Erreichung ihrer Ziele und des Unternehmenserfolges.

Der Mitarbeiterstamm versteht sich als Team und lebt zumeist den gleichen Pioniergeist in der Firma wie die Firmenleitung.

Wir konnten feststellen, dass die kleinen selbständigen Hersteller am Markt vorsichtig auftreten, um ihre technische Entwicklung der Marktentwicklung anzupassen.

Ein Problem haben junge Firmen zumeist mit der Finanzierung, da Bankenkredit im erforderlichen Maß nicht gewährt wird.

Markteinführungsprogramm

Seitens dieser Unternehmen wird mehrheitlich ein staatliches Impulsprogramm als Initialzündung für diesen Markt gewünscht. Neidvoll wird auf die Entwicklung der Photovoltaik-Industrie verwiesen, die vor Einführung des EEG sich in einer ähnlichen Lage befand, wie heute die Pioniere im Bereich SEH. Auf einem anderen Weg wird es als sehr schwierig eingeschätzt, die gewünschte Preisdegression zu erreichen und damit diese Systeme für einen Massenmarkt zugänglich zu machen.

Die Hersteller verweisen im gleichen Zug aber auf Zeit- und Absatzprobleme ab dem Tag, an dem eine neue Förderung angekündigt wird bis zu deren in Kraft treten. Denn in einem solchen Zeitraum werden Bestellungen storniert und der Markt ruht sofort bis zum Eintreten der neuen Förderung. Solche Wartezeiten ohne Verkauf mit Material- und Personal in Bereitschaft können sich zumindest die kleineren Firmen unter den SEH Anbietern nicht leisten.

Etablierte Heiztechnikhersteller

In den Entwicklungsabteilungen einiger Hersteller befinden sich zurzeit einige Systeme in der Erprobung. Um einen günstigen Marktpreis erzielen zu können, gibt es zurzeit Gespräche zur gemeinsamen Produktion eines Stirling-Systems (Übernahme des Know-hows eines SEH Herstellers, der im Frühjahr 2007 Insolvenz anmelden musste). Geplant ist die gemeinsame Produktion des Generators in hohen Stückzahlen, der dann in den Geräten einzelner Anbieter Verwendung finden kann. Auch gibt es Überlegungen, durch Zukauf oder Beteiligung an kleinen Unternehmen das Produktportfolio um SEH-Anlagen zu erweitern, sobald sich hierfür ein interessanter Markt entwickelt. Dieser Markt wird zurzeit allerdings noch nicht gesehen.

Versorger / Netzbetreiber

Gespräche wurden sowohl mit lokalen Versorgern als auch mit überregionalen Unternehmen geführt. Besonders bei den Gasversorgern besteht ein großes Interesse in der Einführung dieser Technologie, da dadurch der Gasabsatz deutlich erhöht wird und zumindest einige Umsatzeinbrüche durch Maßnahmen zur Energieeinsparung ausgeglichen werden können. Um Erfahrungen mit diesen Systemen zu sammeln führen alle Versorger Feldtests in ausgewählten Haushalten durch.

Die Möglichkeiten eines Verbundbetriebes (Aufbau eines virtuellen Kraftwerks) sind zurzeit nicht geplant und aufgrund der geringen Anzahl an Aggregaten zurzeit nicht absehbar.

Sollten sich die Anlagen in den Feldtests als zuverlässig erweisen, ist die Installation dieser Systeme über Contracting-Verträge und damit die Erweiterung bestehender Geschäftsfelder im Bereich Wärmeservice sehr interessant. Dies wird aber nur gelingen, wenn Anlagenkommunikation technisch so realisiert wird, dass sich eine Vielzahl von Anlagen mit geringem Personalaufwand überwachen lassen.

Endkunden

Über die befragten Heizungsbauer wurden Kontakte zu Endkunden aufgenommen, die an einem Austausch ihres Heizsystems Interesse angemeldet hatten. Die Installation einer SEH-Anlage wurde bisher nicht in Betracht gezogen, da hierüber keine Informationen vorlagen. Nach einer Beschreibung des Funktionsprinzips kam meist großes Interesse an einem Einsatz eines solchen Systems auf, da es möglich erschien, eine autarke Versorgung aufzubauen und von der zentralen Energieversorgung unabhängig zu sein.

Nach weitergehender Information über das konkrete Verfahren, die Aufklärung, dass ein Inselbetrieb und eine dementsprechende „autarke Versorgung“ bei den marktverfügbaren Geräten nicht möglich ist, erschien der Einsatz eines solchen Systems sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht als zu risikoreich.

Allerdings wären einige Kunden bereit gewesen, im Rahmen eines Contracting-Vertrages ein derartiges System zu betreiben.

Ausbildung und Forschung

Befragt wurden Berufsschulen im Raum Kassel und Vertreter des Bildungszentrums des Handwerks. Bisher spielt das Thema SEH noch keine Rolle, allerdings sind der nächsten Zeit Schritte geplant, um zu diesem Thema Ausbildungsinhalte anbieten zu können.

So plant eine Berufsschule den Umbau eines Experimentierplatzes für einen Öl-Heizkessel zur Schulungsplatz für SEHs und will das Thema mit in das Curriculum aufnehmen.

Das ISET (Institut für solare Energieversorgungstechnologie) hat im Jahr 2007 einen Prüf- und Teststand für SEHs errichtet, um unter anderem gemeinsam mit einem lokalen Versorgungsunternehmen Strategien zur Abdeckung von Spitzenlasten zu erarbeiten.

Sobald sich ein größerer Schulungs- und Forschungsbedarf abzeichnet, wären die Akteure im Bildungsbereich in Nordhessen in der Lage, diesen Bedarf recht zügig abzudecken.

Gesamtfazit (Kurzform) aus den durchgeführten Befragungen

Eine Strom erzeugende Heizung muss Geld verdienen können, dann wird die Nachfrage angeregt und der Markt kann sehr schnell explorieren. Die rahmenpolitischen Bedingungen müssen dafür aber erst noch geschaffen werden.

11 Anforderungen an Strom erzeugende Heizungen

Die Einbindung von Strom erzeugenden Heizungen (SEH) in die technische Ausrüstung von Gebäuden stellt Anforderungen, die zum Teil über den konventionellen Anschluss eines (zusätzlichen) Wärmeerzeugers hinausgehen. Diese Systemschnittstellen betreffen einerseits die Hardware, also die bauliche Integration der Anlage, andererseits auch die zusätzliche organisatorische Einbindung (z.B. Abrechnung der Stromerlöse).

Eine Strom erzeugende Heizung ist

- versorgungsseitig mit dem Energieträger (z.B. Erdgas, Pellets),
- hydraulisch mit dem Heizwassernetz,
- abgasseitig als Einzelsystem oder Kaskade,
- elektrisch als Stromerzeuger mit den erforderlichen Sicherheitsfunktionen

in ein bestehendes oder ein neues Heizsystem einzubinden. Die vorgenannte Aufzählung ist in den Einzelbestandteilen kein neues Terrain, nur die z.T. Gewerke übergreifende Kombination von Wärme und Strom ist Neuland bei den meisten Handwerksbetrieben.

Eine Strom erzeugende Heizung ist auch

- beim zuständigen Bezirkschornsteinfeger,
- beim zuständigen Energieversorger,
- bei der Bafa (KWK-Einspeisevergütung)
- und bei dem zuständigen Hauptzollamt (Vergütung Energiesteuer)

anzumelden.

Zur erfolgreichen Integration der SEH in dieses oben genannten „Schnittstellen“-Raster sind eine Reihe von Anforderungen zu erfüllen, diese betreffen vor allem Hersteller, Planer, Installateure und Betreiber.

In diesem Kapitel werden die Anforderungen an die Hardware von Strom erzeugenden Heizungen näher betrachtet, das Thema organisatorische Anforderungen findet sich in den Kapiteln 13 und 14 (Thesen zu Überwindung von Hemmnissen sowie Leitfaden).

11.1 Anlagentechnische Kombinationen für Strom erzeugende Heizungen

Vorab ein kurzer Überblick über mögliche anlagentechnische Kombinationen zur Einbindung von SEH in die technische Gebäudeausrüstung. In den Kombinationen ist berücksichtigt, dass SEH je nach Ausstattung sowohl wärmeseitig als Stand-Alone-Aggregate aber auch in Kombination mit zusätzlichen Wärmeerzeugern betrieben werden können. Das Thema Gebäudekühlung, indem Kältemaschinen (z.B. Absorptionskälte) über die in SEH erzeugte Wärme thermisch angetrieben werden und die Kühlung von Gebäuden ermöglichen, ist nicht Bestandteil der Betrachtung.

Für die anlagentechnische Einbindung wird zwischen „neuen Komplettanlagen“ und „Zubau einer SEH in eine Bestandsanlage“ unterschieden. Der Begriff „neue Komplettanlage“ vereint sowohl Anlagen im Neubau, als Stand-Alone oder Kaskaden-Betrieb, als auch komplette Sanierungen von Heizungsanlagen in Bestandsgebäuden. Der wesentliche Unterschied bei Integration einer SEH in eine Bestandsanlage ist im wesentlichen die Lösung der hydraulischen Einbindung, da die Randbedingungen des bestehenden Systems (hydraulische Kopplung, Pumpenhierarchien) gegeben

sind und die Einbindung unter Kostenoptimierungskriterien nach Möglichkeit ohne größere Nebenarbeiten erfolgen können soll.

Konzeptionelle Varianten SEH für „neue Komplettanlagen“:

- I. Strom: Öffentliches Netz,
Wärme: Stand-alone Betrieb mit Pufferspeicher
- II. Strom: Öffentliches Netz,
Wärme: Kombination mit Spitzenlastkessel, mit Pufferspeicher
- III. Wie I. und II., aber notstromfähig
- IV. Strom: Inselnetz ohne öffentliche Versorgung,
Wärme: Stand-alone Betrieb mit Pufferspeicher
- V. Strom: Inselnetz ohne öffentliche Versorgung,
Wärme: Kombination mit Spitzenlastkessel, mit Pufferspeicher

Konzeptionelle zusätzliche Varianten für „Zubau einer SEH in eine Bestandsanlage“:

Ergänzend zu den Punkten I-V der vorgenannten Auflistung ergeben sich für die Integration von SEH in bestehende Heizungsanlagen die folgenden Unterscheidungen:

- VI. Strom: gemäß Differenzierung wie I bis V
Wärme: Einbindung SEH in bestehenden Kesselkreis (ausreichend Pumpenhierarchie)
- VII. Strom: gemäß Differenzierung wie I bis V
Wärme: Einbindung SEH mit Neubau einer hydraulischen Weiche (Pufferspeicher)
- VIII. Strom: gemäß Differenzierung wie I bis V
Wärme: Einbindung SEH als „Satellit“ in bestehenden Heizkreis (mit kleinem Pufferspeicher)

Es ist anzumerken, dass die Position III in bestehenden Gebäuden nachträglich nur schwer zu realisieren ist, weil die Notstromversorgung nur für ausgewählte elektrische Verbraucher gewählt wird und diese in der Regel über getrennte elektrische Zuleitungen von der Gebäude-Hauptverteilung bis zum Abnahmepunkt aufweisen müssen.

11.2 Anlagentechnische Einbindung Strom erzeugender Heizungen

11.2.1 Versorgungstechnische Einbindung

Die versorgungsseitige Einbindung einer SEH-Anlage ist nicht unterschiedlich zu einer konventionellen Heizungsanlage. Da es sich bei Strom erzeugenden Heizungen um Geräte im Wärmeleistungsbereich bis max. 20 kW handelt, sind die Anforderungen sowohl für die Versorgung mit leitungsgebundenen Energieträgern wie auch mit flüssiger oder fester Brennstofflagerung vor Ort bekannt und bedürfen keiner weiteren Ergänzung.

11.2.2 Hydraulische Einbindung

Die hydraulische Einbindung von Wärmeerzeugern in Heizungsanlagen bedarf generell einer sorgfältigen Betrachtung durch Planer oder Installateure. Der wesentliche Zusammenhang ergibt sich dabei aus dem frei verfügbaren Wasser-Aufheizvolumen und der zugeordneten thermischen Leistung des Wärmeerzeugers.

Ist das (für den Wärmeerzeuger) verfügbare Wasservolumen groß im Vergleich zu seiner thermischen Leistung, ist der Betrieb relativ unkritisch, denn die Wärmeabgabe findet in der Regel über ausreichend lange Zeit in das verfügbare Wasservolumen statt. Typische Anlagen mit ausreichend großem Wasservolumen sind bodenstehende Guss- und Stahlheizkessel, wobei diese Wärmeerzeuger bauartbedingt selbst über solch spezifisch hohe Wasservolumina verfügen.

In größeren Anlagen ist die Technik sog. hydraulischer Weichen üblich, dies sind Heizwasserbehälter (Pufferspeicher), die bezüglich ihrer Größe auf die Systembestandteile der Heizungsanlage konfiguriert sind. Ziel ist dabei, die Betriebszeiten des Wärmeerzeugers zu maximieren, ohne dass Unterbrechungen erfolgen. Jeder Start eines Wärmeerzeugers belastet Material und Umwelt. Ideale Betriebsweise ist daher ein leistungsmodulierender Dauerbetrieb.

Der Trend moderner Wärmeerzeuger im kleinen Leistungsbereich geht jedoch zu immer geringeren verfügbaren Wasservolumina. Während bei den o.g. Guss- und Stahlheizkesseln der Kessel quasi seinen eigenen Pufferspeicher bildet (Kesselwasserinhalte [Liter] in etwa proportional zur Wärmeleistung [kW]), ist das Heizwasservolumen typischer z.B. wandhängender Wärmeerzeuger auf oft wenige Liter reduziert. Diese Wärmeerzeuger reagieren wg. der geringen Wassermengen sehr flink, benötigen daher aber in der Regel eine außerhalb des Wärmeerzeugers sicher verfügbare Wassermenge (zum Beispiel: einen Pufferspeicher), um nicht uneffizient häufig wg. Erreichen der Kesselwasser-Maximaltemperatur abzuschalten und zu takten.

Der Planer oder Installateur einer Heizungsanlage hat die Hydraulik im Heizwasserkreislauf eines Wärmeerzeugers demzufolge so abzustimmen, dass die Betriebszeiten maximiert, das Takten minimiert wird. Nur so ergeben sich stabile und damit effiziente Verbrennungsvorgänge. Die technische Entwicklung leistungsmodulierender Wärmeerzeuger hat das Betriebsverhalten in den letzten Jahren diesbezüglich erheblich verbessert.

Dennoch zeigt die Praxis, dass eine Vielzahl von Wärmeerzeugern hydraulisch schlecht abgestimmt betrieben werden. Das daraus folgende häufige Zu- und Abschalten hat vor allem Konsequenzen für die Lebensdauer und die Schadstoffemissionen der Wärmeerzeuger, weniger auf die Versorgungsqualität. Der Takt erfolgt nicht bei maximalem Wärmebedarf, sondern im Teilleistungsbereich, die gewünschte bzw. notwendige Wärmeabgabe in das Versorgungsnetz wird in der Regel bereitgestellt.

Je nach Bauart und Energieträger der Wärmeerzeuger wirkt sich eine nicht abgestimmte Hydraulik unterschiedlich auf die Anzahl von Störungen im Betrieb aus. Es gilt, je schwieriger der Verbrennungsprozess hinsichtlich Flammenführung und Verbrennungsrückständen, umso wichtiger sind unterbrechungsfreie Betriebszeiten und mithin eine abgestimmte Hydraulik.

Folgerung: Je konstanter die Betriebsweise des Wärmeerzeugers gewünscht bzw. gefordert ist, umso wichtiger ist, die hydraulische Kapazität im primären Kreislauf des Wärmeerzeugers in ausreichender Größe bereitzustellen.

Stromerzeugende Heizungen basieren auf verschiedenen Technologien der Kraft-Wärme-Kopplung, allen ist jedoch gemeinsam, dass der Generator-Antriebsstrang vergleichsweise stabile Betriebsbedingungen benötigt. Die hydraulische Einbindung von Strom erzeugenden Heizungen

kann daher nicht auf die Einbindung größerer Wasservolumina verzichten, daher ist z.B. die Kombination mit einem Pufferspeicher sinnvoll und in der Regel unverzichtbar. Die Autoren empfehlen dringend den Herstellern von SEH, in den möglichen Lieferumfang auch geeignete Heizungs-Pufferspeicher (mind. 4 Paar Anschlüsse VL/RL, Speichervolumen von 300 -1000 L) aufzunehmen.

Für die Marktintegration Strom erzeugender Heizungen (SEH) ist – wie bereits im vorangehenden Kapitel erläutert - zwischen Heizanlagen, die komplett neu errichtet werden (Neuanlagen) und solchen, bei denen eine SEH in ein bestehendes System ergänzt wird (Sanierung im Bestand), zu unterscheiden.

Neuanlagen:

- a) Heizzentrale, SEH zusammen mit Spitzenlastkessel
Die Strom erzeugende Heizung wird zusammen mit einem sog. Spitzenkessel als Heizzentrale errichtet. Die SEH bedient den wärme- und stromseitigen Grundlastbedarf.
- b) SEH Stand-alone
Die Strom erzeugende Heizung wird als Stand-alone-Anlage (ohne Spitzenkessel) gebaut.

Sanierung (Zubau) im Bestand:

- c) SEH in bestehende Heizzentrale
Nachrüstung einer Strom erzeugenden Heizung in ein bestehendes Heizungssystem.
- d) SEH als Unterzentrale in bestehendes Heiznetz
Einbindung einer SEH als Wärmesatellit in ein großes Heizungsnetz

Für die vorgenannten Fälle lassen sich die nachstehenden Installationsempfehlungen geben:

Hydraulische Einbindung mit Pufferspeicher:

Werden Strom erzeugende Heizungen als **Neuanlagen** nach den Fällen a) und b) errichtet, ist die Anlage immer mit Pufferspeicher auszuführen.

Ähnlich wie bereits bei neueren Heizungssystemen häufig vorzufinden, kann die Wärmekapazität des Pufferspeichers dann auch zur Trinkwarmwasser-Bereitung genutzt werden. Auf einen klassischen Trinkwarmwasserspeicher wird verzichtet.

Bei Neuanlagen nach a) ergibt sich mit Pufferspeicher die Besonderheit, dass die beteiligten Wärmeerzeuger hydraulisch entkoppelt am Pufferspeicher betrieben werden können.

Bei Integration von SEH in **Bestandsanlagen** nach c) und d) ist zu prüfen, wie ein möglichst kontinuierlicher Betrieb erreicht werden kann.

Empfehlenswert ist auch hier die Einbindung eines Pufferspeichers, um den Betrieb mehrerer Wärmeerzeuger hydraulisch zu entkoppeln.

Hydraulische Einbindung ohne Pufferspeicher:

Ein Betrieb ohne Pufferspeicher ist für SEH – bis auf eine Ausnahme - weder für Neu- noch für Bestandsanlagen empfehlenswert.

Die Ausnahme ist dann gegeben, wenn die SEH im Vergleich zum Gesamtsystem eine geringe thermische Leistung aufweist, in der Heizungsanlage ein kontinuierlicher Wärmebedarf gegeben ist und sowohl die Förderhöhe der SEH-Pumpe als auch die Betriebsautorität der SEH (gegebenenfalls mit 0...10V Ansteuerung aus der Anlagenregelung) ausreichend hoch ist.

Ist die Wärmeleistung der SEH im Vergleich zum Gesamtsystem eher gering und ist ein nahezu kontinuierlicher Grundlastwärmebedarf der Liegenschaft für die SEH vorhanden, kann

die Strom erzeugende Heizung bei ausreichender eigener Pumpenförderhöhe auch direkt in den VL-/RL-Kreis eingebunden werden (s.u. III Pumpenhierarchie).

Betriebsregelung durch die SEH:

Besteht die **Neuanlage** neben dem SEH-Aggregat noch aus einem zusätzlichen Wärmeerzeuger (Abdeckung von Verbrauchsspitzen) bzw. mehreren Spitzenlastkesseln, so sollte die Zuschaltung der weiteren Wärmeerzeuger von der Regelung der Strom erzeugenden Heizung erfolgen.

Diese zentrale Regelung der SEH kann für eine modulierende Leistungsregelung von zwei Wärmeerzeugern mit Pufferspeicher-Ladung konzipiert sein. Die Leistungsmodulationen der Wärmeerzeuger lassen sich z.B. über analoge 0...10V Schnittstellen ansteuern, die Pufferspeicherladung durch Verwendung von zwei Temperaturfühlern (Puffer oben, Puffer unten) optimieren. Die Leistungsmodulation der Wärmeerzeuger ist auf Betriebsweisen mit konstanten Ladetemperaturen auszurichten.

Mit einer solchen Regelung lassen sich quasi alle Systemintegrationen beherrschen.

Auch für **Bestandsanlagen** kann eine solche Regelung, gegebenenfalls mit Ergänzungen über analoge Zuschalteinrichtungen bzw. Relaisausgänge, den übergeordneten Betrieb übernehmen.

Werden die Strom erzeugende Heizung und ein vorhandener Heizkessel mit jeweils eigenen Regelungen unabhängig voneinander betrieben, so sind die Positionen der Temperaturfühler und die in den Regelungen hinterlegten Temperaturniveaus der zugehörigen Temperaturfühler so zu wählen, dass ein Vorrangbetrieb der SEH-Anlage gegeben ist. Der vorhandene Heizkessel schaltet dann erst zu, wenn die SEH die Solltemperatur nicht halten kann (Wärmegrundleistung) und die dem Heizkessel zugeordnete Schalttemperatur unterschritten wird.

Pumpenhierarchie:

Jedem Wärmeerzeuger ist in der Regel eine in Wassermenge und Förderhöhe ausgelegte Umwälzpumpe zugeordnet. Werden mehrere Wärmeerzeuger im Verbund / in einer Kaskade betrieben, so muss der Betrieb mehrerer Pumpen auf der Erzeugerseite abgestimmt sein. Eine Strom erzeugende Heizung wird mindestens für den Grundlastbetrieb ausgelegt, daher ist die zugehörige Pumpe häufig die schwächste Pumpe im Verbund. Dies kann im ungünstigsten Fall dazu führen, dass die SEH im Betrieb mit anderen Wärmeerzeugern über nicht genügend Wasserumlauf verfügt und wg. Erreichung der Maximaltemperatur vorzeitig abschaltet, obwohl noch Wärmebedarf zu decken wäre.

Damit eine Strom erzeugende Heizung in den unterschiedlichen Einbindungsarten ausreichend Pumpenautorität entwickeln kann, empfehlen wir die SEH mit elektronischen Umwälzpumpen ausreichender Förderhöhe (mind. 6m) auszustatten, die je nach erforderlichem Volumenstrom von der Anlagenregelung so angesteuert wird, dass der notwendige Heizwasservolumenstrom in der SEH auch im Verbund mit anderen eingebundenen Wärmeerzeugern aufrecht erhalten werden kann.

Einbindung SEH als Wärmesatellit:

Eine Strom erzeugende Heizung kann auch als Wärmesatellit in große Heizungsnetze eingebunden werden, sofern das Netz dort mittels Pufferspeicher entkoppelt wird. Vorteilhaft ist eine leistungsmodulierende Betriebsweise der SEH.

Mit einer entsprechenden Regelung kann die SEH lokal den Wärmebedarf versorgen. Sofern die Wärmeleistung ergänzt werden muss, erfolgt dies durch das vorgelagerte Heizungsnetz.

Anwendungsfälle sind z.B. vorstellbar in Schulen, großen Veranstaltungshallen etc. und werden dort auch bereits praktiziert.

Um für einen solchen Anlagenkonstellation gerüstet zu sein, wäre es von Vorteil, wenn bei der SEH eine entsprechende Regelung als Ausstattungsvariante aufrüstbar wäre oder in Form einer Betriebsvariante bereits in die elektronische Regelung implementiert wäre. Dieses Regelungsmodul muss in einer Art Kaskadenregelung den Heizkreis überwachen und bei zusätzlichem Wärmebedarf die Nachheizung aus dem Heizungsnetz freigeben.

11.2.3 Implementierte Regelungsschemata

Sinnvoll für eine vereinfachte Inbetriebnahme bzw. Betriebskontrolle wäre die Hinterlegung von Anlagen-Systemschemas in der Regelung, die in den Betriebsunterlagen durch entsprechende Strangschaubilder zu ergänzen wären.

Zwar handelt es sich bei SEH nicht um grundsätzlich neue Technologien, doch erfahrungsgemäß ist es von Vorteil, die Einführung neuer Baugruppen mit gut verständlichen und einfach anwendbaren Instruktionen zu unterstützen. Immerhin ist die richtige Einbindung von SEH in ein Gesamtsystem Heizung wichtig zur Erzielung langer Laufzeiten bei Minimierung der Wartungskosten, damit sich die Technologie am Markt bewähren kann.

11.2.4 Betriebsüberwachung

Neue Technologien und Produkte werden zwar herstellerseitig im Werk und in Feldtests ausgiebig erprobt und getestet, dennoch findet die eigentliche Bewährung im Kundeneinsatz vor Ort statt. Herstellerseitig wird bereits vielfach mit dem Kauf der SEH ein Zusatzmodul zur Online- Betriebsdatenüberwachung und –speicherung angeboten. Über das Modul kann die SEH im Betrieb und bei Störungen in ihren Regelungsparametern vom Werk bzw. vom Kundendienst des Fachbetriebes verändert werden.

Die Autoren empfehlen für die ersten installierten 1000 Anlagen eines Herstellers eine solche Betriebsdatenpflege zu implementieren, da sie kurze Informationsrückläufe auf das Betriebsverhalten der Anlagen erlaubt. Die Kosten für ein solches Kontrollmodul sollten nicht die ersten Kunden tragen, die sich für ein solches Aggregat entscheiden.

Generell sollte für die Kommunikation mit SEH-Anlagen, aber auch mit Mikro-KWK- und BHKW-Anlagen eine normierte Kommunikationsschnittstelle eingerichtet und zum Standard einer Zulassung gemacht werden, damit die gewünschte Kommunikation über Betriebsdaten oder über die Verfügbarkeit der Anlage nicht an normativen Hindernissen scheitert.

11.2.5 Abgasseitige Einbindung

Für die abgasseitige Einbindung sind die jeweiligen Zulassungen zu beachten. Auf dem deutschen Markt werden diese durch das Institut für Bautechnik erklärt. Bei einem Großteil der auf dem Markt oder in marktnaher Entwicklung befindlichen Strom erzeugenden Heizungen funktioniert der Wärmeerzeuger ähnlich wie bei einer konventionellen Heizung. Andere SEH arbeiten auf der Basis von Verbrennungskraftmaschinen.

11 Anforderungen an Strom erzeugende Heizungen

Für die als Heizkessel konzipierten SEH sind abgasseitige Lösungen zusammen mit anderen Wärmeerzeugern in Kaskadenschaltung entwicklungsmäßig vorstellbar. Mit einer solchen Lösung würde die Nachrüstung von SEH in bestehende Heizungsanlagen erheblich vereinfacht.

In allen anderen Fällen führt der Weg in der Regel zu einem eigenen Abgassystem für die Strom erzeugende Heizung.

11.2.6 Elektrische Einbindung

Als Stromerzeuger mit entsprechenden Zulassungsprüfungen ist bereits ab Werk seitens des Herstellers für ausreichende Sicherheit beim Betrieb einer SEH gesorgt. Die Anlagen werden von einer externen unabhängigen Prüfstelle geprüft. Die Ergebnisse in einem Prüfbericht mit Konformitätserklärung wiedergegeben.

Die Konformitätserklärung ist beim EVU einzureichen.

11.3 Minimierung der Wartungskosten

Eine sehr wichtige Forderung an die Hersteller, aber auch an Planer, Installateure und Betreiber von SEH-Anlagen ist, die Wartungskosten so gering wie möglich zu halten. Die SEH-Anlagen arbeiten in geringen Leistungsbereichen, der Netto-Jahresertrag des geldwerten Vorteils der Stromerzeugung reicht von einigen Hundert bis knapp in den vierstelligen EURO-Bereich. Daher sind sonstige Fixkosten wie Wartung, Abrechnung, Instandhaltung so gering wie möglich zu halten, um das Betriebsergebnis mit Blick auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage nicht über die Maße zu schmälern.

Grundsätzlich besteht die Anforderung an die Hersteller, durch geeignete Materialien und Betriebsstrategien ihre Strom erzeugenden Heizungen so zu ertüchtigen, dass ein wartungsarmer Betrieb dauerhaft möglich und damit die Folgekosten gering sind.

Hier sehen die Autoren thermische Antriebe über Heizkessel mit äußerer Verbrennung gegenüber den motorischen Systemen mit innerer Verbrennung im Vorteil.

Planer und Handwerker sind in der Pflicht, die Einbindung der SEH in eine Heizungsanlage entsprechend dem Stand der Technik und den obigen Ausführungen – insbesondere was die Hydraulik betrifft – so zu gestalten, dass ein wartungsarmer Betrieb der SEH-Anlagen möglich ist.

Der Betreiber einer SEH ist aufgefordert, durch eigene Kontrolle der Anlage – insbesondere in den verschiedenen Betriebszuständen (Winter, Sommer, etc.) – für eine gute Rückkopplung zum Wartungsbetrieb zu sorgen und diesen rechtzeitig in den Wartungsrhythmus einzubinden.

11.4 CO₂ Gutschrift

Die rationelle Energienutzung mit SEH-Anlagen birgt ein erhebliches CO₂-Einspar-Potenzial. Auch hier sind die Hersteller gehalten, dieses Potenzial durch technisch effizientes Anlagendesign zu maximieren. Über die Stromkennzahl ist das Verhältnis von elektrischer Leistung zur thermischen Leistung bestimmt. Das CO₂-Potenzial bemisst sich aus dem Vergleich eingesparter Energie im öffentlichen Elektrizitätsnetz zu der durch die SEH produzierte Strommenge, jeweils bewertet mit den anlagentechnisch zugeordneten spezifischen CO₂-Emissionsfaktoren. Das ist das theoretische Potenzial.

11 Anforderungen an Strom erzeugende Heizungen

Im praktischen Betrieb mindert sich der Stromertrag einer SEH wegen der erforderlichen Nebennaggregate wie Pumpen, elektrische Starthilfen u.a.m. sowie auch wegen des Stillstands-Verbrauchs der Anlagentechnik.

Das CO₂-Potenzial für eine ausgewählte Anlagenkombination (Energieträger Erdgas mit Variation des Wärmebedarfs und in Abhängigkeit der Stromkennzahl) zeigt die folgende Abbildung.

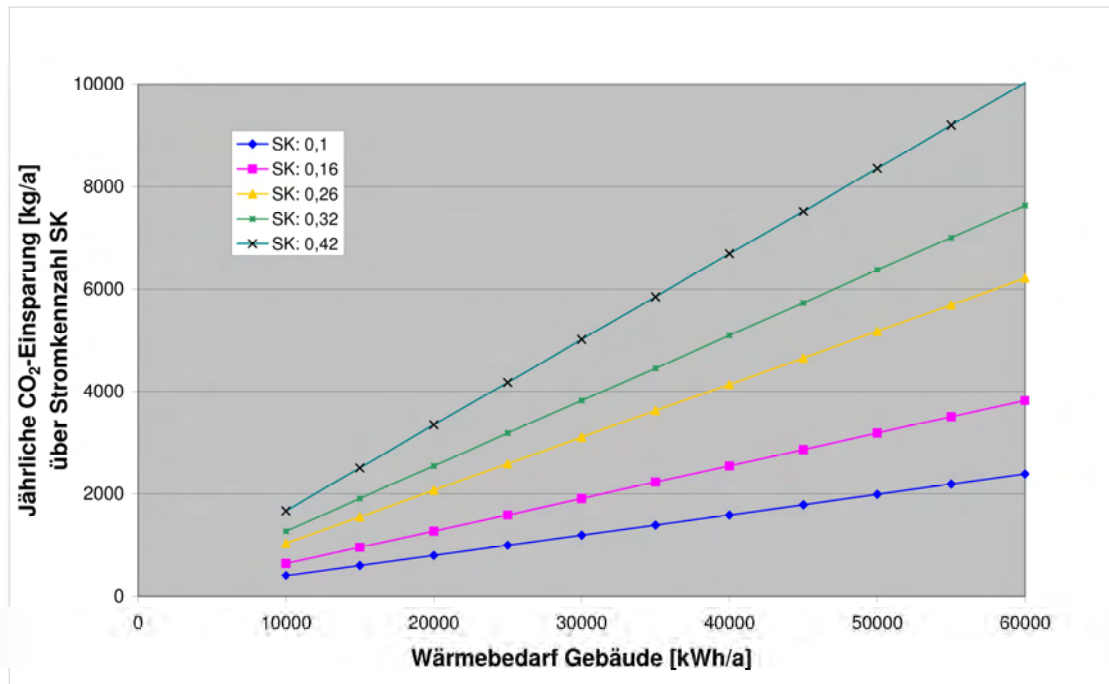


Bild 11.1: CO₂-Potenzial Strom erzeugender Heizungen

Die Abbildung zeigt, dass die jährliche Einsparung an CO₂ je nach Stromkennzahl durchaus Werte von 10 t/a und darüber hinaus erreichen kann. Für ein konventionelles Einfamilienhaus ohne besondere Dämmung mit etwa 35000 kWh/a Wärmeverbrauch reicht die erzielbare CO₂ Einsparung immerhin auch bereits von ca. 1,5 bis ca. 6,0 t/a.

Randbedingungen dieser CO₂-Betrachtung sind die gleichen wie im Kapitel 9 Wirtschaftlichkeit beschrieben. Als CO₂-Wert für den Strommix des öffentlichen Versorgungsnetzes in Deutschland wurde ein Wert von 647 g/kWh (GEMIS) angenommen. Die Strom erzeugende Heizung auf Erdgas-Basis arbeitet mit einem CO₂-Emissionswert von 249 g/kWh Brennstoffenergie.

Die Hersteller sind nach Meinung der Autoren aufgefordert, möglichst CO₂-effiziente Anlagen mit geringem Stromverbrauch für Nebennaggregate zu entwickeln.

12 Strom erzeugende Heizungen im Netzverbund

Begrenzungen für den Einsatz von Strom erzeugenden Heizungen durch das Versorgungsnetz

Grundsätzlich kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich durch den Ausbau des Versorgungsgrades von Strom erzeugenden Heizungen Begrenzungen seitens des Versorgungsnetzes ergeben. Die Belastung der Hausanschlüsse mit Anschlussleistungen bis zu 5 kW_{el} durch die Installation einer Strom erzeugenden Heizung ist im Verhältnis zu anderen typischen Verbrauchern eines Haushaltes gering. Die demnächst am Markt verfügbaren Systeme von Whispergen, Otag oder der MEC-Gruppe bewegen sich in einer Anschlussleistung, die sich im Bereich der Leistungsaufnahme einer Kaffeemaschine bewegt. In einer aktuellen Studie der TU München [Witzmann et al. 2007] wurde sehr detailliert die Aufnahmefähigkeit zur Energieeinspeisung für verschiedene Netztopologien untersucht. Dabei wurden unter Berücksichtigung der jeweiligen Netz-Topologien für einen Hausanschluss in den verschiedenen Versorgungsgebieten die maximalen Anlagenleistungen ermittelt. Das Ergebnis ist in Bild 12.1 dargestellt.

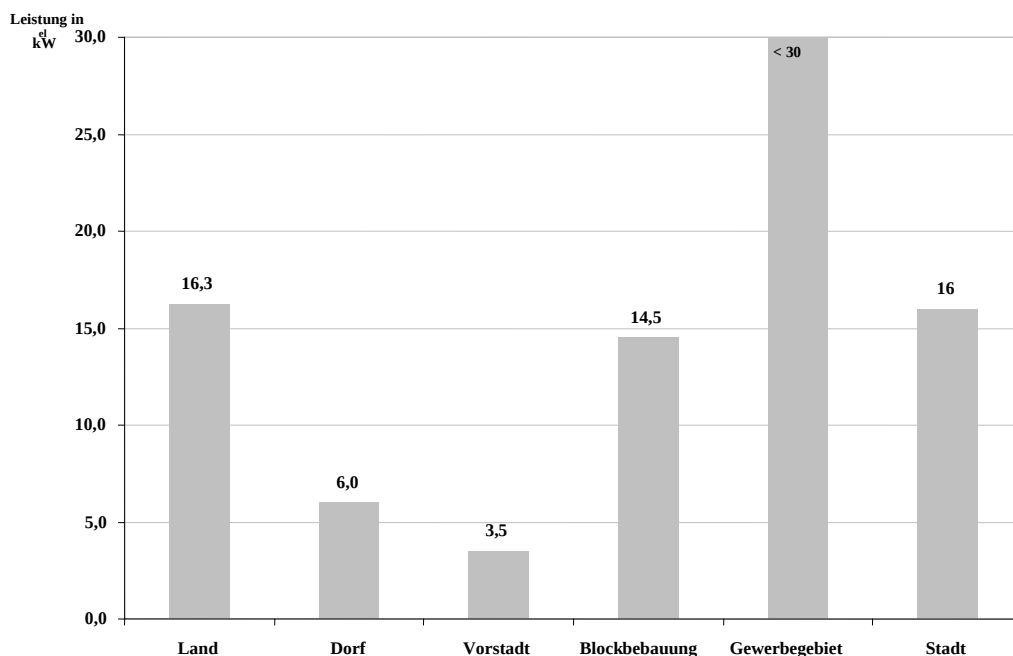


Bild 12.1: Maximale Einspeiseleistungen für Erzeugungsanlagen pro Hausanschluss
Quelle: [Witzmann 2007]

Bei dieser Berechnung wurde die Einspeisung von reiner Wirkleistung ($\cos \varphi = 1$) zu Grunde gelegt und keine Verbraucherlasten an den einzelnen Hausanschlüssen berücksichtigt. Auch wurden zeitliche Abhängigkeiten der Erzeugung nicht berücksichtigt.

Die Grenzen der Anschlusswerte ergeben sich aus der Einhaltung des Spannungsbandes von +6 % bis -10 % am Hausanschluss und geben den Mittelwert für verschiedene untersuchte Netztopologien der Versorgungsareale an.

Wird bei der Ermittlung der maximalen Anschlussleistung zu Grunde gelegt, dass sich gemäß der VDI-Richtlinien für den Betrieb von Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz die maximale Änderung der Spannung am Netzknoten 2 % betragen darf, wurden in Vorstadt- und Dorftopologien maximale Einspeiseleistungen von 3 bis 4 kW_{el} ermittelt.

Insgesamt weisen die Berechnungen aus, dass nur in wenigen Fällen der Einsatz von Strom erzeugenden Heizung durch das vorhandene elektrische Versorgungsnetz eingeschränkt wird.

Da die Mehrzahl der Anlagen so betrieben wird, dass der Netzbezug reduziert wird, ist im praktischen Betrieb mit einer Entlastung der Netze zu rechnen. Lediglich in Zeiten mit hohem Wärmebedarf und geringem elektrischen Eigenverbrauch (Winter, nachts) nähert sich die Netzsituation durch Strom erzeugende Heizung dem Netzbetriebsspunkt bei Einspeisung von Photovoltaik (Sommer, mittags) an. In beiden Fällen ist der Strombedarf des Gebäudes gering und die erzeugte Energiemenge hoch.

Regelstrategien im Versorgungsnetz

Die bisher vorhandenen Anlagen werden in der Regel wärmegeführt betrieben, das heißt die Anlage wird entsprechend der Wärmeanforderung gesteuert, der erzeugte Strom wird als „Abfallprodukt“ selbst genutzt oder eingespeist. Die Anforderungen auf der Seite des elektrischen Netzes spielen dabei bisher keine Rolle. Dies schlägt sich auch in der Vergütungsstruktur für die erzeugte Energie wieder, die bisher zeitunabhängig gezahlt wird. Die Einspeisung von elektrischer Energie erfolgt zwar entsprechend der jeweiligen technischen Randbedingungen, orientiert aber nicht an den aktuellen Anforderungen des elektrischen Versorgungsnetzes. So ist die Erzeugung von elektrischer Energie zu Spitzenlastzeiten für den jeweiligen Versorger wesentlich wertvoller, da er diese Spitzenleistung sehr teuer zukaufen muss. Aus elektrischer Sicht wäre daher eine „tarifgeführte Betriebsweise“ die sinnvollste und auch wirtschaftlichste Variante.

Daher muss es das Ziel aller Überlegungen zu Steuer- und Regelstrategien für Strom erzeugende Heizungen sein, sowohl die Anforderungen des Gebäudes (Wärme- und Strombedarf) als auch die des Netzes (Bereitstellung von Regelleistung) möglichst gleichzeitig zu erfüllen. Da Strom- und Wärmeproduktion miteinander verkoppelt sind, benötigen alle Regelstrategien einen Wärmespeicher, der als Pufferspeicher genutzt wird, um Strom- und Wärmeproduktion zumindest zeitweise voneinander entkoppeln zu können. Die Be- und Entladung dieses Speichers ist so zu regeln, dass die Strom erzeugende Heizung gesichert Spitzenleistung dem Netz für einen definierten Zeitraum zu Verfügung stellen kann.

Aktuell werden verschiedene Strategien zur Steuerung von verteilten Erzeugungsanlagen erforscht, die hier kurz vorgestellt werden:

Virtuelles Kraftwerk

Die Eigenschaften (Leistung, Verfügbarkeit, Wartung, usw.) aller am Netzverbund beteiligten Erzeugungsanlagen werden zentral verwaltet. Über verschiedene Kommunikationswege werden diese entsprechend den Netzanforderungen geschaltet.

- + hohe Steuergenauigkeit
- sehr hoher Kommunikationsaufwand für Kleinstaggregate
- Online-Verbindung zu jedem Teilnehmer notwendig

Day-ahead-Steuerung

Anhand der absehbaren Anforderungen an die Verbrauchsstruktur wird jedem Teilnehmer ein „Fahrplan“ für den nächsten Tag übermittelt, der auf die Besonderheiten des jeweiligen Aggregats eingeht. So wird bei einer Strom erzeugenden Heizung die Größe des Pufferspeichers mit in den Fahrplan einbezogen. Ziel ist es bei einer Strom erzeugenden Heizung diese möglichst in den Zeiten von Lastspitzen als Erzeuger zur Verfügung zu haben.

- + Kommunikation nur einmal pro Tag notwendig
- + erwartete Erträge aus regenerativen Anlagen (zum Beispiel aus Ertragsvorhersagen) können in den Fahrplänen berücksichtigt werden
- individuelle Fahrplanerstellung sehr komplex und aufwändig
- standardisierte Schnittstelle für alle Geräte notwendig

Tariforientierte Steuerung

Dieses Verfahren ähnelt der Day-ahead-Steuerung, erlaubt dem Verbraucher allerdings größere Freiheiten. Bei diesem Verfahren werden einem zentralen Steuergerät [ISET 2006] Tarifinformationen für den nächsten Tag übertragen. Dementsprechend können von dieser Einheit die angeschlossenen Verbraucher und Erzeuger tarifabhängig gesteuert werden. Es handelt sich hierbei um ein haushaltsbezogenes Last- und Erzeugungsmanagement, bei dem der Verbraucher vor Ort die letztendliche Entscheidungsfreiheit behält. Das System befindet sich zurzeit bei den Stadtwerken Kassel im Feldtest.

- + nur einmalige Kommunikation pro Tag notwendig
- + erwartete Erträge aus regenerativen Anlagen (zum Beispiel aus Ertragsvorhersagen) können in den Tarifinformationen berücksichtigt werden
- + Tarifinformation für alle Teilnehmer gleich
- + Entscheidungen des Betreibers/Verbrauchers möglich
- + standardisierte Schnittstelle nur am Hausanschluss, nicht am Gerät notwendig
- + eindeutige Definition der Systemgrenze
- gewöhnungsbedürftige Überlegungen beim Verbraucher

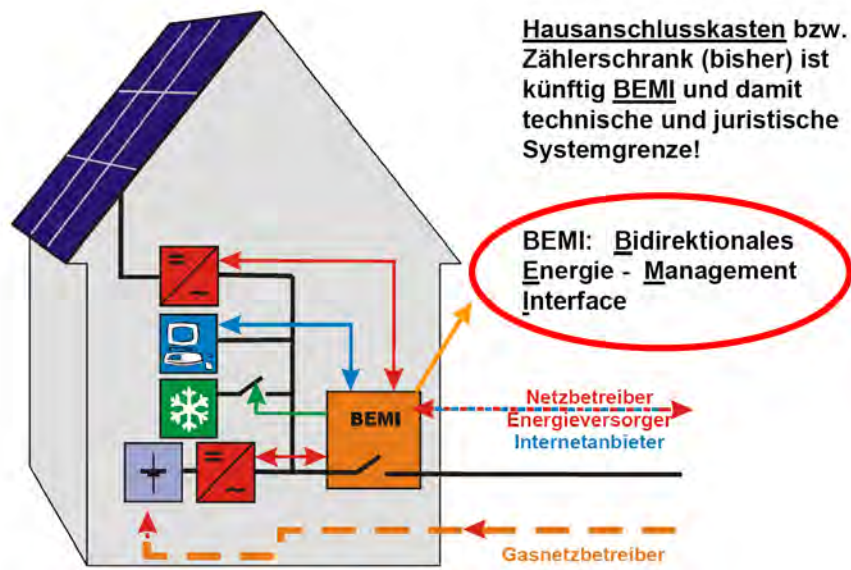


Bild 12.2: Prinzipdarstellung BEMI Quelle: [ISET 2006]

13 Thesen zur Überwindung bestehender Hemmnisse

THESE 1

Es ist eine umfassende Informations- und Beratungskampagne auf allen Ebenen notwendig, um Entscheidungen über Investitionen in Versorgungstechnik von Gebäuden über die Möglichkeiten und Chancen dieser Technologie zu informieren.

Erläuterung:

Bei den Besitzern von Ein- und Mehrfamilienhäusern ist das Thema Kraft-Wärme-Kopplung fast unbekannt. Mit Kraft-Wärme-Kopplung werden große Anlagen assoziiert, die erheblichen Wartungs- und Betreuungsaufwand benötigen. Um die Chancen zu nutzen, bei der anstehenden Erneuerung von Wärmeerzeugern auch möglicherweise SEH-Geräte einzusetzen, sollten die Verbraucher umfassend über die Möglichkeiten und Chancen dieser neuen Technologie informiert werden.

Als Vorbild können die hochwertigen und zielgerichteten Kampagnen der Bundesregierung über die Deutschen Energie Agentur (dena) im Bereich der Energieeffizienz und Gebäudesanierung dienen. Dadurch sind in den jeweiligen Aktionsfeldern bereits erhebliche Effekte erzielt worden. Durch die Bereitstellung von hochwertigen Informationsmaterialien und aktuellen Informationen auf Internet-Portalen ist ein guter Informationsfluss zum Verbraucher gelungen. Auf einer ähnlichen Basis sollten auch Informationen für den Bereich der Strom erzeugenden Heizungen entwickelt werden.

Die Einführung von KWK-Technologien in europäischen Nachbarländern (z.B. Niederlande, Dänemark) konnte durch die Einrichtung einer Agentur gerade im Bereich der Energieversorger und der Endverbraucher wesentlich beschleunigt werden. Niederlande und Dänemark haben durch umfassende Informationskampagnen und langfristige verlässliche Rahmenbedingungen das angestrebte Ziel der Bundesrepublik von 25% KWK-Anteil im Jahr 2020 schon heute weit überschritten.

THESE 2

Ähnlich wie beim Aufbau des Photovoltaik-Marktes ist es notwendig, das Interesse der Verbraucher durch ein einfach zu handhabendes Anreizprogramm zu wecken und damit auch der Heizungsindustrie Anreize für langfristige Investitionen in Entwicklung und Produktion von SEH-Systemen zu geben.

Erläuterung:

Zur schnellen Einführung einer neuen Technologie sind deutliche staatliche Impulse notwendig. Nur so kann die typische Anlaufphase von hohen Entwicklungs- und Produktionskosten verkürzt werden. Die Entwicklung der Photovoltaik zeigt, dass durch die Schaffung von Marktanreizen durch eine ausreichende und nachhaltige Vergütung, die trotz schwieriger Rahmenbedingungen einen wirtschaftlichen Betrieb der Anlagen ermöglicht, erhebliche Impulse sowohl auf der Verbraucherseite als auch auf der Seite der Produzenten ausgelöst werden können. Nur durch die Garantie langfristiger Vergütungen war es möglich, technologische Entwicklungen anzustoßen, die ohne diese Förderung in dieser Zeitspanne nicht vollzogen worden wären. Die Stimulierung des Marktes auf Verbraucherseite löste so einen nachhaltigen Innovationsschub aus, der zum Aufbau eines neuen Industriezweiges geführt hat. Nur so konnte es zu den heutigen Kostenreduktionen bei der PV-Technologie kommen. Der Erlös aus dem Stromverkauf ist bei einer Strom erzeugenden Heizung zurzeit von wesentlich mehr Faktoren abhängig, als bei den bisher über das EEG geförderten Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien. Im aktuell gültigen KWK-Gesetz, wie auch in dem Referentenentwurf zur Novellierung, werden zwar KWK-Anlagen mit einer Leistung kleiner 50 kW bezüglich der Vergütungssätze gesondert behandelt, allerdings ist für alle Anlagen unabhängig ihrer Leistung, der gleiche administrative Aufwand notwendig.

Der Ertrag aus dem Stromverkauf einer Strom erzeugenden Heizung, die in einem Einfamilienhaus eingesetzt wird, bewegt sich bisher im Bereich von 200 bis 400 EUR pro Jahr. Dieser Betrag ist aber nur erzielbar, wenn der Betreiber alle Einnahmequellen nutzt (Zuschlag nach KWKG, Rückerstattung Energiesteuer, Abrechnung mit Netzbetreiber, Erlöse entsprechend dem EEX-Quartalspreis, Erstattung der vermiedenen Netznutzung). Weiterhin ist gegebenenfalls gegenüber dem Finanzamt eine Steuererklärung abzugeben und die Umsatzsteuer abzurechnen.

Wir schlagen vor, die Anschubförderung analog zum Bereich der Erneuerbaren Energien zu gestalten. Mit der Einführung eines Gesetzes für den Vorrang der Strom erzeugenden Heizung (SeHG) analog zum EEG kann die Basis für eine Abrechnungsstruktur gelegt werden, die nur minimalen Verwaltungsaufwand erfordert.

Das Gesetz sollte einen Innovationsbonus enthalten, der die Bereitstellung von Spitzenleistung für das Versorgungsnetz honoriert. So könnten zusätzliche Impulse zur Entwicklung von Verfahren zur Steuerung von dezentralen Versorgungssystemen gesetzt werden.

Die Einspeisevergütung für Strom erzeugende Heizungen sollte sowohl die vermiedenen Netzkosten, die höhere Versorgungssicherheit, als auch die CO₂-Reduktion volkswirtschaftlich bewerten. Weiterhin sollten effiziente Techniken mit hoher Stromkennzahl besonders gefördert werden.

THESE 3

Das Thema Kraft-Wärme-Kopplung muss durch die Schaffung von definierten Ausbildungsmodulen fest in die Ausbildungspläne von Berufen im Bereich der Technischen Gebäudeausrüstung integriert werden.

Erläuterung:

In den Ausbildungsplänen der TGA-Berufe (Heizungs- und Elektrohandwerk) spielt das Thema KWK derzeit eine untergeordnete Rolle.

Nur durch eine frühzeitige Verankerung des Themas KWK in den betreffenden Berufsfeldern (Elektro- und Heizungshandwerk, TGA-Planer) können mittelfristig die notwendigen Fachkräfte für einen flächendeckenden Ausbau der Strom erzeugenden Heizung ausgebildet werden. Erste Ansätze sind bereits bei einigen Ausbildungseinrichtungen auf der Basis von Einzelinitiativen vorhanden. Allerdings sollte jetzt damit begonnen werden, das Thema in allen relevanten Ausbildungsgängen zu verankern.

THESE 4

Nur durch die Entwicklung von typischen Lastprofilen zur vergleichenden Bewertung können Strom erzeugende Heizungen verschiedener Hersteller verglichen werden und so für den Verbraucher eine hohe Transparenz erzeugt werden.

Erläuterung:

Für die Bewertung der Eigenschaften einer Strom erzeugenden Heizung fehlen zurzeit standardisierte Lastprofile. Dadurch sind vergleichende Aussagen als Verbraucherinformation (z.B. Stiftung Warentest) bisher nicht möglich.

Vor der Entscheidung für ein Versorgungssystem wünscht sich der Endkunde eine umfassende und möglichst neutrale Fachinformation. Zur Zeit wird diese bezüglich Strom erzeugender Heizung jedoch lediglich über Herstellerunterlagen zur Verfügung gestellt, aber eine vergleichende Untersuchung über standardisierte Lastprofile ist bisher nicht möglich. Vorbild kann ein Testverfahren für Solaranlagen zur Trinkwassererwärmung dienen (nach EN 12976-2 bzw. ISO/DIS 9459-5). Nach diesem Verfahren ist es unter anderem möglich, die Erträge einer solarthermischen für verschiedene Standorte und unterschiedliche Zapfprofile und Entnahmemengen zu ermitteln und damit die Erträge solarthermische Systeme an standardisierten Lastprofile zu ermitteln.

Für ähnliche vergleichende Untersuchung könnte die Richtlinie VDI 4656 (Planung und Dimensionierung von Mikro-KWK-Anlagen) herangezogen werden, die zurzeit erarbeitet wird. Zur Erhöhung der Marktdurchdringung sollte auf dieser Basis ein Testverfahren entwickelt werden, dass eine vergleichende Untersuchung und Bewertung von SEH-Systemen durch unabhängige Institutionen nach transparenten Kriterien ermöglicht.

THESE 5

Die Abdeckung von Lastspitzen durch Strom erzeugende Heizungen wird langfristig nur möglich sein, wenn standardisierte Steuerverfahren für alle Netze eingeführt werden.

Erläuterung:

Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es keine standardisierten Verfahren (Kommunikationsmodelle, Steuerverfahren, Tarife) zur Bereitstellung von Regelernergie durch Strom erzeugende Heizungen. Bisherige Methoden zur Realisierung von „virtuellen Netzen“ basieren auf individuell entwickelten Strategien und Verfahren. Um im zukünftigen Massenmarkt die Optionen der Strom erzeugenden Heizung zur Bereitstellung von Regelernergie nutzen zu können, ist die Einführung einer standardisierten Schnittstelle notwendig. Die IEC-Norm 61850 bietet dafür eine gute Basis. Interessant ist in diesem Zusammenhang die Entwicklung des Systems BEMl, das nicht nur die Steuerung von Strom erzeugenden Heizungen ermöglicht, sondern auch ein Lastmanagement im Haushalt ermöglicht. Dieses System wird direkt am Hausanschluss installiert und kann so hauszentral steuernd eingreifen. Für die jeweiligen Geräte im Haushalt ist so keine separate Kommunikationstechnik notwendig, sondern sie können über digitale oder analoge Schnittstellen gesteuert werden. Das System befindet sich zurzeit in ersten Feldtests.

Langfristiges Ziel der Entwicklungen sollte sein, ein Kommunikationsmodul zu entwickeln, das im gesamten europäischen Markt einsetzbar ist so in hohen Stückzahlen mit entsprechenden Preisdegressionen produziert werden kann.

THESE 6

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für den Einsatz von SEH-Systemen in Mehrfamilienhäusern müssen verbessert werden.

Erläuterung:

Unklare rechtliche Verhältnisse erschweren den Einsatz im technisch interessanten Bereich von Mehrfamilienhäusern.

Rund 50% der Wohnfläche in Deutschland befindet sich in Mehrfamilienhäusern mit drei und mehr Wohnungen [destatis 2004]. In diesem Bereich bestehen günstige technische und wirtschaftliche Bedingungen für SEH-Systeme. Bisher sind allerdings im rechtlichen Bereich zwischen Eigentümer und Mietern Abstimmungen und vertragliche Regelungen erforderlich, die den administrativen Aufwand so erhöhen, dass bisher KWK-Systeme in diesem Bereich nur selten zum Einsatz kommen.

Derzeit kann ein Mieter nicht verpflichtet werden, Strom aus KWK-Anlagen abzunehmen. Eine solche Verpflichtung ist praktisch nur bei Neuverträgen möglich, wodurch der Einsatz von KWK-Systemen im Bestand faktisch ausgeschlossen ist.

Hier ist eine Änderung des rechtlichen Rahmens notwendig, die unter anderem den Mieter verpflichten sollte, Strom aus KWK-Anlagen im räumlichen Zusammenhang abzunehmen.

THESE 7

Eine nutzungsunabhängige Förderung der SEH wäre der beste Markimpuls.

Erläuterung:

Nutzungsunabhängige Förderung heißt, dass nicht unterschieden wird, ob der produzierte Strom im eigenen Haushalt verbraucht oder in das Öffentliche Versorgungsnetz eingespeist wird. Es muss lediglich gesichert sein, dass die Strom erzeugende Heizung mit Nutzung der Wärme arbeitet.

Es ist unstrittig und volkswirtschaftlich sinnvoll, dass eine gekoppelte Strom-Wärme-Erzeugung sinnvoller ist, als die Wärme bei der Stromproduktion (Kondensationskraftwerke) ungenutzt in die Umwelt entweichen zu lassen.

Wie in den Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen gezeigt, kann es unter bestimmten Konstellationen (hoher wärmeseitiger Energiepreis, hohe Wartungskosten) für den Betreiber einer SEH-Anlage wirtschaftlich nachteilig sein, trotz Wärmebedarf Strom über den Eigenbedarf hinaus zu produzieren.

Die Autoren halten daher eine nutzungsunabhängige Förderung des in KWK-Anlagen erzeugten Stroms für sinnvoll. Das Maß der Förderung kann an die CO₂-Einsparung gekoppelt sein.

14 Leitfaden - Der Weg zur Strom erzeugenden Heizung -

Die Strom- und Wärmeerzeugung mit Anlagen zur Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zählt zu den effizienten Energiesparinstrumenten. Durch die Nutzung der bei der Stromproduktion entstehenden Wärme für Heizung und Warmwasser lassen sich für den gesamten Wandlungsprozess hohe Systemwirkungsgrade von bis zu 90% erreichen. Systeme, die sich auch bereits für den Einsatz im Einfamilienhaus eignen, werden als Strom erzeugende Heizung bezeichnet (SEH).

Dieser Leitfaden dient der Vorprojektierung von SEH-Anlagen und ist in der vorliegenden Form beispielhaft auf die Anwendung in Ein- und kleineren Mehrfamilienhäusern orientiert. Er richtet sich sowohl an Endkunden als auch an Planer und Installateure. Er ersetzt nicht eine sorgfältige Planung und Dimensionierung der Anlage, sondern soll den Anwender so leiten, dass eine wirtschaftlich, technisch und rechtlich gute Systemlösung entsteht. SEH-Systeme werden nur dann einen merklichen Marktanteil erreichen, wenn ihre Planung und ihre Installation nicht viel aufwändiger ist, als die einer konventionellen Gas-Brennwertheizung. Daher orientiert sich dieser Leitfaden am Vorgehen zur Installation eines konventionellen Heizsystems. Allerdings sind bei der Installation einer Strom erzeugenden Heizung einige zusätzliche Rahmenbedingungen zu beachten, auf die dieser Leitfaden hinweisen möchte. Die Bewertung der Einsatzmöglichkeiten beruht auf aktuellem Stand der Technik (Dezember 2007) und Energiepreisen zu diesem Zeitpunkt.

Bei SEH-Systemen kommen verschiedene Wandlungstechnologien zur kombinierten Strom- und Wärmeerzeugung zum Einsatz. Prinzipiell wird hierbei durch die Verbrennung eines Energieträgers Wärme und Bewegung erzeugt. Die Wärme wird zu Heizzwecken und zur Erzeugung von Warmwasser genutzt werden. Die Bewegungsenergie wird zur Stromerzeugung eingesetzt, indem ein Generator angetrieben wird. Die zur Zeit gebräuchlichen Systeme bei SEH sind Verbrennungsmotoren (Otto-Motor, Stirling-Motor) und Dampfkraftmaschinen.

Der wesentliche Faktor für eine wirtschaftliche Betriebsweise ist die Stromproduktion der SEH. Die damit erzielbaren Einnahmen oder vermiedenen Kosten müssen die höheren Investitionen der SEH gegenüber einer herkömmlichen Heizung refinanzieren. Da die Stromproduktion an die Wärmeerzeugung gekoppelt ist, ist die erzeugte Jahresstrommenge abhängig von:

- den Vollbenutzungsstunden des Wärmeerzeugers
- dem Verhältnis von Stromerzeugung und Wärme (Stromkennzahl)

Weiterhin wird der wirtschaftliche Betrieb der Anlage von den spezifischen Anlagekosten und die Brennstoffkosten bestimmt.

Zehn Schritte zur Strom erzeugenden Heizung

Schritt 1: Aus Gebäudetypologie grundsätzliche Einsatzmöglichkeiten ermitteln

Die Betrachtung basiert auf der Berechnung für ein Wohngebäude, das mit 4 Personen bewohnt wird und bei dem der Energiebedarf für verschiedene angenommene Baualter berechnet wurde. Die Ergebnisse liefern erste Anhaltswerte, die mit den tatsächlichen Jahreswärmebedarfen der konkreten Gebäude abzugleichen sind, für die die Installation einer SEH geplant ist.

Tabelle 14.1: Typische Endenergiebedarfe (Heizung und Warmwasser) von Wohngebäuden unterschiedlichen Baualters

	1930	1960	1984	2007	Passivhaus
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
EFH (Einfamilienhaus)	48.700	56.500	29.800	12.000	5.600
REH (Reihenendhaus)	41.200	49.600	22.500	9.500	5.100
RMH (Reihenmittelhaus)	36.000	43.800	20.000	8.200	4.700
MFH (Mehrfamilienhaus 3 Wohnungen)	110.000	128.000	75.700	31.500	19.000

Eignung gut: bedingt: schlecht:

Schritt 2: Ermittlung des durchschnittlichen Energiebedarfs der letzten 5 Jahre

Die folgende Tabelle dient der Ermittlung der bisherigen Energiekosten und -mengen:

	Öl [kWh/a]	Kosten Öl [EUR/a]	Gas [kWh/a]	Kosten Gas [EUR/a]	Strom [kWh/a]	Kosten Strom [EUR/a]
Jahr 1						
Jahr 2						
Jahr 3						
Jahr 4						
Jahr 5						
GESAMT						
MITTELWERT (geteilt durch 5)						

Schritt 3: Ermittlung zukünftiger Einflüsse auf den Energiebedarf

Da die Wirtschaftlichkeit einer Strom erzeugenden Heizung wesentlich vom Wärmebedarf des Einsatzortes abhängt, ist nicht nur zu untersuchen, welchen Wärmebedarf das Objekt in der Vergangenheit ausgewiesen hat, sondern auch abzuschätzen, welchen Wärmebedarf es in Zukunft haben wird. Sind in den nächsten Jahren Ereignisse absehbar, die zu einer wesentlichen Änderung des jährlichen Energiebedarfs führen (zum Beispiel: Dämmung des Gebäudes, Erneuerung von Fenstern, absehbare Änderungen in der Bewohnerstruktur), sind diese Einflüsse auf den zukünftigen Betrieb der SEH abzuschätzen.

Mit Hilfe der folgenden Aufstellung lassen sich die Auswirkungen auf den zukünftigen Wärme- und Strombedarf des Gebäudes abschätzen:

Maßnahme	Jahr	Änderung Wärme [kWh/a]	Änderung Strom [kWh/a]
Summe ÄNDERUNG			
bisheriger Energiebedarf			
zukünftiger Wärmebedarf			

Schritt 4: Wirtschaftlichkeitsrechnung anfertigen lassen

Generell gilt, je höher der absehbare Jahreswärmebedarf (zum Beispiel mehr als 25.000 kWh/a), umso eher lässt sich der Einsatz einer Strom erzeugenden Heizung (abhängig von Investition- und Betriebskosten) wirtschaftlich rentabel gestalten.

Eine auf den Anwendungsfall bezogene Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kann von den Systemanbietern / Herstellern angefordert werden oder aber bei Planungsbüros und den Anbietern von Auslegungssoftware in Auftrag gegeben werden.

Die folgende Übersicht zeigt die Anbieter von SEH-Systemen in Deutschland (Stand Dezember 2007). Die vollständigen Adressen der Anbieter finden sich im Anhang dieses Leitfadens.

Übersicht über Anbieter von SEH-Systemen

Tabelle 14.2: Hersteller SEH - Systeme

Hersteller	EcoPower GmbH	Enatec micro-gen b.v.	Eternal Energie GmbH	Honda
Prinzip	Otto-Motor	Stirling Freikolben	Diesel-Vielstoff-Motor	Otto-Motor
Brennstoff	Gas	Gas	Pflanzenöl	Gas
elektr. Leistung [kW]	1,3 - 4,7	1	3,0 – 7,0	1
therm. Leistung [kW]	4,0 - 12,5	5,0 - 15	6,0 – 14,0	3,25
Gewicht [kg]	395	100	490	82
Bemerkungen	ca. 2.500 Geräte modulierende Betriebsweise Marktreife	20 Geräte Feldtest	100 Geräte installiert kurze Wartungsintervalle	Marktreife
Kontakt / URL	www.ecopower.de	www.enatec.com	www.raptor-bhkw.de	www.honda.de

Tabelle 14.3: Hersteller SEH - Systeme

Hersteller	MEC	OTAG GmbH&CO KG	Senertec Dachs	Solo Stirling GmbH
Prinzip	Stirling	Dampfexpansion	Otto-Motor	Stirling
Brennstoff	Gas	Gas	Erdgas, Flüssiggas Heizöl, RME	Gas, Pellets
elektr. Leistung [kW]	1,1	0,3 – 2,0	5,0 – 5,5	2 – 7,4
therm. Leistung [kW]	Mai 15	3,0 – 16,0	10,3 – 12,5	Aug 22
Gewicht [kg]	90	195	520	450
Bemerkungen	60 Geräte Feldtest	100 Geräte installiert Marktreife	18.000 Geräte Marktreife auch für Inselbetrieb verfügbar	50 Geräte Feldtest
Kontakt / URL	www.microgen-engine.com	www.otag.de	www.senertec.de	www.stirling-engine.de

Tabelle 14.4: Hersteller SEH - Systeme

Hersteller	Stirling Systems AG	Sunmachine GmbH	Whispergen Ltd.
Prinzip	Stirling	Stirling	Stirling
Brennstoff	Gas	Pellet	Gas
elektr. Leistung [kW]	1,2	1,5 - 3	1,2
therm. Leistung [kW]	5,0 - 15	4,5 – 10,5	8
Gewicht [kg]	k.A.	350	130
Bemerkungen	10 Anlage Feldtest	50 Anlagen Markteinführung 2008	3000 Anlagen Marktreife
Kontakt / URL	www.sticore.com	www.sunmachine.com	www.whispergen.com

Schritt 5: Wirtschaftlichkeitsrechnung überprüfen

In der folgenden Grafik sind die Mehrkosten für verschiedene Anwendungsfälle einer SEH gegenüber einer konventionellen Heizung dargestellt. Die genannten Beträge sind die Mehrkosten, die ein SEH-System zum Zeitpunkt der Investition verursachen darf, damit es unter den genannten Rahmenbedingungen wirtschaftlich betrieben werden kann. Diese Berechnung der Grenzkosten dient als „Leitplanke“, um die erstellten Wirtschaftlichkeitsberechnungen einer Plausibilitätsprüfung zu unterziehen.

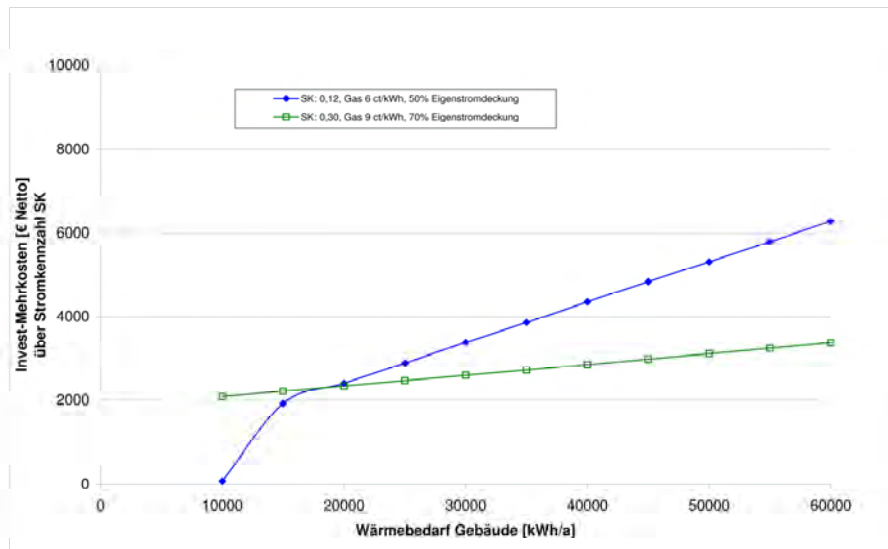


Bild 14.1: wirtschaftlich vertretbare Mehrkosten in Abhängigkeit von dem Wärmebedarf des Gebäudes (Parametervariation: Stromkennzahl, Gaspreis, Anteil Eigenstromerzeugung)

Die Abbildung verdeutlicht den Effekt, dass mit steigenden Energiepreisen auf der Wärmeseite die Wirtschaftlichkeit von SEH-Anlagen gefährdet ist, wenn nicht auch die Vergütung für den erzeugten Strom entsprechend steigt. Die Anlage mit hoher Stromkennzahl (hier SK 30%) wird bei höherem Energiepreis der Wärmeseite (Gas 9 ct/kWh) in der Wirtschaftlichkeit schlechter (geringere tolerierbare Investitionsmehrkosten) beurteilt werden als eine SEH-Anlage mit geringerer Stromkennzahl bei einem Gaspreis von 6 ct/kWh. In dieser (fiktiven) Konstellation bietet die SEH-Anlage mit höherer Stromkennzahl nur im Bereich kleinen Jahreswärmebedarfs Vorteile gegenüber der Vergleichsanlage.

Schritt 6: Vorbereitungen zur Realisierung treffen

Ist der Einsatz eines SEH-Systems wirtschaftlich sinnvoll, sind noch einige Randbedingungen zu klären, bevor konkrete Angebote des Installateurs eingeholt werden können.

Standort der Anlage

Der Anlagestandort sollte so gewählt werden, dass eine direkte Anbindung an das Heizsystem und an die Brennstoffversorgung möglich ist. Der Pufferspeicher sollte möglichst in der Nähe der SEH-Anlage installiert werden, wozu der Platzbedarf und die Abmessungen des Speichers (Länge, Breite, Kipphöhe beim Transport zum Standort beachten) zu überprüfen sind. Weiterhin sind die Schallemissionen einiger Systeme zu beachten. Standorte in der Nähe von Aufenthaltsräumen sind daher auch unter akustischen Gesichtspunkten sorgfältig zu prüfen. Auch an das Abgassystem könnten besondere Anforderungen gestellt werden (Druckverhältnisse, Temperaturbeständigkeit). Ebenfalls zu prüfen ist die statische Belastungsfähigkeit des Standortes. Das Gewicht eines SEH-Systems kann bis zu 500 kg zuzüglich des gefüllten Wärmespeichers betragen.

Schritt 7: Angebote einholen

Nach Klärung der Rahmenbedingungen können Angebote eingeholt werden. Diese sollten sowohl den heizungstechnischen als auch den elektrotechnischen Bereich umfassen.

Das Angebot sollte so aufgebaut sein, dass es für die Installation des Komplettsystems einen Verantwortlichen Anbieter gibt. Einige SEH-Hersteller bieten auch Komplettsysteme (Erzeuger, Speicher, Überwachungseinheit) an. Diese Systeme sind aufeinander abgestimmt und sollten bevorzugt eingesetzt werden, um Abstimmungsprobleme zu vermeiden.

Lassen Sie sich von den System-Anbietern Referenzen nennen und nehmen Sie auch einen Wartungsvertrag mit in das Angebot auf.

Schritt 8: Beachtung der rechtliche Rahmenbedingungen

Der Betrieb einer Strom erzeugenden Heizung wird sowohl durch erhöhte Einspeisevergütungen (EEG, KWKModG) als auch durch steuerliche Vorteile von staatlicher Seite unterstützt.

Um diese Förderungen und steuerlichen Erleichterungen in Anspruch zu nehmen, sind die entsprechenden Meldungen vorzunehmen und Unterlagen einzureichen.

Folgende gesetzlichen Regelungen befassen sich bezüglich der Vergütung des eingespeisten Stroms mit dem Bereich der Strom erzeugenden Heizung:

Stromsteuergesetz

Gemäß § 9 Abs. 1 Nr. 3 StromStG ist Strom, der in Anlagen mit einer elektrischen Nennleistung von bis zu 2 Megawatt erzeugt wird und entweder zum Selbstverbrauch oder zur Leistung an Dritte im Räumlichen Zusammenhang entnommen wird, von der Stromsteuer befreit. Es bedarf dazu keiner Erlaubnis des Hauptzollamts. Die Steuerbefreiung erfolgt Kraft der gesetzlichen Regelung. Die vermiedene Stromsteuer beträgt im Jahr 2007 2,05 Ct/kWh_{el}.

Energiesteuergesetz

In §53 EnergieStG ist geregelt, dass stationäre Anlagen zur gekoppelten Erzeugung von Kraft und Wärme bis 2 MW mit einem Jahresnutzungsgrad von mindestens 70 Prozent von der Energiesteuer entlastet werden. Die Energiesteuer beträgt beispielsweise für Erdgas seit 2003 0,550 Ct/kWh_{HO}.

Weitere besteuerte Energieerzeugnisse sind Heizöl und Flüssiggas. Auch diese Energieträger werden beim Einsatz in KWK-Anlagen und Vorliegen der oben genannten Voraussetzungen von der Energiesteuer befreit.

Die Befreiung erfolgt im Wege einer nachträglichen Erstattung, die beim zuständigen Hauptzollamt jeweils bis zum 31.12. des Folgejahres zu beantragen ist. Im Antrag ist lediglich die in der Anlage verbrauchte Menge an Energieerzeugnissen (zum Beispiel Erdgas) anzugeben und mit dem Steuersatz zu multiplizieren. Der so ermittelte Betrag wird vom Hauptzollamt erstattet. Das Formular findet sich im Anhang dieses Leitfadens und ist unter www.zoll.de im Formularcenter der Zollverwaltung unter der Nummer 1117 verfügbar.

Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG)

Das EEG sieht nach § 8 eine besondere Regelung für Strom aus Biomasse vor. Bis zu einer elektrischen Leistung von maximal 150 kW_{el} beträgt die Mindestvergütung bei Inbetriebnahme der Anlage im Jahr 2008 10,83 Ct/kWh.

Diese Basisvergütung wird für einen Zeitraum von 20 Jahren zuzüglich des Jahres der Inbetriebnahme gezahlt: Sie sinkt jedes Jahr um 1,5% Prozent bezogen auf den Vorjahreswert.

Weiterhin werden folgende Zuschläge gewährt (ohne Preisdegression):

Verwendung nachwachsender Rohstoffe (NawaRO-Bonus):	6,0 Ct/kWh
Nutzung der Abwärme (KWK-Bonus)	2,0 Ct/kWh
Einsatz neuer Technologien (zum Beispiel Stirling, Dampfmaschinen)	2,0 Ct/kWh

Stromerlöse

Bezogen auf die elektrisch erzeugte Energie ergeben sich im vierten Quartal 2007 (Baseload-Preis aus III/2007) folgende Vergütungen (Nettobeträge):

Ersatz von Strombezug (Eigenstromerzeugung) (Basistarif Stadtwerke Kassel):

vermiedene Stromkosten	16,45 Ct/kWh_{el}
Erstattung Energiesteuer Erdgas (Stromkennzahl zwischen 44% und 10%)	ca. 2,2 – 7,4 Ct/kWh _{el}
Erzielter Strompreis	ca. 18,65 - 23,85 Ct/kWh_{el}

Stromeinspeisung bei SEH-Anlage, die nicht nach EEG vergütet wird (zum Beispiel Erdgasbetrieb):

Basisvergütung nach Baseload-Preis der Strombörse EEX	3,30 Ct/kWh_{el}
KWK-Zuschlag	5,11 Ct/kWh _{el}
Entgelt für vermiedene Netznutzung (Stadtwerke Kassel) ^{*)}	1,07 Ct/kWh _{el}
Erstattung Energiesteuer Erdgas (Stromkennzahl zwischen 44% und 10%)	2,2 – 7,4 Ct/kWh _{el}
Erzielter Strompreis	11,68 - 16,88 Ct/kWh_{el}

^{*)} Als Entgelt für die vermiedenen Netznutzung wird von den Netzbetreibern üblicherweise der Betrag vergütet, der für die Abnahme auf der nächst höheren Spannungsebene (bei Einspeisung in das Niederspannungsnetz: Umspannung Nieder-/Mittelspannung berechnet wird. Das Entgelt ist von der jeweiligen örtlichen Netztopologie abhängig.

Anlage, die nach EEG vergütet wird (zum Beispiel Pflanzenöl):

Basisvergütung (Inbetriebnahme 2008)	10,83 Ct/kWh_{el}
NawaRo-Bonus (Nachwachsende Rohstoffe)	6,00 Ct/kWh _{el}
KWK-Bonus	2,00 Ct/kWh _{el}
Technologie-Bonus (Stirling, Dampfgenerator, etc.)	2,00 Ct/kWh _{el}
Erzielter Strompreis	20,83 Ct/kWh_{el}

Zu beachten ist, dass die Vergütung nach EEG über einen Zeitraum von 20 Jahren zuzüglich des Inbetriebnahmejahres gezahlt wird, während der KWK-Zuschlag auf 10 Jahre befristet ist.

Umsatzsteuergesetz

Nach den Regelungen des Umsatzsteuergesetzes unterliegen die Vergütungen des Netzbetreibers an den Anlagenbetreiber der Umsatzsteuer. Es handelt sich um einen Leistungsaustausch im Sinne des § 1 Abs. 1 Nr. 1 UstG. Der Anlagenbetreiber ist Unternehmer im Sinne des § 2 UstG, da er eine gewerbliche Tätigkeit (Stromlieferung) selbständig ausübt.

Allerdings wird von sogenannten „Kleinunternehmern“ die Umsatzsteuer nicht erhoben. Kleinunternehmer gelten als solche, wenn der Umsatz im Kalenderjahr EUR 17.500,00 nicht übersteigt. Damit dürften Klein-BHKW bzw. SEH auch bei Volleinspeisung des erzeugten Stroms überwiegend der Kleinunternehmerregelung unterfallen.

Vielfach wird jedoch von der Möglichkeit Gebrauch gemacht, auf die Anwendung der Kleinunternehmerregelung zu verzichten und doch die Behandlung als „normaler“ Unternehmer zu erreichen. Diese Wahlmöglichkeit eröffnet § 19 Abs. 2 UstG. Sinnvoll ist dieser Verzicht auf die Kleinunternehmerregelung vielfach deshalb, weil die Besteuerung als „normaler“ Unternehmer neben den leider erheblichen formalen Anforderungen in wirtschaftlicher Hinsicht nur Vorteile bringt:

Der Netzbetreiber vergütet die an das Finanzamt abzuführende Umsatzsteuer (zurzeit 19%) zusätzlich zur eigentlichen Vergütung für den Strom.

Der Anlagenbetreiber kann die Erstattung der Umsatzsteuer beantragen, die bei Erwerb bzw. Errichtung der KWK- bzw. SEH Anlage angefallen ist. Er reduziert damit seine Investitionskosten um den Umsatzsteuerbetrag. Diese Erstattung kann sich aber nur anteilig auf die Stromerzeugung entfallende Nutzung beziehen. Die Nutzung zur Wärmeerzeugung berechtigt nicht zur Erstattung der Umsatzsteuer, da insoweit keine steuerpflichtigen Umsätze mit Dritten erzielt werden (Eigenverbrauch oder Weiterleitung im Rahmen steuerbefreiter Vermietung).

Auch aus den laufenden Kosten der Anlage kann die Erstattung der enthaltenen Umsatzsteuer beantragt werden, wobei auch hier nur der auf die Stromerzeugung entfallende Anteil erstattungsfähig ist.

Im Ergebnis kann aus der Behandlung als umsatzsteuerlicher Unternehmer eine Verbesserung der Wirtschaftlichkeit erreicht werden.

Zum Betrieb einer Strom erzeugenden Heizung, die nicht nach dem Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (EEG) vergütet wird, sind folgende Anträge zu stellen, bzw. folgende Genehmigungen einzuholen:

Vor der Installation:

- Antrag auf Anschluss einer Eigenerzeugungsanlage beim örtlichen Netzbetreiber (Unterlagen: Datenblatt des Systems, Unbedenklichkeitserklärung, Konformitätserklärung)
- Genehmigung der Abgasführung durch Bezirksschornsteinfegermeister (Unterlagen: Datenblatt der Abgaswerte, Zulassung der Abgassystems)
-> ein Vor-Ort-Termin ist ratsam
- Bei Gasbetrieb:
Falls erforderlich Installation eines geeichten Gas-Unterzählers.
Die Abfrage der Anschlussleistung des Gasanschlusses beim Gasversorger ist in der Regel aufgrund der geringen zusätzlichen Anlagenleistung nicht erforderlich.
(Unterlagen: Technische Daten der Strom erzeugenden Heizung)
- Förderanträge, zum Beispiel KfW oder Landesförderprogramme stellen (Unterlagen: abhängig vom Förderprogramm)

Nach der Installation:

- Antrag KWK-Bonus beim Bundesamt für Außenwirtschaft (BAFA) stellen (siehe Anlage). (Unterlagen: Inbetriebnahmeprotokoll, Datenblatt des Systems)
- Gegebenenfalls: Eröffnungsfragebogen des Finanzamts zur Aufnahme einer steuerpflichtigen Tätigkeit.

Jährlich einzureichen:

- Bei Gas-, HEL- oder Flüssiggasbetrieb: Antrag auf Vergütung der Energiesteuer aufgrund der gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme beim zuständigen Hauptzollamt stellen (Unterlagen: Datenblatt des Systems, Nachweis des Wirkungsgrades, Ermittlung des Brennstoffeinsatzes)
- Mitteilung an das Bundesamt für Außenwirtschaft über die eingespeiste Strommenge zur Vergütung des KWK-Zuschlages (bis zum 31.03. des Folgejahres)
Unterlagen: Formular des BAFA (siehe Anlage)
- Gegebenenfalls: Umsatzsteuerjahreserklärung

Wird die Anlage auf Basis des EEG betrieben, sind folgende Schritte notwendig:

Vor der Installation:

- Antrag auf Anschluss einer Eigenerzeugungsanlage beim örtlichen Netzbetreiber (Unterlagen: Datenblatt des Systems, Unbedenklichkeitserklärung, Konformitätserklärung)
- Genehmigung der Abgasführung durch Bezirksschornsteinfegermeister (Unterlagen: Datenblatt der Abgaswerte, Zulassung der Abgassystems)
-> ein Vor-Ort-Termin ist ratsam
- Förderanträge, zum Beispiel KfW oder Landesförderprogramme stellen (Unterlagen: abhängig vom Förderprogramm)
- Gegebenenfalls: Eröffnungsfragebogen des Finanzamts zur Aufnahme einer steuerpflichtigen Tätigkeit.

Nach der Installation:

- Anzeige der Inbetriebnahme beim örtlichen Netzbetreiber, klären der Vergütungsmodalitäten (Abschlagszahlungen, Jahresabrechnung) mit Abschluss eines Einspeisevertrages
- Gegebenenfalls: Umsatzsteuerjahreserklärung.

Die jährliche Abrechnung erfolgt aufgrund der eingespeisten Strommenge.

Schritt 9: Beauftragung der Anlage

Beauftragen Sie den Anbieter ihres Vertrauens mit der Errichtung der Anlage. Vereinbaren Sie Ausführungsfristen und bestehen Sie auf einem Vertrag nach BGB, der eine Gewährleistung von 5 Jahren beinhaltet.

Schritt 10: Abnahme der Installation

Bestehen Sie vor der Unterschrift unter das Abnahmeprotokoll auf einer ausführlichen Einweisung in den Betrieb und die Funktionsweise der Anlage. Nehmen Sie unter Anleitung des Installateurs die üblichen Bedienvorgänge selbst vor. Achten Sie darauf, dass Ihnen bei der Abnahme alle Unterlagen vollständig übergeben werden.

Weiterführende Informationen:

SEH-Informationsportal

www.stromerzeugende-heizung.de

Auslegungssoftware für SEH

www.minibhkw.de

15 Zusammenfassung und Ausblick

Die gleichzeitige Strom- und Wärmeerzeugung mit Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) zählt zu den effizienten Technologien rationeller Energienutzung. SEH-Systeme (Strom erzeugende Heizungen) bieten die Möglichkeit, ohne einen Ausbau der Fernwärmesysteme dieses Potenzial zu nutzen. Die ersten Geräte sind am Markt verfügbar. Die Marktrecherche ergab, dass sich weitere Systeme in aussichtsreichen Feldtests befinden und kurz vor der Markteinführung stehen.

Allerdings wurde auch deutlich, dass sich der Einsatz von SEH-Systemen nur dann wirtschaftlich darstellen lässt, wenn die Randbedingungen stimmen. In Gebäuden mit einer hohen Energieeffizienz und dementsprechend geringem Jahreswärmebedarf ergeben sich bei den untersuchten Systemen in der Regel zu geringe Volllaststunden, um bei der Höhe der derzeitigen Marktpreise bzw. Investitionskosten eine wirtschaftliche Stromproduktion zu ermöglichen. Bei Gebäuden und Liegenschaften mit einem höheren Jahresheizwärmebedarf lassen sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen mit den verfügbaren Strom erzeugenden Heizungen generell besser erreichen, weil höhere Betriebslaufzeiten erreicht werden. Allerdings kann sich auch in den Fällen mit hohen Laufzeiten der Betrieb unrentabel gestalten, wenn Investition, Wartung oder die Energiekosten der Wärmeseite zu hoch sind.

Im Wohnungsbestand sind daher auch jene Gebäude für den Einsatz von SEH-Systeme prädestiniert, für die eine hochwertige energetische Sanierung nicht in Frage kommt (zum Beispiel Fachwerkbauwerke unter Denkmalschutz) oder größere Wohnverbünde (Mehrfamilienhäuser). Hier bieten SEH-Systeme in der Regel gute Möglichkeiten, die benötigte Energie in Form von Strom und Wärme sehr effizient zur Verfügung zu stellen.

Eine Abschätzung des zukünftigen Marktpotentials ergab, dass sich bei einem SEH-Anteil von 15% an den jährlich installierten Heizsystemen in Europa ein jährlicher Bedarf an SEH-Systemen von ca. 500.000 Stück einstellen könnte.

Für Industrie und Handwerk erwachsen hieraus neue Beschäftigungsmöglichkeiten und Berufsfelder. Die Handwerksbetriebe stehen der Entwicklung derzeit noch skeptisch gegenüber, da bisher kein renommierter Heizungshersteller den Markt betreten hat. Seitens der Berufsverbände und der Ausbildungsstätten im Handwerk besteht eine große Offenheit für den Bereich SEH. So wurde mittlerweile im Rahmen einer Vereinbarung zwischen Heizungsbau- und Elektroinnung vereinbart, dass in begrenztem Maße Gewerke übergreifende Arbeiten durchgeführt werden dürfen. Dadurch wird die Installation einer SEH im Montageablauf wesentlich vereinfacht.

Die Gasversorger engagieren sich stark in den SEH-Technologien. In fast jedem Netzgebiet werden zurzeit Feldtests mit unterschiedlichen Systemen durchgeführt. Die Versorger versprechen sich über diese Systeme eine Erhöhung des Gasabsatzes um bis zu 20 %. Dadurch soll aus Versorgersicht ein Teil des Rückgangs im Gasumsatz durch Energetische Gebäudesanierungen aufgefangen werden.

Auf der elektrischen Seite können SEH eine Möglichkeit eröffnen, dezentral in die Netzversorgung einzugreifen. Hierzu wurden bereits einige Feldversuche durchgeführt (Stadtwerke Unna, ISET in Kooperation mit Städt. Werke Kassel). Weitere Vorhaben stehen kurz vor der Realisierung. Wichtig wird es sein, hier ein Steuerverfahren zu entwickeln, dass es einerseits dem Versorger ermöglicht, Spitzenlasten über viele kleine Systeme abzudecken, aber andererseits dem Betreiber der Anlage die gewünschte Freiheit gibt, über die Anlage selbst verfügen zu können. Das vom ISET-Kassel entwickelte System BEMI bietet hier einen interessanten Ansatz, der daran besteht, dass

das System tarifgeführt (der aktuelle Strompreis bestimmt den Betrieb) gesteuert wird. Der Nutzer kann jederzeit selber frei entscheiden, ob er die Energie an das Versorgungsnetz liefern will oder nicht.

Für das politische Ziel, den KWK-Anteil in Deutschland deutlich zu erhöhen, bieten SEH-Systeme die Chance, dieses ohne einen weiteren Ausbau der Fernwärme-Leitungen zu ermöglichen.

Bezüglich der Aufnahme der Leistungen in das elektrische Netz bestehen bei der momentanen Netzstruktur auch bei einem hohen Anteil von SEH-Systemen keine wesentlichen Beschränkungen. Dies rührt daher, dass die elektrischen Leistungen gering sind ($< 5\text{kW}_{\text{el}}$) und der produzierte Strom zum großen Teil zur Deckung des eigenen Strombedarf herangezogen wird. Dies führt bei verstärktem Einsatz von Strom erzeugenden Heizungen eher zu einer Entlastung des Netzes.

Die Hemmnisse für Strom erzeugende Heizungen sehen wir daher nicht in der Technologie, sondern nahezu vollständig in der Preisgestaltung und den administrativen Belastungen.

Die Investitionskosten bzw. -mehrkosten für SEH-Anlagen sind derzeit noch deutlich zu hoch. Insofern zeigt die Marktentwicklung bei dieser Technologie Parallelen zur Entstehung des PV-Marktes. Es kann u. E. davon ausgegangen werden, dass sobald die Betriebsbedingungen von SEH-Systemen erstens über längere Zeiträume (mind. 15 Jahre) und zweitens mit einfachen, lukrativen Vergütungsstrukturen ausgestattet werden, eine rege Marktentwicklung einsetzen wird, die längerfristig – wie bei PV-Anlagen – die Investitionsmehrpriese in wirtschaftlich interessante Preisregionen senken wird.

Bei einer schnellen Belebung des Marktes werden Anstrengungen aller Beteiligten auf verschiedenen Ebenen initiiert, die zum Beispiel die Gerätespektren erweitern, die Wartungs- und Instandhaltungskosten senken und die zugehörigen Peripherien (Handwerk, Ausbildung, Dienstleister) prosperieren lassen.

Selbst für sehr energiesparende Gebäude mit geringem jährlichen Energieverbrauch sind bereits heute SEH-Systeme verfügbar, deren Markterfolg dann eintreten kann, wenn diese mit nur geringen Investitionsmehrkosten oder besserer betrieblicher Vergütung (CO_2 -Bonus) realisiert werden können.

Ganz wichtig für eine verbesserte Marktpräsenz ist, die bürokratischen Hindernisse langfristig zu beseitigen:

- Der Betrieb einer SEH-Anlage derzeit erfordert unnötig viel Papierarbeit, Anträge bei verschiedenen Behörden / Institutionen sind zu stellen, die eine erhebliche Einarbeitung in die Thematik oder unnötig hohe Nebenkosten verursachen.
- Förderprogramme werden derzeit in zu kurzen Abständen gestartet, das ist für die Investitionssicherheit bei Anwendern und Herstellern äußerst kritisch, da die Investitionsbedingungen nicht konstant sind.
- Es ist den bereits existierenden SEH-Systemen aber auch der noch zu entwickelnden Anlagentechnik Strom erzeugender Heizungen zu wünschen, dass diese ein ähnliches langfristiges Marktanzreizprogramm erleben können wie seinerzeit die Fotovoltaik.

Sobald sich der Markt belebt,

- werden langfristig weitere Anwendungsfelder – wie zum Beispiel die Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung – mit hohem Marktpotenzial insbesondere für die südliche Hemisphäre in die Entwicklung gehen können.

- wird die Werbewirtschaft den zurzeit stagnierenden Heizkesselmarkt als neues Umsatzgebiet für SEH-Systeme orten.
- die Hersteller auf Fachmessen und die Handwerksverbände in Schulungen die Technik der SEH-Systeme propagieren.

Aktuelle Entwicklungen auf nationaler Ebene

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Mit dem von der Bundesregierung beschlossenen integrierten Energie- und Klimaprogramm wird das Ziel angestrebt, die CO₂-Emissionen bis zum Jahr 2020 um 36% gegenüber den Emissionen im Jahr 1990 zu senken. Dabei spielt auch ein beschleunigter Ausbau der Kraft-Wärme-Kopplung eine wesentliche Rolle. Da die von der Wirtschaft in der KWK-Vereinbarung 2004 zugesagte Minderung der CO₂-Emissionen durch die Kraft-Wärme-Kopplung bislang nicht in dem erforderlichen Umfang stattgefunden hat, sollen über eine Novellierung des KWK-Gesetzes neue Anreize geschaffen werden, um den Anteil von Strom aus Kraft-Wärme-Kopplung bis zum Jahr 2020 auf etwa 25 % an der gesamten Stromerzeugung der Bundesrepublik zu verdoppeln.

Dazu sieht der zurzeit in Diskussion befindliche Referentenentwurf vom 5.12.2007 zur Novellierung des KWK-gesetzten folgende Elemente vor:

- Weiterführung und Deckelung der KWK-Umlage auf dem derzeitigen Niveau (ca. 750 Mio €/ Jahr)
- Beibehaltung des Fördersystems des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes, d. h. Zuschlagszahlungen des Netzbetreibers für den aus zugelassenen KWK-Anlagen eingespeisten KWK-Strom und Refinanzierung durch eine Überwälzung auf die Stromnetzkunden
- Förderung des Neubaus und der Modernisierung von KWK-Anlagen bei Inbetriebnahme zwischen 2007 und 2013
- Der Ausbau der Nah- und Fernwärmenetze (bis zu 20% Investitionszuschuss) wird in das Umlageverfahren des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes ohne Überschreitung des o. g. finanziellen Höchstniveaus aufgenommen (bis zu 150 Mio. €.)
- Förderung nur von hocheffizienter KWK
- Einführung eines Herkunftsnachweises für KWK-Strom
- Beschränkung der Förderdauer sowohl in zeitlicher (Jahre) als auch in mengenmäßiger (Vollastbenutzungsstunden) Hinsicht (Einstellung der Förderung nach dem Erreichen eines der beiden Kriterien).

Zurzeit befindet sich der Entwurf in einer Abstimmung mit dem Bundesrat und den entsprechenden Verbänden. In der aktuellen Stellungnahme des Bundesverbandes Kraft-Wärme-Kopplung e.V. verweist dieser auf einige Mängel im Detail, besonders auf die verminderte Vergütung von Strom, der nicht in ein öffentliches Netz eingespeist wird.

Für den Bereich Strom erzeugende Heizung führt die Novellierung zu keiner Verbesserung der Rahmenbedingungen. Durch die im Entwurf enthaltene Degression des KWK-Zuschlag und eine kürze Förderdauer (8 statt 10 Jahre) werden sich die gesetzlichen Förderbedingungen tendenziell verschlechtern. Daher wird es zukünftig für den wirtschaftlichen Betrieb von Kleinst-KWK-Anlagen, wie der Strom erzeugenden Heizung umso wichtiger sein, durch diese bei steigenden Stromprei-

sen den Eigenbedarf zu decken oder Spitzenlaststrom zu einem entsprechenden Preis zu produzieren.

Technologische Entwicklungen

Durch die Bildung von Konsortien verschiedener Akteure der Heizungsindustrie (siehe Kapitel Marktübersicht) im Jahr 2007 bestehen gute Chancen, dass ab dem Jahr 2009 einige Anbieter in eine Serienproduktion einsteigen. Nur durch hohe Stückzahlen und die damit verbundene Preisreduktion wird es gelingen, einen wirtschaftlichen Betrieb der Aggregate zu realisieren.

Durch die Integration der Strom erzeugenden Einheit in die Serienheizgeräte des jeweiligen Herstellers werden sich der Vertriebsweg und die Ersatzteilkhaltung einfach gestalten lassen. Auf Basis der Technologie Brennstoffzelle ist zurzeit kein Produkt absehbar, das in den nächsten 3 Jahren in Serienfertigung gehen wird. Einige Systeme befinden sich in Feldtests. Nach jetzigem Kenntnisstand wird die Stirling-Technologie trotz des geringen Stromwirkungsgrades, aber aufgrund des wartungsarmen bis wartungsfreien Aufbaus, das dominierende Wirkprinzip für die erste Generation von Strom erzeugenden Heizungen sein.

Energieversorger

Neben der Heizungsindustrie haben besonders die Energieversorgungsunternehmen ein hohes Interesse an einer schnellen Verbreitung der Technologie. Besonders die Gasversorger engagieren sich stark in der Erforschung und Verbreitung des Einsatzes von Strom erzeugenden Heizungen. Zurzeit führen viele Versorger Feldtest mit aktuellen Produkten durch, die nach Rücksprache die gesetzten Erwartungen hinsichtlich Zuverlässigkeit und Energieertrag weitestgehend erfüllen. Einige Stromversorger führen auch Feldtests zu Steuerverfahren von dezentralen Erzeugungssystemen durch.

Handwerk

Die im Rahmen der Befragung angesprochenen Handwerksunternehmen aus den Bereich Elektro- und Heizungsbau hatten zwar generell ein großes Interesse an dem Thema Strom erzeugende Heizung, konnten allerdings bisher zu diesem Thema noch keine vertieften Kenntnisse oder realisierte Projekte vorzuweisen. Obwohl einzelne Bildungszentren und Berufsschulen über Schulungsplätze für KWK-Anlagen verfügen, werden diese bisher für Weiterbildungsangebote fast nicht genutzt. Dies wird sich auch erst ändern, wenn eine verstärkte Kundennachfrage besteht.

Insgesamt besteht bei den Vertretern der Innungen und Kammern die Hoffnung, dass sich die KWK-Technologie in den nächsten Jahren umsatzfördernd für die Betriebe auswirkt.

Bildungseinrichtungen

Berufsschulen und weiterführende Bildungseinrichtungen nehmen das Thema Klein-KWK (SEH) verstärkt in ihre Angebote auf. Es sind erste Curricula in der Entwicklung, die diesen Bereich als feste Module in die bestehenden Ausbildungsgänge integrieren. Die Entwicklungen im Bereich der Strom erzeugenden Heizung im häuslichen Bereich werden mit großem Interesse verfolgt.

Endkunden

Stichprobenartige Umfragen bei Neubau-Interessenten und bei Veranstaltungen zum Thema Altbau-Sanierung zeigten, dass diese Technologie bisher kaum bekannt ist. Wir gehen davon aus, dass bei einer breiten Marktverfügbarkeit dieser Geräte sich diese Situation schnell ändern wird. Getrieben durch die Energiepreisentwicklung stehen Verbraucher neuen Technologien zur effizienten Energienutzung sehr ausgeschlossen gegenüber.

AUSBLICK

SEH-Technologien stehen kurz vor der Schwelle der Markteinführung. Zur schnellen, flächen-deckenden Einführung in den Markt bedarf es nach unserer Auffassung eines Impulsprogramms, ähnlich wie bei der Nutzung erneuerbarer Energien.

Bei der Belebung des Marktes zur Nutzung erneuerbarer Energien haben feste Einspeisetarife Wirkung gezeigt. Dieses Instrument hat das Potential, technologiespezifische Innovationen im Bereich der SEH zu beschleunigen und einen Massenmarkt für Strom erzeugende Heizungen zu entwickeln.

Daher ist neben umfassender Information über die Chancen und Grenzen dieser Technologie nach Auffassung der Autoren ein Impulsprogramm (möglicher Titel: 100.000 Keller-Programm) notwendig, dass zum Einen auf Verbraucherseite imagebildend wirkt, auf der anderen Seite aber Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten seitens der Industrie initiiert. Als Vorbild könnte das aktuelle Programm in den Niederlanden dienen, wo die ersten installierten 10.000 SEH-Systeme bezuschusst werden.

Längerfristig sollte der Betrieb von SEH-Anlagen und die damit verbundene Einsparung von CO₂-Emissionen über eine gesicherte Vergütung honoriert werden.

Betrachtet man die Produktlebenszyklen von Niedertemperaturkesseln und Brennwertgeräten, so hat die SEH mittels dieser Impulsförderung die Chance, in zwanzig Jahren die vorherrschende Wärmequelle der Hausenergieversorgung zu werden. Eine CO₂-Minderung ergibt sich dabei auf zweierlei Weise: Effizienzgewinn plus die Verdrängung von kohlebasiertem Mittellaststrom (Fuel Shift).

16 Literatur

- [AGFW 2004] Lutsch, Neuffer: e.a. AGFW Hauptstudie Pluralistische Wärmeversorgung Arbeitsgemeinschaft für Wärme- und Heizkraftwirtschaft (AGFW), 2004.
- [ASUE 2005] Mikro-KWK Infobroschüre ASUE (Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch), Kaiserslautern 2005.
- [ASUE 2006] Tagungsmaterialien der ASUE: Strom erzeugende Heizungen – Techniken für heute und morgen, Fachtagung am 7. September 2006, Leipzig.
- [ASUE 2007] Tagungsmaterialien der ASUE: Wärme und Strom im Haus umweltschonend selbst erzeugen, Fachtagung am 28. September 2007, Augsburg.
- [ASUE-BHKW 2005] BHKW Kenndaten 2005: ASUE Kaiserslautern / Energiereferat der Stadt, Frankfurt 2005.
- [BUND 2007] Integriertes Energie- und Klimaprogramm der Bundesregierung, Berlin 2007.
- [destatis 2004] D. Ginter: Zensustest – Ergebnisse der Gebäude- und Wohnungszählung, Statistisches Bundesamt 2004.
- [Diefenbach et al.2007] N. Diefenbach, T. Loga, H. Cischinsky (Institut Wohnen und Umwelt), K.-D. Clausnitzer (bremer energie institut): Grundlagen für die Entwicklung von Klimaschutzmaßnahmen im Gebäudebestand – Untersuchung über die bautechnische Struktur und den Ist-Zustand des Gebäudebestandes in Deutschland, Herausgeber: BMVBS /BBR BBR-Online-Publikation 22/07: http://www.bbr.bund.de/cln_005/nn_23582/DE/Veroeffentlichungen/BBR-Online/2007/ON222007.html.
- [DTI-UK 2006] Department of Trade and Industry: UK Our Challenge – Power to the People UK-Microgeneration Strategy Department of Trade and Industry, United Kingdom, März 2006.
- [EEG 2004] Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz EEG) Stand 2004.
- [Eickmeyer 2006] Eickmeier/Gabriel/Schulz: Analyse des nationalen Potentials für den Einsatz hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung, Bremer Energie Institut und Krewitt/Nast DLR e&m, Verlag 2006.
- [Enquete 2007] Endbericht der Enquete-Kommission zur nachhaltigen Energieversorgung, Bundestagdrucksache 14/9400 vom 2. Juli 2002.

- [EU Aktion 2006] Kommission der Europäischen Gemeinschaften: Aktionsplan für Energie – Das Potential ausschöpfen Rahmenplan für die Aktivitäten der Europäischen Gemeinschaft im 7ten Rahmenprogramm (2007 – 2012), Brüssel Oktober 2006.
- [Frost&Sullivan 2006] Opportunities in European Micro Combined Heat and Power (CHP) Markets Frost&Sullivan Research, London Februar 2006.
- [IWU 1995] Energieeinsparung im Wohngebäudebestand, Gesellschaft für rationelle Energieverwendung e.V. Kassel, 2007.
- [ISET 2006] Bendel, Nestle, Ringelstein: BEMI Energiemanagement–Interface zur dezentralen Stromeinspeisung in Niederspannungsnetze, 3.VWEW-Fachtagung Photovoltaik und Netzintegration ISET 2006.
- [Krewitt 2004] Krewitt, Pehnt, e.a.: Brennstoffzellen in der Kraft-Wärme-Kopplung, Erich Schmidt Verlag, Berlin 2004.
- [KWKG 2002] KWKG2002 Gesetz für die Erhaltung und Modernisierung der Kraft-Wärme-Kopplung (Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz), Stand 2002.
- [NAV 2006] Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung - NAV), Stand 2006.
- [Otto 1997] Hauser, G. und Otto, F.: Wärmespeicherfähigkeit und Jahresheizwärmebedarf. mikado (1997), H. 4, S. 18-22.
- [Pehnt 2006] Pehnt, Cames, Fischer, e.a: Micro Cogeneration – Towards Decentralized Energy Systems, Springer Verlag Berlin, Heidelberg 2006.
- [RWE 2005] RWE Power AG power:perspektiven 2005
RWE Power Aktiengesellschaft Essen/Köln 2005
- [SMA Sunny Backup 2008] Datenblatt Sunny Backup Set S SMA Technologie AG 2008
- [Schulz 2007] C. Schulz: Systembetrachtung zur Integration von Mini-Blockheizkraftwerken in das elektrische Versorgungsnetz, Dissertation Universität Braunschweig, Februar 2007.
- [StromNEV 2005] Verordnung über die Entgelte für den Zugang zu Elektrizitätsversorgungsnetzen, Stromnetzentgeltverordnung - StromNEV, Stand 2005.
- [Synergie 2000] Jan Kaiser, Anton Maas, Jens Oppermann: Energetische Analyse und Bewertung von SynergieHäusern, Fraunhofer IRB Verlag 2000.
- [Thomas 2006] B. Thomas: Mini-Blockheizkraftwerke, Grundlagen, Gerätetechnik, Betriebsdaten; Vogel Buchverlag 2006.
- [Traube e.A. 1999] Was kann Deutschland hinsichtlich eines forcierten Ausbaus der Kraft-Wärme-Kopplung von anderen Ländern lernen?, FU-Berlin, 1999.
- [VDE 2007] VDE-Studie Dezentrale Energieversorgung 2020 mit zugehörigem Materialienband, Hrsg. ETG im VDE 2007.
- [VDEW EANS 2001] Richtlinie des VDEW für Anschluss und Parallelbetrieb von Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz, VDEW 2001.

- [Widmann 2001] Widmann,e.a.: Erhebung des technischen Standes bei pflanzenölbe-
triebenen Blockheizkraftwerken im Alpengebiet, Abschlussbericht TU
München Landtechnik Weihenstephan, März 2001.
- [Wittwer 2004] Dr. Wittwer, e.a.: Systemstudien und Betriebsführungsstrategien für
Mini-KWK-Anlagen in Wohngebäuden, ISE Freiburg, September
2004.
- [Witzmann e.a. 2007] Witzmann, Kerber: Aufnahmefähigkeit vorhandener Verteilernetze für
die dezentrale Energieerzeugung aus Photovoltaikanlagen, TU
München 2007.

Links:

- [1] CoGen Europe - The European Association for the Promotion of Cogeneration
- [2] www.cogen.org
- [3] World Alliance for Decentral Energy (WADE)
- [4] www.localpower.org
- [5] Frost & Sullivan - Marketing Research
www.frost.com

Anhang

Legende:

MiWo Mineralwolle

HoFa Holzfaser

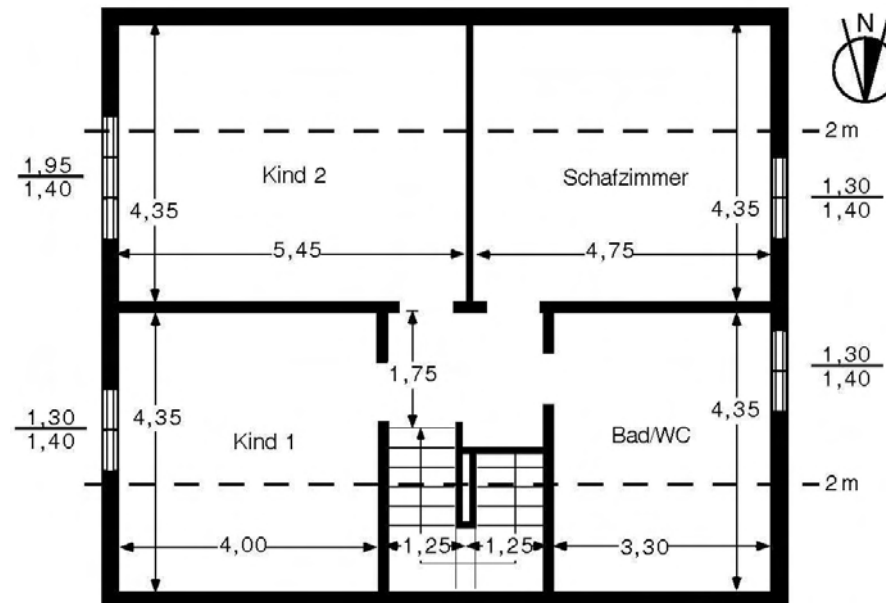
empf. Temp. empfundene Temperatur

TRY07 Testreferenzjahr für nördliche und westliche Mittelgebirge, zentrale Bereiche
ber. berücksichtigt

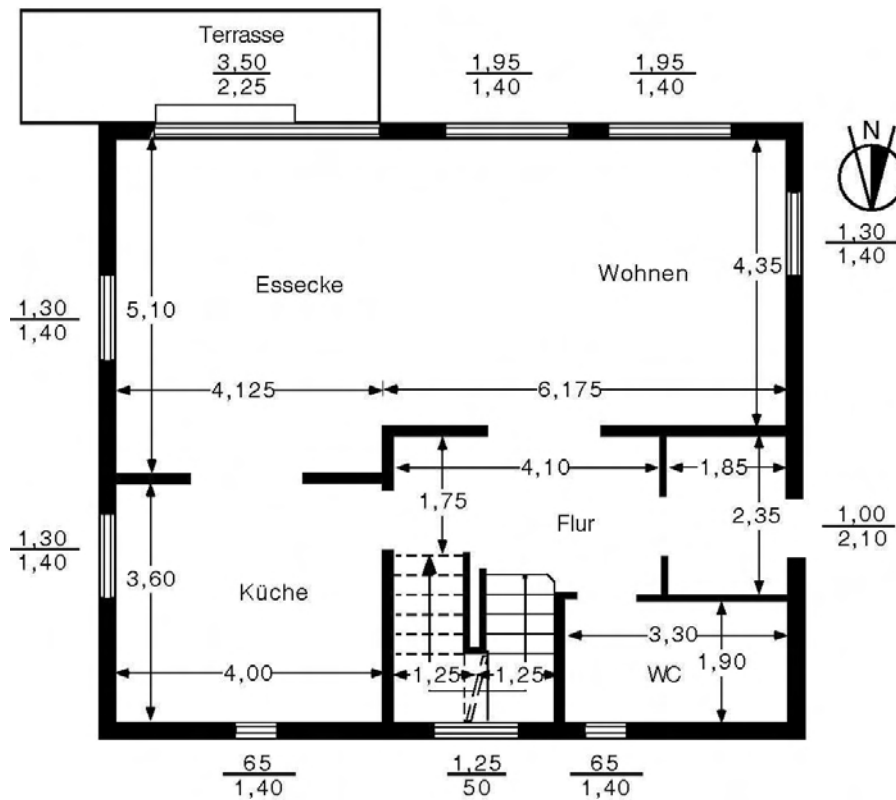
A1 Gebäudepläne

A1.1 Einfamilienhaus

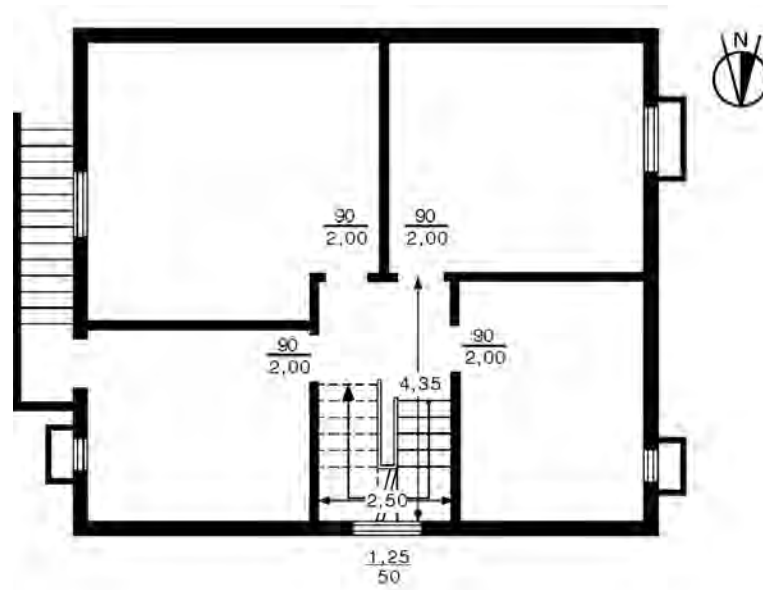
Dachgeschoss:



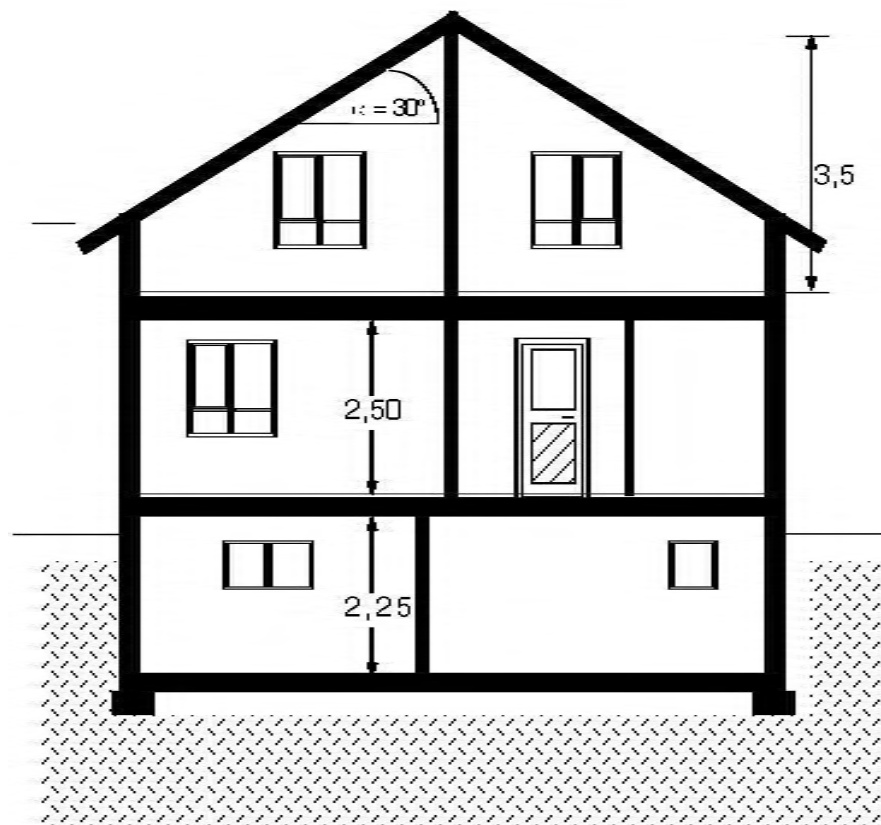
Erdgeschoss:



Kellergeschoss:

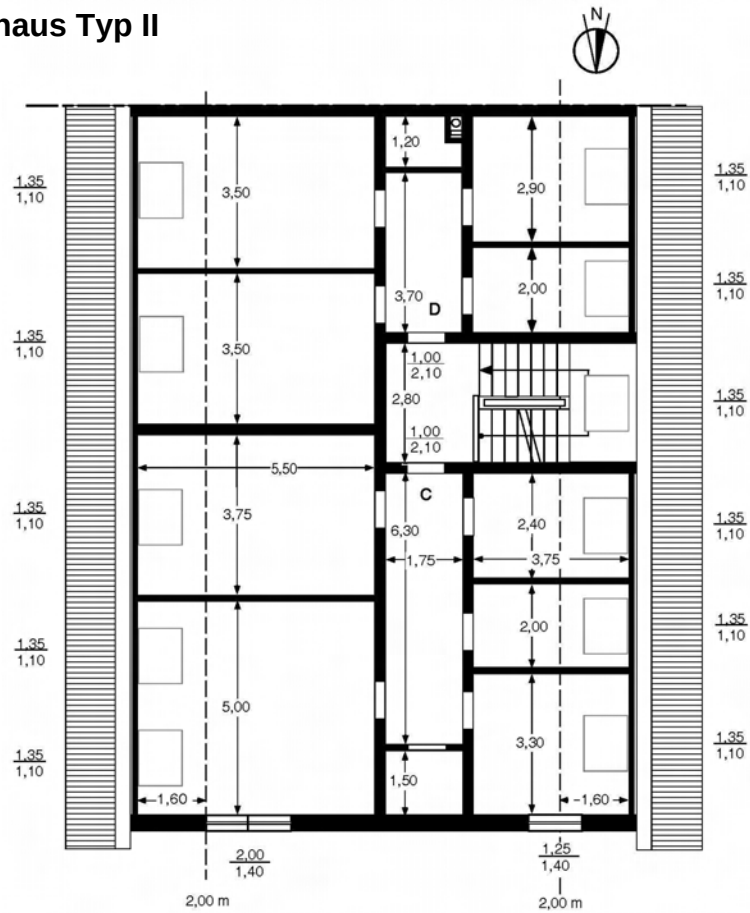


Gebäudeschnitt:

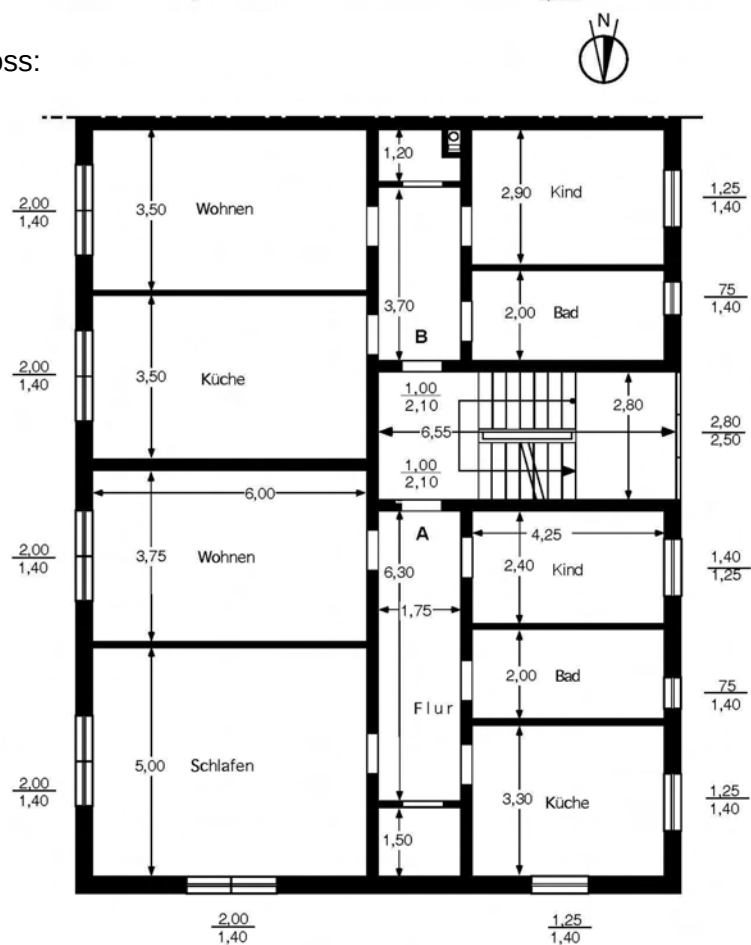


A1.2 Mehrfamilienhaus Typ II

Dachgeschoss:

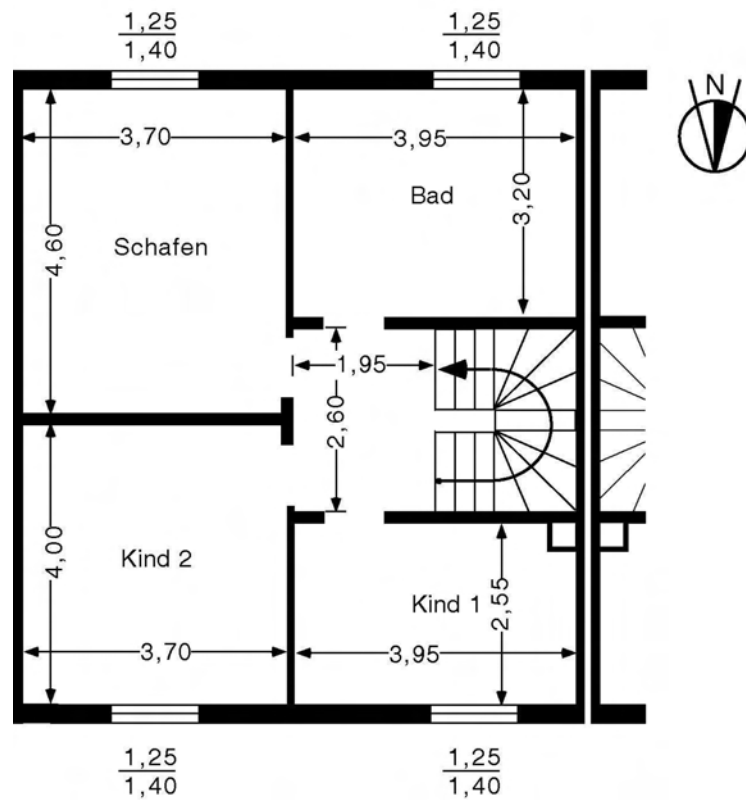


Mittel- und Erdgeschoss:

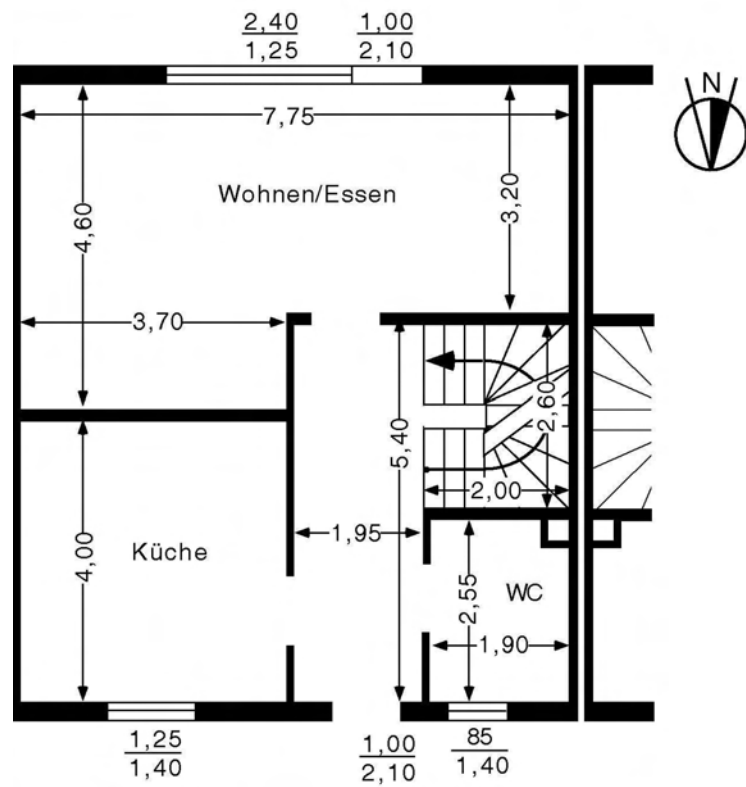


A1.3 Reihenendhaus

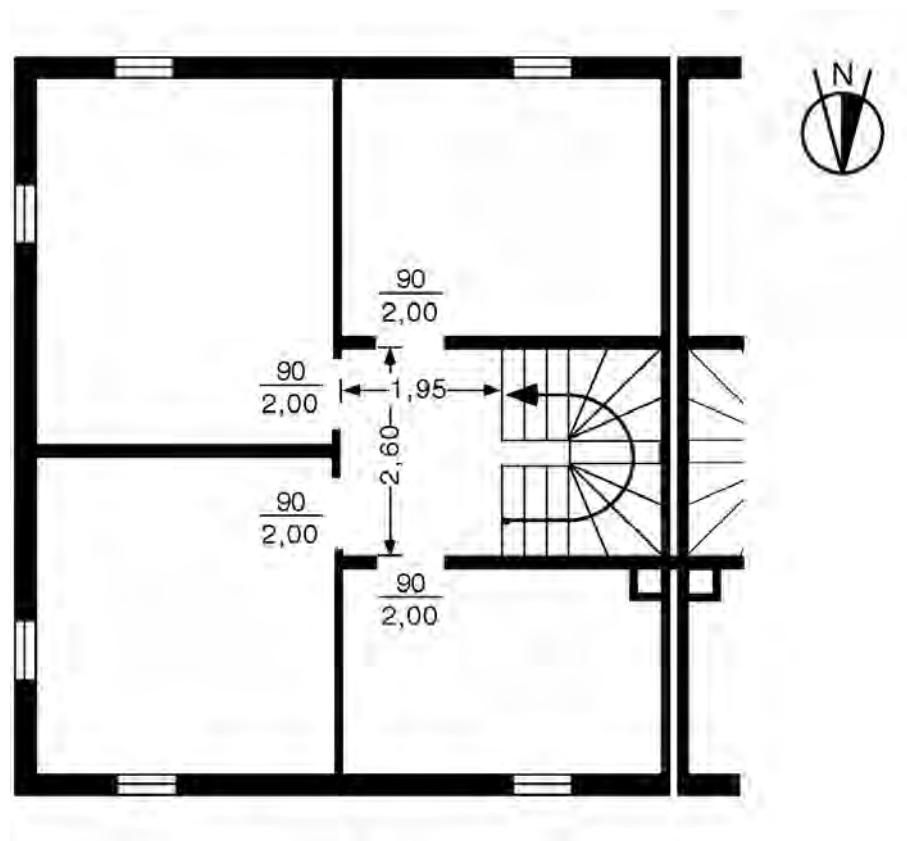
Dachgeschoss:



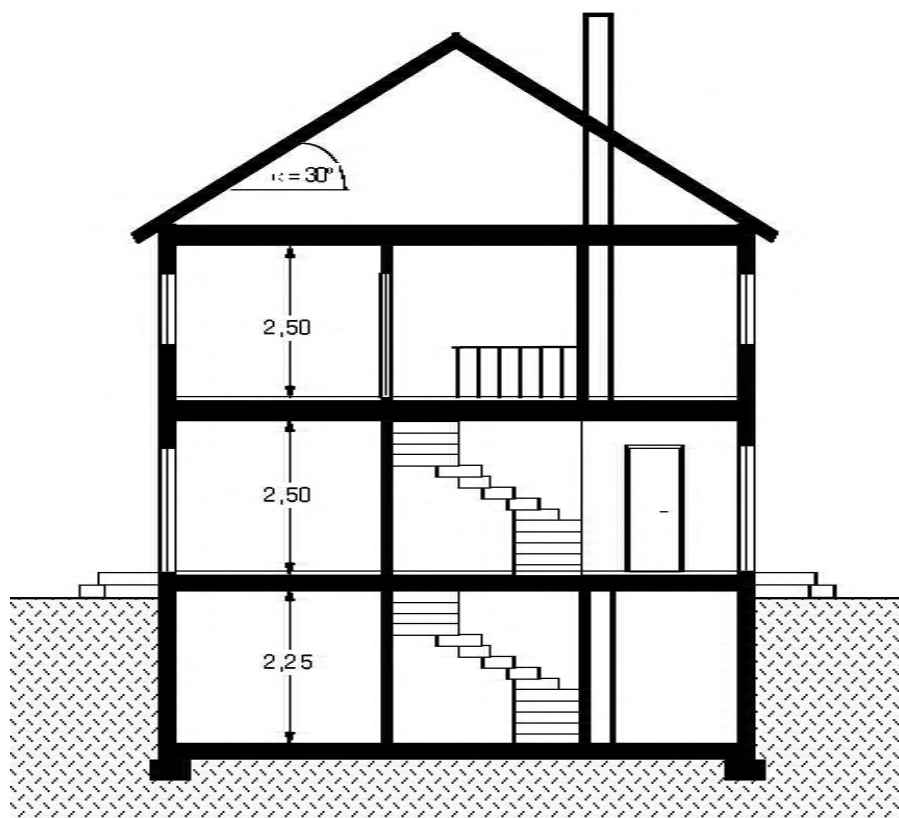
Erdgeschoss:



Kellergeschoss:

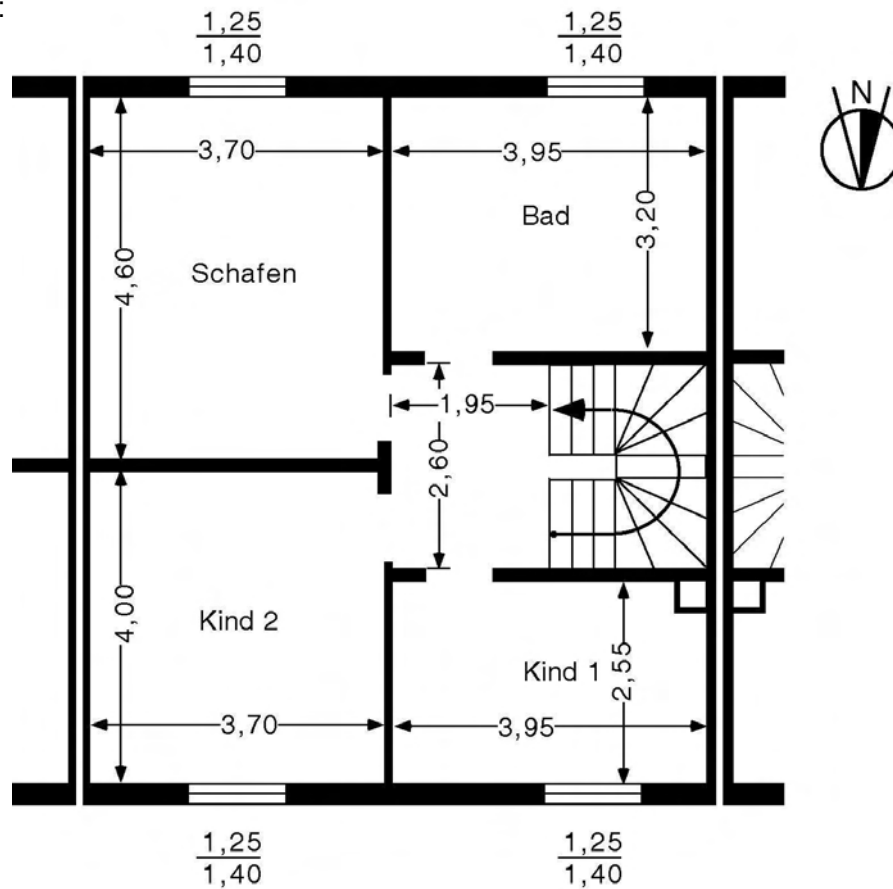


Gebäudeschnitt:

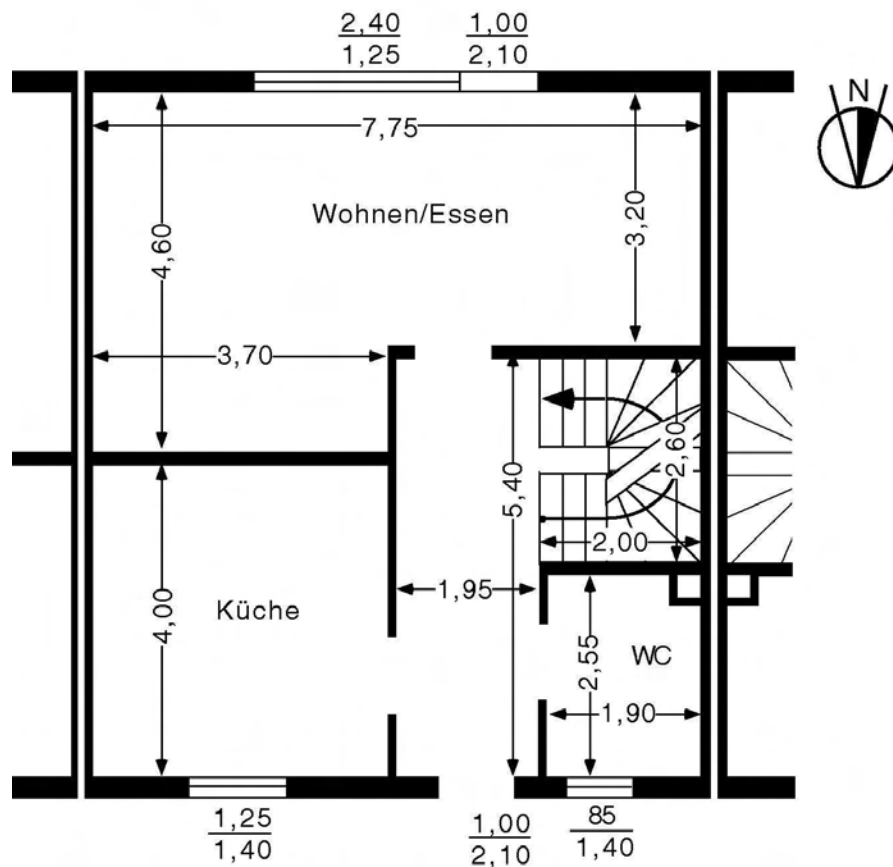


A1.4 Reihenmittelhaus

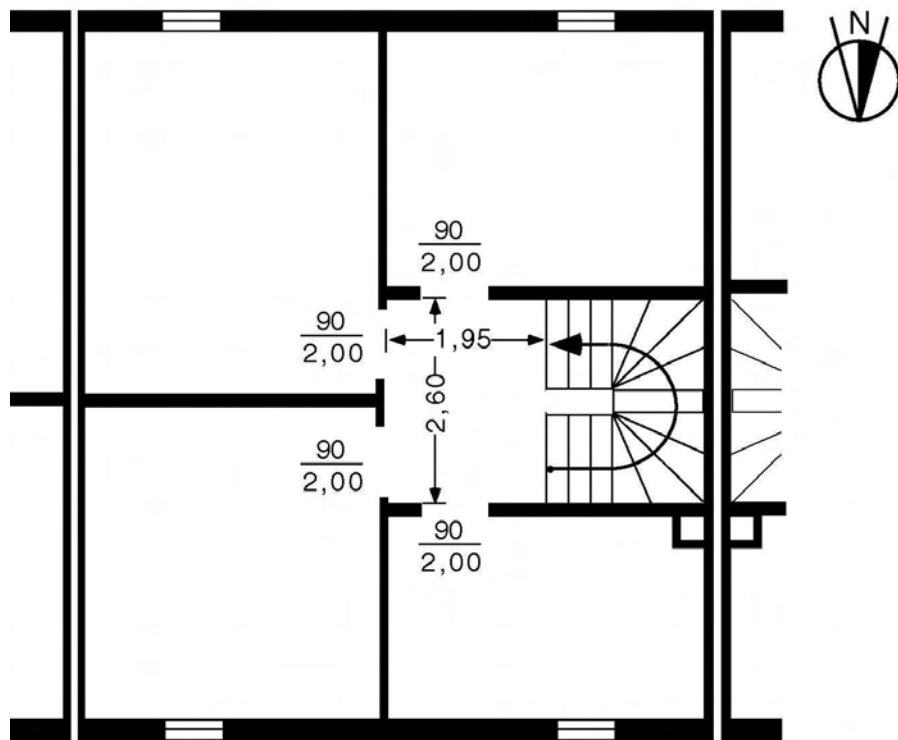
Dachgeschoss:



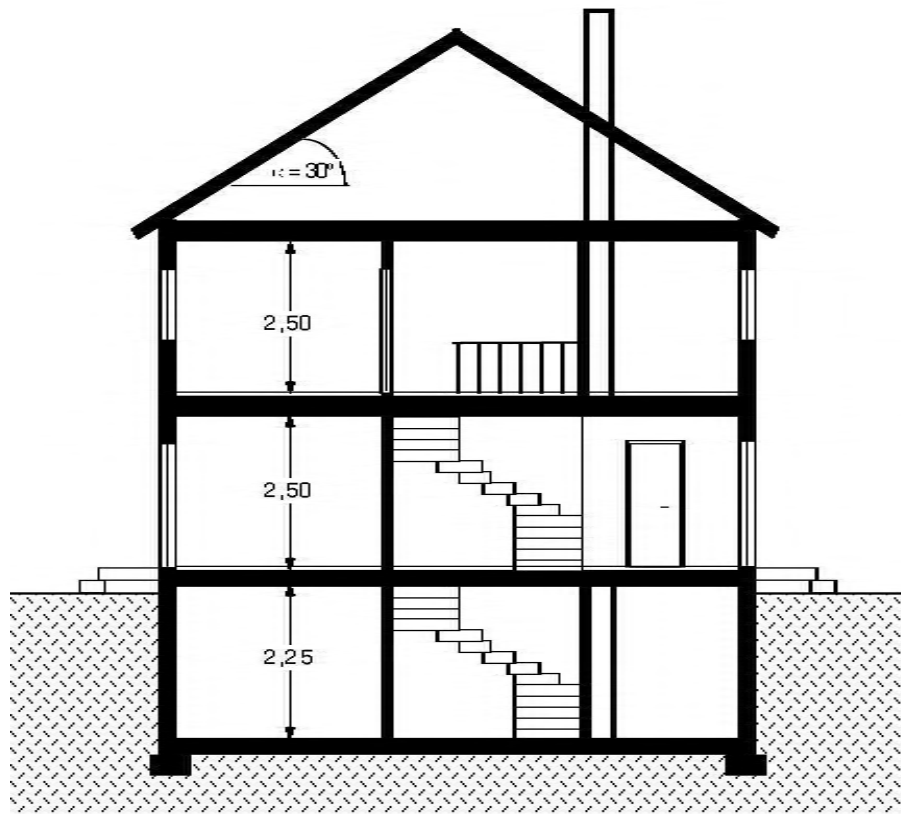
Erdgeschoss:



Kellergeschoss:



Gebäudeschnitt:



A2 Bauteiltabellen

A2.1 Bauteilaufbau für den Baustandard 1930

Nr.	Baustoff	d [mm]	λ [W/(m·K)]	C [W/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
1	Bodenplatte ungedämmt Ziegel	0,24	0,58	0,2778	1400
2	Kellerwand ungedämmt Sandstein Ziegel	0,36 0,24	2,3 0,58	0,2778 0,2778	2600 1400
3	Trennwand Ziegel	0,115	0,58	0,2778	1400
4	Treppenraumwand Ziegel	0,24	0,58	0,2778	1400
5	Kellerdecke Holz Bims Kies Ziegel	0,02 0,08 0,125	0,13 0,19 0,58	0,4444 0,2778 0,2778	500 1000 1400
6	Außenwand Putzmörtel Ziegel Putzmörtel	0,015 0,365 0,015	1 0,58 1	0,2778 0,2778 0,2778	1800 1400 1800
7	Haustrennwand Putzmörtel Ziegel Luftschicht Ziegel Putzmörtel	0,015 0,24 0,24 0,015	1 0,58 0,58 1	0,2778 0,2778 0,2778 0,2778	1800 1400 1400 1800
8	Trennwand Putzmörtel Ziegel Putzmörtel	0,015 0,24 0,015	1 0,58 1	0,2778 0,2778 0,2778	1800 1400 1800
9	Geschossdecke Holz Bims Kies Strohlehm	0,02 0,05 0,02	0,13 0,19 0,14	0,4444 0,2778 0,2778	700 1000 500
10	Dach/Gefach Dachstein Luftschicht Dämmstoff Luftschicht Gipskartonplatte	0,01 0,04 0,0125	1,4 0,04 0,25	0,2778 0,2861 0,2778	2000 15 900
11	Dach/Rippe Dachstein Luftschicht Holz Gipskartonplatte	0,01 0,14 0,0125	1,4 0,13 0,25	0,2778 0,4444 0,2778	2000 500 900
12	Fenster mit Einfachverglasung Verglasung Rahmen	$U_g = 5,7 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}; g = 0,86$ $U_f = 1,8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			

A2.2 Bauteilaufbau für den Baustandard Jahrgang 1960

Nr.	Baustoff	d [mm]	λ [W/(m·K)]	C [W/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
1	Bodenplatte ungedämmt Magerbeton	0,15	1,15	0,2778	1800
2	Kellerwand Kalkzementputz Ziegel	0,025 0,24	1 0,58	0,2778 0,2778	1800 1400
3	Trennwand Ziegel	0,115	0,58	0,2778	1400
4	Trennwand Ziegel	0,24	0,58	0,2778	1400
5	Kellerdecke Estrich Dämmstoff Stahlbeton	0,05 0,02 0,14	1,4 0,04 2,3	0,2778 0,2861 0,2778	2000 15 2300
6	Außenwand Putzmörtel Mauerwerk Gipsputz	0,015 0,365 0,015	1 0,7 0,51	0,2778 0,2778 0,2778	1800 1400 1200
7	Haustrennwand Putzmörtel Ziegel Luftschicht Ziegel Putzmörtel	0,015 0,24 0,17 0,24 0,015	1 0,58 0,58 1	0,2778 0,2778 0,2778 0,2778	1800 1400 1400 1800
8	Trennwand Putzmörtel Ziegel Putzmörtel	0,015 0,24 0,15	1 0,58 1	0,2778 0,2778 0,2778	1200 1400 1200
9	Geschossdecke Estrich Dämmstoff Stahlbeton	0,05 0,02 0,14	1,4 0,04 2,3	0,2778 0,2861 0,2778	2000 15 2300
10	Dach/Gefach Dachstein Luftschicht Dämmstoff Luftschicht Gipskartonplatte	0,01 0,04 0,0125	1,4 0,04 0,25	0,2778 0,2861 0,2778	2000 15 900

Nr.	Baustoff	d [mm]	λ [W/(m·K)]	C [W/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
11	Dach/Rippe				
	Dachstein	0,01	1,4	0,2778	2000
	Luftschicht				
	Holz	0,14	0,13	0,4444	500
	Luftschicht				
	Gipskartonplatte	0,0125	0,25	0,2778	900
12	Oberste Geschossdecke				
	Dämmstoff	0,02	0,04	0,2861	15
	Stahlbeton	0,14	2,1	0,2778	2300
13	Fenster mit Einfachverglasung	$U_g = 5,7 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$; $g = 0,86$ $U_f = 1,8 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
	Verglasung				
	Rahmen				

A2.3 Bauteilaufbau für den Baustandard Jahrgang 1984

Nr.	Baustoff	d [mm]	λ [W/(m·K)]	C [W/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
1	Bodenplatte ungedämmt				
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
2	Boden an Erdreich				
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
	Dämmstoff	0,06	0,04	0,2861	15
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
3	Kellerwand ungedämmt				
	Kalkzementputz	0,025	1	0,2778	1800
	Kalksandstein	0,3	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
4	Kellerwand				
	Dämmstoff	0,04	0,04	0,4028	15
	Kalksandstein	0,3	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
5	Trennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,115	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
6	Trennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
7	Treppenraumwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
8	Kellerdecke				
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
	Dämmstoff	0,04	0,04	0,2861	15
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
9	Außenwand				
	Leichtputz	0,008	0,25	0,2778	700
	Dämmstoff	0,06	0,04	0,2861	15
	Mauerwerk	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,015	0,51	0,2778	1200
10	Haustrennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Luftschicht				
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200

Nr.	Baustoff	d [mm]	λ [W/(m·K)]	C [W/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
11	Trennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
12	Geschossdecke				
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
	Dämmstoff	0,04	0,04	0,2861	15
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
13	Dach/Rippe				
	Dachstein	0,01	1,4	0,2778	2000
	Luftschicht				
	Dämmstoff	0,1	0,04	0,2861	15
	Luftschicht				
	Gipskartonplatte	0,0125	0,25	0,2778	900
14	Dach/Gefach				
	Dachstein	0,01	1,4	0,2778	2000
	Luftschicht				
	Holz	0,14	0,13	0,4444	500
	Luftschicht				
	Gipskartonplatte	0,0125	0,25	0,2778	900
15	Geschoßdecke				
	Holz	0,016	0,13	0,5833	700
	Dämmstoff	0,1	0,04	0,2778	15
	Luftschicht				
	Gipskartonplatte	0,0125	0,25	0,2778	900
16	Fenster mit Doppelverglasung	$U_g = 4,5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}; g = 0,74$ $U_f = 1,4 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
	Verglasung				
	Rahmen				

A2.4 Bauteile entsprechend EnEV-Niveau

Nr.	Baustoff	d [mm]	λ [W/(m·K)]	C [W/(kg·K)]	ρ [kg/m³]
1	Bodenplatte ungedämmt				
	Beton	0,16	2,3	0,2778	2300
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
2	Boden an Erdreich				
	Dämmstoff	0,08	0,04	0,4028	50
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
	Dämmstoff	0,04	0,04	0,2861	15
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
3	Kellerwand gegen Außenluft ungedämmt				
	Kalkzementputz	0,025	1	0,2778	1800
	KS	0,3	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
4	Kellerwand gegen Außenluft				
	Dämmstoff	0,08	0,04	0,4028	50
	Kalksandstein	0,3	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
5	Trennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,115	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
6	Trennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
7	Treppenraumwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Dämmstoff	0,08	0,04	0,4028	50
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
8	Kellerdecke				
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
	Dämmstoff	0,04	0,04	0,2861	15
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
	Dämmstoff	0,08	0,04	0,2861	15
9	Außenwand				
	Leichtputz	0,008	0,25	0,2778	700
	Dämmstoff	0,12	0,04	0,2861	15
	Mauerwerk	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,015	0,51	0,2778	1200

Nr.	Baustoff	d [mm]	λ [W/(m·K)]	C [W/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
10	Haustrennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Mauerwerk	0,175	0,7	0,2778	1400
	Luftschicht				
	Mauerwerk	0,175	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
11	Trennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Mauerwerk	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
12	Geschossdecke				
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
	Dämmstoff	0,04	0,04	0,2861	15
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
13	Dach/Gefach				
	Dachstein	0,01	1,4	0,2778	2000
	Luftschicht				
	Dämmstoff	0,18	0,04	0,2861	15
	Luftschicht				
14	Dach/Rippe				
	Dachstein	0,01	1,4	0,2778	2000
	Luftschicht				
	Holz	0,18	0,13	0,4444	500
	Luftschicht				
15	Oberste Geschoßdecke				
	Dämmstoff	0,15	0,04	0,2861	15
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
16	Fenster mit Doppelverglasung				
	Verglasung			$U_g = 1,2 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	$g = 0,58$
	Rahmen			$U_f = 1,4 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

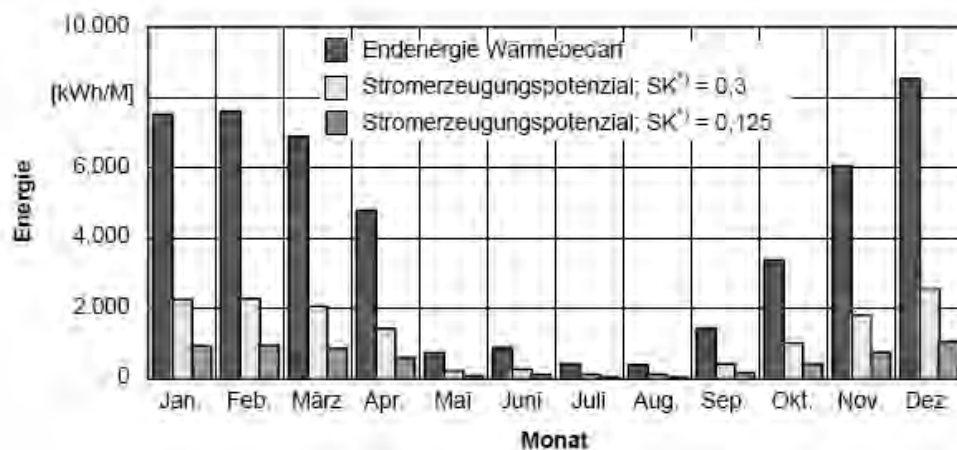
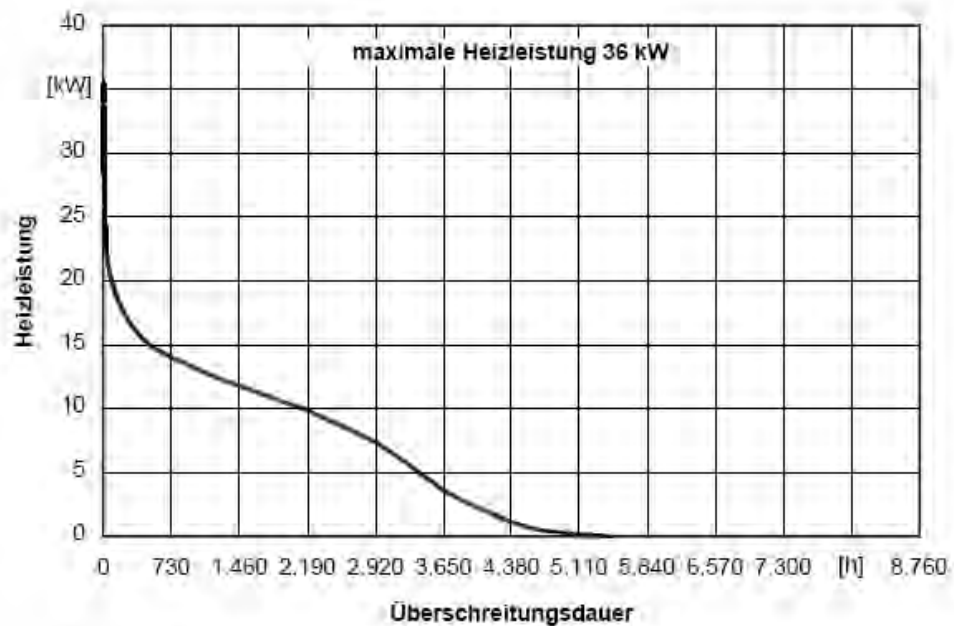
A2.5 Bauteile entsprechend Passivhaus-Niveau

Nr.	Baustoff	d [mm]	λ [W/(m·K)]	C [W/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
1	Bodenplatte				
	Beton	0,16	2,3	0,2778	2300
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
2	Boden an Erdreich				
	Dämmstoff	0,2	0,04	0,4028	50
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
	Dämmstoff	0,04	0,04	0,2861	15
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2100
3	Kellerwand ungedämmt				
	Kalkzementputz	0,025	1	0,2778	1800
	Kalksandstein	0,3	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
4	Kellerwand				
	Leichtputz	0,008	0,25	0,2778	700
	Dämmstoff	0,27	0,03	0,4028	50
	Hochlochziegel mit Leichtmörtel	0,24	0,34	0,2778	800
	Gipsputz	0,015	0,51	0,2778	1200
5	Trennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,115	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
6	Trennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
7	Treppenraumwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Dämmstoff	0,27	0,04	0,2861	15
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
8	Kellerdecke				
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
	Dämmstoff	0,04	0,04	0,2861	15
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2400
	Dämmstoff	0,2	0,04	0,2861	15
9	Außenwand				
	Leichtputz	0,008	0,25	0,2778	700
	Dämmstoff	0,27	0,03	0,2861	15
	Hochlochziegel mit Leichtmörtel	0,24	0,34	0,2778	800
	Gipsputz	0,015	0,51	0,2778	1200

Nr.	Baustoff	d [mm]	λ [W/(m·K)]	C [W/(kg·K)]	ρ [kg/m ³]
10	Haustrennwand				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,175	0,7	0,2778	1400
	Luftschicht				
	Kalksandstein	0,175	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
11	Trennwand U=1,52				
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
	Kalksandstein	0,24	0,7	0,2778	1400
	Gipsputz	0,01	0,51	0,2778	1200
12	Geschossdecke				
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
	Dämmstoff	0,04	0,04	0,2861	15
	Estrich	0,05	1,4	0,2778	2000
13	Dach/Gefach				
	Dachstein	0,01	1,4	0,2778	2000
	Dämmmaterial	0,434	0,04	0,2861	15
	Gipskartonplatte	0,0125	0,25	0,2778	900
14	Dach/Rippe U=0,54820				
	Dachstein	0,01	1,4	0,2778	2000
	Holz	0,434	0,13	0,4444	500
	Gipskartonplatte	0,0125	0,25	0,2778	900
15	Oberste Geschoßdecke				
	Dämmstoff	0,35	0,04	0,2861	15
	Stahlbeton	0,16	2,3	0,2778	2300
16	Fenster mit Dreifachverglasung	$U_g = 0,5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}; g = 0,44$ $U_f = 0,5 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$			
	Verglasung				
	Rahmen				

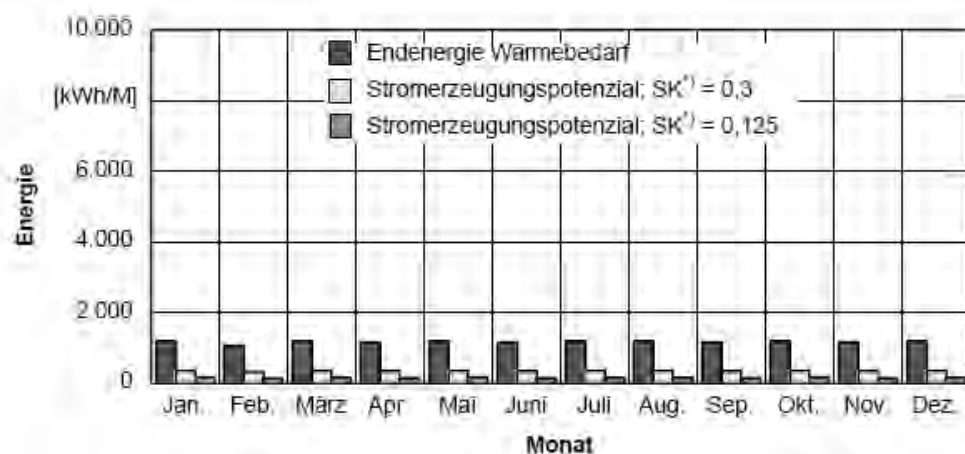
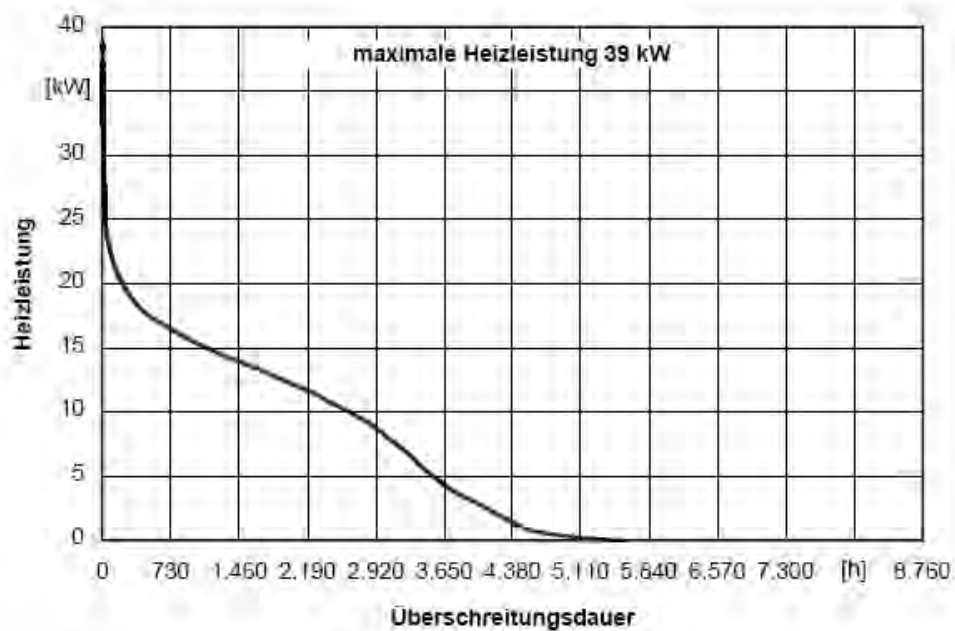
A3 Heizleistung und Stromerzeugungspotential

Gebäudetyp: Einfamilienhaus
 Dämmstandard: 1930
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



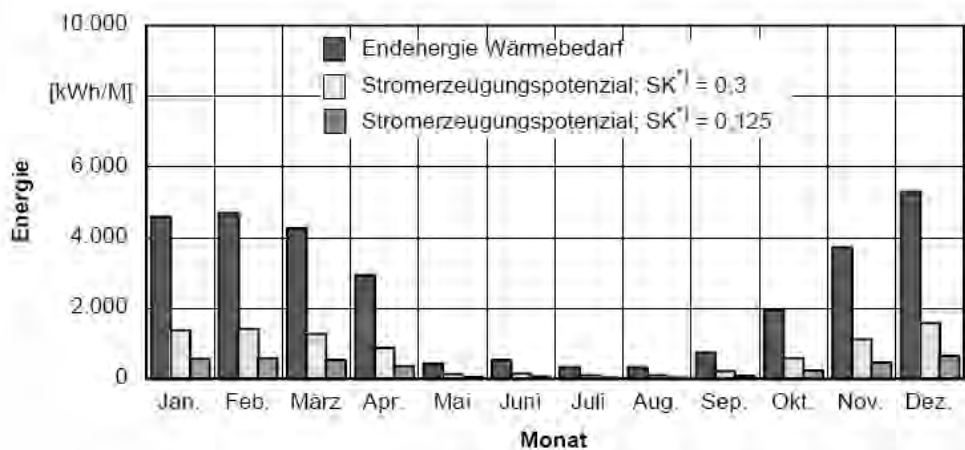
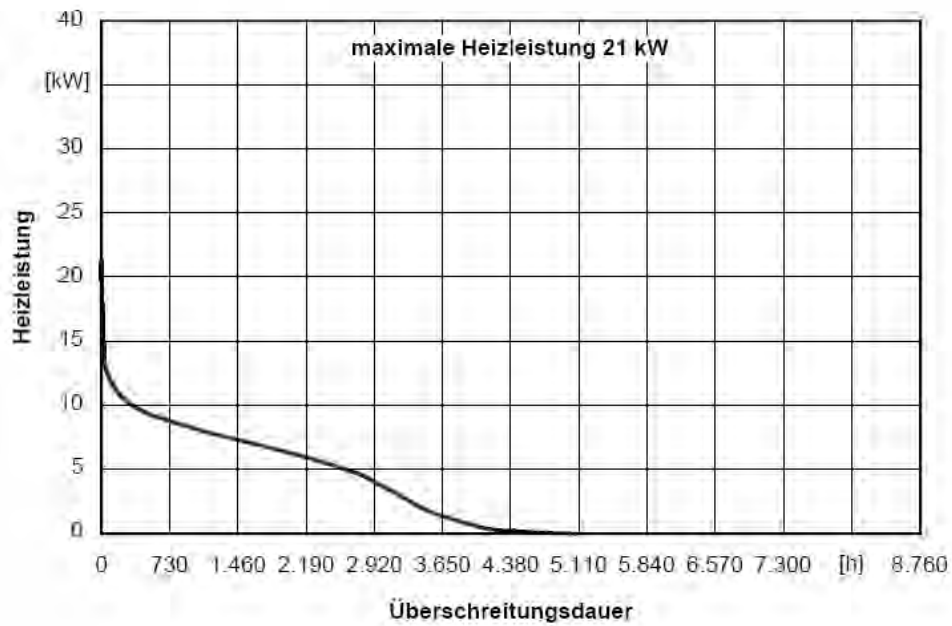
* SK^* = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Einfamilienhaus
 Dämmstandard: 1960
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



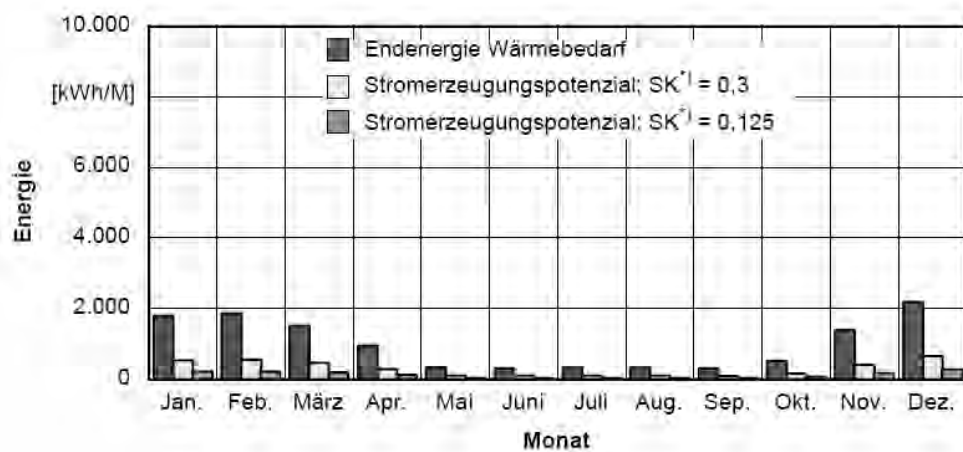
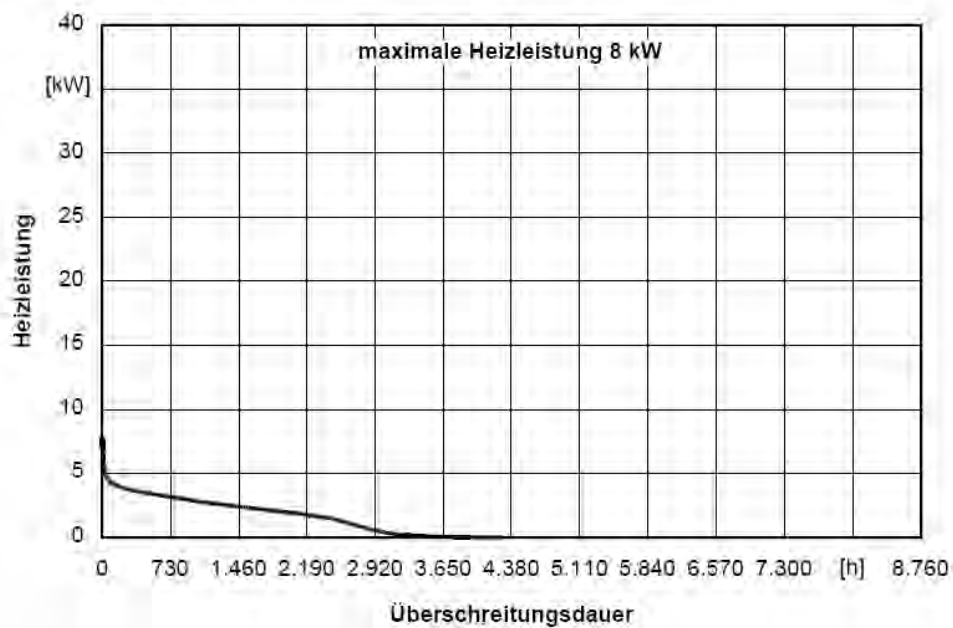
^{*)} SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Einfamilienhaus
 Dämmstandard: WSV0 1984
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



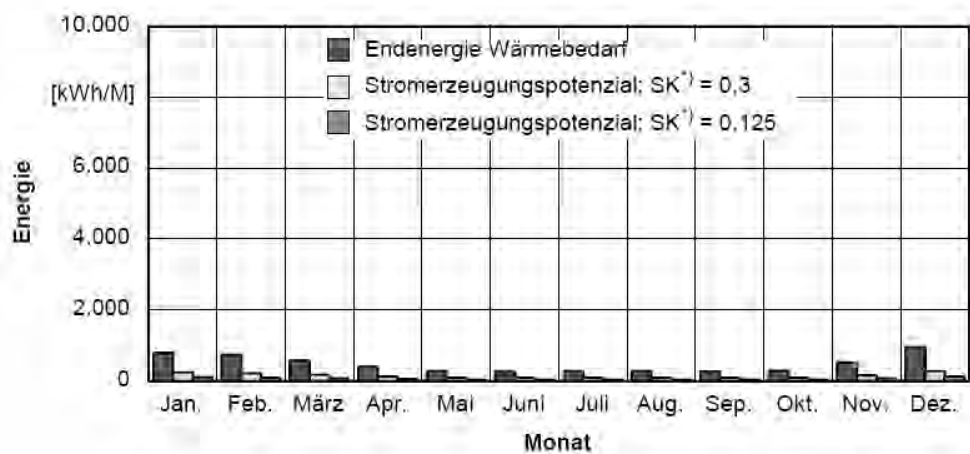
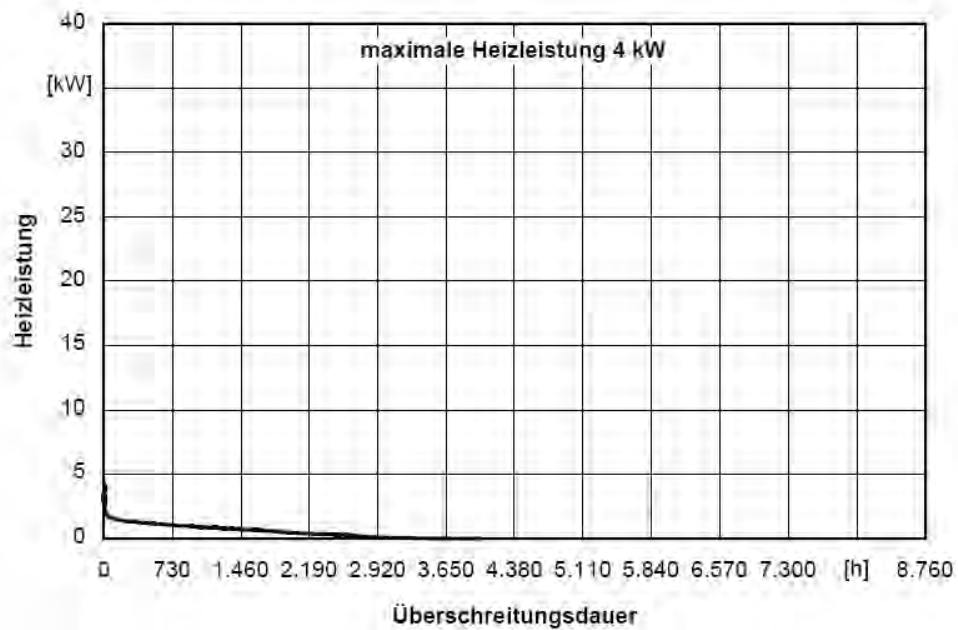
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Einfamilienhaus
Dämmstandard: EnEV
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



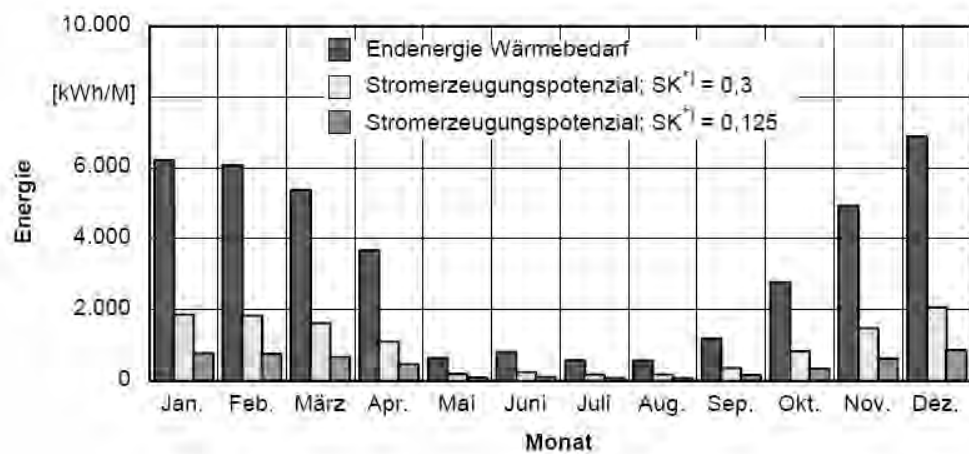
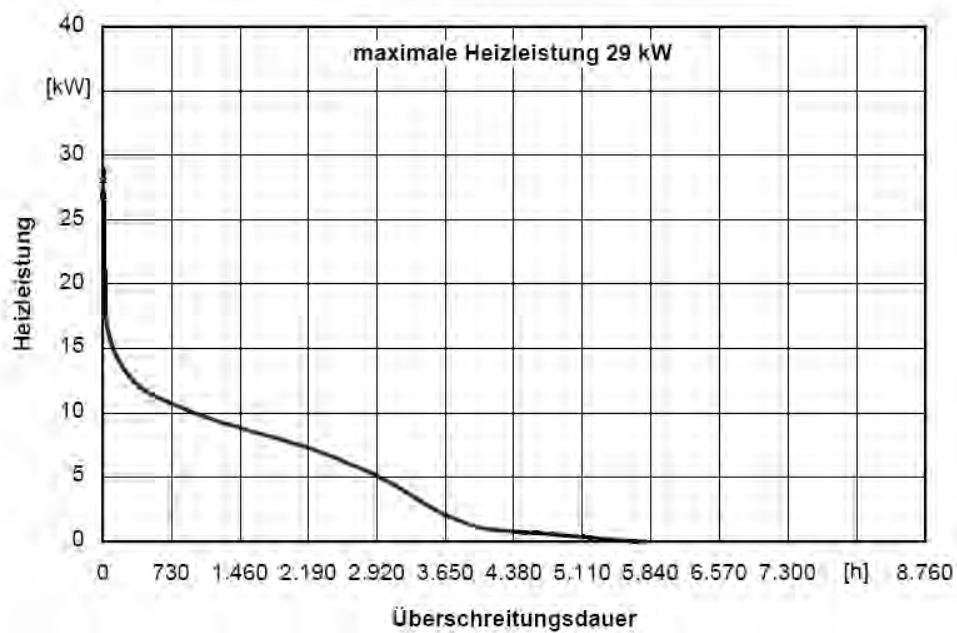
¹⁾ SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Einfamilienhaus
Dämmstandard: Passiv
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.200 kWh/a



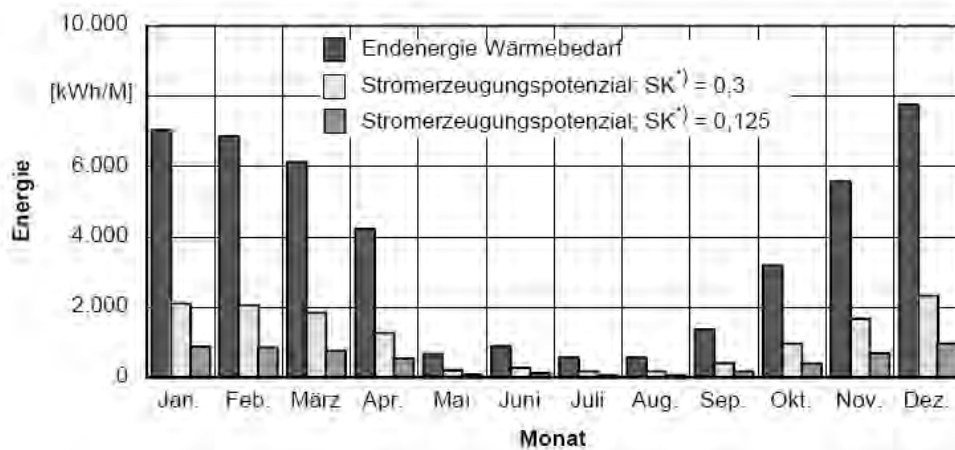
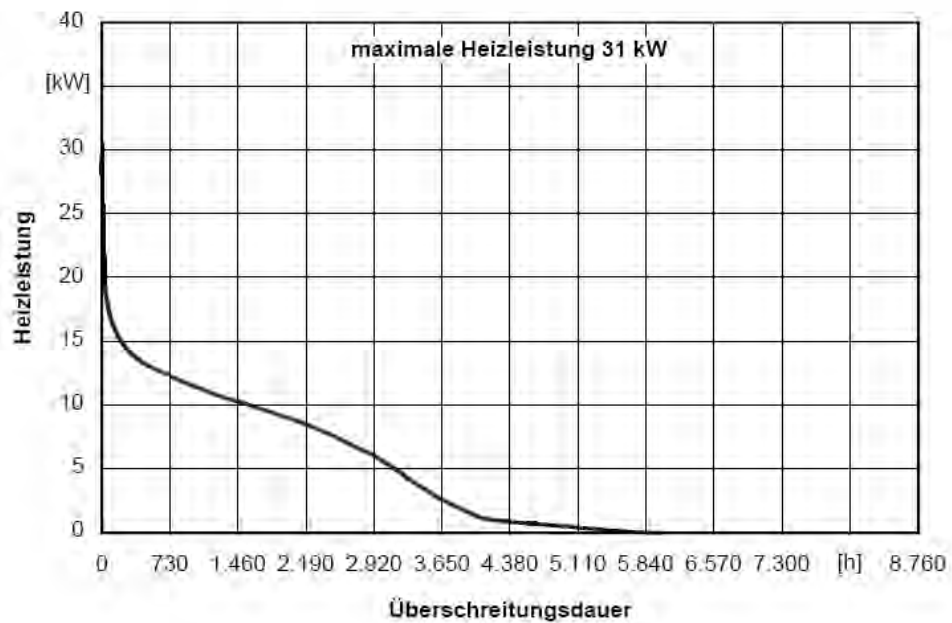
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus DG
Dämmstandard: 1930
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



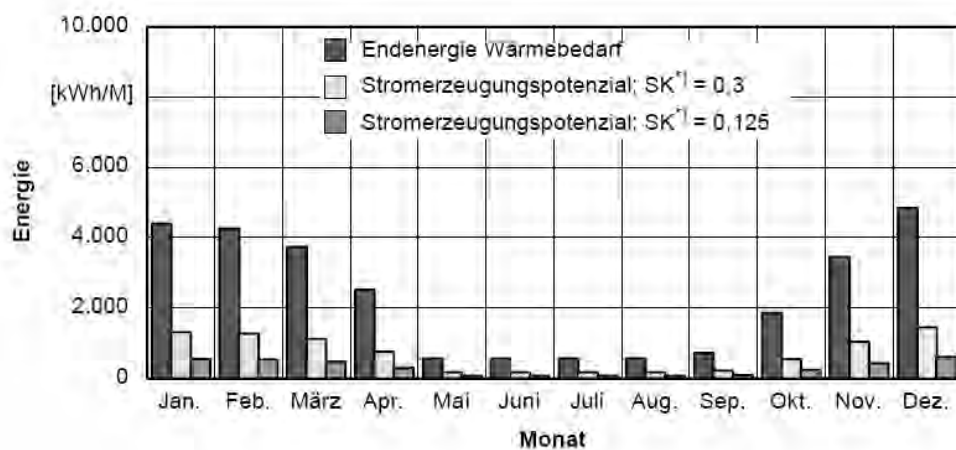
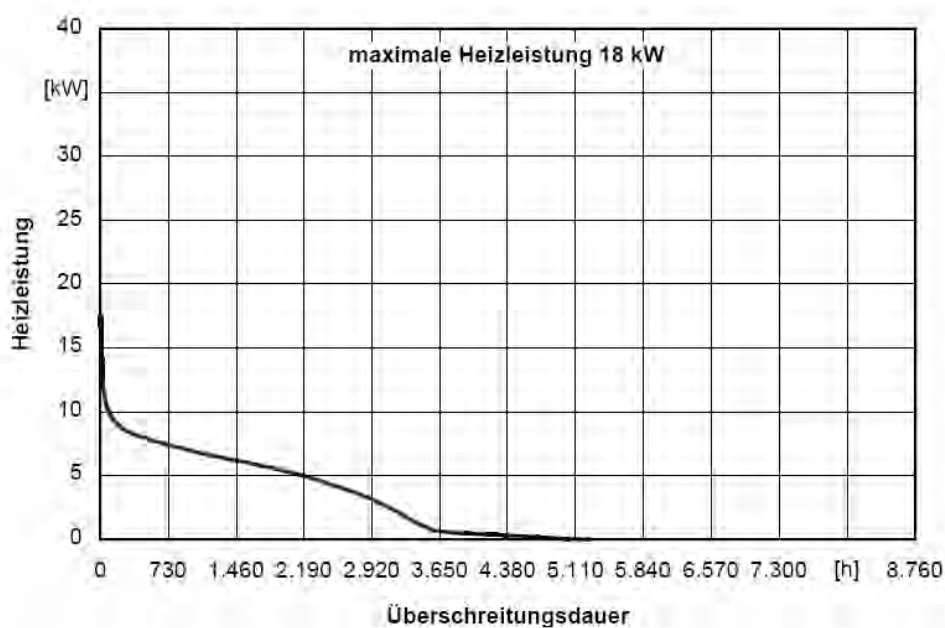
^{*)} SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus DG
 Dämmstandard: 1960
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



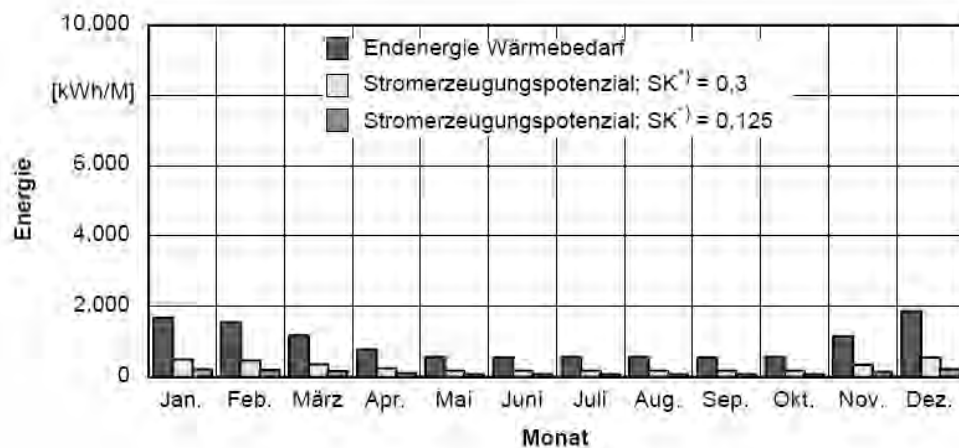
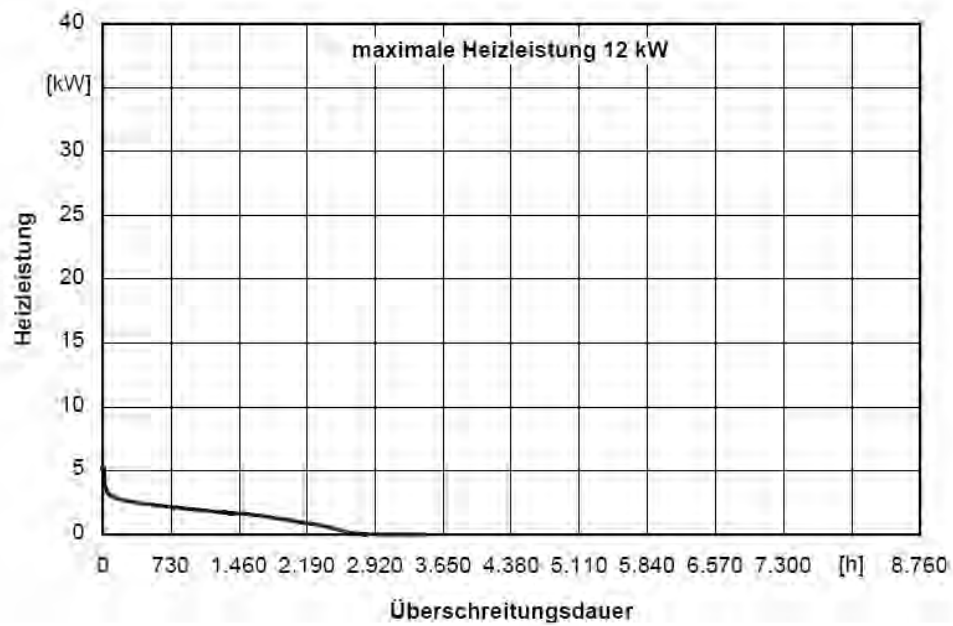
* SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus DG
 Dämmstandard: WSVO 1984
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



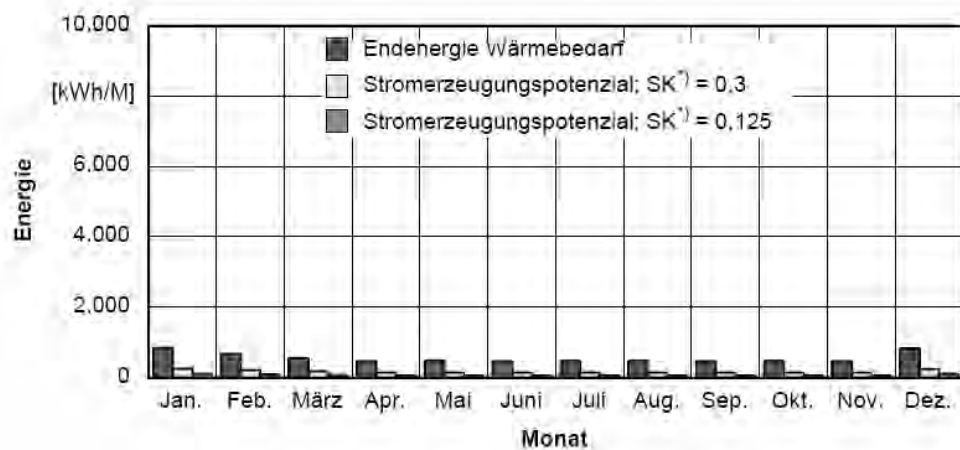
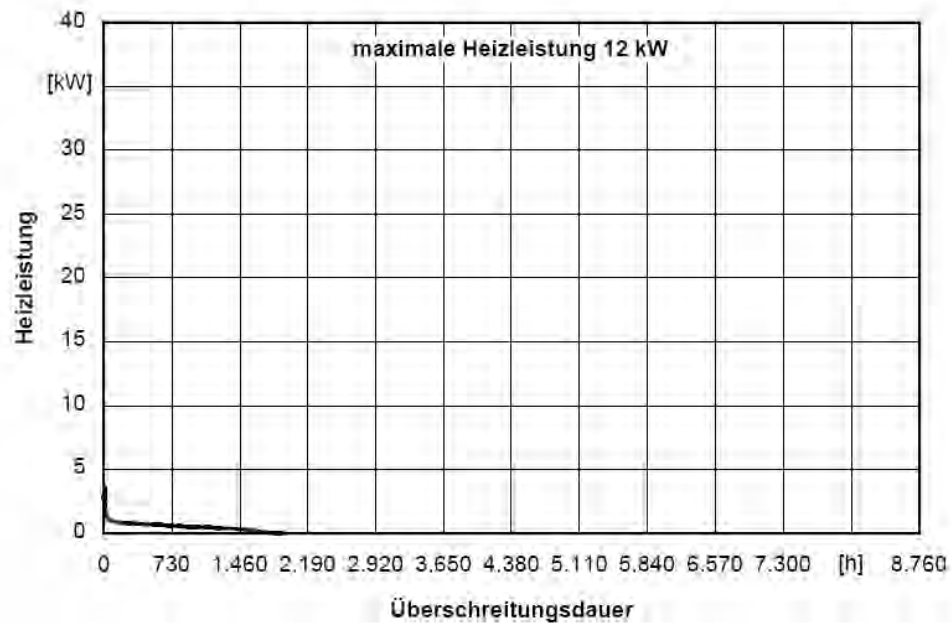
¹⁾ SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus DG
Dämmstandard: EnEV
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



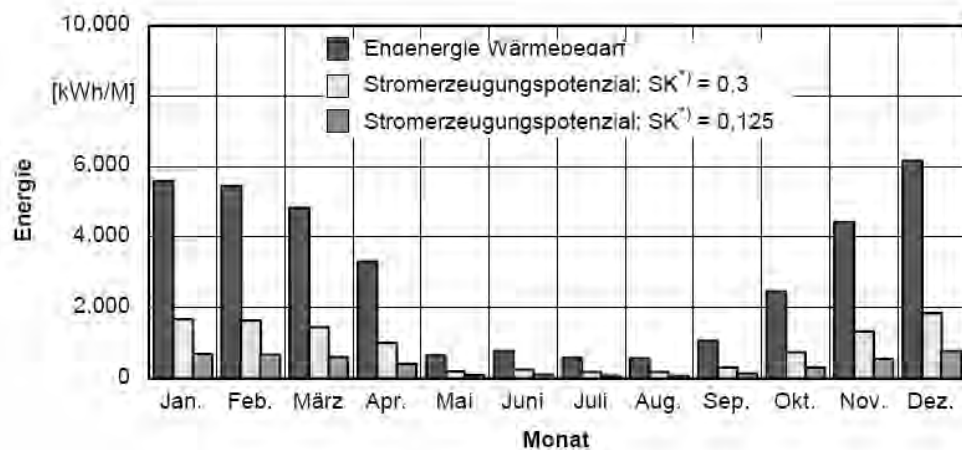
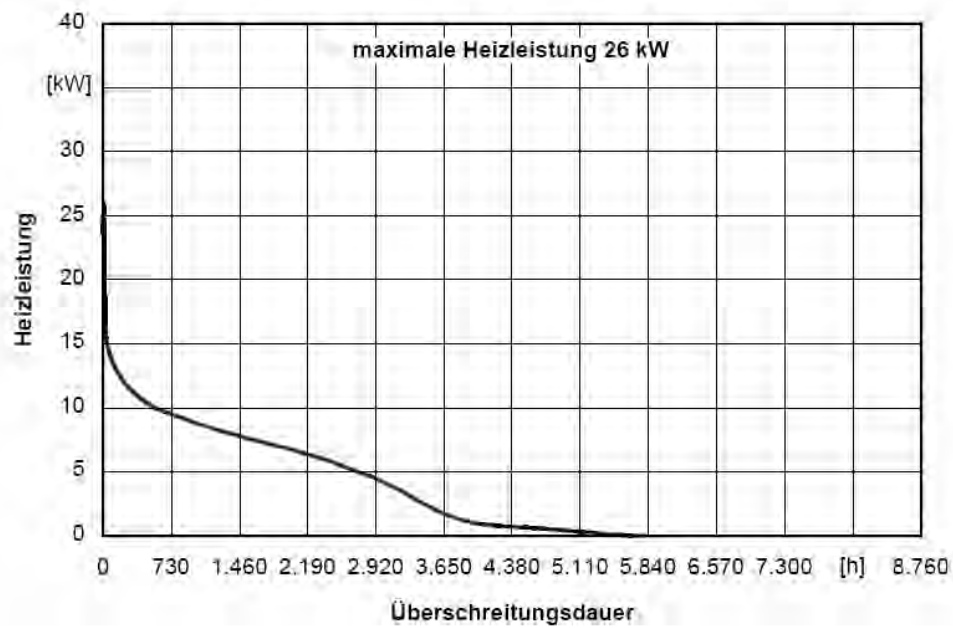
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus DG
 Dämmstandard: Passiv
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 5.600 kWh/a



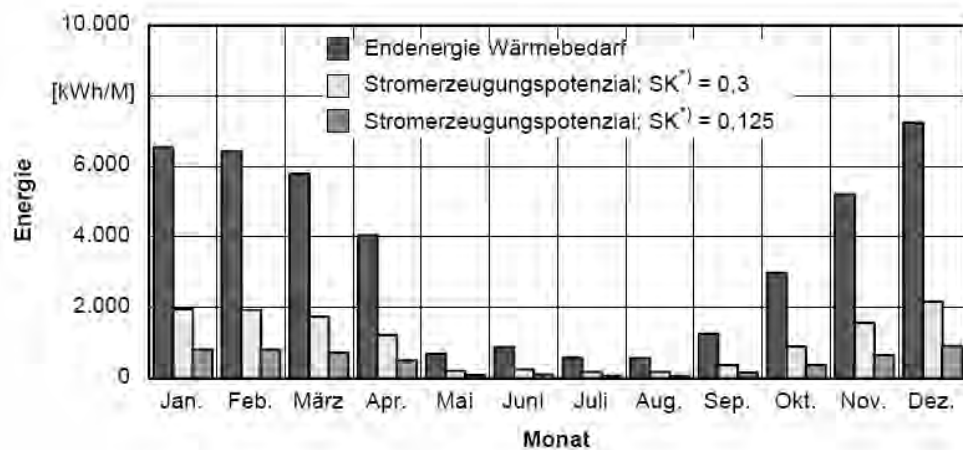
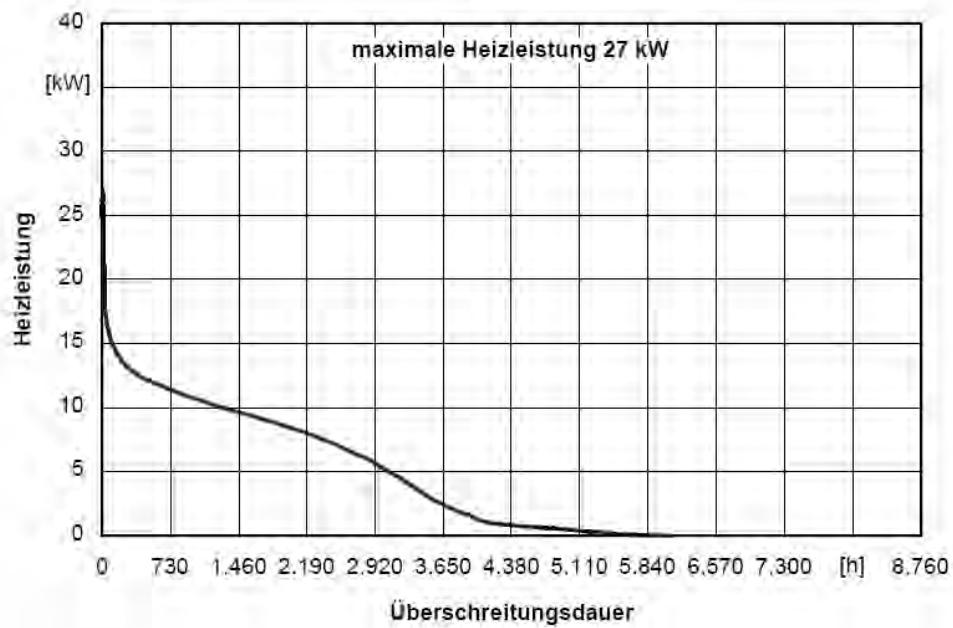
¹) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus EG
Dämmstandard: 1930
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



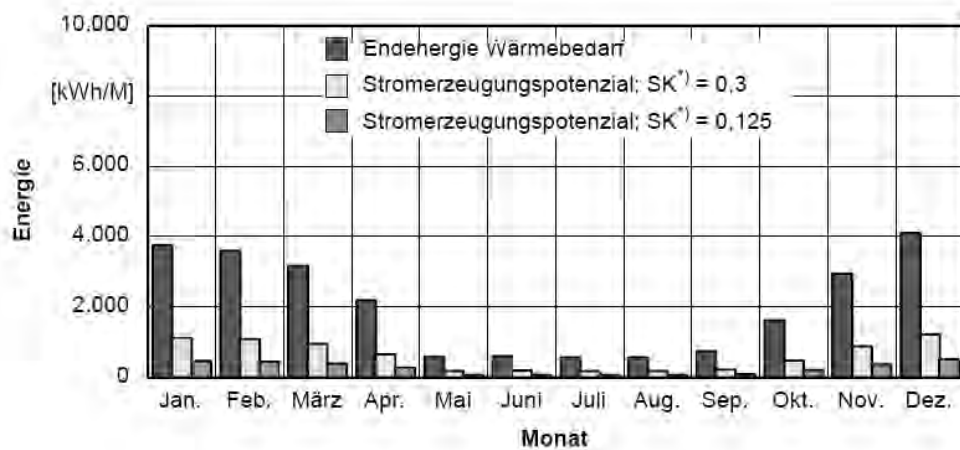
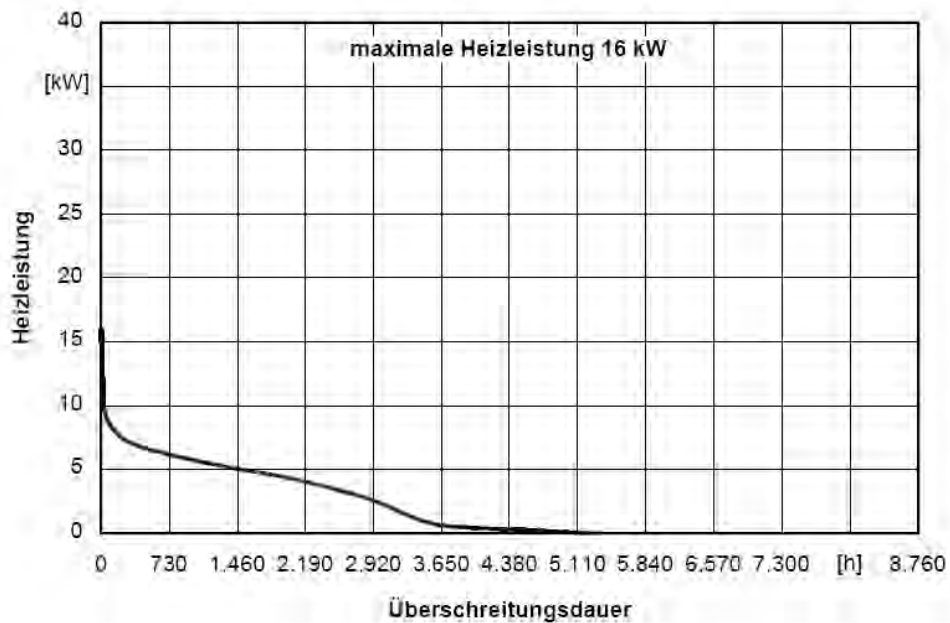
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus EG
Dämmstandard: 1960
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



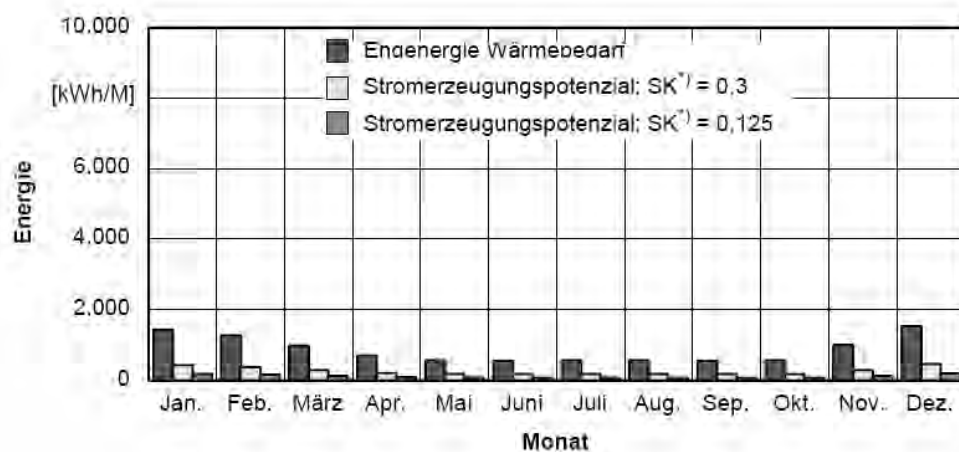
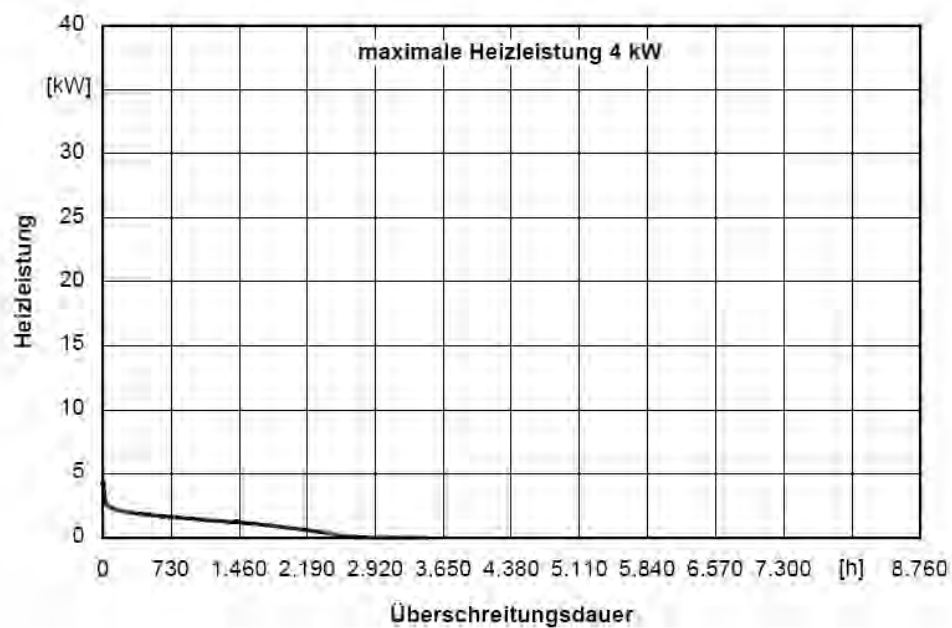
¹ SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus EG
 Dämmstandard: WSVÖ 1984
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



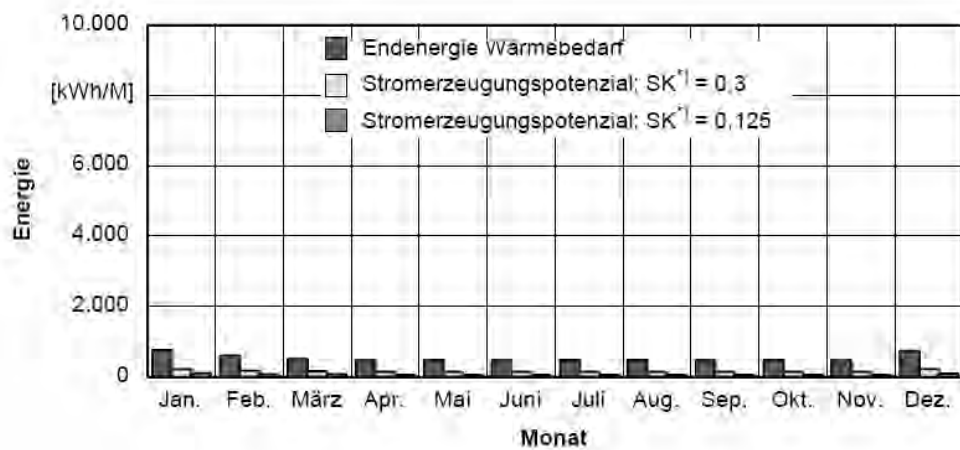
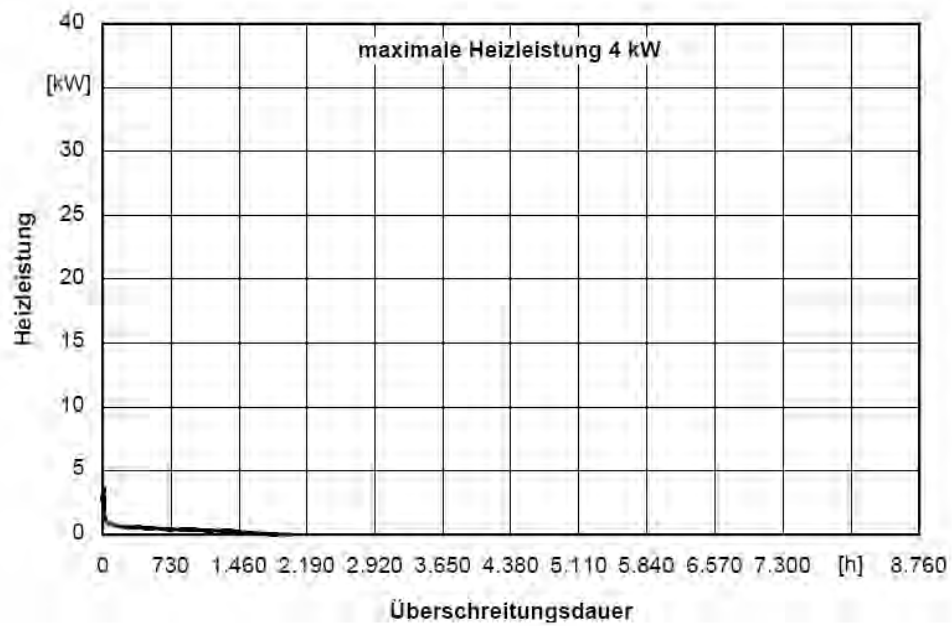
¹ SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus EG
 Dämmstandard: EnEV
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



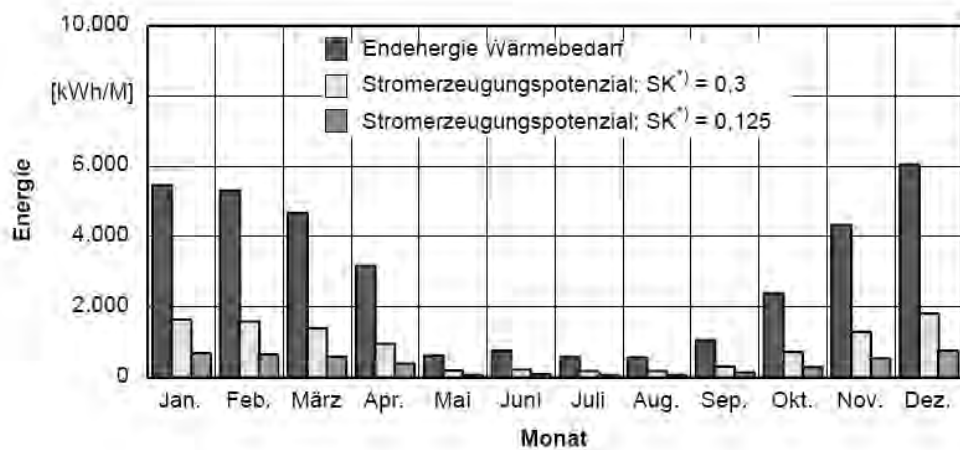
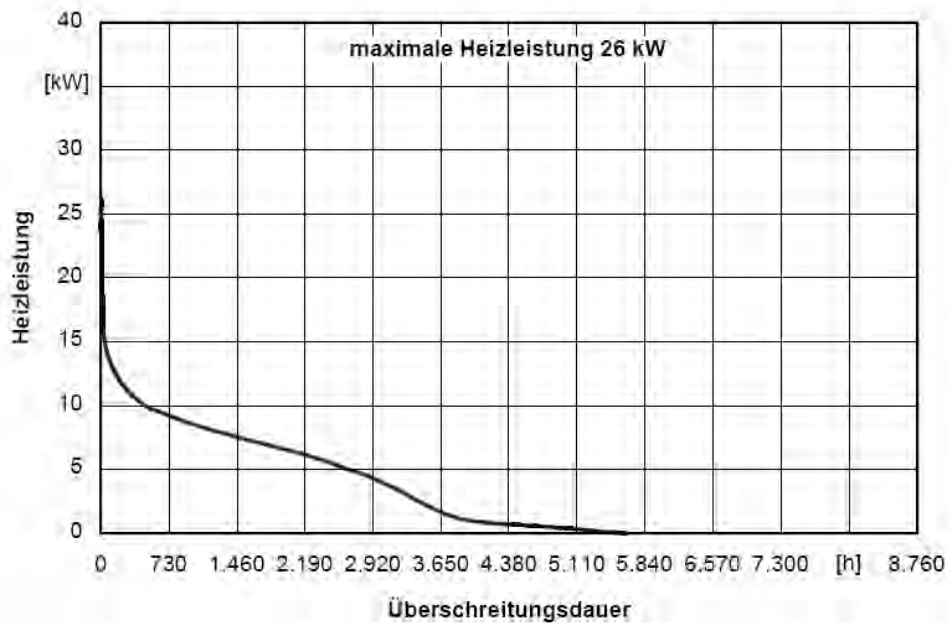
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus EG
 Dämmstandard: Passiv
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 5.600 kWh/a



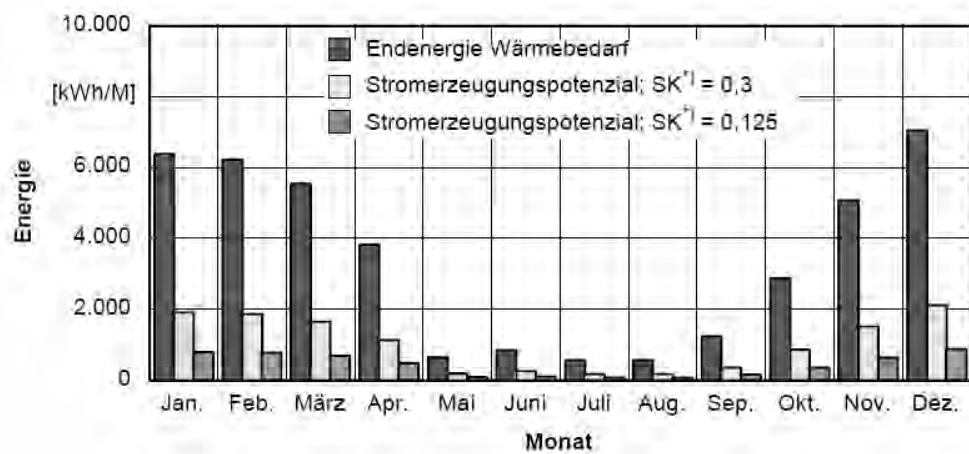
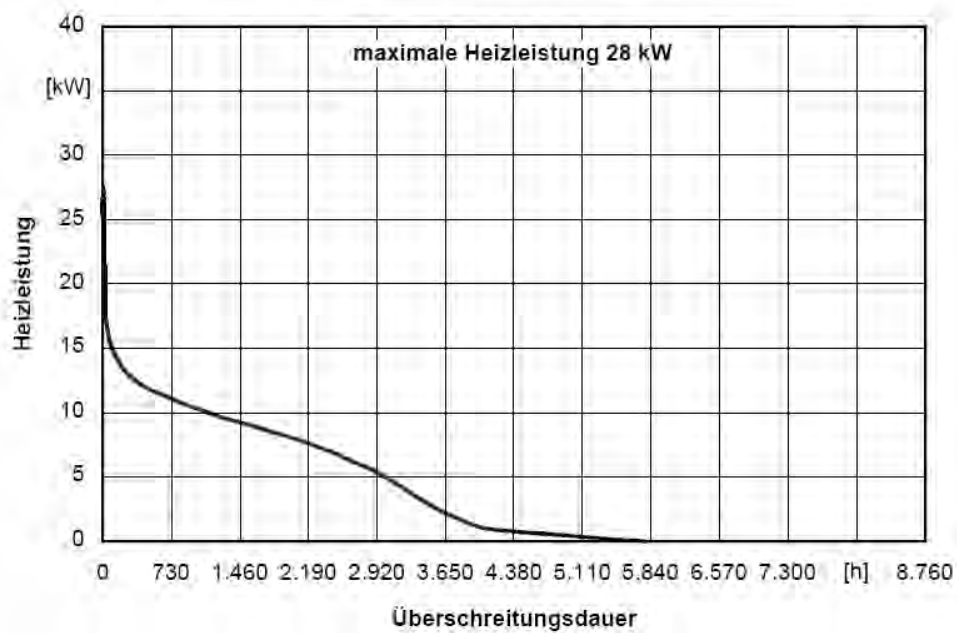
¹⁾ SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus OG
 Dämmstandard: 1930
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



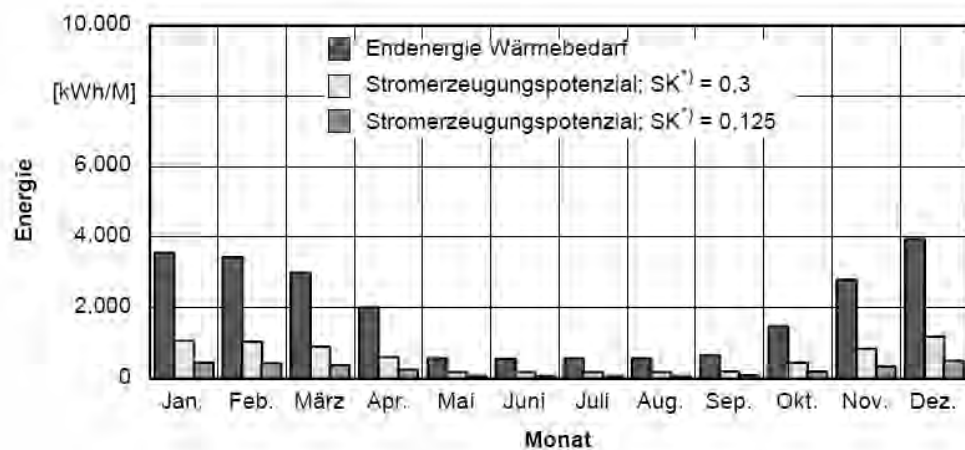
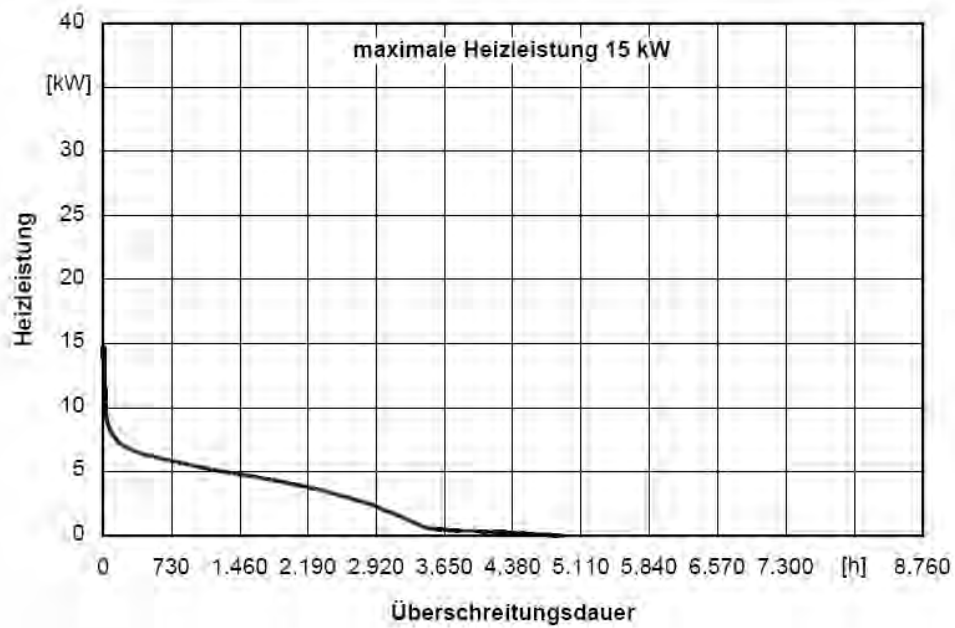
* SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus OG
Dämmstandard: 1960
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



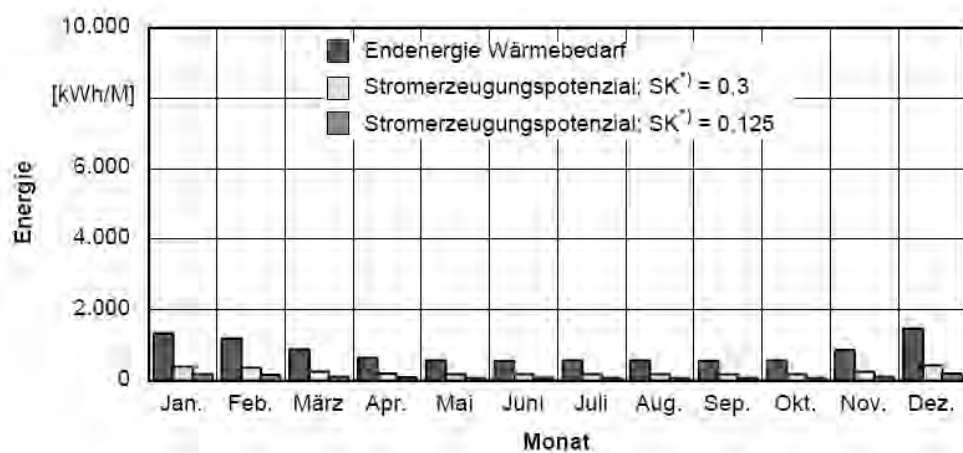
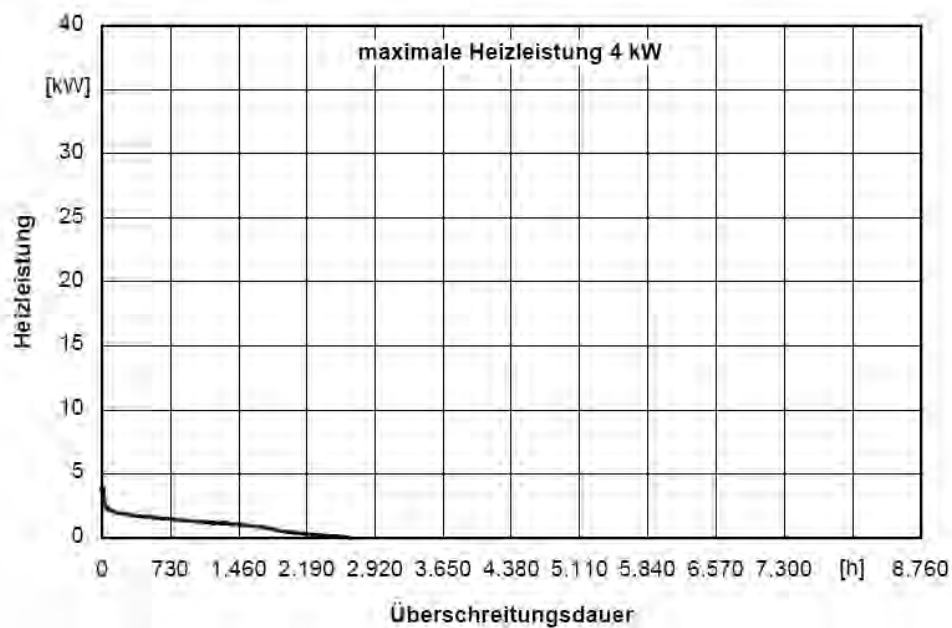
^{*)} SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus OG
Dämmstandard: WSVÖ 1984
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 6.650 kWh/a



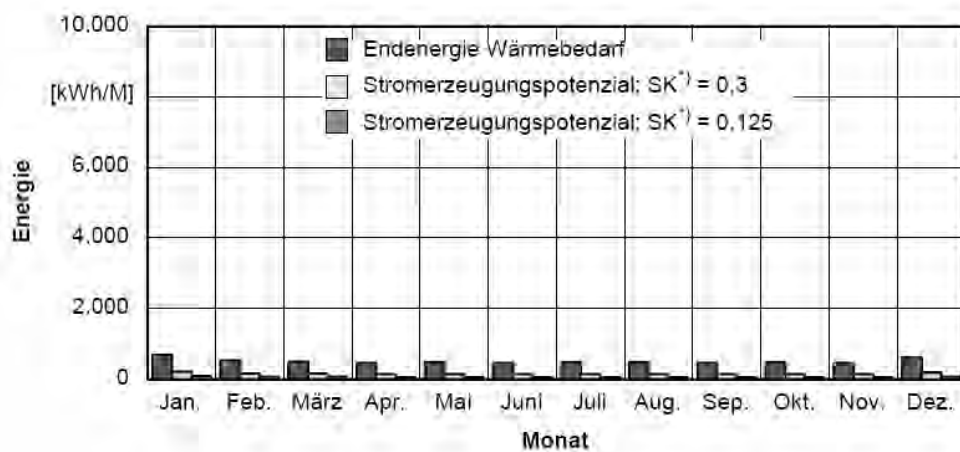
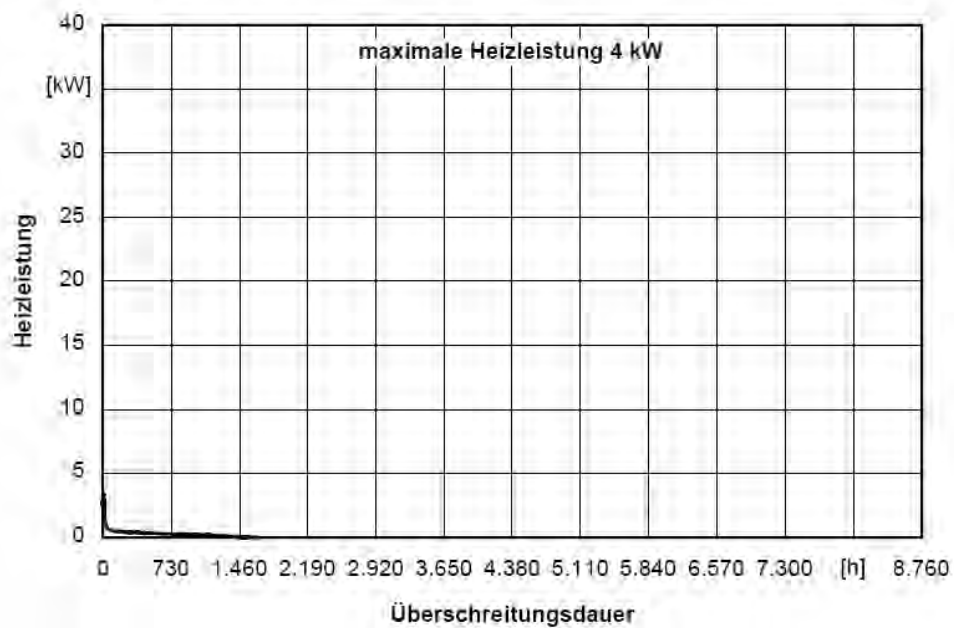
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus OG
Dämmstandard: EnEV
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 6,650 kWh/a



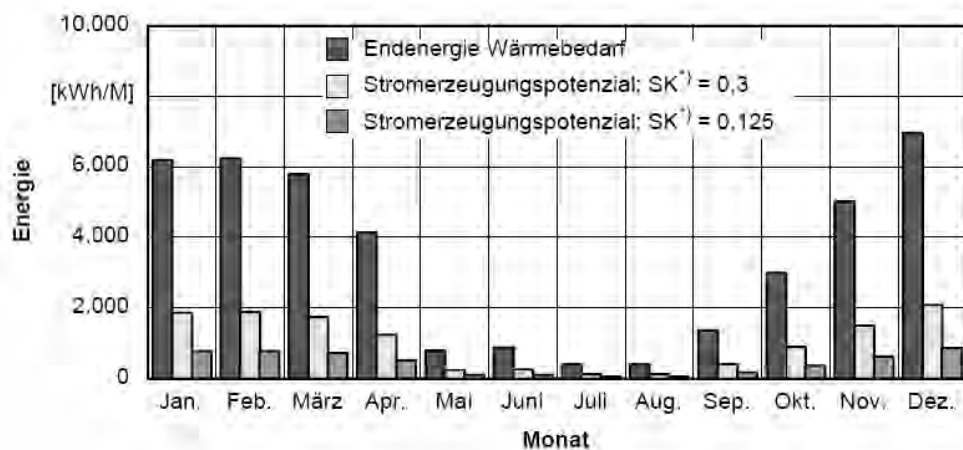
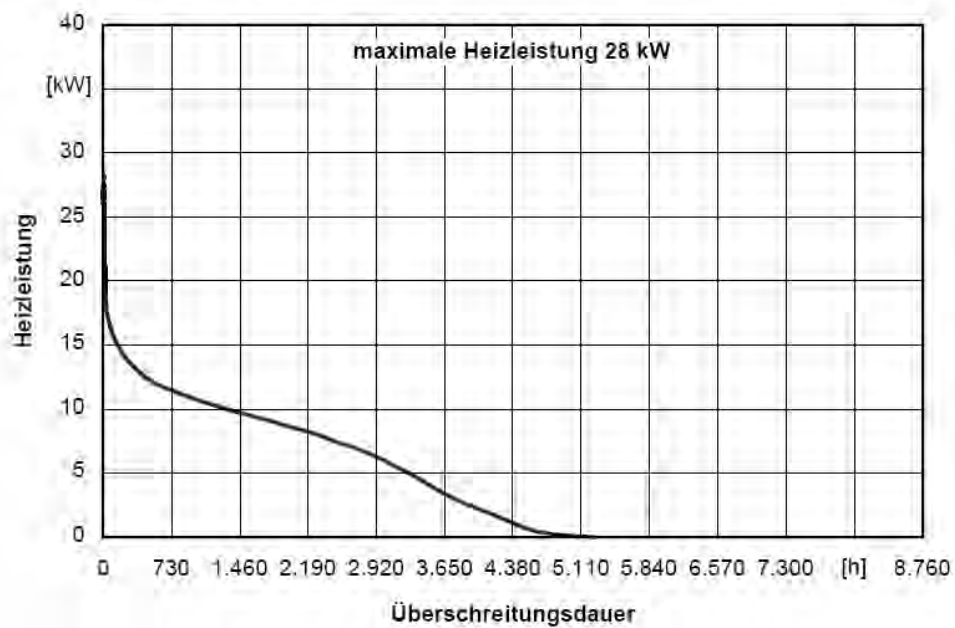
* SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Mehrfamilienhaus OG
Dämmstandard: Passiv
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 5.600 kWh/a



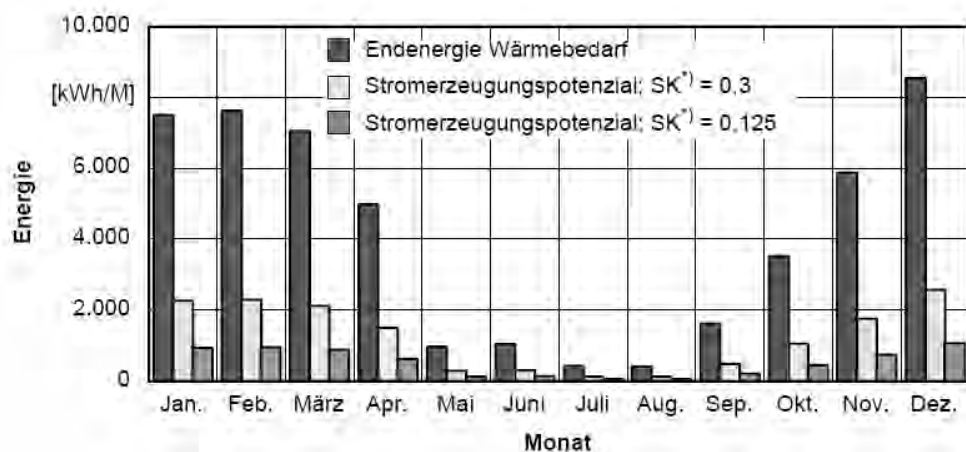
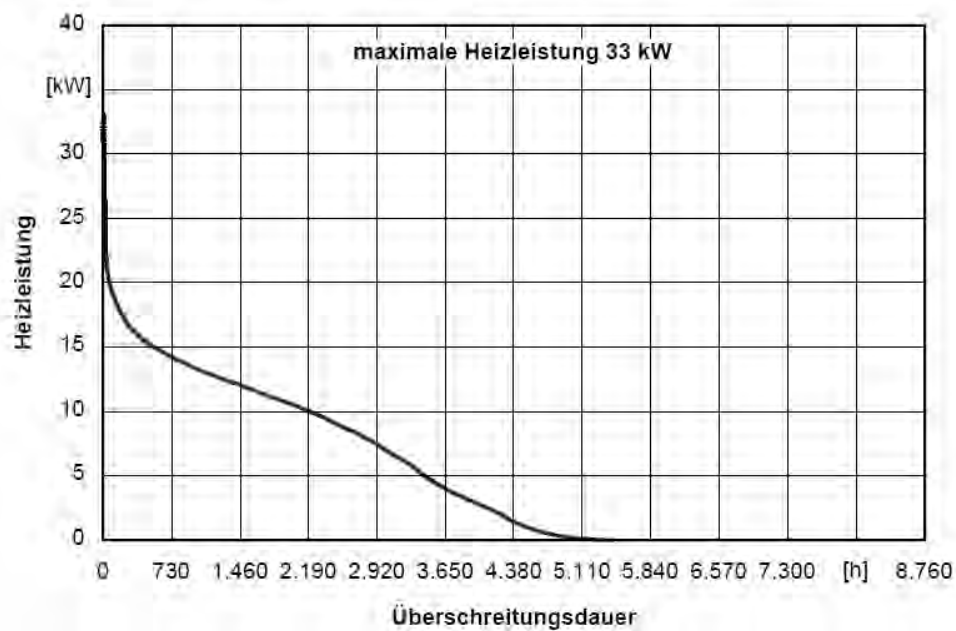
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenendhaus
Dämmstandard: 1930
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



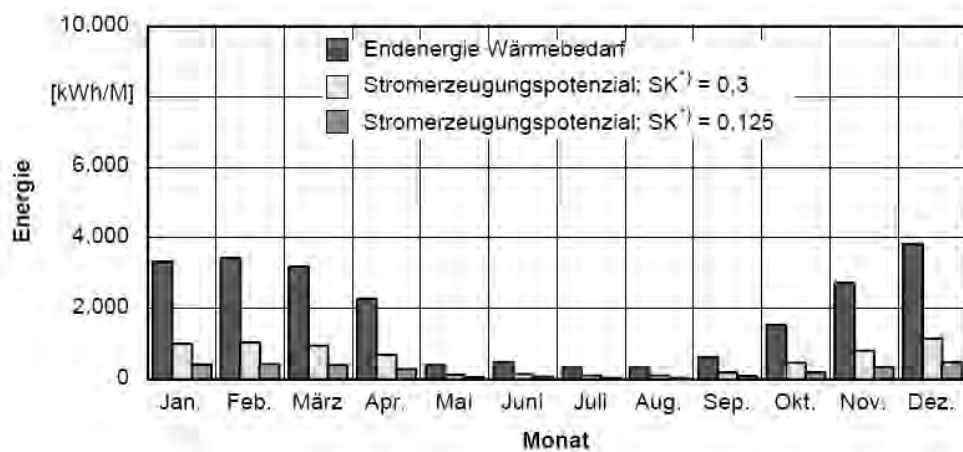
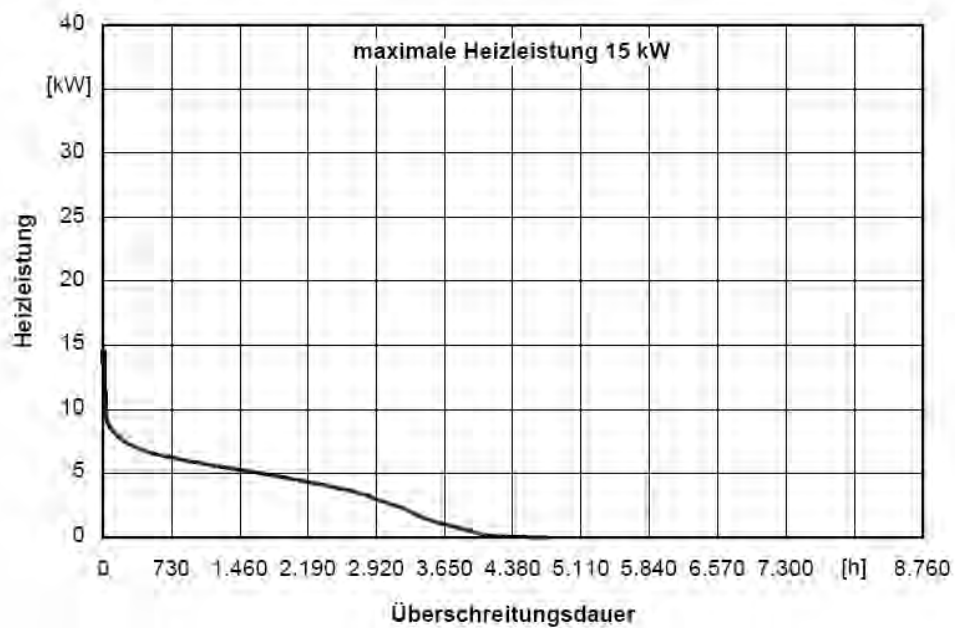
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenendhaus
Dämmstandard: 1960
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



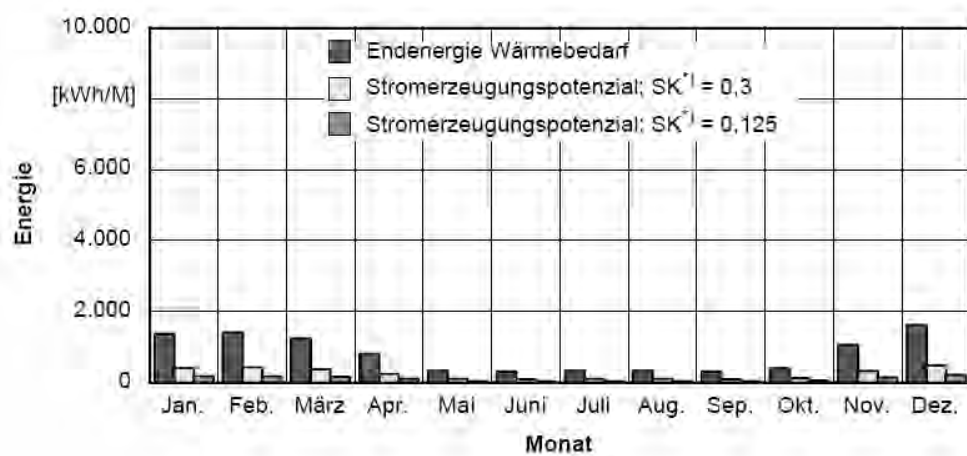
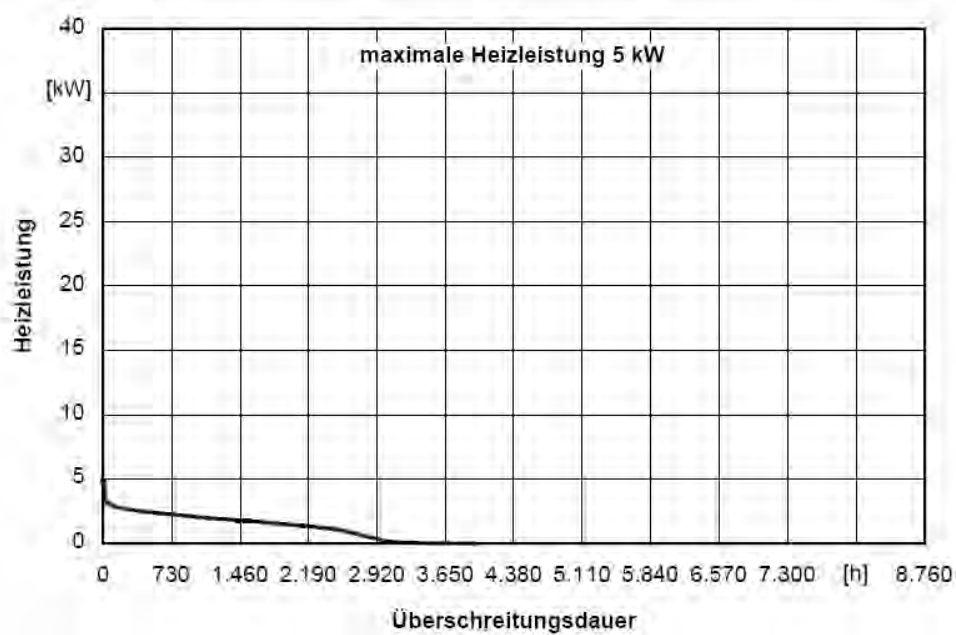
^{*)} SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenendhaus
Dämmstandard: WSV0 1984
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



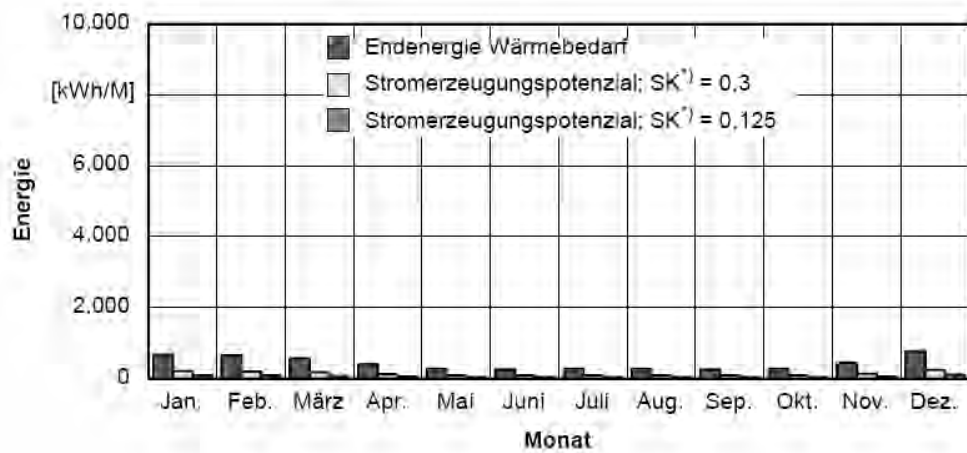
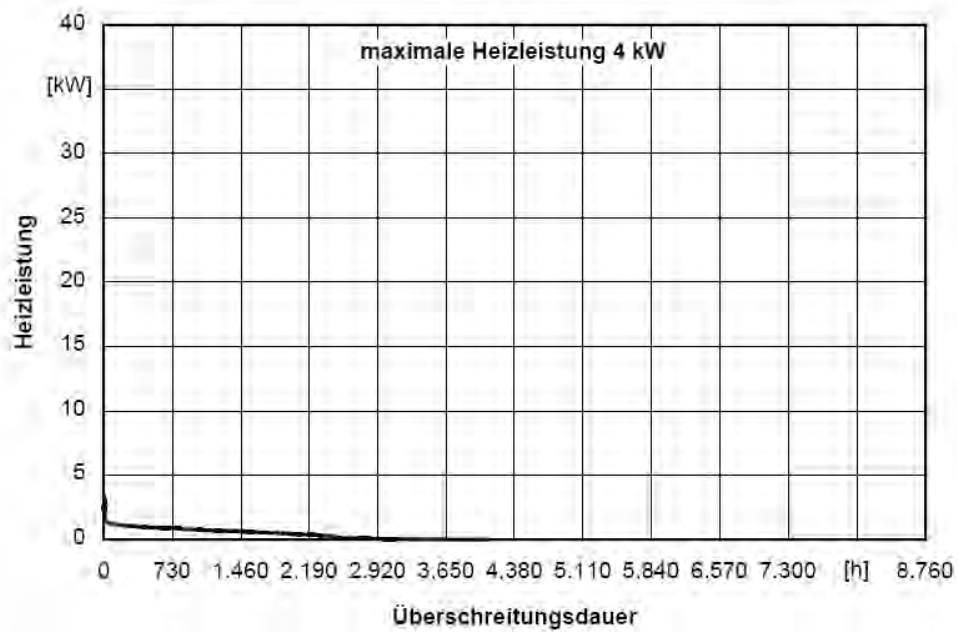
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenendhaus
Dämmstandard: EnEV
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



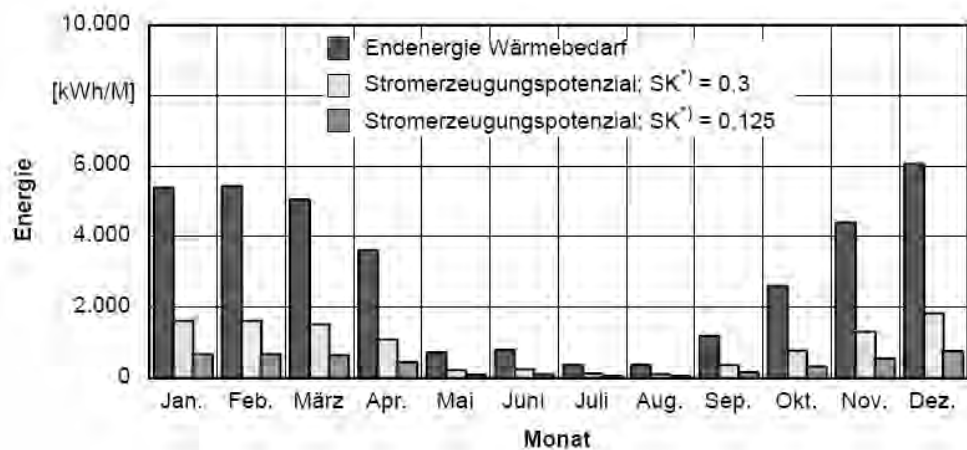
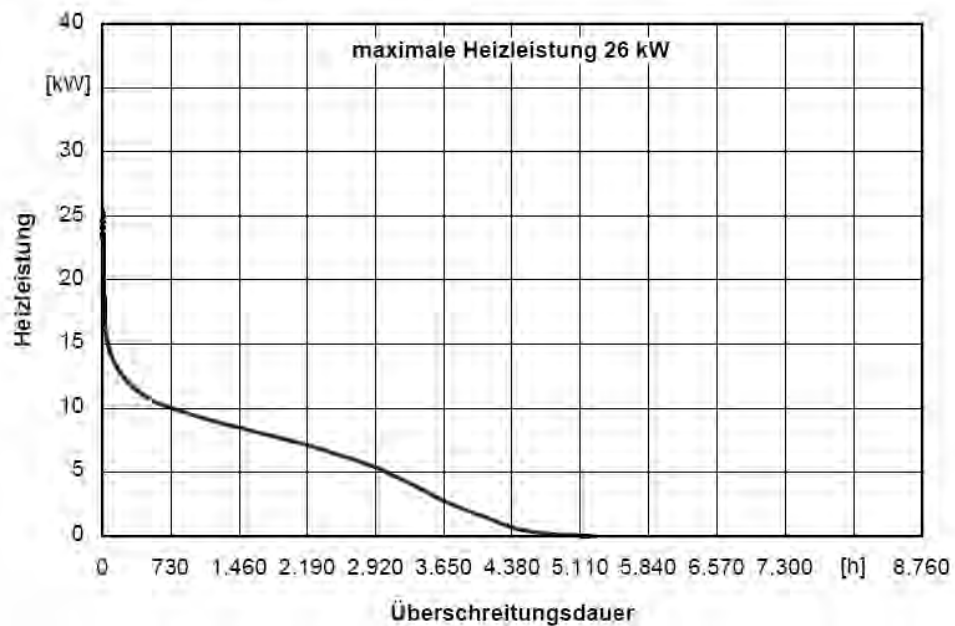
¹⁾ SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenendhaus
Dämmstandard: Passiv
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.200 kWh/a



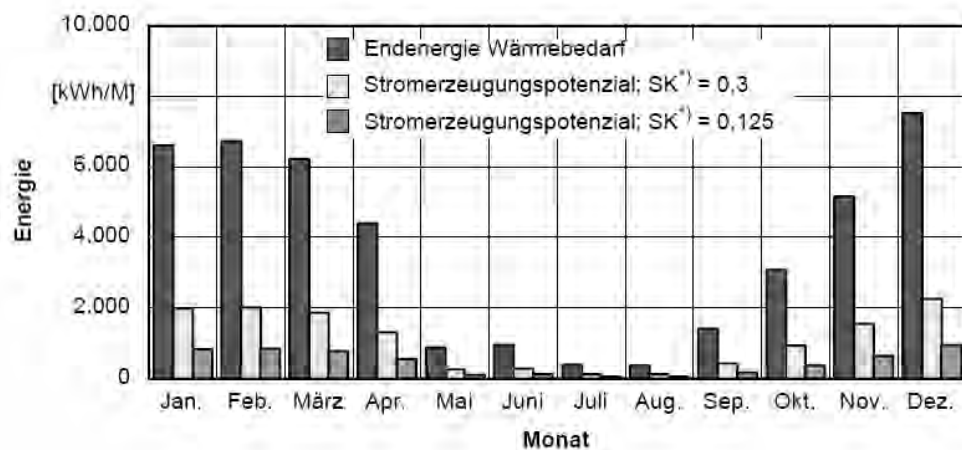
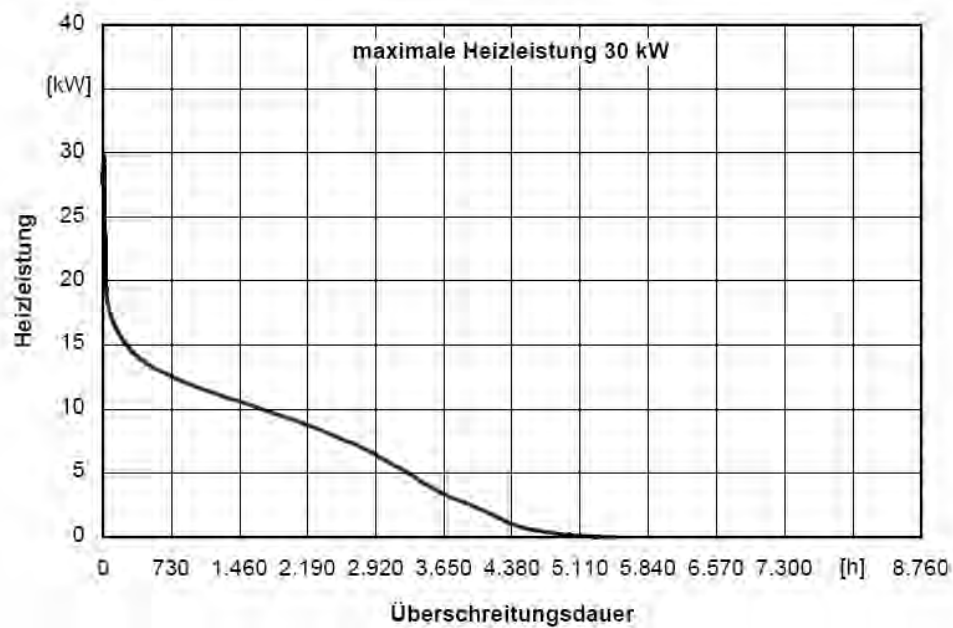
¹) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenmittelhaus
Dämmstandard: 1930
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3,800 kWh/a



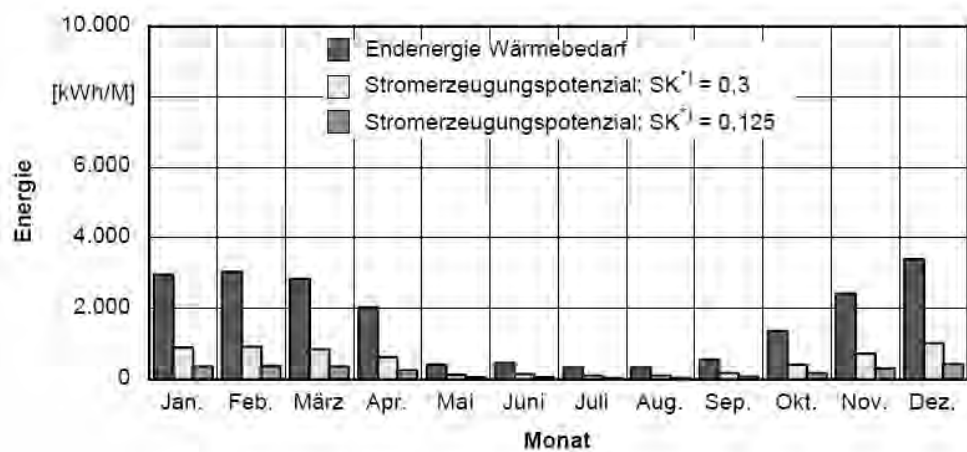
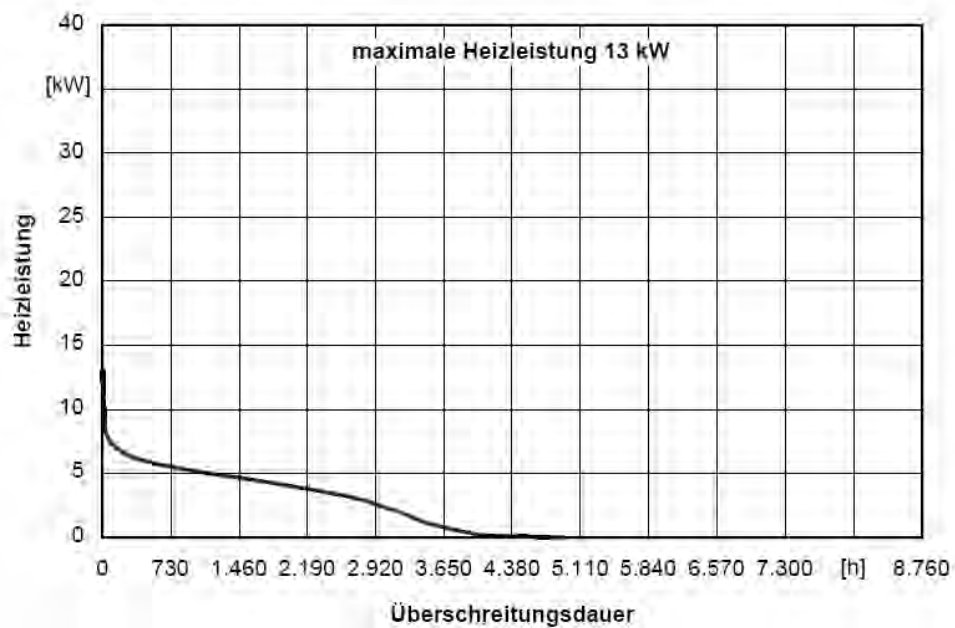
* SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenmittelhaus
 Dämmstandard: 1960
 Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
 Haushalt: 4 Personen
 Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



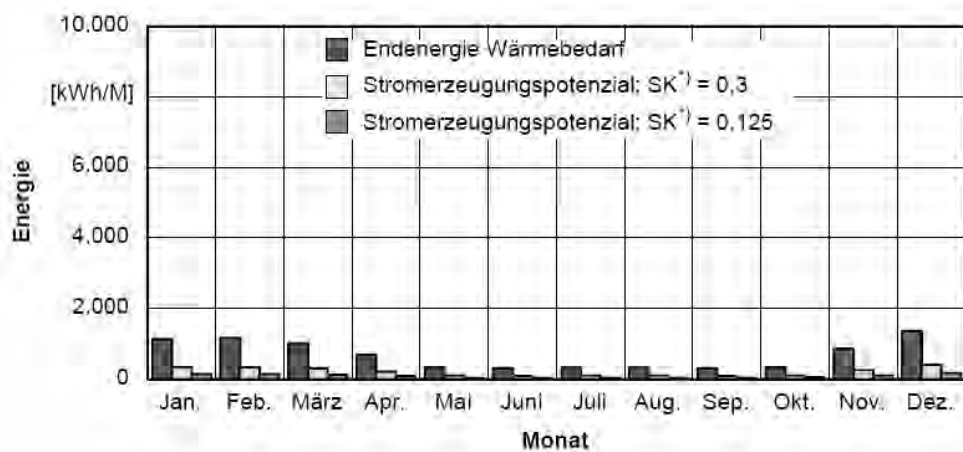
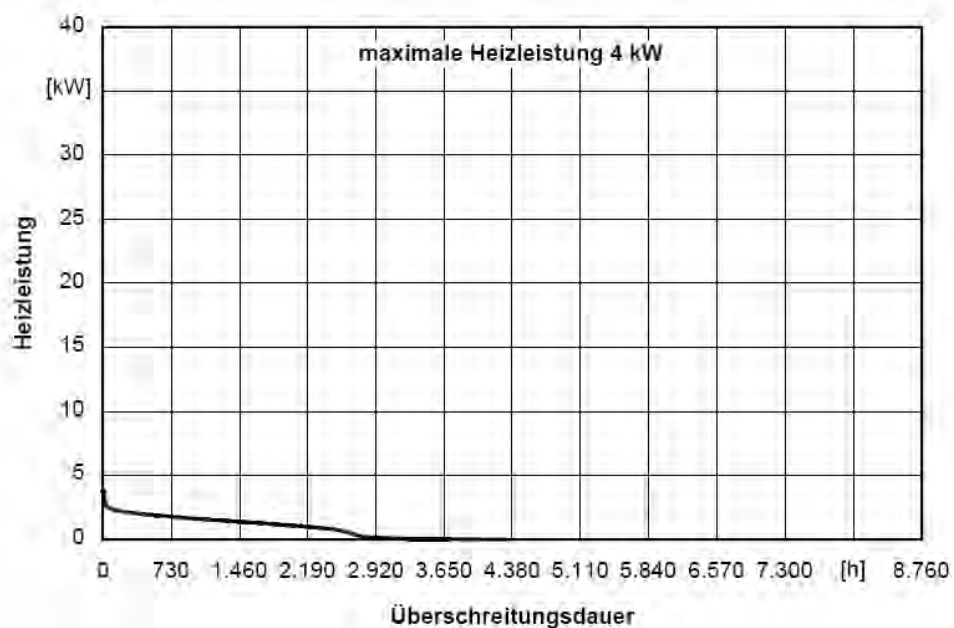
*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenmittelhaus
Dämmstandard: WSVÖ 1984
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



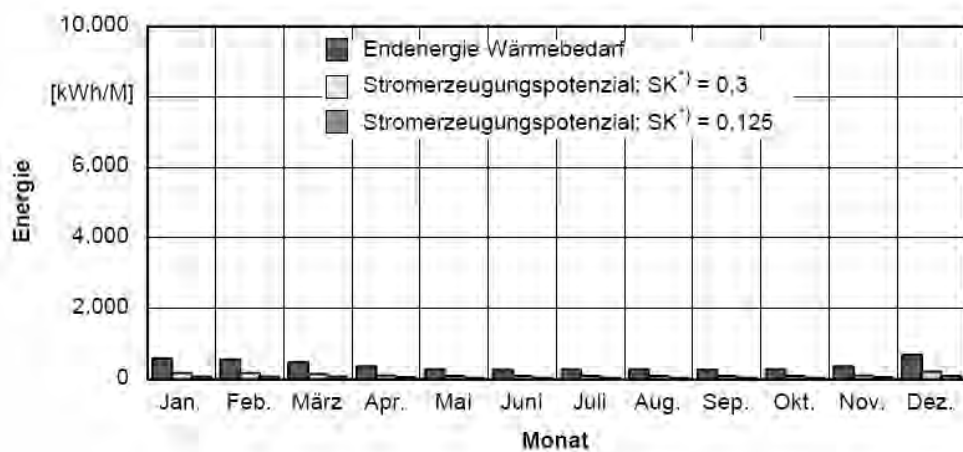
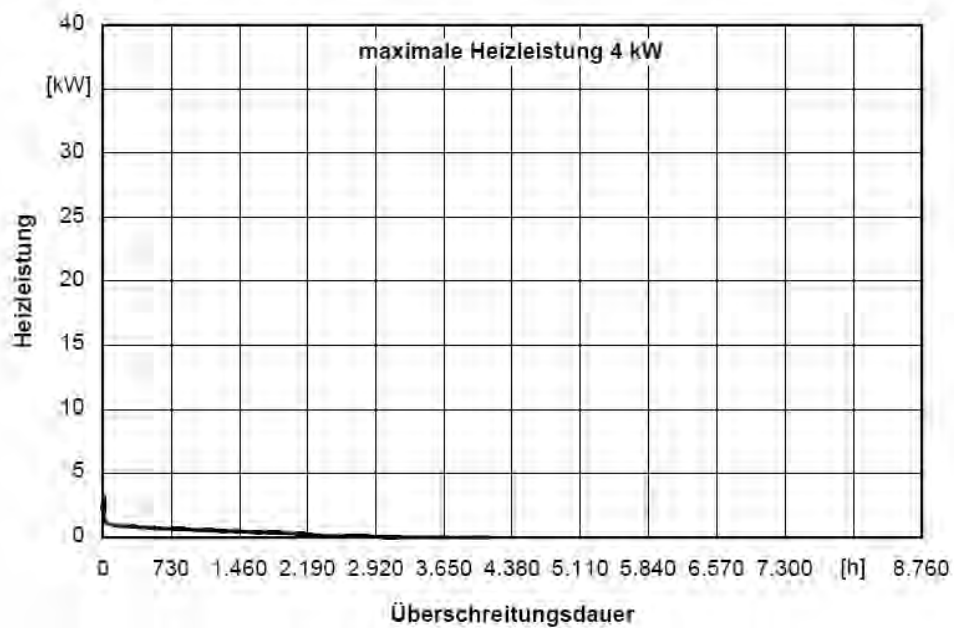
¹⁾ SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenmittelhaus
Dämmstandard: EnEV
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.800 kWh/a



*) SK = Stromkennzahl

Gebäudetyp: Reihenmittelhaus
Dämmstandard: Passiv
Meteorologie: TRY07; nördliches und westliches Mittelgebirge, zentrale Lage
Haushalt: 4 Personen
Warmwasserwärmebedarf: 3.200 kWh/a



*) SK = Stromkennzahl

A4 Hersteller

A4.1 Eco-Power-GmbH

Die technische Lösung

Hersteller Eco-Power GmbH



Gerät eco power mini-bhkw

Technische Daten	Umwandlungsprinzip	4-Takt-Gasmotor
	elektr. Leistung	1,3 - 4,7 kW
	therm. Leistung	4,0 - 12,5 kW
	Brennstoff:	Erdgas, Flüssigas
	Maße (HxBxT)	1080x740x1370 mm
	Leergewicht	395 kg
	Elektrischer Wirkungsgrad	23%
	Thermischer Wirkungsgrad	70%
	Gesamtwirkungsgrad	> 90%



Bis 9/ 2007 installierte Geräte ca. 2500

Markteinführung 1999

Bemerkung: Netzkopplung über Wechselrichter, modulierende Betriebsweise

Das Unternehmen



Kontakt

PowerPlus Technologies GmbH

Fasaneninsel 20

07548 Gera

Telefon: +49 365 / 830403 00

Telefax: +49 365 / 830403 10

Email: info@ecopower.de

Internet: www.ecopower.de

Ansprechpartner: Geschäftsführer
Herr Joachim Berg
Herr Michael Boll

Informationen zur Firmenstruktur

- 1990 Gründung der Valentin Energie- und Umwelttechnik
- Entwicklung der Marktreife des Moduls EcoPower
- 2004 Übernahme des Unternehmens durch die Vaillant Group mit 8.600 Beschäftigten und einem Jahresumsatz von 1,75 Milliarden EURO
- Firmierung unter neuem Namen PowerPlus Technologies als 100% Tochter des Vaillant Konzerns.

A4.2 ENATEC

Die technische Lösung

Hersteller ENATEC



Gerät

Technische Daten	Umwandlungsprinzip	Stirling-Motor (Freikolben)
	elektr. Leistung	ca. 1,0 kW
	therm. Leistung	5,0 - 15 kW (Zusatzbrenner)
	Brennstoff:	Erdgas, Flüssigas,
	Maße (HxBxT)	k.A. (Prototyp)
	Leergewicht	100 kg
	Elektrischer Wirkungsgrad	ca. 10%
	Thermischer Wirkungsgrad	ca. 85%
	Gesamtwirkungsgrad	> 90%

Bis 9/ 2007 installierte Geräte 20 (Feldtest)

Markteinführung 2008 (geplant)

Bemerkung: Stirling-Motor kombiniert mit Brennwertkessel



Das Unternehmen



Kontakt

ENATEC

micro-cogen B.V.

P.O. Box 105

NL-7130 AC Lichtenvoorde

Niederlande

e-mail: info@enatec.com

Internet: www.enatec.com

Ansprechpartner:

Entwicklungsleiter Herr Gary J. Beckers

e-mail: beckers@ecn.nl

Tel: +31 224 564651

Geschäftsführer: Herr Lucas Bekkering

e-mail: l.bekkering@enatec.com

Tel: +31 544391844

Informationen zur Firmenstruktur

- ENATEC wurde 1997 gegründet von
ATAG (Kesselhersteller)
ENECO (Energieversorger Niederlande)
ECN (Energieforschungszentrum der Niederlande)
- im Juni 2005 wurde ein Kooperationsvertrag zwischen dem
Industrieunternehmen RINNAI (japanischer Multikonzern) und dem Stirling-
Spezialisten INFINIA unterzeichnet. Ziel: Produktion und Vertrieb des
entwickelten Stirling-Aggregates ab dem Jahr 2008 in Japan und Europa.
angestrebte Produktionskapazität: 50.000 Geräte pro Jahr.
- Mitarbeiter und Umsatz: k.A.
-

A4.3 Eternal Energy

Die technische Lösung

Hersteller Eternal Energy GmbH



Gerät Raptor S

Technische Daten **Umwandlungsprinzip** 1 Zylinder Vielstoffmotor für Pflanzenöle

elektr. Leistung 3,0 – 7,0 kW

therm. Leistung 6,0 – 14,0 kW

Brennstoffe: alle Pflanzenöle

Maße (HxBxT) 1170x1230x1500 mm

Leergewicht 490 kg

Elektrischer Wirkungsgrad 28%

Thermischer Wirkungsgrad 56%

Gesamtwirkungsgrad 84 %

Bis 9/ 2007 installierte Geräte 100

Markteinführung 2007

Bemerkung: sehr kurze Wartungsintervalle (1000 h)



Das Unternehmen



Kontakt

Eternal Energy GmbH

Am Riedbach 1

87499 Wildpoldsried

Telefon: +(49) 8304 - 929 33 - 10

Telefax: +(49) 8304 - 929 33 - 11

e-mail: info@eternalenergy.de

Internet: www.raptor-bhkw.de

Ansprechpartner: Geschäftsführer Herr Uli Seitz

Informationen zur Firmenstruktur

- 2004 Gründung des Unternehmens
Entwicklung des Aggregates auf der Basis eines Deutz-Motors, der in China in Lizenz gefertigt wird
- 2007 Beginn der Vertriebstätigkeit

A4.4 Honda ECOWILL

Die technische Lösung

Hersteller Honda



Gerät	Honda ECOWILL	
Technische Daten	Umwandlungsprinzip	Gas-Motor
	elektr. Leistung	1,0 kW
	therm. Leistung	3,25 kW
	Brennstoff:	Erdgas
	Maße (HxBxT)	940x380x640 mm
	Leergewicht	82 kg
	Elektrischer Wirkungsgrad	20%
	Thermischer Wirkungsgrad	65%
	Gesamtwirkungsgrad	85 %
Bis 9/ 2007 installierte Geräte	30.000 (Japan)	
Markteinführung	2002	
Bemerkung:		



Das Unternehmen



Kontakt

Honda Motor Europe(North) GmbH

Vertriebszentrale Deutschland

Sprendlinger Landstraße 166

63069 Offenbach

Telefon: +(49) 69 / 8309-0

Telefax: +(49) 69 / 8320-20

e-mail: juergen.krantz@honda-eu.com

Internet: www.honda.de

Ansprechpartner: Herr Jürgen Krantz

Marketing- und Verkaufsleiter Power Equipment

Informationen zur Firmenstruktur

- 1948 Gründung der Firma Honda
- 2006 einer der größten Industriekonzerne der Welt
Entwicklung, Fertigung und Vermarktung von Automobilen, Motorrädern, Außenbordmotoren und Motorgeräten für den Weltmarkt. Mit einer Jahresproduktion von über 19 Millionen Motoren ist Honda der größte Motorenhersteller der Welt.
Mitarbeiter weltweit: 140.000
Umsatz 2005 (nur Autosparte): 35 Milliarden EUR
- Honda verfügt in Europa über kein Vertriebsnetz im Bereich Haustechnik. Der Vertrieb in Japan erfolgt über Tokyo Gas Ltd.
- Im ersten Halbjahr 2007 wurde eine Produktionsanlage für das Mikro-KWK-Aggregat in USA errichtet

A4.5 Microgen

Die technische Lösung

Hersteller Microgen Energy Ltd.



Gerät MicroGen

Technische Daten

Umwandlungsprinzip	Stirling
elektr. Leistung	1,1 kW
therm. Leistung	5 - 15kW
Brennstoffe:	Erdgas, Flüssiggas
Maße (HxBxT)	920x450x480 mm
Leergewicht	90 kg
Elektrischer Wirkungsgrad	20%
Thermischer Wirkungsgrad	76%
Gesamtwirkungsgrad	90 %



Bis 9/ 2007 installierte Geräte 60 (Feldtest)

Markteinführung 2007 (geplant)

Bemerkung: Unternehmen ist seit Anfang 2007 insolvent, August 2007 Nachfolgekonsortium MEC aus ehemaligen OEM-Kunden (Microgen Engine Cooperation) im August 2007

Das Unternehmen



Kontakt

MEC Microgen Engine Corporation MEC
c./o. Exerion Precision Technology Ulft b.v.

De Hogenkamp 16

7071 EC Ulft

Telefon: +31 315 689 555

Telefax: +31 315 630 888

e-mail: info@microgen-engine.com

Internet: www.microgen-engine.com

Ansprechpartner:
Herr Hans Leliveld

Hans.Leliveld@exerion.net

Informationen zur Firmenstruktur

- Microgen war Teil der BG Group (Britisch Gas)
BG-Group: 5.500 Beschäftigte
Jahresumsatz: 8,2 Milliarden EUR
- innovativer Gasversorger mit weltweiten Aktivitäten
- Es bestanden Kooperationsabkommen mit den europäischen Heizungsherstellern rehema, BAXI-Group (Brötje, Senertec) und Viessmann.
- Mitte 2007 hat Microgen Insolvenz angemeldet. Ein Konsortium mehrerer Unternehmen der Heizungsindustrie und weitere Industriepartner führen die Aktivitäten unter dem Namen MEC fort.

A4.6 OTAG AG Lion Powerblock

Die technische Lösung

Hersteller OTAG Vertriebs GmbH & Co KG



Gerät Lion POWERBLOCK

Technische Daten	Umwandlungsprinzip	Dampfexpansionsmaschine / LINEATOR
	elektr. Leistung	0,3 – 2,0 kW
	therm. Leistung	3,0 – 16,0 kW
	Brennstoffe:	Erdgas, später Pellets
	Maße (HxBxT)	1260x620x830 mm
	Leergewicht	195 kg
	Elektrischer Wirkungsgrad	16%
	Thermischer Wirkungsgrad	75%
	Gesamtwirkungsgrad	94%



Bis 9/ 2007 installierte Geräte ca. 100 Geräte

Markteinführung 2007

Bemerkung: Wechselrichter zur Netzeinspeisung

Das Unternehmen



Kontakt

OTAG Vertriebs GmbH & Co.KG
Zur Hammerbrücke 9
D-59939 Olsberg
Telefon +(49) 29 62 / 88 13 39
Telefax +(49) 29 62 / 88 13 41
e-mail: info@otag.de

Internet: www.otag.de

Ansprechpartner: Geschäftsführer Herr Franz-Josef Schulte

Informationen zur Firmenstruktur

- Mai 2000 Gründung der OTAG GmbH + Co KG
(Kapital 2 Mio €, 5 Gesellschafter, 3 Mitarbeiter)
- Dezember 2003 Gründung der
OTAG Vertriebs GmbH + Co KG
(Kapital 1,6 Mio €, 4 Gründungs-Gesellschafter, 59 Kommanditisten)
 - Übernahme der Patente und Vertriebsrechte der OTAG GmbH
 - Fertigung und Vertrieb des OTAG Lion Powerblock
 - Feldtest ab 2006, Markteinführung in 2007
- OTAG schließt die Feldtest im Jahr 2007 ab und startet im Jahr 2008 mit der Serienproduktion. Nach Angaben der Geschäftsleitung sind bereits 1.000 Geräte vorbestellt. Ende 2007 waren mehr als 200 Geräte an Kunden ausgeliefert und in Betrieb

.

-

A4.7 Senertec Dachs

Die technische Lösung

Hersteller Senertec Kraft-Wärme-Systeme GmbH



Gerät	Dachs Heiz-Kraft-Anlage	
Technische Daten	Umwandlungsprinzip	Otto- und Dieselmotor
	elektr. Leistung	5,0 – 5,5 kW
	therm. Leistung	10,3 – 12,5 kW
	Brennstoffe:	Erdgas, Flüssiggas Heizöl, RME
	Maße (HxBxT)	1000x720x1070 mm
	Leergewicht	520 kg
	Elektrischer Wirkungsgrad	26%
	Thermischer Wirkungsgrad	63%
	Gesamtwirkungsgrad	89 %
Bis 9 / 2007 installierte Geräte	18.000	
Markteinführung	1996	
Bemerkung:	Geräte mit höherer Leistung verfügbar, auch Anlage für Inselbetrieb lieferbar	



Das Unternehmen



Kontakt

SENERTEC

Kraft-Wärme-Energiesysteme GmbH

Carl-Zeiss-Straße 18

97424 Schweinfurt

Telefon: +(49) 9721 / 651-0

Telefax: +(49) 9721 / 651-203

e-mail: info@senertec.de

Internet: www.senertec.de

Ansprechpartner: Geschäftsführer Herr Karl P. Kiessling

Informationen zur Firmenstruktur

- 1986 Entwicklungsbeginn eines Klein-BHKW bei Fichtel & Sachs
- März 1996 Gründung der Senertec GmbH mit dem Know-How und dem Mitarbeiterstamm des Klein-BHKW Projektes
- Im Jahr 2002 Übernahme der Firma Senertec durch die BAXI Group Ltd., einem der führenden europäischen Heizungsunternehmen (Umsatz 2005: 1,25 Milliarden Euro; 5.400 Beschäftigte (in Europa) Sitz der BAXI Group ist Derby, Großbritannien
- Senertec verfügt in Deutschland über ein engmaschiges Vertriebsnetz mit Werksniederlassungen; Zugang zu europäischen Märkten über BAXI Group.

A4.8 Solo Stirling

Die technische Lösung

Hersteller Solo Stirling GmbH



Gerät Solo Stirling 161

Technische Daten	Umwandlungsprinzip	Stirling
	elektr. Leistung	2 – 7,4 kW
	therm. Leistung	8 - 22 kW
	Brennstoff:	Erdgas, Pellets
	Maße (HxBxT)	980x1280x700 mm
	Leergewicht	450 kg
	Elektrischer Wirkungsgrad	22 – 24,5%
	Thermischer Wirkungsgrad	70%
	Gesamtwirkungsgrad	> 90%



Bis 9/ 2007 installierte Geräte ca. 50

Markteinführung 2004

Bemerkung: für Einsatz im EFH zu große Leistung

Das Unternehmen



Kontakt

Solo Stirling GmbH

Stuttgarter Straße 41

Postfach 60 01 52

D-71050 Sindelfingen

Telefon: +(49) 7031 / 301-0

Telefax: +(49) 7031 / 301-225

e-mail: info@stirling-engine.de

Internet: www.stirling-engine.de

Ansprechpartner: Geschäftsführer Herr Sascha Luft

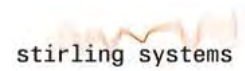
Informationen zur Firmenstruktur

- 1948 Gründung der Firma Solo Kleinmotoren GmbH
- seit 1990 Beschäftigung mit Sondermaschinen / Stirling-Motor
- zur Zeit 420 Mitarbeiter, jährliche Produktion von 150.00 Motor-Geräten, die in 130 Ländern vertrieben werden
- Mitte 2007 nach Insolvenz Übernahme der Solo Stirling GmbH durch Stirling Systems AG / Schweiz

A4.9 Stirling Systems AG

Die technische Lösung

Hersteller Stirling Systems AG



Gerät Stirling Energy Modul (SEM)

Technische Daten	Umwandlungsprinzip	Stirling-Motor
	elektr. Leistung	1,2 kW
	therm. Leistung	5,0 - 15 kW (Zusatzbrenner)
	Brennstoff:	Erdgas, Flüssigas, auch Pellets, Biogas möglich
	Maße (HxBxT)	k.A. (Prototyp)
	Leergewicht	k.A
	Elektrischer Wirkungsgrad	20%
	Thermischer Wirkungsgrad	68%
	Gesamtwirkungsgrad	> 90%

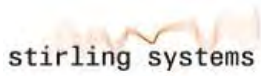


Bis 9/ 2007 installierte Geräte 15 (Feldtest)

Markteinführung 2008 (geplant)

Bemerkung: Leistungsregelung durch intermittierenden Betrieb

Das Unternehmen



Kontakt

Stirling Systems AG

Säntisstraße 50

CH-8200 Schaffhausen

Telefon: +41-52 625 54 54

Telefax: +41-52 625 84 84

Email: info@sticore.com

Internet: www.sticore.com

Ansprechpartner: Geschäftsführer Herr Dr. Michael Loretan
Projektleiter Jörg-Peter Wurche

Informationen zur Firmenstruktur

- 2004 als Spin-Off der Schweizer Industrie Gesellschaft (SIG) gegründet. Vorangegangen waren 10 Jahre Entwicklungsarbeit (Entwicklung und Patent auf STICORE Kolbenmechanik)
- Finanzierung über Venture Capital
- 2005 Beginn der ersten Feldtest (5 Geräte)
- 2007 Übernahme der Solo Stirling GmbH
- Markteinführung für 2008 geplant

A4.10 Sun-Machine

Die technische Lösung

Hersteller Sun Machine GmbH



Gerät Sun Machine

Technische Daten

Umwandlungsprinzip	Stirling
elektr. Leistung	1,5 - 3 kW
therm. Leistung	4,5 – 10,5 kW
Brennstoff:	Pellets
Maße (HxBxT)	1500x1200x800 mm
Leergewicht	350 kg
Elektrischer Wirkungsgrad	20 - 25%
Thermischer Wirkungsgrad	ca. 60%
Gesamtwirkungsgrad	90%

Bis 9/ 2007 installierte Geräte ca. 50

Markteinführung 2008 (geplant)

Bemerkung:



Das Unternehmen



Kontakt

SUNMACHINE
Gesellschaft für Stirling-Technologien mbH
Neuburger Strasse 20 ·

D-90451 Nürnberg

Tel: 0911 / 217 27-0 ·

Fax: 0911 / 217 27-100

email: info@sunmachine.de

Internet: www.sunmachine.de

Ansprechpartner:

Geschäftsführer

Herr Eckhart Weber

Tel.: 0911 / 217 27-200

Fax: 0911 / 217 27-100

Email: weber@sunmachine.de

Informationen zur Firmenstruktur

- 1991 Gründung des Unternehmens durch Eckhart Weber
- 2004 Gründung einer Vertriebsgesellschaft

Feldtest abgeschlossen, Markteinführung in 2008 geplant
(geplanter Absatz im ersten Jahr : 3000 Stück).

A4.11 Whispergen

Die technische Lösung

Hersteller Whisper Tech



Gerät	AC Whispergen	
Technische Daten	Umwandlungsprinzip	Stirling
	elektr. Leistung	1,2 kW
	therm. Leistung	8 kW
	Brennstoff:	Erdgas
	Maße (HxBxT)	850x500x600 mm
	Leergewicht	130 kg
	Elektrischer Wirkungsgrad	11%
	Thermischer Wirkungsgrad	83%
	Gesamtwirkungsgrad	> 90%

Bis 9 / 2007 installierte Geräte ca. 3000

Markteinführung 2004

Bemerkung: Gerät im Feldtest bei e.on Deutschland und anderen Versorgern seit 2006/07



Das Unternehmen



Kontakt

WhisperGen Limited Head Office

224 Armagh St

Christchurch

New Zealand

Telefon: +64 3 363 9293

Telefax: +64 3 363 9294

Email: info@whispergen.com

Internet: www.whispergen.com

Ansprechpartner: Herr Michael Colijn
(Vertrieb Europa)
Telefon: 0031 – 6526 20732
Email: michael@michaelcolijn.com

Informationen zur Firmenstruktur

- 1995 Gründung der WhisperGen Ltd.
- 2006 Übernahme des Unternehmens durch Meridian Energy Ltd., einer der größten Energieversorgungsgesellschaften Neuseelands.
- zur Zeit ca. 100 Mitarbeiter,
Produktionskapazität 2006: ca. 5000 Geräte
Ziel: Aufbau einer Produktion in Europa im Jahr 2007;
angestrebte Kapazität: 30.000 Stck. pro Jahr
- im Oktober 2006 startet Whispergen mit mehreren deutschen Versorgern Feldtests.
- Meridian Energy und das spanische Unternehmen Mondragon Corporacion Cooperativa (MCC) kündigen im Januar 2008 ein Joint Venture zur Massenproduktion in Spanien an. Anfang 2009 soll das Produkt dem europäischen Markt in Stückzahlen zur Verfügung stehen.

A5 Antragsformulare

Bitte beachten Sie folgende Hinweise

1. Die Steuerentlastung umfasst den Erlass, die Erstattung und die Vergütung einer entstandenen Steuer (§ 45 EnergieStG).
2. In den Spalten 3 und 4 sind die im Antragszeitraum verwendeten Mengen an Energieerzeugnissen einzutragen. Entlastungsberechtigt ist derjenige, der die Energieerzeugnisse verwendet hat.
3. Wird neben der Stromerzeugung in ortsfesten Anlagen die erzeugte mechanische Energie auch zu anderen Zwecken verwendet, wird nur für den auf die Stromerzeugung entfallenden Anteil an Energieerzeugnissen eine Steuerentlastung gewährt.
4. Bei Entlastung für Anlagen zur gekoppelten Erzeugung von Kraft und Wärme (KWK-Anlagen) nach § 53 Abs. 1 Nr. 2 EnergieStG ist jedem Antrag eine Nutzungsgradberechnung beizufügen.
5. Für Pflanzenöl, das nach § 50 Abs. 3 Satz 1 EnergieStG vollständig von der Steuer entlastet wurde, ist eine Steuerentlastung nach § 53 EnergieStG nicht möglich.
6. Der Entlastungsbetrag ist selbst zu berechnen und in Spalte 5 einzutragen.
7. Ein Festsetzungsbescheid ergeht nur, wenn von Ihrer Berechnung der Steuerentlastung abgewichen wird.
8. **Hinweis nach § 4 Abs. 3 des Bundesdatenschutzgesetzes**
Die mit der Steuererklärung angeforderten Daten werden auf Grund der §§ 149 ff. der Abgabenordnung sowie des § 53 EnergieStG erhoben.

	1	2	3	4	5	
1	Art der Energieerzeugnisse	Entlastungssatz	Stromerzeugungs- anlagen § 53 Abs. 1 Nr. 1 EnergieStG	KWK-Anlagen § 53 Abs. 1 Nr. 2 EnergieStG	Betrag	
		EUR für			EUR	Cent
2	Schweröle, § 2 Abs. 3 Satz 1 Nr. 1 (leichtes Heizöl) und Nr. 3 EnergieStG	1.000 l 61,35	Liter			
3	Heizöle, § 2 Abs. 3 Satz 1 Nr. 2 EnergieStG	1.000 kg 25,00	Kilogramm			
4	gasförmige Kohlenwasserstoffe, § 2 Abs. 3 Satz 1 Nr. 4 EnergieStG	1 MWh 5,50	Megawattstunden			
5	Flüssiggase, § 2 Abs. 3 Satz 1 Nr. 5 EnergieStG	1.000 kg 60,60	Kilogramm			
6	Kohle, § 2 Abs. 1 Nr. 9 EnergieStG	1 GJ 0,33	Gigajoule			
7	Petrolkoks, § 2 Abs. 1 Nr. 10 EnergieStG	0,33				
8	Zwischensumme					
9	Erdgas, § 2 Abs. 3 Satz 1 Nr. 4 EnergieStG	1 MWh 5,50	Megawattstunden			
10	zu entlasten					

EUR in Buchstaben

A5.2 Antrag auf Zulassung einer KWK-Anlage



Bundesamt
für Wirtschaft und
Ausfuhrkontrolle

Bundesamt für Wirtschaft
und Ausfuhrkontrolle (BAFA)
Referat 432
Frankfurter Straße 29 – 35
65760 Eschborn

Antrag auf Zulassung einer KWK-Anlage

mit einer elektrischen Leistung **bis einschl. 50 kW bzw. einer Brennstoffzellen-Anlage** nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz

Anlagenbetreiber

Name oder Firmenname		Ansprechpartner	
Vorname		E-Mail-Adresse	
Straße	Postleitzahl	Ort	
Telefon		Telefax	

Angaben zur KWK-Anlage

Standort (falls abweichend)

Straße	Postleitzahl	Ort
Wird die Anlage zur Erzielung einer höheren Auslastung abwechselnd an zwei Standorten betrieben?		Datum der Erstaufnahme des Dauerbetriebs
☐ ja ☐ nein		
Die KWK-Anlage ist		Besteht / bestand am Standort der Anlage eine Fernwärmeversorgung?
☐ fabrikneu ☐ gebraucht		☐ ja ☐ nein
Wird/wurde an dem Standort bereits eine KWK-Anlage betrieben?		Wenn ja, in welchem Zeitraum?
☐ ja ☐ nein		

Anschluss an das Netz für die allgemeine Versorgung Stromnetz

Netzbetreiber (Firma)		Ansprechpartner	
Straße	Postleitzahl	Ort	
E-Mail-Adresse	Telefon	Telefax	



Bundesamt
für Wirtschaft und
Ausfuhrkontrolle

Anlagentyp

☐ Verbrennungsmotoren-Anlage (BHKW)	☐ Brennstoffzellen-Anlage	Sonstige
--	--	----------

Brennstoffart und Verteilung

☐ Erdgas	%	☐ Heizöl	%	Sonstige	%
---------------------------------	---	---------------------------------	---	----------	---

Leistungsdaten (laut Herstellerunterlagen)

Elektrische Leistung (in kW)	Thermische Leistung (in kW)
------------------------------	-----------------------------

Folgende Nachweise sind beigelegt

☐	für serienmäßig hergestellte Anlagen: Datenblatt des Herstellers aus denen sich die thermische und elektrische Leistung ergibt
☐	für nicht serienmäßig hergestellte Anlagen: ein Sachverständigengutachten, welches nach den anerkannten Regeln der Technik erstellt wurde
☐	Nachweise über den Zeitpunkt der Erstaufnahme des Dauerbetriebs der KWK-Anlage (z. B. Inbetriebnahmeprotokoll)

Ich / Wir erkläre(n), dass

- ☐ durch die Errichtung der KWK-Anlage eine bereits bestehende Fernwärmeversorgung aus KWK-Anlagen nicht verdrängt wird.
- ☐ für mehrere unmittelbar miteinander verbundene kleine KWK-Anlagen an einem Standort nur ein Antrag gestellt wird, da diese als eine einzige KWK-Anlage gelten.

Die von mir / uns gemachten Angaben wurden wahrheitsgemäß abgegeben.

Mir / uns ist bekannt, dass das BAFA anonymisierte Daten an das Statistische Bundesamt zwecks Aufbereitung zu Bundesergebnissen sowie zur Erfüllung von Mitteilungspflichten gegenüber supra- und internationalen Organisationen weiterleitet.

Datum	Unterschrift(en) des Anlagenbetreibers und Firmenstempel falls vorhanden
-------	--

Formular drucken

A5.3 Jahresmeldung



Bundesamt
für Wirtschaft und
Ausfuhrkontrolle

Bundesamt für Wirtschaft
und Ausfuhrkontrolle
– Referat 432 –
Frankfurter Straße 29 – 35
65760 Eschborn

**Jährliche Mitteilung der in das Netz für die allgemeine Versorgung eingespeisten
KWK-Strommenge gemäß § 8 Absatz 2 Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz
für kleine KWK-Anlagen bis 2 MW elektrischer Leistung**

KWK-Anlagennummer (siehe BAFA-Zulassungsbescheid)	Elektrische Leistung Ihrer Anlage (kW)
---	--

Standort der Anlage

Name der Anlage (falls vorhanden)		
Straße und Hausnummer	Postleitzahl	Ort

Verbrauchs- und Einspeismengen

Eingesetzte Brennstoffart	Menge	Maßeinheit	Kalenderjahr
		–	
Eingesetzte Brennstoffart	Menge	Maßeinheit	Eingespeister KWK-Strom (in MWh)
		–	
Anzahl der im Jahr aufgelaufenen Betriebsstunden, falls die Brennstoffmenge nicht ermittelbar ist.			

Anlagenbetreiber

Name		Telefon
Firma		E-Mail-Adresse
Straße und Hausnummer	Postleitzahl	Ort
Datum	Unterschrift	
28.05.2008		

Bitte reichen Sie diese Mitteilung bis zum 31. März des Folgejahres beim BAFA ein!

KWK-3a-V2.0 © BAFA 2007 | Quelle: www.bafa.de

Formular löschen

Drucken

Seite 1 von 1