

Abschlussbericht

für den

Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz
badenova AG & Co. KG

für das Projekt

Wärme und Strom in 3-Familien-Haus
durch
Stirlingmotor WhisperGen



Energiewende. Hier und jetzt.

Dieses 3-Familien-Haus wird energetisch versorgt durch:

<i>Erdgas</i>	BHKW (Stirlingmotor-WhisperGen™) Gasbrennwerttherme	66 % 4 %
<i>Sonne</i>	Solarthermische Anlage	18 %
<i>Holz</i>	Schwedenofen	12 %



Gefördert durch den Innovationsfonds
Klima- & Wasserschutz.



Bearbeitung: Christoph Weiler
Projektnummer: 2008-06
Erstellungsdatum: Februar 2013

Inhaltsverzeichnis

1.	Zusammenfassung	3
2.	Motivation für das Innovationsvorhaben	5
3.	Das Bauvorhaben und dessen Umsetzung	7
3.1.	Objekt- und Bauherrenbeschreibung	7
3.2.	Projektbeschreibung	8
3.3.	Die wesentlichen Meilensteine des Bauprojektes	9
3.4.	Ausführungen über den Innovationscharakter	10
3.5.	Notwendigkeit eines Zuschusses aus dem Innovationsfonds	10
3.6.	Umfang der durch das Projekt eventuell ausgelösten Folgeinvestitionen	10
4.	Die Heizungstechnik im 3-Familienhaus	11
5.	Gasbrennwerttherme	16
6.	Solarthermische Anlage	17
7.	Der intelligente Wärmespeicher und clevere Sphärentauscher	19
8.	Schwedenofen	21
9.	Stirlingmotor „WhisperGen“	22
9.1.	Das Unternehmen	22
9.2.	Joint Venture	22
9.3.	WhisperGen-Generationen	23
9.4.	WhisperGen Feldversuche in Großbritannien	23
9.5.	Beginn der Serienfertigung in Tolosa (Spanien) 2009	24
9.6.	Startschuss Deutschland 2010	24
9.7.	Antrag auf Insolvenz	25
9.8.	Referenzanlagen	25
9.9.	Technische Daten WhisperGen	26
9.10.	Stromgeführtes BHKW	28
9.11.	Flüssiggas-WhisperGen	28
9.12.	Arbeitsprinzip Stirlingmotor	28
9.13.	Vorteile Stirlingmotor	29
9.14.	Aufbau WhisperGen	30
9.15.	Beschreibung WhisperGen	32
9.16.	Eigennutzung mit Rückeinspeisung und Restbezug	35
10.	Das Messkonzept und die Energieauswertung	38
10.1.	Zählerablesung und Datenaufzeichnung	40
10.2.	Überwachung	40
10.3.	Datenauswertung	40
10.4.	Überschlägige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Wärmeerzeuger	52
11.	Betrieb des WhisperGen	57
11.1.	EnergyControl	57
11.2.	Fernzugriff über OnlineConnect	58
11.3.	Aufgetretene Probleme und Störungen	65
12.	Schlussfolgerung und Empfehlung	66
13.	Danksagungen	67
14.	Anhang	68
14.1.	Das Systempaket (Stand 2012)	68
14.2.	Formalitäten rund um den Betrieb des WhisperGen	71
14.3.	Vor der Installation des WhisperGen	73
14.4.	Nach der Inbetriebnahme	74
14.5.	Nutzungshandbuch Sanevo	76
14.6.	Informationsschild am Gebäude	86
14.7.	Referenz einer WhisperGen Anlage	87
14.8.	Abkürzungsverzeichnis	88

1. Zusammenfassung

Motivation des innovativen Projekts

Nachdem im Jahr 2008 (Mikro-) Kraft-Wärme-Kopplungs - Geräte (KWK) kleinerer Leistung auf dem Markt zur Verfügung standen, die in den Punkten Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit und Einsetzbarkeit die Anforderungen und Erwartungen laut Hersteller erfüllen sollten, hatte sich die Baugruppe für den Einbau in einem neu gebauten 3-Familienhaus entschieden. Betrieben wird das KWK mit umweltschonendem Erdgas. Im Vergleich zum Strombezug aus dem Kraftwerk und der Wärmeerzeugung durch einen konventionellen Heizkessel reduziert sich der Verlust durch die gleichzeitige Bereitstellung von Wärme und Strom durch den WhisperGen von 72% auf nur 4% (laut Produktunterlagen der Firma Sanevo). Somit ist eine deutlich höhere Endnutzung von Primärenergie durch den WhisperGen gegeben.

Im Jahr 2008 erwarb die private Baugruppe im Neubaugebiet Hornbühlstraße in Freiburg-Ebnet ein Flurstück, um dort ein 3-Familienhaus in KfW 60 Bauweise zu errichten. Es entstanden drei Wohneinheiten mit je ≈ 130 qm Wohnfläche. Das Gebäude wurde in Massivbauweise ausgeführt. Das Wohngebäude sollte ursprünglich mit einer Elektrowärmepumpe mit Grundwasser als Wärmequelle ausgestattet werden. Da Elektrowärmepumpen jedoch mittlerweile sehr in die Kritik geraten waren, hatte sich die Baugruppe für ein innovatives Energiekonzept entschieden, das sowohl ökologische Ziele (Reduzierung von CO₂) als auch ökonomische Ziele verfolgt.

Anlagentechnik

Bereits bei der Rohbauerrichtung im Nov. 2008 wurden bautechnische und heizungstechnische Installationen vorgenommen, um den WhisperGen ohne größere Umbaumaßnahmen nachrüsten zu können. Das komplette Abgassystem vom Heizkeller bis über das Satteldach (Wanddurchführung und Dachdurchführung) wurden bereits komplett im Jahr 2008 ausgeführt. Zudem wurde ein Verbindungskabel von der Heizzentrale bis ins Dachgeschoss und ein Telefonanschluss in der Heizzentrale verlegt. Ein Gasunterzähler wurde bereits in die Erdgasleitung eingebaut, und das Stromzähler- und Wärmezählerkonzept sah die Einbindung des WhisperGen vor. Ferner wurde ein speziell geeignetes Puffersystem gewählt, welches für den Anschluss von bis zu drei Wärmeerzeugern ausgelegt war. Von Aug. 2008 bis Nov. 2011 wurde das Gebäude mit einer Gasbrennwerttherme, einer solarthermischen Anlage und drei Schwedenöfen in den jeweiligen Wohnungen wärmetechnisch versorgt.

Am 04 Nov. 2011, also rund 3 Jahre nach Einreichung des Förderantrages im Innovationsfonds Klima- und Wasserschutz der badenova AG & Co. KG, ging der WhisperGen in Betrieb. Ursache der Verzögerung waren zahlreiche Lieferverschiebungen aufgrund der Überarbeitung bzw. Optimierung des WhisperGen durch den Hersteller. Nach nun über einem Jahr Betriebserfahrung, zeigt sich das Gerät als zuverlässig und energieeffizient. Insgesamt gab es zwei nennenswerte Störungen, bei dem der Service der Fa. Sanevo Vorort notwendig war.

Messkonzept

Mit dem Einbau des WhisperGen wurde eine Datenerfassung umgesetzt, die die wesentlichen Energiedaten und Betriebsdaten aufzeigt und zum Teil automatisch aufzeichnet. Neben dem Erdgaseinsatz, der Wärmebereitstellung und der Stromerzeugung wurden auch die Betriebsstunden und die Anzahl der Starts (Einschalten des WhisperGen) aufgenommen. Über den Internetzugang können mit der Regelungseinheit des WhisperGen aktuelle Speichertemperaturen, Vor- und Rücklauftemperatur und die Außentemperatur abgerufen werden. Zudem können die Laufzeit und die Anzahl der Starts vom WhisperGen sowie die aktuelle elektrische Leistung und die bisherige Stromproduktion abgefragt werden. Die Messdaten können täglich, wöchentlich oder monatlich grafisch dargestellt werden.

Ergebnisse

Die Zählerdaten wurden in Excel übertragen, ausgewertet und die wesentlichen Jahresdaten tabellarisch sowie die Monatsdaten grafisch dargestellt. Der geplante prozentuale Anteil der Wärmebereitstellung durch den WhisperGen am Gesamtwärmebedarf (von Heizwärme und Warmwasser) übertraf mit 69% die Erwartungen (66%). Dabei wurden rund 68% durch den Stirlingmotor und 1% durch den Hilfsbrenner bereitgestellt.

Im ersten Betriebsjahr (01. Jan. 2012 – 31. Dez. 2012) lieferte der WhisperGen 1.776 kWh Strom, bei einer Laufzeit von 1.858 Betriebsstunden. Der WhisperGen hatte 1.125 Starts, was einer mittleren Laufzeit von 1,6 Stunden/Start entspricht. Der Hilfsbrenner hatte eine Laufzeit von ca. 120 Stunden bei 235 Starts, was einer mittleren Laufzeit von rund 0,5 Stunden/Start entspricht. Der geplante bzw. erwartete prozentuale Anteil der Strombereitstellung durch den WhisperGen am Gesamtstrombedarf lag mit 22% etwas unter den Erwartungen (25%).

Der Anteil an Strom für Eigenbedarf liegt mit 12% sehr hoch. Hier wird nochmals geprüft, welche elektrischen Verbraucher tatsächlich auf den Eigenstromverbrauchszähler aufgeschaltet sind. Die Vermutung ist, dass der Pumpenstrom vom Sekundärkreislauf und weitere elektrische Verbraucher mit dem installierten Stromzähler erfasst werden.

Auf Basis der Zählerwerte von Erdgas, Wärme und Strom wurden der elektrische und thermische Jahresnutzungsgrad ermittelt. Bezogen auf den Brennwert H_s (ehemals H_o) wurde im ersten Betriebsjahr ein thermischer Nutzungsgrad von 74,5% und ein elektrischer Nutzungsgrad von 7,9% erzielt. Daraus errechnet sich ein Gesamtjahresnutzungsgrad von 82,4%. Im Vergleich zu den Produktunterlagen von AEM liegt der ermittelte Gesamtjahresnutzungsgrad knapp 3% niedriger.

Der WhisperGen zeichnet sich durch geringe Emissionen und einen geräuscharmen sowie nahezu verschleißfreien Betrieb aus. Dadurch sind die Wartungs- und Instandhaltungskosten sehr gering.

Die Gasbrennwertherme ist seit März 2012 außer Betrieb und wird nur im Falle einer Störung des WhisperGen wieder in Betrieb genommen. Wir gehen davon aus, dass selbst bei Außentemperaturen von unter -15 °C die thermische Leistung des Stirlingmotors inkl. Hilfsbrenner (zusätzlich Schwedenöfen in den einzelnen Wohnungen) für den Wärmebedarf ausreicht.

2. Motivation für das Innovationsvorhaben

Wärme und Strom im Haus umweltschonend selbst erzeugen

Die effiziente Nutzung der vorhandenen Energieträger, die Einführung neuer umweltschonender und energiesparender Technologien sowie neue Formen der Energieerzeugung und Energieverteilung werden aufgrund des steigenden Energiebedarfs, knapper werdender Ressourcen und aus Gründen des Klimaschutzes immer wichtiger.

Eine Option für höhere Energieeffizienz – und schon heute im Mehrfamilienhaus wirtschaftlich realisierbar – ist die dezentrale Stromerzeugung mit Geräten, die nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung arbeiten. Diese als Strom erzeugende Heizung bezeichneten Geräte übernehmen neben der Stromproduktion auch die Heizfunktion und Erwärmung von Warmwasser. Dadurch erreichen sie eine höhere Energieausnutzung als bei der getrennten Erzeugung von Strom und Wärme. Zusätzlich zu bereits verfügbaren Systemen stehen nun Geräte kleinerer Leistung auf dem Markt zur Verfügung, die in den Punkten Zuverlässigkeit, Wirtschaftlichkeit und Einsetzbarkeit die Anforderungen und Erwartungen – laut Hersteller – erfüllen sollen, die an den Einsatz in Mehrfamilienhäusern geknüpft sind. Mit umweltschonendem Erdgas als Energieträger kann diese Zukunftstechnologie erschlossen werden.

Laut Angabe des Herstellers bzw. Lieferanten des WhisperGen soll die nutzbare Energie für den Endverbraucher bei rund 90% liegen. Im Vergleich dazu liegt der Nutzungsgrad bei Versorgung durch das öffentliche Kraftwerk für den Endverbraucher nur bei rund 40%.

Eine heute übliche Brennwertheizung setzt die Primärenergie nahezu vollständig in Wärme um. Strom kauft der Hausbesitzer dagegen aus dem öffentlichen Netz. Bei der zentralen Stromerzeugung in Kraftwerken, ohne weitere Nutzung der dabei entstehenden Wärme und aufgrund des Transports, treten Verluste bis zu 2/3 der eingesetzten Ausgangsenergie auf.

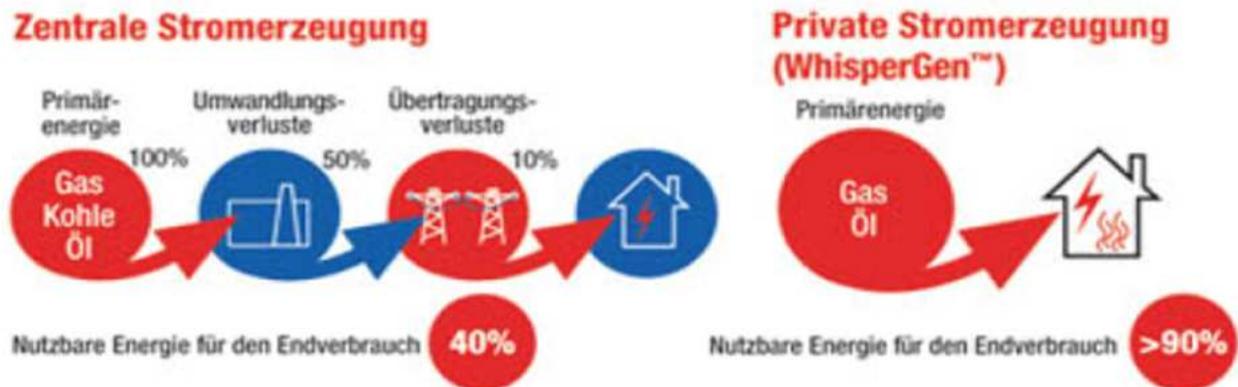


Abb. 1 Vergleich zentrale und dezentrale Stromerzeugung (Quelle Broschüre AEM)

Wenn die Stromerzeugung soweit wie möglich vor Ort stattfindet, erzielt man eine wesentlich bessere Energieausnutzung. Die Strom erzeugende Heizung kann bis zu 60% der Wärme und bis zu 30% des Strombedarfs im 3-Familien-Wohnhaus abdecken. Durch die „Eigenproduktion“ des Stroms lassen sich der Strombezug aus dem öffentlichen Netz deutlich reduzieren und damit in nicht unerheblichem Maße Stromkosten einsparen. Zusätzlich werden in der Gesamtbilanz durch die Strom erzeugende Heizung bei gleichem Energieverbrauch im Haus bis zu 40% weniger CO₂ an die Atmosphäre abgegeben.

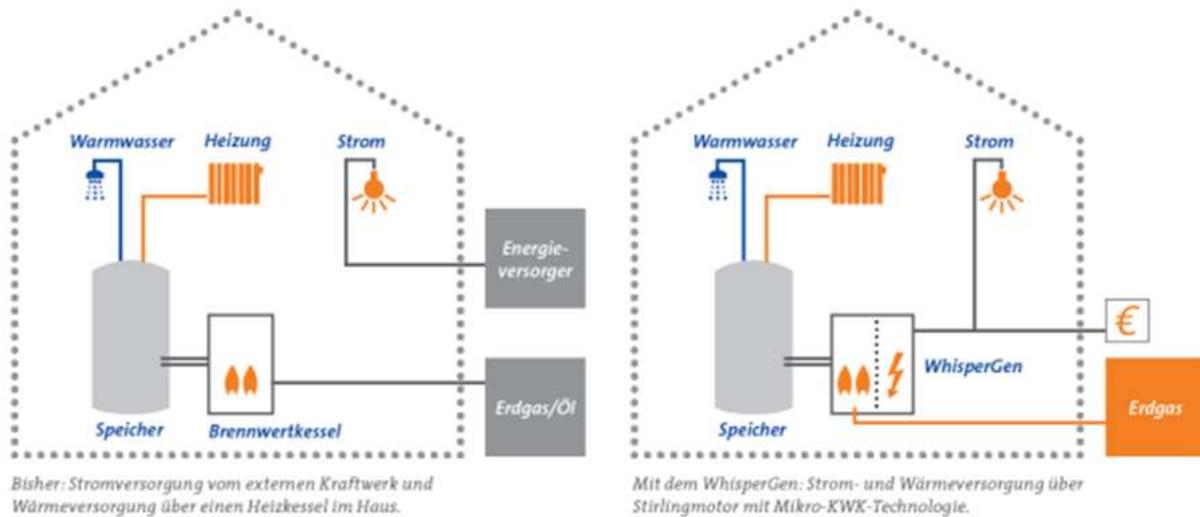


Abb. 2 Vergleich zentrale und dezentrale Stromerzeugung (Quelle Mikro-KWK-Broschüre badenova)

Entwickelt wurden derartige Geräte auf Basis verschiedener Prinzipien, d.h. interner bzw. externer Verbrennungsmotoren. Ein wesentlicher Unterschied des Stirlingmotors zum Otto- oder Dieselmotor ist die externe Verbrennung. Bei Otto- oder Dieselmotoren findet die Verbrennung explosionsartig im Kolbenraum statt, was eine Kontrolle hinsichtlich optimaler Verbrennung erschwert. Da die kontinuierliche Verbrennung in der Brennkammer des Stirlingmotors wesentlich sauberer realisiert werden kann als dies bei herkömmlichen Verbrennungsmotoren möglich ist, liegen die Schadstoffemissionen deutlich unter denen vergleichbarer konventioneller KWK-Anlagen.

3. Das Bauvorhaben und dessen Umsetzung

3.1. Objekt- und Bauherrenbeschreibung

Im Jahr 2008 erwarb die private Baugruppe (Fam. Weiler, Architekt Erne und Fam. Wirth) im Neubaugebiet Hornbühlstraße in Freiburg-Ebnet das Flurstück LGB Nr. 901, um dort ein 3-Familienhaus in KfW 60 Bauweise zu errichten. Es entstanden drei Wohneinheiten mit je ≈ 130 qm Wohnfläche. Jede Wohnung hat 5 Zimmer sowie eine großzügige Terrasse bzw. Balkone mit Südausrichtung. Im Untergeschoss befinden sich die Kellerräume für die einzelnen Stockwerke, ein Wasch-/Trockenraum, ein Fahrradabstellraum und ein Technikraum.

Das Gebäude wurde in Massivbauweise ausgeführt. Die Bauherren treten als Bauherrengemeinschaft (Baugruppe) auf. Die Bauausführung erfolgte nach der Landesbauordnung Baden-Württemberg und den örtlichen Bauvorschriften. Weitere Grundlagen sind die Verdingungsordnung für Bauleistungen (VOB) und die damals gültige Energieeinsparverordnung.

Bauherren zu Baubeginn waren:

- Christoph Weiler, Dipl. Ing. Energietechnik und Simone Weiler
- Alfons Erne, freier Architekt, Architekturbüro Partnerschaft Erne ■ Vogel ■ Hug
- Fam. W.

Kurz nach Fertigstellung des Rohbaus, veräußerte Architekt Erne seinen Wohnungsanteil.

3.2. Projektbeschreibung

Das Wohngebäude sollte ursprünglich mit einer Elektrowärmepumpe mit Grundwasser als Wärmequelle ausgestattet werden. Da Elektrowärmepumpen jedoch mittlerweile sehr in die Kritik geraten waren (und sind), weil sie die vielerorts prognostizierten Ergebnisse (Jahresarbeitszahl bzw. Energieeffizienz) nicht erreichen (vgl. auch Abschlussbericht Innovationsfond Agenda Lahr), hat sich die Baugruppe für ein innovatives Energiekonzept entschieden, das sowohl ökologische Ziele (Reduzierung von CO₂) als auch ökonomische Ziele (Reduzierung der Energiekosten) verfolgt.

Bereits auf der ISH 2007 in Frankfurt stellte die **Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE)** die 5. Gerätegeneration des Stirlingmotors für den Einsatz in Mehrfamilienhäusern vor. Dort wurde die Baugruppe erstmals auf die „stromerzeugende Heizung aus Neuseeland“ aufmerksam. Die Entscheidung fiel für „das eigene private Kraftwerk“, welches neben Wärme für Heizzwecke, Warmwasserbereitung, zusätzlich auch Strom für die installierten elektrischen Verbraucher liefert.

Bei der ASUE Fachtagung „Wärme und Strom im Haus umweltschonend selbst erzeugen“ am 28.9.2007 in Augsburg wurde von der MVV Energie der Praxistest „Heiz dir deinen Strom“ vorgestellt. Insgesamt wurden 20 WhisperGen Anlagen in Wohngebäuden seit Oktober 2006 betrieben und messtechnisch ausgewertet. Die damaligen Erfahrungen wurden wie folgt dargestellt:

- Der WhisperGen liefert die erwarteten Leistungsdaten.
- Die Technologie ist „alltagstauglich“.
- Die Eigennutzung des erzeugten Stroms beeinflusst maßgeblich die Energiekosten.
- Die Anzahl an getesteten Geräten wird auf 40 ausgeweitet.

Ein öffentlicher Bericht lag nicht vor. Im Versorgungsgebiet der badenova gab es zu diesem Zeitpunkt noch keinen WhisperGen im Einsatz. Der Baugruppe war nur der Einsatz von Stirlingmotoren des Fabrikates Solo beim Sportclub Freiburg und in einer Schwarzwald-gemeinde bekannt.

Der Stirlingmotor zeigte im Feldtest nachhaltig gute Ergebnisse. Es war somit zu erwarten, dass sich diese 5. Generation am Energiemarkt durchsetzen würde. Daraus ergibt sich eine Vielzahl von weiteren Anwendungsmöglichkeiten. Gerade im Hinblick auf die „zukünftige regionale Biomethan-Erzeugung“ lässt sich der Stirlingmotor zukünftig auch 100% regenerativ bzw. als EEG-Anlage betreiben.

Aufgrund der geringen Grundlast im Sommer und des immer geringer werdenden Heizwärmebedarfs der Niedrig- und Passivenergiehäuser im Winter sind gerade KWK-Anlagen kleinerer Leistungen in Zukunft interessant. Der Stirlingmotor bietet durch die Möglichkeit, Anlagen in Kaskade zu schalten, sehr gute Einsatzmöglichkeiten.

Im 3-Familienhaus sollte ein einfaches Datenerfassungssystem eingebaut werden, welches die wesentlichen Energie- und Betriebsdaten automatisch erfasst, darstellt und archiviert. Neben Erdgaseinsatz, Wärme- und Stromerzeugung wurde daran gedacht, auch die Betriebsstunden, die Starts und verschiedene Temperaturen aufzuzeichnen. Ziel war es, die Informationen (Betriebserfahrungen, sonstige Erkenntnisse, etc.) sowie Energiedaten (aktuelle Betriebsdaten, Auswertungen von Verbrauchsdaten, Nutzungsgrad, Vollbenutzungsstunden) über das Internet durch Einwahl über Modem abzurufen. Durch die Zusammenarbeit von Bauherren, Architekt, Energiedienstleister mit dem ausführenden Handwerksunternehmen sollten die Erfahrungen und Ergebnisse über Veröffentlichungen, Führungen etc. in der Region durch die unterschiedlichen Berufsgruppen breit gestreut werden.

3.3. Die wesentlichen Meilensteine des Bauprojektes

- Jan. 2008 Spatenstich für die Bauausführung des KFW 60 Gebäudes in 79117 Ebnet, Zartener Straße 6.
- Feb. 2008 Feinplanung der Hydraulik für das Energiesystem mit BHKW, Solarthermischer Anlage und drei Schwedenöfen.
- Mär. 2008 Vergabe des Gewerks Heizungstechnik an Fa. Mößner, Sitz in Titisee-Neustadt.
- Jun. – Okt. 2008 Einbau der Heizungstechnik: Brennwerttherme, Solarthermische Anlage und Schwedenöfen unter Berücksichtigung der hydraulischen Einbindung des Stirlingmotors. Das „Speichersystem“ wurde bereits mit Anschlüssen für den WhisperGen ausgeführt und im Aug. 2008 in Betrieb genommen. Auch die Abgasanlage, die Verrohrung sowie die Energiezähler zur Einbindung des WhisperGen wurden bereits 2008 eingebaut. Ferner wurde für das Monitoring des WhisperGen und der Energiezähler ein Datenkabel vom Heizraum bis ins Dachgeschoss (Zentralrechner) verlegt.
- Okt. 2008 Einzug der Wohnungseigentümer
Laut Fa. Bjorn Lorch sollte der WhisperGen frühestens im Jan 2009 ab Werk aus Spanien nach Deutschland ausgeliefert werden.
- Apr. 2009 Laut Fa. Bjorn Lorch sollte der WhisperGen nun frühestens Ende Juli ab Werk aus Spanien über den Vertrieb Süddeutschland durch Sanevo nach Deutschland ausgeliefert werden.
Grund der Verzögerung: CE-Zertifizierung lag noch nicht vor (voraussichtlich Ende Mai).
- Okt. 2009 Die Auslieferung des WhisperGen wurde (Angabe Ende Sep 2009) auf Ende 2009 ab Werk aus Spanien über den Vertrieb Süddeutschland durch Sanevo verschoben. Die neueste Generation wurde vorgestellt, dabei wurden noch einige Schwachstellen (Verkabelung, Regelung, etc.) aufgedeckt, die überarbeitet werden mussten.
- Apr. 2010 Nach vielen Telefonaten mit Sanevo sollte der WhisperGen endgültig im Juni 2010 geliefert werden. Laut Sanevo gab es Verzögerungen in der Produktion der neuesten Generation. Weitere Schwachstellen am Generator, an der Verkabelung und Regelung wurden aufgedeckt und überarbeitet.
- Apr. 2011 WhisperGen wird seit Ende 2009 im Werk in Spanien gebaut, aber noch nicht ausgeliefert. Nach Rücksprache mit Sanevo soll der WhisperGen nun im Sep. 2011 geliefert werden.
Grund der Verzögerung: Eine neue „Web-basierte“ MSR-Technik sollte ab September 2011 verfügbar sein.
- Okt. 2011 Montagebeginn des WhisperGen (25.10.2011)
- Nov. 2011 Inbetriebnahme des WhisperGen (04.11.2011)
Nach Inbetriebnahme starkes Takten des WhisperGen ⇒ die „Werkseinstellungen“ am WhisperGen wurden auf die speziellen Bedingungen der vorhandenen Systemtechnik angepasst

- Mai 2012 Die Datenauswertung und die Betriebserfahrung der ersten Heizperiode lagen vor. Durch Optimierungsmaßnahmen an der Regelung und Hydraulik konnte die mittlere Laufzeit pro Start von anfänglich (Nov. 2011) 1,3 h/Start auf 4,9 h/Start gesteigert werden. Gleichzeitig konnte die Laufzeit des Hilfsbrenners von 19 Starts/Tag im Nov. 2011 auf einen Start/Tag im Apr. 2012 reduziert werden.
- Nov. 2012 Ein Jahr Betriebserfahrung.

Abb. 3 Übersicht wesentliche Meilensteine des Bauprojektes

3.4. Ausführungen über den Innovationscharakter

Diese neue Geräteart war im badenova Marktgebiet bislang noch nicht im Einsatz. Gerade im praktischen Einsatz in einem Mehrfamilienhaus könnte die Zukunft dieser innovativen Technologie liegen.

Auf den wesentlichen Unterschied des Stirlingmotors zum Otto- und Dieselmotor, die externe Verbrennung, wurde bereits hingewiesen. Durch die im Gegensatz zu Otto- und Dieselmotoren geschlossenen Arbeitsräume und die Wärmezufuhr von außen sind Stirlingmotoren unabhängig von der Art der Wärmequelle. Es können fossile Energieträger und künftig auch regenerative Energieträger wie Biomethan oder Holzpellets eingesetzt werden.

3.5. Notwendigkeit eines Zuschusses aus dem Innovationsfonds

Durch den Einsatz eines Stirlingmotors mit der gesamten hydraulischen und elektrischen Einbindung entstehen erhebliche Investitionskosten, die allein durch die kostengünstigere Wärme- und Stromproduktion Vorort nicht refinanziert werden konnten.

Die Technik ist sehr neu und es gab so gut wie keine Erfahrungen bei der Planung, dem Bau und dem Betrieb solcher Anlagen. Dies bedeutete, dass am Anfang mit längeren Stillstandzeiten, einem erhöhten Betriebsaufwand und nachträglichen Umbauten an der Anlage zu rechnen war.

Da der Aufwand für die Wartung und Instandhaltung noch nicht abschätzbar waren (der Hersteller/Lieferant des WhisperGen sowie die Handwerksbetriebe boten keinen Vollwartungsvertrag an), lagen keine kalkulierbaren Kosten vor. Zudem war davon auszugehen, dass die Wartung in den Anfangsjahren über dem üblichen Preisniveau am Markt liegen würde. Zusätzlicher Aufwand entstand für die Messwerterfassung und für das Monitoring zur Darstellung der Mess- und Betriebsergebnisse.

3.6. Umfang der durch das Projekt eventuell ausgelösten Folgeinvestitionen

Der erstmalige Einsatz der mit Erdgas betriebenen Stirlingmotoren (Fabrikat Solo) beim Sportclub Freiburg vor wenigen Jahren hat in der regionalen Presse für großes Interesse gesorgt. Weitere Stirlingmotoren des gleichen Fabrikats wurden seither bereits in Betrieb genommen. Der Einsatz eines Stirlingmotors in einem Mehrfamilienhaus lässt sich auf andere ähnliche Projekte übertragen (Vielzahl von Wohnobjekten dieser Größenordnung in der Region).

Durch das hier vorliegende positive Ergebnis des Projekts ergeben sich mittel- bis langfristig neue Aufgabenfelder für das regionale Handwerk und, durch die Weiterentwicklung, auch verbesserte Absatzchancen für den Hersteller WhisperGen.

4. Die Heizungstechnik im 3-Familienhaus

Kurz nach Beginn der Rohbauarbeiten wurde das heizungstechnische Gewerk ausgeschrieben. Berücksichtigt wurden hierbei bereits bautechnische und heizungstechnische Vorinstallationen, um den WhisperGen zu einem späteren Zeitpunkt ohne größere Umbaumaßnahmen nachrüsten zu können. Das komplette Abgassystem vom Heizraum bis über das Satteldach (Wanddurchführung und Dachdurchführung) wurden bereits 2008 ausgeführt. Zudem wurde ein Verbindungskabel von der Heizzentrale bis ins Dachgeschoss verlegt und ein Telefonanschluss in der Heizzentrale installiert. Ein Gasunterzähler wurde in die Erdgasleitung eingebaut und das Stromzählerkonzept sah bereits die Einbindung des WhisperGen vor. Ferner wurde ein speziell geeignetes Puffersystem gewählt, welches für den Anschluss von bis zu drei Wärmeerzeugern ausgelegt war.

Systemaufbau (Pufferspeicher, MSR-Technik, Überwachung), Einbindung WhisperGen in Wärmesystem

In Abb. 4 ist die heizungstechnische Installation von 2008 schematisch abgebildet. Neben der Gasbrennwerttherme speist die solarthermische Anlage in das Puffersystem ein. Von Beginn der Baubeheizung bis November 2011 wurde das Gebäude entsprechend dieser Anlagenkonfiguration wärmetechnisch versorgt.

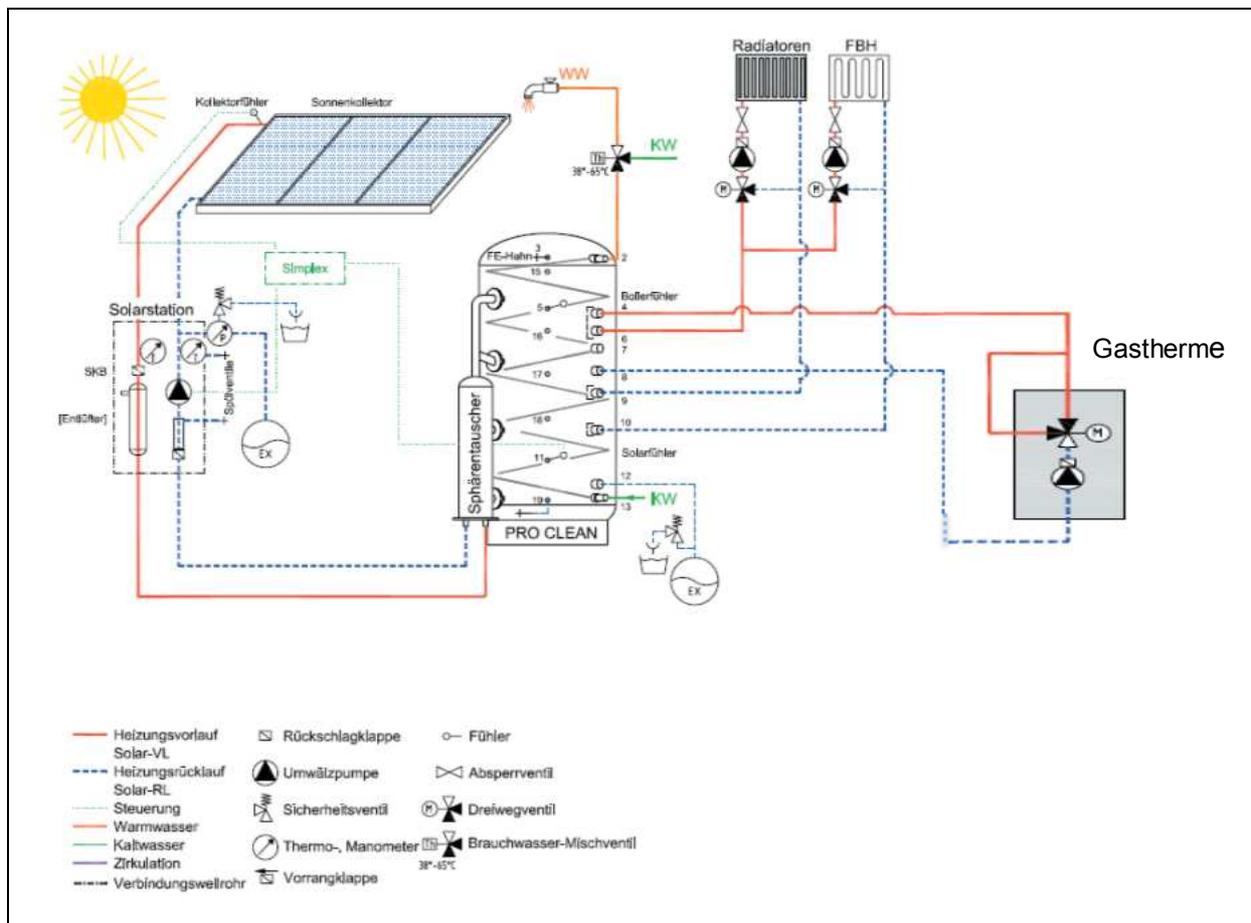


Abb. 4 Schematische Darstellung des Systems von 2008 bis 04 Nov. 2011

Im Nov. 2011 wurde die Systemtechnik erweitert. Der WhisperGen wurde an die vorgesehenen heizungstechnischen Stutzen hydraulisch und abgasseitig angeschlossen. Auch die erdgas- und stromseitige Anbindung war mit geringem finanziellem und (bau-)technischem Aufwand umzusetzen.

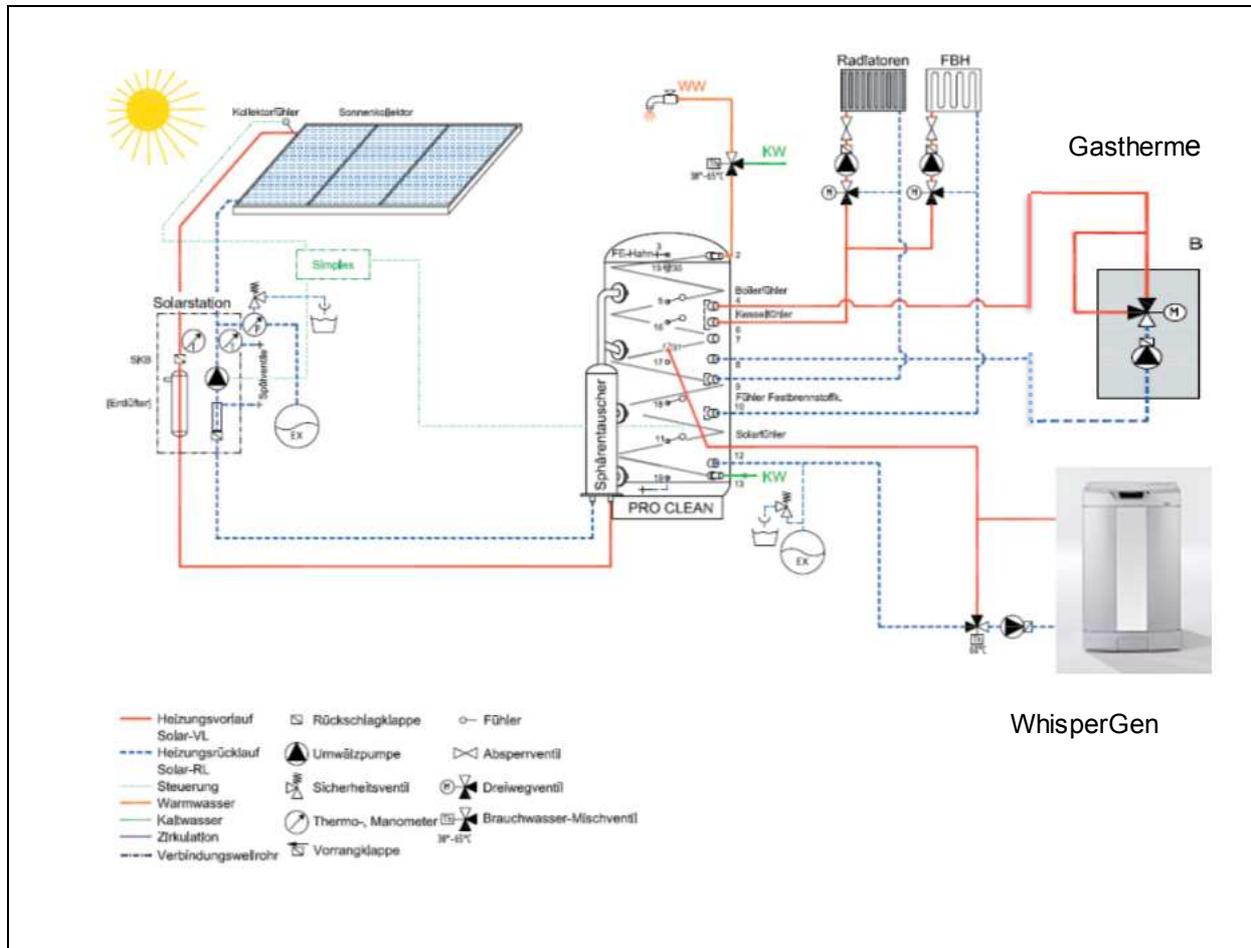


Abb. 5 Schematische Darstellung des Systems von 2008 bis Nov 2011

Abb. 5 zeigt die Einbindung des WhisperGen in das heizungstechnische Gesamtsystem. Bei der hydraulischen Einbindung wurden vielfältige Einflussgrößen berücksichtigt. Dabei wurden die technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an Strom erzeugende Heizungen beachtet, insbesondere die wärme- und stromseitige Einbindung in das bestehende Verteilsystem.

- Um hohe Laufzeiten des Stirlingmotors zu erreichen, wird dieser primär zur Grundlast-Wärmeerzeugung eingesetzt. Zusätzlich (für Spitzenleistungen) sind im Wärmeverbund ein Hilfsbrenner (Brennwerttherme nur als Redundanz bei Störung des WhisperGen etc.) und in den einzelnen Wohnungen Schwedenöfen installiert. Der Stirlingmotor sollte rund 2/3 des Gesamtwärmebedarfs abdecken und es wurde erwartet, dass dieser ca. 2.000 bis 2.500 Betriebsstunden/Jahr erreicht. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf die Einstellung des Mess- und Regulationssystems gelegt.
- Die Vorlauftemperatur des Stirlingmotors, d.h. die Temperatur des Wassers beim Verlassen des Stirlingmotors, sollte möglichst hoch (80-90°C) sein, um durch daraus resultierende hohe Temperaturdifferenzen (Grädigkeit) eine gute Wärmeübertragung zu erreichen.

- Bei der Kombination mit anderen Wärmeerzeugern sollte der WhisperGen nicht in Serie vor z.B. einem Heizkessel installiert werden, sondern parallel dazu. Bei zu hohen Vorlauftemperaturen des Brennwertkessels könnte ansonsten der Brennwerteffekt nicht mehr genutzt werden.
- Die Rücklauftemperatur, d.h. die Temperatur des Wassers beim Eintritt in den Stirlingmotor, darf nicht über dem vom Hersteller angegebenen Maximalwert (i.d.R. 70°C) liegen, ansonsten ist mit einem häufigen Takten (Ein- und Ausschalten) des Stirlingmotors und mit Störungen zu rechnen.

Abb. 6 zeigt die Anschlussbelegung für den WhisperGen mit Pufferspeicher und Anschlussset mit Plattenwärmetauscher zur hydraulischen Trennung.

Bei einer eingesetzten Primärenergiemenge an Erdgas von 100% sollte lt. Angabe von Sanevo der thermische Nutzungsgrad bei 80% und der elektrische Nutzungsgrad bei 10% liegen. Nur rund 10% der Primärenergie werden dann noch über die Abgasführung (und Abstrahlungsverluste) an die Umgebung abgegeben.

Der Stirlingmotor wird wärmegeführt betrieben und der dabei produzierte elektrische Strom wird entweder selbst genutzt oder in das elektrische Netz der badenovaNetz GmbH eingespeist. Dieses Tochterunternehmen ist in Freiburg-Ebnet der Verteilnetzbetreiber (VNB).

Die Gasbrennwertherme ist seit März 2012 außer Betrieb und wird nur im Falle einer Störung des WhisperGen wieder in Betrieb genommen. Wir gehen davon aus, dass selbst bei Außentemperaturen von unter -15 °C die thermische Leistung des Stirlingmotors inkl. Hilfsbrenner (zusätzlich Schwedenöfen in den einzelnen Wohnungen) für den Wärmebedarf ausreicht.

Anschlußbelegung für WhisperGen mit Pufferspeicher und Anschlußset mit Plattenwärmetauscher zur hydraulischen Trennung

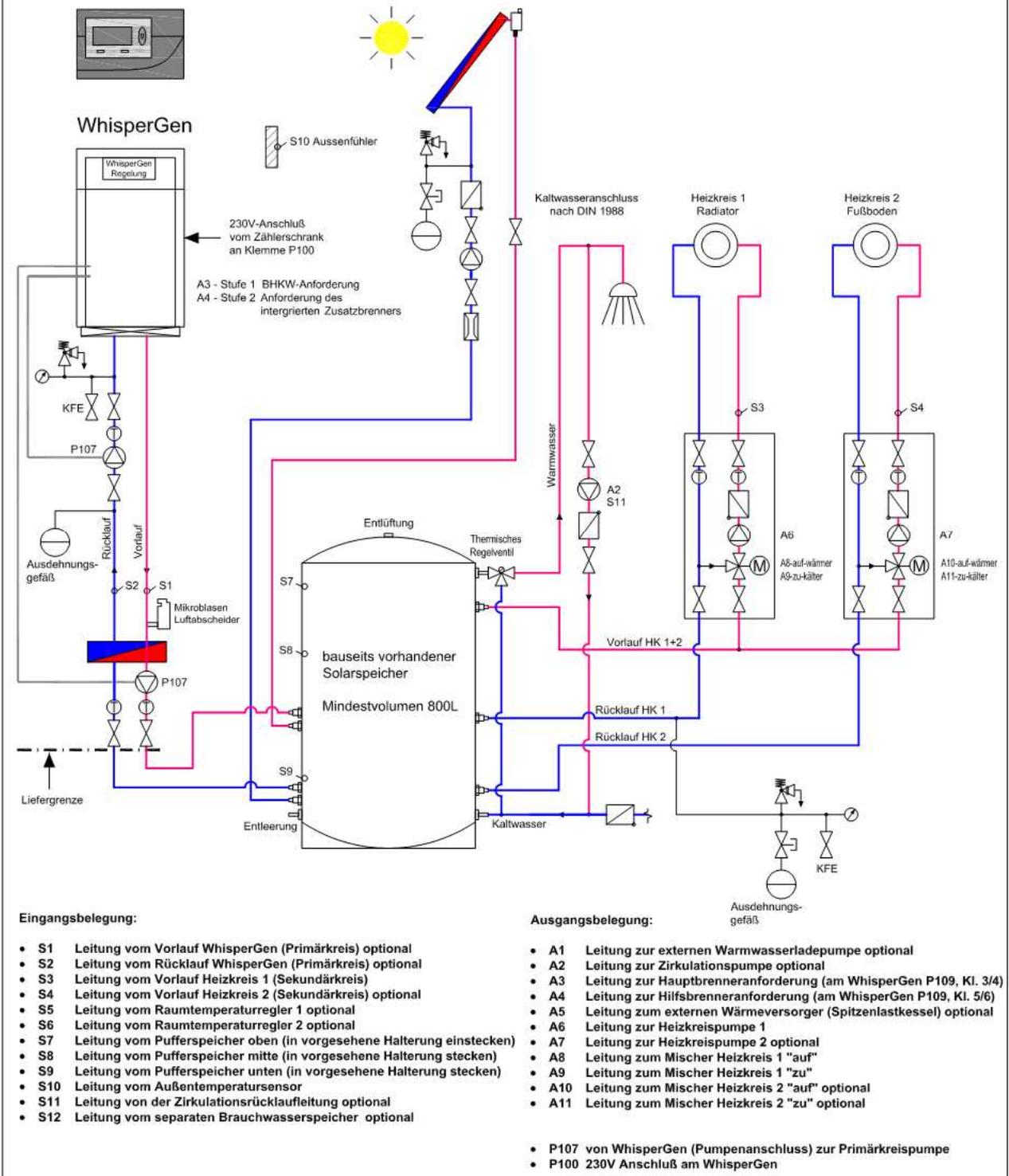


Abb. 6 Anschlussbelegung für den WhisperGen mit Pufferspeicher und Anschlusset mit Plattenwärmetauscher zur hydraulischen Trennung

In Abb. 7 sind alle im Wohngebäude installierten Wärmeerzeuger tabellarisch mit deren thermischer Leistung, Beschreibung des Fabrikates und Gerätetyps aufgeführt. Bei der Planung im Jahr 2008 gingen wir von einem Anteil am Gesamtwärmebedarf durch den WhisperGen von 2/3 aus. Tatsächlich erzielten wir im ersten Betriebsjahr rund 69%. Der Deckungsanteil am Wärmebedarf durch die Solarthermische Anlage lag dabei etwas unter unserer Prognose.

Gerät	Leistung [kW _{th}]	Fabrikat	Typ	Anteil am Wärmebedarf	
				[%] Auslegung	[%] 1.Betriebsjahr
Gastherme	4 ...20	Buderus	Logatherm	4	5
Solarthermische Anlage	0 ...11	Tisun	FA 3/2	18	15
Schwedenofen	3 ...08	Scan	Scan 50	12	12
Stirlingmotor	7 ...12	WhisperGen	EU1-DE	66	69

Abb. 7 Übersicht der installierten Wärmeerzeuger

Seit März 2012 ist die Gasbrennwerttherme außer Betrieb. Wir gehen davon aus, dass im 2. Betriebsjahr der Anteil am Gesamtwärmebedarf durch den WhisperGen bei über 70% liegen wird.

5. Gasbrennwerttherme

Nach Errichtung des Rohbaus wurde zunächst eine Gasbrennwerttherme des Fabrikats Buderus Typ Logamaxplus GB 172-20 eingebaut. Die wesentlichen Informationen und technischen Daten sind im Folgenden aufgeführt:

- wandhängendes Gas-Brennwertgerät mit einer Leistungsgröße von 20 kW als Single-Gerät
- Boosterfunktion für hohen Warmwasserkomfort, moderner robuster Aluguss-Wärmetauscher für hohen Wirkungsgrad. Stromeinsparung durch Einsatz von Hocheffizienzpumpen der Energieklasse A
- höchst wirtschaftlich mit einem Normnutzungsgrad von 109% (98,2 bezogen auf Hs)
- einfach montierbar
- abgestimmte Systemkomponenten
- optimale Servicefähigkeit, da alle Bauteile von vorn erreichbar
- geräuscharm, 36 dB(A) bei raumluftunabhängigem Betrieb
- kompakte Abmessungen
- Gerät ist zugelassen für Mehrfachbelegung im Überdruckbetrieb



Kesselgröße	GB172-20
Leistung (kW)	4,3-20,6
Leistung (kW) bei Warmwasserbetrieb	23,8
Heizwassertemperatur (°C)	bis 82
Warmwassertemperatur (°C)	-
elektrische Leistungsaufnahme (W) Volllast/Teillast	67/21
Normnutzungsgrad bei 40/30°C (%) Hs/Hi	98,2/109
Normnutzungsgrad bei 75/60°C (%) Hs/Hi	93,7/104
Höhe (mm)	840
Breite (mm)	440
Tiefe (mm)	350
Gewicht (kg)	43

Abb. 8 Technische Daten Gasbrennwerttherme

6. Solarthermische Anlage

Auf dem Gebäude wurde ein Großflächen- Aufbaukollektor montiert:

- Fabrikat Tisun
- Typ FA 3/2 Anzahl 2 Stück
- Solarfläche 12,20 m², Aperturfläche 11,04 m², Absorberfläche 11,32 m²

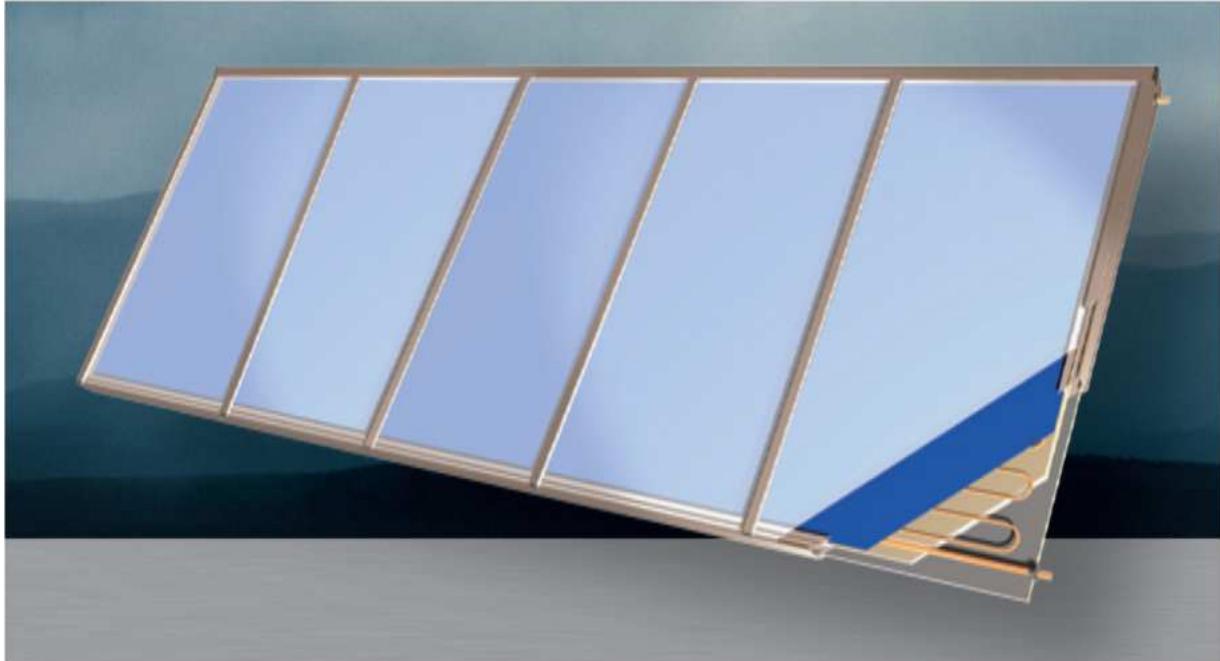


Abb. 9 Großflächen-Aufbaukollektor

Entwickelt wurde der Solarkollektor in Tirol und ist seit 16 Jahren auf dem Markt. Die hohen Wirkungsgrade der jüngsten Kollektorgeneration machen die Sonnenenergie wirtschaftlicher denn je. Besonders hervorzuheben sind folgende Punkte:

- hoher Wirkungsgrad
- PVD-Beschichtung, Laserschweißung, Mäandersystem, Absorption 95%, Emission 5%
- lange Lebensdauer (ca. 25 Jahre) durch robuste, temperatur- und witterungsbeständige Bauweise
- geringe Wärmeverluste, hohe Isolierungswerte
- einfache und schnelle Montage

Am Gebäude wurde eine Aufdachmontage gewählt. Der Aufdachkollektor FA eignet sich u.a. für die Aufdach-Montage auf geneigten Dächern. Er wurde als Großflächenkollektor an einem Stück mit einem Vor- und Rücklauf-Anschluss angeliefert und installiert. Die Montage erfolgte schnell und witterungsunabhängig vom Montageteam des Herstellers.

Die südliche Ausrichtung des Aufsteldaches ist nahezu optimal, dadurch lässt sich die größtmögliche Wertschöpfung der Anlage erzielen. Auch die Umweltbilanz dieses Kollektortyps war für die Entscheidung ausschlaggebend.

Energiebilanz

In Abb. 10 ist zu erkennen, dass der Energiebedarf zur Herstellung des Kollektors bei rund 878 kWh (ca. 80 Liter Heizöl) liegt. Der Wärmeertrag im ersten Betriebsjahr lag bei 3.639 kWh, d.h. somit wurde die Energierücklaufzeit (entspricht die zu seiner Herstellung benötigte Energie) schon nach rund drei Monaten erzielt.

Umweltbilanz für den EURO-SOL FI 2/3

Material	Menge	Energiebedarf
Holz	83,7 l	142 kWh
Glas	58,0 kg	157 kWh
Glas sekurisieren	5,8 m ²	32 kWh
Steinwolle	11,2 kg	37 kWh
Alu	14,6 kg	380 kWh
EPDM	2,6 kg	21 kWh
Kupfer	6,4 kg	99 kWh
Beschichtung	5,7 m ²	6 kWh
Kleinteile (Schrauben,...)	1,0 kg	5 kWh
Summe		878 kWh

Abb. 10 Energieaufwand Herstellung Tisun-Kollektor FI 2/3

Kollektorfläche	Spez. Energieertrag
4 m ²	533 kWh/m ² a
5 m ²	485 kWh/m ² a
6 m ²	442 kWh/m ² a

Abb. 11 Ertragsvorhersage durch das ITW 70550 Stuttgart, TZS Pfaffenwaldring 6

Kollektorfläche	Jahres-Energieertrag	Spez. Energieertrag
11 m ²	3.639 kWh/a	330 kWh/m ² a

Abb. 12 gemessener Wärmeertrag

Der gemessene spezifische Energieertrag liegt rund 25% unter dem am Institut ITW in Stuttgart vorhergesagten Wert. Gründe hierfür können sein:

- Wärmemengenzähler ist in der Heizzentrale installiert (ca. 30 m Distanz → Wärmeverluste im Netz)
- Der installierte Wärmemengenzähler erfasst nicht die kleinen Wärmemengen/Wärmeleistungen, da diese außerhalb des Messbereiches liegen.
- Die Ausrichtung der Kollektoren ist nicht optimal (keine 100%ige Südausrichtung und optimale Dachneigung)

CO₂-Einsparung

Lt. Tisun können pro Jahr mit 6 m² Kollektorfläche ca. 850 kg CO₂ eingespart werden. Bei einer Lebensdauer von 20 Jahren werden ca. 17 Tonnen CO₂ weniger in die Atmosphäre geblasen.

Systemaufbau Trinkwarmwasseranlage und Heizungsunterstützung

- Die Sonne erwärmt den Absorber (Alublech mit Rohrleitungen) im Kollektor. Das Kollektorgehäuse vermindert die Wärmeverluste. Die Wärme wird an die im Absorber befindliche Solarflüssigkeit weitergegeben und in den Wärmetauscher gepumpt. Der Wärmetauscher überträgt die Wärme in den Pufferspeicher.
- Die Solarflüssigkeit ist ein Glykol-Wasser-Gemisch, ähnlich wie im Kühlkreislauf eines PKWs. Dadurch ist das Medium bis zu einer Temperatur von -26°C flüssig. Bei noch tieferen Temperaturen verhindert der Frostschutz das Bersten der Rohre. Die Solarflüssigkeit wird sulzig und gefriert nicht.

- Der Wärmetauscher ist im unteren Teil des Speichers angebracht, weil hier das Wasser am kältesten ist und somit die größte Wärmemenge in das Trinkwasser abgegeben werden kann (hoher Wirkungsgrad).
- Der Regler misst die Temperaturdifferenz zwischen Kollektor und Speicher und regelt die Solarpumpe, welche die Solarflüssigkeit umwälzt. Bei unzureichender Sonneneinstrahlung erfolgt die Nachheizung durch den WhisperGen bzw. bis Nov. 2011 die Gasbrennwerttherme über den oberen Wärmetauscher.
- Die Heizung wird mit Hilfe einer Solarthermische Anlage ergänzt aber nicht ersetzt.
- Die Hauptnutzungszeit der Heizungsunterstützung liegt in der Übergangszeit, in der die Solarthermische Anlage nahezu vollständig den Heizbetrieb übernehmen kann. Anlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung werden als Kombianlagen bezeichnet.
- Kombianlagen können 20% bis 50% des jährlichen Energiebedarfs (Warmwasser und Heizung) liefern. Etwa 2/3 Drittel des Energiebedarfs im Gebäude wird „verheizt“.

7. Der intelligente Wärmespeicher und clevere Sphärentauscher



Solarthermische Anlagen mit solarer Heizungsunterstützung erhöhen den Energiegewinn. Lt. Hersteller kann der Pro-Clean-Schichtspeicher in Kombination mit einer Solarthermische Anlage im Jahresschnitt ca. 70% bis 90% der Energiekosten für die Warmwasserbereitung und ca. 20% bis 40% der Energiekosten für die Heizung einsparen.

Heizung und Warmwasser erfordern den größten Teil des Energieaufwandes eines Hauses. Im Winter kommt keine Solarthermische Anlage ohne Zusatzheizung aus. Während der Übergangszeit im Herbst und im Frühling sinkt der Heizbedarf, da die höher stehende Sonne mehr Kraft hat. So kann die Solarenergie durch größere Kollektorflächen und den Pro-Clean-Schichtspeicher mit Sphärentauscher besser genutzt werden. Der Pro-Clean fördert die solare Heizungsunterstützung durch seine intelligente Technik sehr einfach und effizient. Er puffert überschüssige Solarwärme für Heizung und Warmwasser sinnvoll für sonnenärmere Tage.

Abb. 13a Schnitt durch Speicher (Quelle Tisun)

- optimale Solarenergienutzung für Warmwasser und Heizung
- einfaches Funktionskonzept ohne aufwändige Technik (Naturprinzip) → lange Lebensdauer
- verbesserte Wirtschaftlichkeit für jedes Heizungssystem (Solar, Biomasse)
- keimfreie Frischwassererwärmung durch spezielles Edelstahlwellrohr
- platzsparende Bauweise mit minimalem Wärmeverlust (Melaminharz-Isolierung)

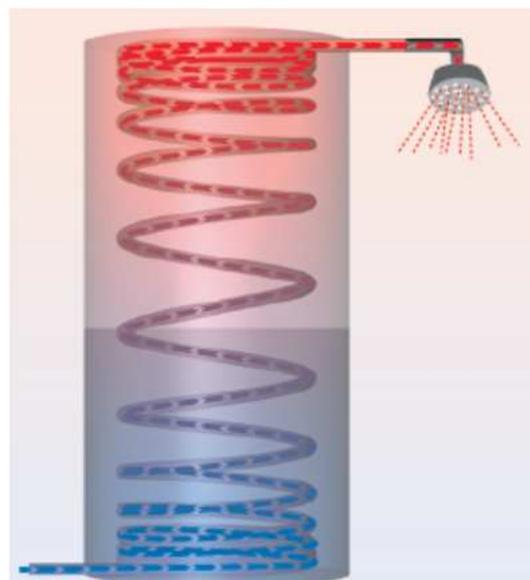


Abb. 13b Schnitt durch Speicher (Quelle Tisun)

- hohe Warmwasserleitung
Durch das Wellenprofil der Rohrwand entstehen starke Wirbel beim Wasserdurchfluss und eine große Tauscheroberfläche. Die Warmwasserleistung wird um ein Vielfaches erhöht.
- keimfreie Erwärmung (legionellenfrei)
Keimbildung wird wirkungsvoll verhindert: Durch das geringe Gesamtvolumen des Warmwasserinhalts und dem häufigen Wasseraustausch können keine Bakterien (Legionellen) entstehen. Eine Legionellen-Nachheizung ist daher nicht erforderlich und die Solarthermische Anlage kann mehr Energie zur Warmwasserbereitung liefern. Im Gegensatz zu herkömmlichen Boilern mit großen Brauchwasserinhalten liefert das Pro-Clean-System nur frisches und gesundes (hygienisches) Wasser in die Wasserhähne.
- lange Lebensdauer (Edelstahl)
Im Inneren des Speichers sorgt das spezielle Edelstahl-Wellrohr für die Warmwasserversorgung des Haushalts. Korrosionen, wie bei herkömmlichen Boilern ist durch das Material Edelstahl ausgeschlossen.
- keine Verkalkungsgefahr
Die spezielle Form sowie die Länge des Wellrohres beugen Verkalkungen vor.
- wartungsfreier Speicherbetrieb
Das Edelstahl-Wellrohr verlängert die Lebensdauer des Speichers. Ein Anodenservice ist nicht notwendig, somit ist ein wartungsfreier Betrieb gegeben.

Die Pro-Clean Schichtladung

Warmes Wasser hat die Eigenschaft, nach oben zu steigen, während kaltes Wasser absinkt. Dieses physikalische Prinzip nutzt der Pro-Clean-Sphärentauscher, um im Speicher schichtweise unterschiedlich heißes Wasser zu erzeugen und so je nach Verbraucher in der richtigen Schichtebene die optimale Wassertemperatur zur Verfügung zu stellen. Mit der Pro-Clean Schichtladung wird der solare Energiegewinn viel früher genutzt als bei herkömmlichen Speichersystemen.

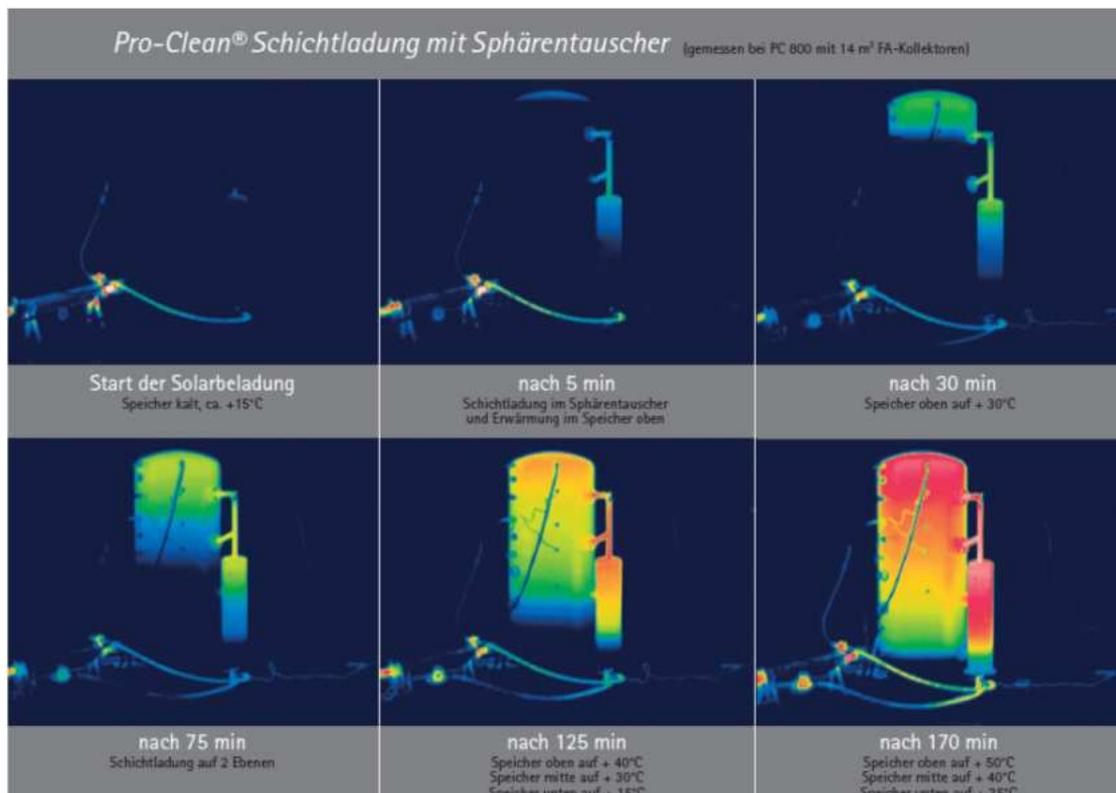


Abb. 14 Schichtladung des Tisun Speichers mit Spährentauscher (Quelle Tisun)

Empfehlungen für Anlagen zur Trinkwarmwasserbereitung

- Ziel der Planung ist eine solare Deckung des Trinkwarmwassers zwischen 60% und 70%.
- Ab einer Deckung von 60% kann der zusätzliche Wärmeerzeuger in den Sommermonaten ausgeschaltet werden. Zusätzliche Brennerstarts werden vermieden. Durch die Vermeidung energetisch ungünstiger Startvorgänge wird der Einsatz fossiler Brennstoffe eingespart und Emissionen werden reduziert.
- Pro Person im Haushalt werden 1 m² bis 1,5 m² Kollektorfläche veranschlagt.
- Pro Person im Haushalt werden 70 bis 100 Liter Speichervolumen veranschlagt.

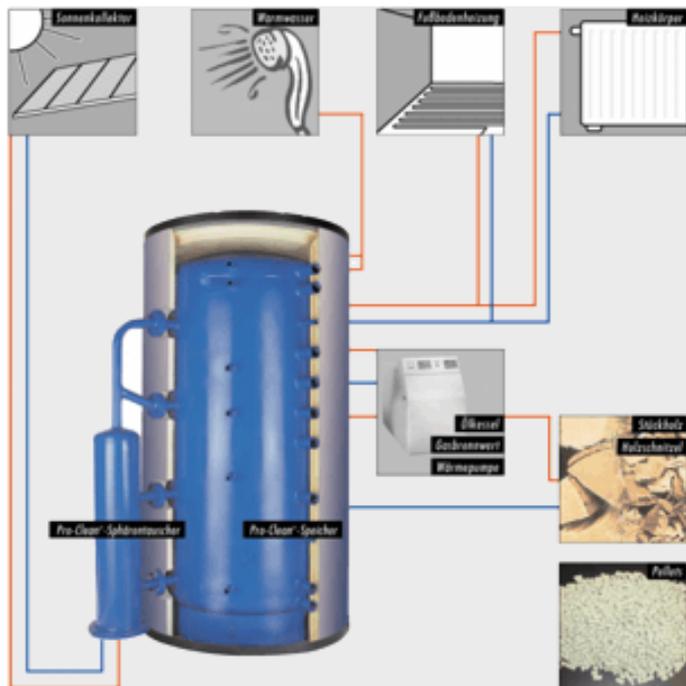


Abb. 15 Schichtenspeicher

Voraussetzungen für den sinnvollen Einsatz solarer Heizungssysteme sind:

- ein guter baulicher Wärmeschutz
- eine optimale Einstellung des Heizkreislaufs
- niedrige System-Temperaturen in der Heizung (nicht über 60°C)
- Kollektorneigung > 30°

8. Schvedenofen

In den einzelnen Wohnungen wurden Schvedenöfen der Firma Scan (Dänemark) der 50-Serie eingebaut. Sie sind teilweise mit einem Drehpodest ausgestattet, somit kann das Feuer aus verschiedenen Winkeln betrachtet werden.

- Die saubere Verbrennung schont die Umwelt.
- Praktischer Deckel für den Aschenkasten ist Standard.
- Deckplatte aus wärmespeicherndem Speckstein.
- Die Scan-Modelle dürfen weiterhin unbefristet, auch über das Jahr 2024 hinaus, ohne teure Feinstaubfilter betrieben werden.

Technische Daten (Quelle Fa. Scan)

- Prüfung: EN 13240, Münchener BStV, 15a B-VG, VKF
- Nennwärmeleistung: 6 kW
- Leistungsmodulation: 3-8 kW
- Wirkungsgrad: 79%
- Holzlänge: 33 cm
- Gewicht: 118 kg
- Rauchabgang: Ø 150 mm
- CO-Emission 0,10% 1209 mg/Nm³
- Abgasstutztemperatur: 290 °C
- Abstand zu brennbarem Material, Seite/Rückwand 400/200 mm



9. Stirlingmotor „WhisperGen“

9.1. Das Unternehmen

Das Unternehmen Whisper Tech ist aus einem Projekt Mitte der 90er Jahre an der University of Canterbury (Christchurch, Neuseeland) hervorgegangen. Dr. Don Clucas und Prof. John Raine präsentierten 1993 ihr Konzept eines kleinen, Stirlingmotor betriebenen Aggregats für die Strom- und Wärmeversorgung von Yachten. 1995 startete das neu gegründete Unternehmen Whisper Tech die ersten Feldtests mit 20 Gleichstrommotoren. Drei Jahre später wurden die ersten Gleichstrom-Stirlingmotoren in Europa vertrieben, die vorrangig auf Booten eingesetzt wurden.

9.2. Joint Venture

Um von seinem neuseeländischen Stammsitz aus den wichtigen europäischen Markt zu erschließen, ist Whisper Tech Limited ein Joint Venture mit der spanischen Mondragón Corporation Cooperativa (MCC) eingegangen.



Abb. 16 WhisperGen EU1-DE

Das Gemeinschaftsunternehmen „Efficient Home Energy S.L.“ (EHE) soll vom spanischen Baskenland aus die WhisperGen Mikro-BHKWs für den europäischen Markt (Großbritannien ausgeschlossen) entwickeln, produzieren und vertreiben. Whisper Tech, Tochterfirma der neuseeländischen Firma Meridian Energy Ltd hält 40% des Kapitals. Die Mondragón Gruppe besitzt durch ihre Komponentenabteilung, Fagor Electrodomésticos, Mondragón Inversiones und Mondragón, die übrigen 60%. EHE ist alleiniger Lizenznehmer und Hersteller des WhisperGen mCHP Systems. Die Produktionskapazität der spanischen Anlage ist auf 30.000 WhisperGen-Einheiten jährlich ausgelegt.



Abb. 17 WhisperGen Vorseriengerät „MK V“

9.3. WhisperGen-Generationen

Die ersten in Neuseeland hergestellten WhisperGen-Generationen trugen intern die Bezeichnungen "MK I" bis "MK III". Die "MK IV"-Generation wurde bereits in größeren Feldtests eingesetzt. Aktuell immer noch in diversen Feldtests (Deutschland, Holland, Großbritannien, Frankreich) im Einsatz ist die 5. Geräte-Generation mit der internen Bezeichnung "MK V". Das im 3-Familienhaus installierte Gerät trägt die Bezeichnung EU1-DE.

9.4. WhisperGen Feldversuche in Großbritannien

2001

Bereits 2001 wurde in Großbritannien ein Feldtest mit sechs Wechselstrom-Aggregaten für die Nutzung als Hausenergiezentrale abgeschlossen.

2003

2003 wurden unter dem Produktnamen „WhisperGen“ 400 Mikro-BHKWs an die britische PowerGen geliefert.

2004

E.ON UK unterschrieb 2004 einen Vertrag über die Lieferung von 80.000 WhisperGen-Einheiten im Zeitraum von fünf Jahren – von dem man danach leider nie wieder etwas hörte.

2007

Vertragsunterzeichnung 2G Distributor mit EHE

Feb. 2008

WhisperTech hat gemeinsam mit **MCC** eine Produktions- und Vertriebsgesellschaft mit Namen **EHE** (**Efficient Home Energy**) gegründet und die Serienproduktion der Mikro-KWK-Anlagen von Neuseeland nach Spanien verlagert.



Abb. 18 Firmenbeteiligungen an der EHE

Sep. 2009

GASAG (Berliner Gaswerke AG) erwirbt eine Vertriebslizenz von EHE für den Verkauf der WhisperGen-Geräte in Deutschland und bietet die Geräte deutschlandweit über ihre Vertriebstochter DSE (**Direkt-Service Energie GmbH**) an.

9.5. Beginn der Serienfertigung in Tolosa (Spanien) 2009

Die ersten spanischen Geräte

In Groningen im holländischen Westfriesland ist Ende 2009 bei der Vertriebsfirma MagicBoiler das erste serienmäßig gefertigte WhisperGen-Aggregat aus spanischer Produktion vorgestellt worden. Gegenüber den bis dato im Einsatz befindlichen Prototypen wurden die WhisperGen-Seriengeräte offensichtlich noch einmal verbessert. Sie laufen inzwischen sehr leise und auch der elektrische Wirkungsgrad wurde noch einmal deutlich stabilisiert. Nach Angaben des Herstellers hat MagicBoiler bereits 200 Geräte an Installateure und Energieversorgungsunternehmen (EVU) verkauft. Mit verschiedenen weiteren EVU, auch in der Schweiz, sei man im Gespräch.

9.6. Startschuss Deutschland 2010

In Deutschland war der offizielle Marktstart des WhisperGen EU1-DE auf der Fachmesse "IFH/Intherm" in Nürnberg (14.-17. April 2010). Geplant war, dass die spanische Fabrik im Startjahr 2010 für den deutschen Markt rund 2.000 Mikro-BHKW herstellt. Das "DE" in der Gerätebezeichnung kennzeichnet die für den deutschen Markt adaptierte Version (Holland: WhisperGen EU1-NL etc.). Technisch sind die verschiedenen Länderausführungen identisch. Sie wurden lediglich softwareseitig an die Länderspezifika (z.B. landestypische Stromnetz-Einspeiseanforderungen) angepasst.

WhisperGen Feldversuche in Deutschland

Der WhisperGen war seit Frühjahr 2010 in Deutschland erhältlich. Zuvor hatte eine Reihe von Energieversorgern in Feldversuchen bereits ausgiebig Erfahrung mit dem Mikro-BHKW gesammelt.

MVV Energie

Unter dem Motto "Heiz dir deinen Strom" bot die Mannheimer MVV Energie 20 WhisperGen-Aggregate für Haushaltskunden an. Ein Testgerät dieses Typs betreibt der Versorger seit anderthalb Jahren in einem Mannheimer Wohnhaus. Die Erfahrungen sind positiv: Vor allem die Laufruhe der Maschine fiel auf – nur ein leises Surren ist im Heizraum zu vernehmen. Die MVV nahm dann zwei Seriengeräte aus der gerade angelaufenen baskischen Produktion in einen mehrmonatigen Dauertest. Danach entscheidet MVV, ob man sich am Vertrieb in Deutschland beteiligt.

GASAG (Berliner Gaswerke AG)

Bei der GASAG begann die Felderprobung im Sommer 2006 mit zwei WhisperGen-Aggregaten. Im März 2007 startete die GASAG die Kampagne „Wärme und Strom selbst erzeugen: Zukunft gestalten – Klima schützen.“ 20 Feldtestteilnehmer in Berlin-Brandenburg wurden aus rund 1.600 Bewerbern ausgewählt und erproben seither ein Vorläufermodell des WhisperGen EU1-DE. Insgesamt wurden 33 WhisperGen getestet. Über die GASAG-Tochter dse ist der WhisperGen bestellbar. Der Einbau erfolgt seit Februar 2010.

badenova AG & Co. KG

Insgesamt 12 WhisperGen-Anlagen wurden über zwei Jahre in einem Feldversuch getestet. Begleitet wurde die Testreihe von der Fachhochschule Offenburg, alle Daten laufen bei badenova zusammen und werden dort ausgewertet. „Die WhisperGen-Motoren laufen zuverlässig und weisen einen durchschnittlichen Gesamtnutzungsgrad von 80% der verbrauchten Energie auf“, so die Experten von der Hochschule Offenburg. Bei badenova ist man nach den gesammelten Erfahrungen der Meinung, dass der Markt und die Technik reif sind für das WhisperGen-Mikro-BHKW.

9.7. Antrag auf Insolvenz

(Quelle PresseBox, Rastatt, 03.12.2012)

„Der Hersteller des seit mehreren Jahren in Deutschland vertriebenen Stirlingmotors WhisperGen, die Effizient Home Energy S.L. (EHE), hat am 26. November 2012 einen **Antrag auf Insolvenz** gestellt. Die beiden größten Vertriebsunternehmen von WhisperGen-Stirlingmotoren in Deutschland, die Sanevo home energy GmbH & Co. KG (Offenbach) und die 2G Home GmbH (Heek), haben in Gesprächen mit dem BHKW-Infozentrum betont, dass der Service und die Ersatzteillagerung gesichert seien. Die beiden Unternehmen haben zusammen mehr als 700 Stirlingmotoren von WhisperGen installiert. Auch die Vertriebsgesellschaft DSE-Vertrieb in Berlin, ein Tochterunternehmen der GASAG Berliner Gaswerke AG, die rund 15 WhisperGen-Anlagen realisiert hat, betont, dass ausreichend Ersatzteile für Servicemaßnahmen vorhanden seien.“

Die Vertriebs-Unternehmen wurden zwar von der Insolvenz des Stirlingmotoren-Herstellers überrascht, sind aber zuversichtlich, dass die Produktion beim Mini-BHKW-Hersteller wieder aufgenommen werden kann. In den nächsten Wochen werden zusätzliche Informationen über die Vorgehensweise in Bezug auf den Weiterbetrieb des spanischen Herstellers erwartet.

9.8. Referenzanlagen

Laut Angabe von Sanevo wurden bereits rund 400 WhisperGen in Deutschland installiert.

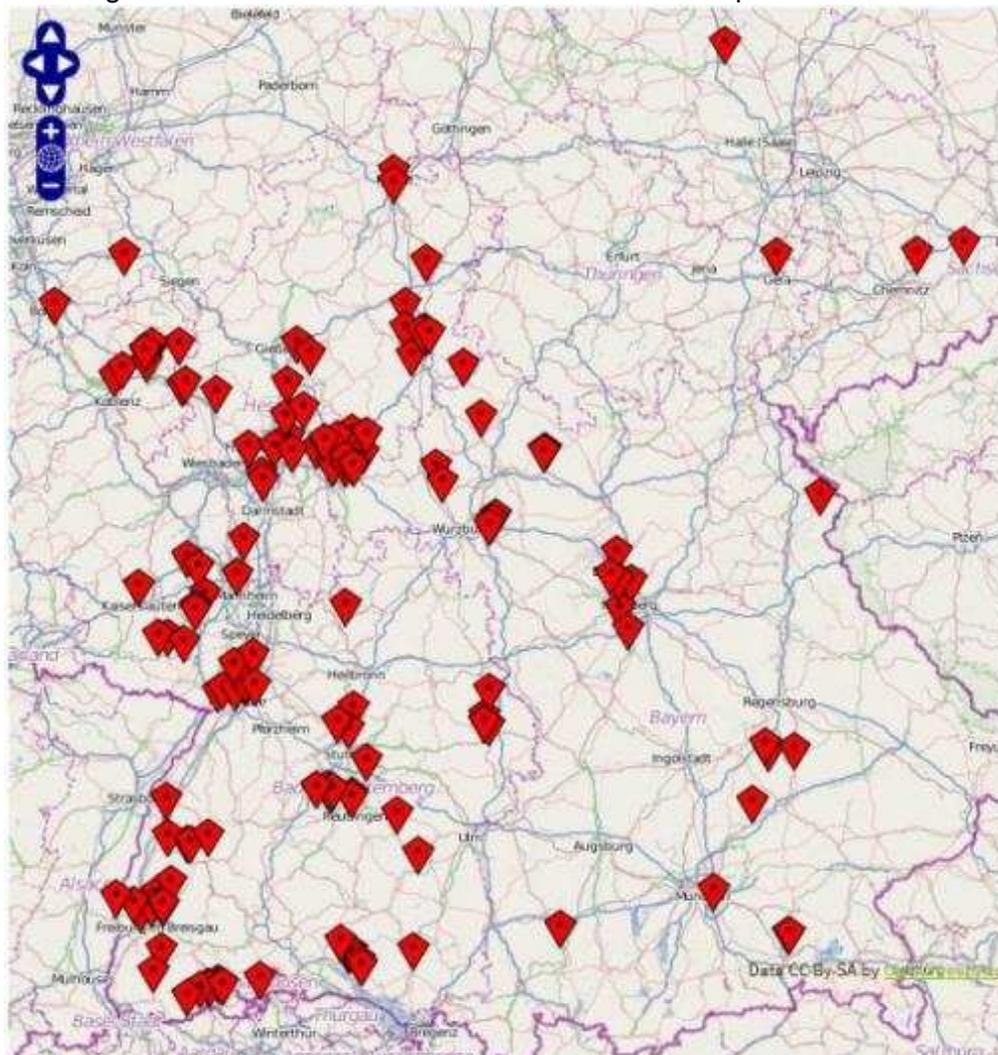


Abb. 19 Referenzanlagen von Sanevo in Deutschland (Stand Frühjahr 2012)

9.9. Technische Daten WhisperGen

WhisperGen EU1-DE	
Anwendungsbereich	Ein- und Mehrfamilienhäuser, Kleingewerbe
Brennstoff	Erdgas 2H – 2. Gruppe, Bioerdgas
Versorgungsdruck	17...25 mbar (20 mbar nominal)
Versorgungsbedingungen	I _{2H} -G20-20 mbar
Brennstoffverbrauch	Hauptbrenner 1,0 m ³ /h Haupt- und Hilfsbrenner max. 1,55 m ³ /h
Geräuschniveau	46 dB(A) in 1 m Entfernung
Motor	doppelt wirkender 4-Zylinder-Stirling-Zyklus
Hauptbrenner Einzeldüse	Drallstabilisierter Rekuperativbrenner
Hilfsbrenner	Zylindrischer Brenner mit Vormischung
Drehzahlbereich	1.500 U/Min
elektrische Leistung (Strom)	1,0 kW
thermische Leistung (Wärme)	min. 5,5 kW, Standard-Wärmeleistung 7,0 kW max. Wärmeleistung 12,0 kW (mit Zusatzbrenner)
Wirkungsgrad elektrisch	ca. 11%
Gesamtwirkungsgrad	92,1 / 94,0% (ohne Hilfsbrenner)
Generator	4-poliger Einphasen-Asynchronmotor
Lastspiel	Relative Einschaltdauer: 1 – 24 Stunden
Installationklasse	C12 bzw. C32
Stromanschluss	230 V AC, 50 Hz (einphasiger Anschluss)
Nennleistung	Bis 1000W, Cos φ >0,95
Stromverbrauch (netto)	Standby-Betrieb 9 W Generatorbetrieb 100 W
Anschluss Brennstoff	Rp ½ ISO 7/1
Zentralheizung	Rp ¾ ISO 7/1
Druckentlastung	Rp ½ ISO 7/1
Kondensatableitung	Rp ½ ISO 7/1
Abgassystem	passend für Bausatz Cox Geelen RGE Coxcentric 80/125
Kommunikationsanschluss	RS-232 Anschluss mit Steckverbinder DB9
Abmessungen	490 (B) x 555 (T) x 850 (H) mm
Gewicht	148 kg
Durchflussrate (nominal)	8,5 bis 15 Liter/Minute
Vorlauftemperatur	max. 85°C
Rücklauftemperatur	max. 77°C
Abgastemperatur	max. 95°C
Kondensat	max. 3 l/h
Max. Systemdruck	PMS = Klasse 2; max. 2 bar
Bediensystem	Mikroprozessor Benutzerschnittstelle
Zulassungen	CE-Markt (Ident-Nr. 0063/BU/5011)
BAFA-Förderung	1.500 €

Abb. 20 Technische Daten WhisperGen EU1-DE

Produktdatenblatt sanevo WhisperGen

Allgemeine Details	
Modell:	EU 1
Motor:	4-Zylinder doppelt wirkender Stirlingmotor
Hauptbrenner Stirling:	Full premix Strahlungsbrenner
Zusatzbrenner im Wärmetauscher:	Full premix Strahlungsbrenner
Generator:	4-poliger Einphasen-Asynchrongenerator
Elektrische Versorgung:	230 V, 50 Hz
Brennstoff:	Erdgas H
Abmessungen (Breite x Höhe x Tiefe):	49,1 x 83,8 x 56,3 cm
Gewicht:	14,2 kg
Brennstoffverbrauch	
Nennleistung Hauptbrenner:	9,5 kW
Maximalverbrauch Haupt- und Zusatzbrenner:	16,0 kW
Nennleistung thermisch	
Hauptbrenner Stirling:	7,5 – 8,3 kW
Haupt- und Zusatzbrenner:	13,2 – 14,5 kW
Nennleistung elektrisch	
Hauptbrenner Stirling:	1.000 Watt
Wirkungsgrad	
Thermisch bei 30 / 40 °C:	> 95 %
Elektrisch bei 30 / 40 °C:	10,0 – 11,0 %
Gesamtwirkungsgrad bei 30 / 40 °C:	> 105 %
Thermisch bei 60 / 80 °C:	> 85 %
Elektrisch bei 60 / 80 °C:	10,0 – 11,0 %
Gesamtwirkungsgrad bei 60 / 80 °C:	> 95 %
Eigenstromverbrauch	
Standby:	< 11 Watt
Betrieb:	< 60 Watt
Emission / Abgas	
CO:	< 100 mg / kWh
NOx:	< 70 mg / kWh
Druckverlust:	150 Pa
Abgastemperatur:	< 95 °C
Gesamtjahresnutzungsgrad:	90 %
Primärenergieeinsparung:	12 %

Abb. 21 Produktdatenblatt WhisperGen EU1-DE

9.10. Stromgeführtes BHKW

Die Firma Sanevo ist die einzige der drei deutschen WhisperGen-Vertriebspartner, die eine stromgeführte Arbeitsweise anbieten. Dies kann zu einem wirtschaftlichen Vorteil führen. Bei einem Micro-BHKW geht es unter ökonomischen Gesichtspunkten in erster Linie darum, den gekauften Strom zu verdrängen. Denn hier liegt die größte Ersparnis bei den Energiekosten einer neuen Immobilie. Im Gegensatz zu einer wärmegeführten Arbeitsweise, bei der Strom als "Abfallprodukt" immer dann anfällt, wenn Wärme benötigt wird, springt das BHKW bei einer stromgeführten Regelung in erster Linie an, wenn das Objekt Strom benötigt. Dadurch stieg bei den von Sanevo betreuten WhisperGen die Strom-Eigenverbrauchsquote von 50% (wärmegeführt) auf rund 70-80% (stromgeführt). Für das Delta der 20-30% der produzierten Kilowattstunden kassierte der BHKW-Besitzer also nicht die geringe Einspeisevergütung, sondern er vermeidet den Strombezug: Ein zusätzlicher Ertrag von ca. 15-20 ct/kWh (je nach aktueller Einspeisevergütung und individuellem Stromliefervertrag)!

9.11. Flüssiggas-WhisperGen

Für das 4. Quartal 2012 kündigte Sanevo die Einführung eines Flüssiggas-WhisperGen an. Damit vergrößert sich das potenzielle Vertriebsgebiet für das kleine Stirling-BHKW schlagartig. Jetzt kann das Mikro-KWK auch dort eingesetzt werden, wo keine Erdgasverfügbarkeit gegeben ist. Ein Flüssiggastank ist hierfür jedoch Voraussetzung.

9.12. Arbeitsprinzip Stirlingmotor

Der Stirlingmotor wurde bereits 1816 vom damals 25-jährigen schottischen Geistlichen Robert Stirling erfunden, weit vor der Erfindung des Otto- oder Dieselmotors. Heißes Gas expandiert, kaltes Gas zieht sich zusammen – auf diesem Prinzip beruht der Stirlingmotor.



Das in dem Aggregat eingeschlossene Arbeitsgas – im Falle des WhisperGen ist dies Stickstoff mit einem Druck von ca. 22 bar – wird von außen durch eine Energiequelle (Flamme, Solarenergie etc.) erwärmt, dehnt sich aus und presst den Arbeitskolben nach unten. Dadurch wird Arbeitsgas von der kalten Seite unterhalb des Kolbens auf die heiße Seite des folgenden Zylinders geschoben, wodurch diese heiße Seite abkühlt. Durch den dabei entstehenden Unterdruck wird der Arbeitskolben wieder nach oben gesaugt. Der Kreislauf beginnt von vorn.

Es ist nach der Dampfmaschine die zweitälteste Wärmekraftmaschine. Stirling wollte mit seinem Motor eine Alternative zu den damals aufkommenden Hochdruckdampfmaschinen bieten, die zahlreiche Opfer durch Kesselexplosionen forderten.

Abb. 22 Robert Stirling * 25.Okt. 1790, † 06. Jun 1878 war britischer Pastor und Ingenieur

Stirling verwirklichte die Wärmekraftmaschine bis 1818 in mehreren Stufen. Sie wurde als Wasserpumpe im Bergbau in Schottland eingesetzt, wo sie zwei Jahre lang lief, bis der heiße Teil des Motors am Zylinder durchbrannte.

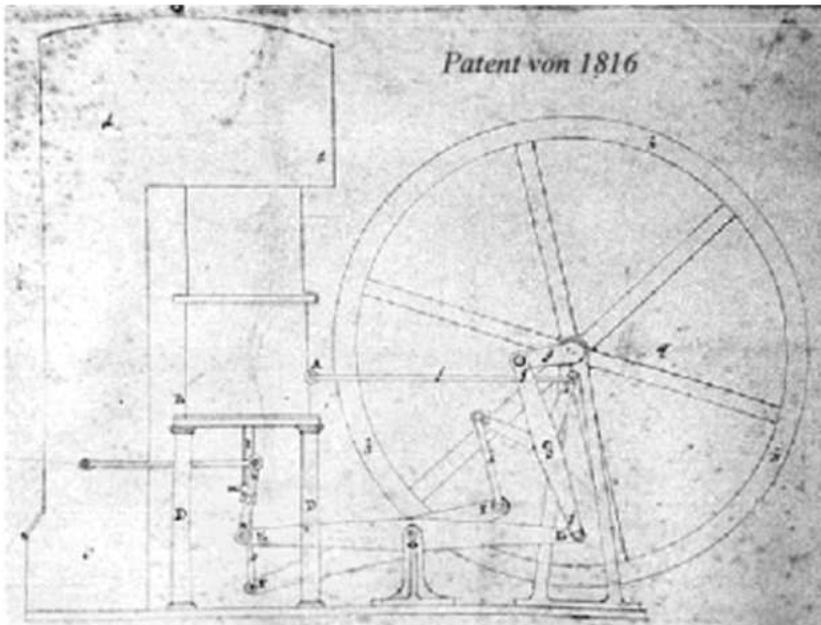


Abb. 23 Robert Stirling – Patent 1816

Der Stirlingmotor ist ein Heißluftmotor mit außen liegender Verbrennung (Wärmezufuhr), in dem ein abgeschlossenes Arbeitsgas wie Stickstoff oder Helium an zwei verschiedenen Bereichen abwechselnd erhitzt und gekühlt wird, um mechanische Energie zu erzeugen. Durch die außen liegende Verbrennung ist der Stirlingmotor wartungsfrei.

9.13. Vorteile Stirlingmotor

Gegenüber den sonst bei Blockheizkraftwerken üblicherweise eingesetzten Otto- oder Dieselmotoren bietet der Stirlingmotor einige gewichtige Vorteile:

- **Brennstoffunabhängig:** Der Stirlingmotor benötigt zum Antrieb eine Wärmequelle. Die Energiezufuhr erfolgt dann über einen Wärmetauscher. Wie diese Wärme produziert wird, ist grundsätzlich egal. Es können kontinuierlich arbeitende Gas- oder Ölbrenner, aber auch konzentrierte Solarstrahlung oder – mit Einschränkungen – feste Brennstoffe als Energiequelle verwendet werden. Der Stirlingmotor kann prinzipiell jeden beliebigen Brennstoff nutzen (auch wenn WhisperGen ausschließlich auf den Betrieb mit Erd- oder Biogas ausgelegt ist).
- **Wartungsfreundlich:** Rückstände aus der Verbrennung können nicht in das Innere des Motors eindringen, was geringen Verschleiß bzw. Wartungsaufwand bedeutet.
- **Gute Abgaswerte:** Anders als bei einer zyklischen, explosiven Zündung läuft der Stirlingmotor mit einer kontinuierlichen Flamme. Das verbessert die Abgaswerte. Die Schadstoff-Emissionen von Stirling-Brennern heutiger Technologie können mindestens 10-mal niedriger als bei Gas-Ottomotoren mit Katalysator liegen, sie entsprechen den Werten von modernen Gasbrennern.
- **Geräuscharm:** Da der Stirlingmotor mit einer stetigen Flamme und ohne Explosion arbeitet, ist die Lautstärke deutlich reduziert.
- **Kleine Bauweise:** Stirlingmotoren können fast beliebig verkleinert werden, das ermöglicht auch den Einsatz in einem Einfamilienhaus.

9.14. Aufbau WhisperGen

Der WhisperGen ist ein vollautomatischer Heizkessel in der Größe einer Waschmaschine, der zur Aufstellung auf dem Boden ausgeführt ist, bis zu 12 kW Wärmeenergie für Warmwasserbereitung und Zentralheizung liefert und gleichzeitig bis zu 1 kW an 230 V Wechselstrom erzeugt. Das WhisperGen arbeitet mit einem doppeltwirkenden Vierzylinder-Motor mit außenliegender Verbrennung (Stirlingmotor).

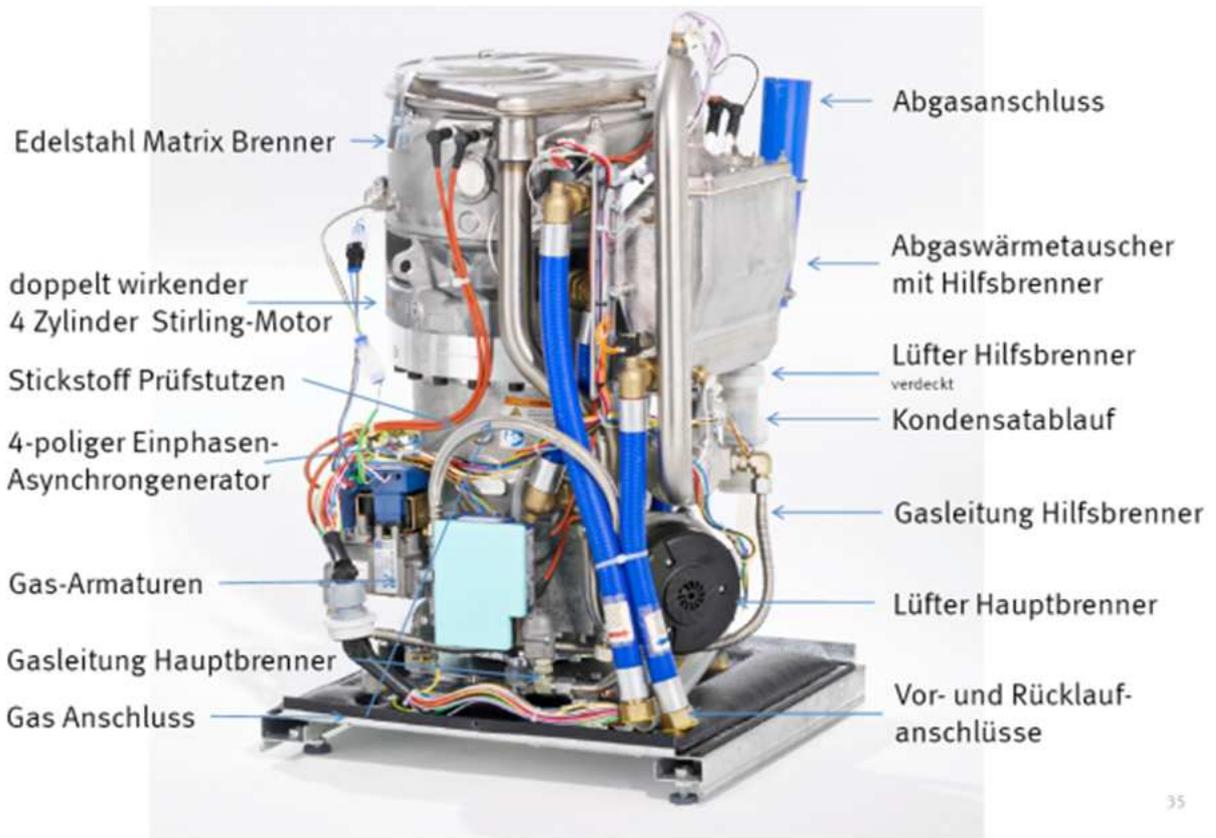


Abb. 24 Frontansicht WhisperGen

- A) Gasbrenner: Flamme erhitzt die vier Zylinderköpfe
- B) Abwärmerückgewinnung: Nutzt die Abwärme zur Warmwasserbereitung
- C) Stirlingmotor: Kolben werden mit Hilfe der im Brenner erzeugten Wärme angetrieben
- D) Warmwasserbereitung: Das durch den Motor strömende Wasser wird erwärmt
- E) Taumelscheibe (innen): Wandelt die geradlinige Bewegung der Kolben in eine Kreisbewegung für den Asynchrongenerator um
- F) Gasventil: Reguliert die Gaszufuhr zum Brenner
- G) Asynchrongenerator: Erzeugt elektrischen Strom
- H) Wasseranschlüsse: Leiten Warmwasser in den Warmwasserspeicher und in die Zentralheizung



Abb. 25 Einzelkomponenten WhisperGen



35

Abb. 26 Einzelkomponenten WhisperGen

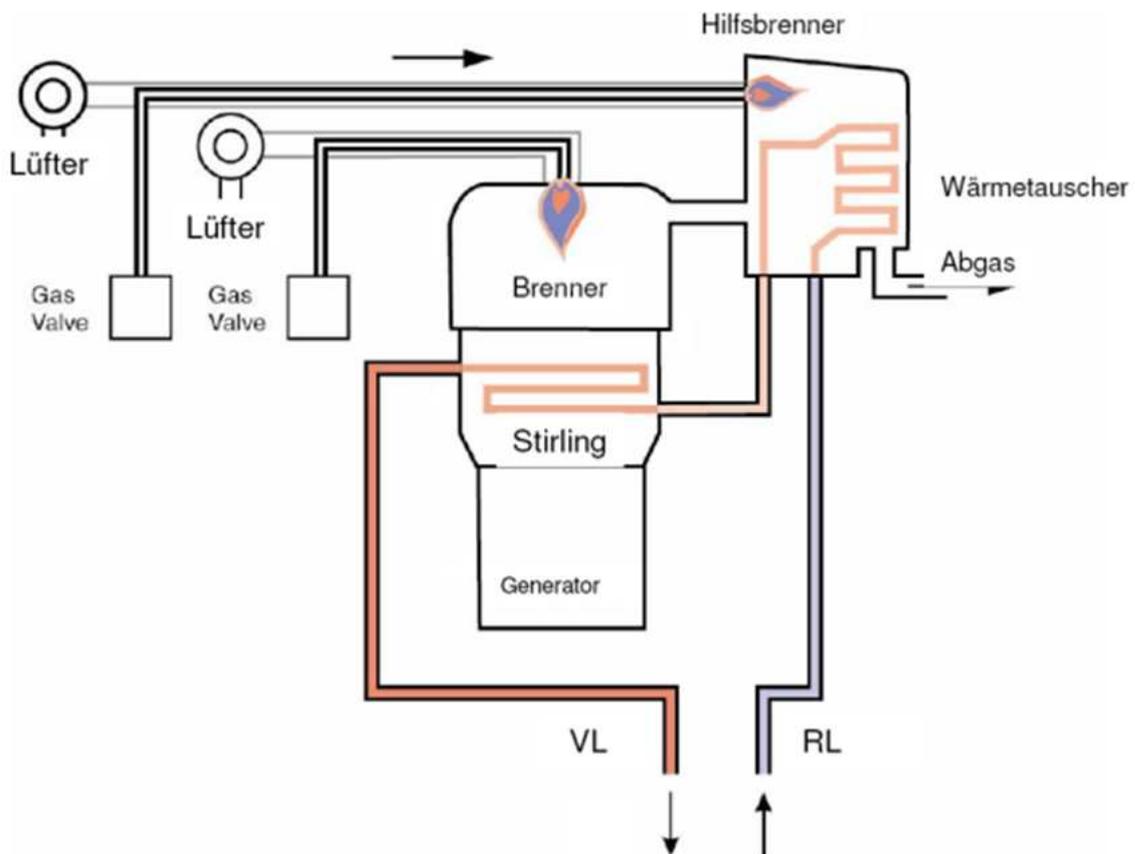


Abb. 27 Schematische Darstellung von Haupt- und Hilfsbrenner

Hauptbrenner

Der Hauptbrenner des WhisperGen EU1-DE ist ein aus Edelstahl gefertigter Matrix-Brenner. Die Brennerkombination des WhisperGen ist als Saugzugbrenner mit Einzeldüse ausgeführt. Die Gaszufuhr erfolgt beim WhisperGen über ein Mehrfunktionsventil zum Regulieren des Luft-Brennstoff-Verhältnisses, das mit zwei Absperrventilen versehen ist. Gasmenge und Zündung werden durch eine automatische Brennerregelung kontrolliert, die in der Motorsteuerung integriert ist. Die Luftzufuhr zum Brenner erfolgt über ein Luft-Abgas-System, wobei die Luft über eine Lüfteranordnung, die hinter dem Abgas-Wärmetauscher angeordnet ist, durch den Brenner geführt wird. Ein Flammenionisationsmelder und ein Abgastemperaturfühler dienen zur Überwachung des Brennkreises.

Zusatzbrenner

Über einen Zusatzbrenner bzw. Hilfsbrenner wird die Wärmeleistung des WhisperGen-Systems erhöht. Dieser Brenner liefert auch Wärme, wenn der Stirlingmotor nicht läuft/ausfällt. Er schaltet sich vor allem dann zu, wenn der Wärmebedarf z.B. bei sehr kalten Außentemperaturen besonders hoch ist. Der Hilfsbrenner ist ein zylindrischer Gasbrenner mit Gemisch-Vormischung. Das Gas wird einem sogenannten Venturi-Rohr zugeführt und dort mit Luft gemischt. Das Luft-Brennstoff-Verhältnis wird durch ein Mehrfunktionsventil reguliert, das ebenfalls mit zwei Absperrventilen versehen ist. Gasmenge und Zündung werden durch eine automatische Brennerregelung kontrolliert. Ein Flammenionisationsmelder dient zur Überwachung des Brennkreises.

Pufferspeicher

Zum WhisperGen Gesamtsystempaket, geliefert durch die Firma Sanevo, gehört standardmäßig ein 800 l Pufferspeicher (siehe Anhang). Trotz dieser für den kleinen WhisperGen recht großzügig dimensionierten Wassermenge, ist der Pufferspeicher aufgrund einer besonderen Bauart mit einem Durchmesser von 79,5 cm und einer Höhe von 175 cm (ohne die ca. 10 cm dicke Schaumstoff-Isolierung) recht kompakt und auch bei beengten Raumverhältnissen (enge Türen) gut zu transportieren und platzieren. Im Pufferspeicher wird das Warmwasser im Durchlaufprinzip erwärmt. Die Warmwasserleistung ist ausreichend, um ein durchschnittliches Zweifamilienhaus zu versorgen. Zudem erlaubt der große Speicher den Betrieb einer im Vergleich zu einer regulären Gastherme recht klein dimensionierten Anlage. Das kleine Mikro-BHKW läuft einfach länger und heizt in den Puffer hinein. Vorteil: längere Laufzeit bedeutet mehr Stromproduktion (Wirtschaftlichkeit) und weniger Takten (Lebensdauer).

9.15. Beschreibung WhisperGen

In den Zylindern des Motors wird unter Druck gesetztes Stickstoffgas erhitzt und dann wieder abgekühlt. Die dadurch verursachte Änderung des Drucks bewirkt, dass sich die Kolben auf und ab bewegen. Ein spezieller Mechanismus, „Wobble Yoke“ genannt, sorgt für den richtigen Phasenabgleich der Kolben und wandelt die Linearbewegung zum Antreiben eines elektrischen Generators in Drehbewegung um. Durch die Hohlkammern des Motors und den Abgas-Wärmetauscher wird Wasser gepumpt. Die auf das Wasser übertragene Wärme wird für die Zentralheizung und zur Warmwasserbereitung genutzt.

Die Brennerkombination ist als Saugzugbrenner mit Einzeldüse ausgeführt. Die Gaszufuhr erfolgt über ein Mehrfunktionsventil zum Regulieren des Luft-Brennstoff-Verhältnisses, das mit zwei Absperrventilen versehen ist. Gasmenge und Zündung werden durch eine automatische Brennerregelung kontrolliert, die in der Motorsteuerung integriert ist.

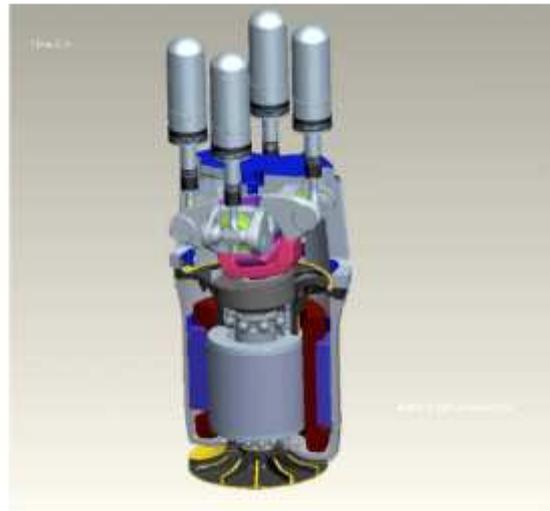
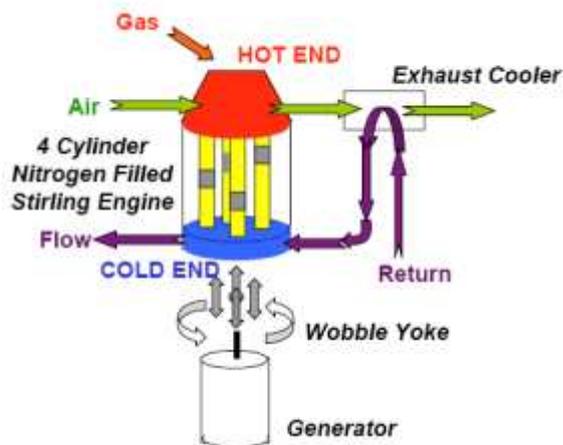


Abb. 28 Schematische Darstellung Kolben und Generator

Die Luftzufuhr zum Brenner erfolgt über ein Luft-Abgas-System, wobei die Luft über eine Lüfteranordnung, die hinter dem Abgas-Wärmetauscher angeordnet ist, durch den Brenner geführt wird. Ein Flammenionisationsmelder und ein Abgastemperaturfühler dienen zur Überwachung des Brennkreises. Von einem 4-poligen Induktions-Wechselstromgenerator, der auch als Motorstarter fungiert, werden 230 V 50 Hz AC erzeugt. Die Leistungsabgabe wird durch die Motorsteuerung überwacht.

Der Hilfsbrenner ist ein zylindrischer Gasbrenner mit Vormischung. Das Gas wird einem Venturi-Rohr zugeführt und dort mit Luft gemischt. Das Luft-Brennstoff-Verhältnis wird durch ein Mehrfunktionsventil reguliert, das ebenfalls mit zwei Absperrventilen versehen ist. Gasmenge und Zündung werden durch eine automatische Brennerregelung kontrolliert. Ein Flammenionisationsmelder dient zur Überwachung des Brennkreises.

Alle Motorkomponenten sind in einem Stahlgehäuse untergebracht und über eine Bedienungstüre zugänglich. Die Elektronikmodule für die Motorsteuerung sind an der Gehäusetür angebracht. Das Gehäuse dient zum Schutz des Motors und sorgt dafür, dass dieser unter kontrollierten Umgebungsbedingungen arbeitet.

Die elektronische Steuereinheit steuert den Betrieb des WhisperGen-Geräts und überwacht die abgegebene elektrische Leistung sowie den Betrieb und die Ein- und Ausschaltzeiten der Zentralheizung. Auf einer LCD-Anzeige kann der Benutzer den Zustand des Systems ablesen, sperren und zurücksetzen.

Im Motor ist eine passive Sicherheitsschaltung eingebaut, die eine Reihe von Schaltern umfasst, die unabhängig von der elektronischen Steuereinheit arbeiten. Wird einer dieser Schalter ausgelöst, schalten die Brennerregler ab und das WhisperGen-Gerät geht außer Betrieb. Zwei automatische Brenner-Regler kontrollieren die Gasmenge und die Zündung des Haupt- und Hilfsbrenners.

Der Stirlingmotor und der Hilfsbrenner des WhisperGen-Geräts sind in einem Gehäuse installiert, das auch als hermetisch dichte Luftkammer fungiert. In das Gehäuse wird Luft gesaugt, die dann durch dieses zirkuliert, bevor sie von dem Lüfter, der hinter dem Abgas-Wärmetauscher angeordnet ist, in beide Brenner gesogen wird.

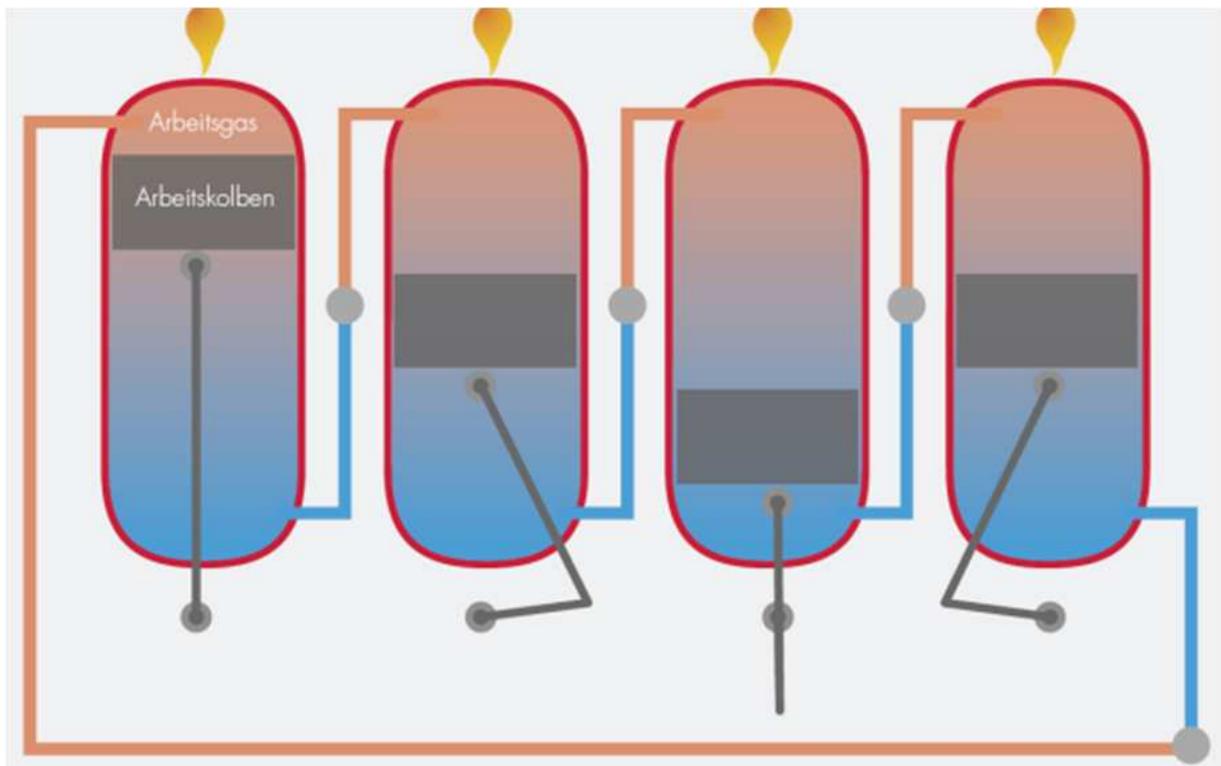


Abb. 29 Prinzip eines 4-Zylinder-Stirlingmotors (Bauart WhisperGen) (Quelle ASUE)

Bei Empfang eines Wärmebedarfssignals wird der Hauptbrenner gestartet und die Erhitzerköpfe werden durch die heißen Abgase erwärmt. Bei Erreichen einer vorberechneten Temperatur startet der Motor, um Strom und Wärme zu liefern. Die den Stirlingmotor verlassenden heißen Abgase werden im Abgas-Wärmetauscher gekühlt, in dem auch der Hilfsbrenner angeordnet ist.

Je nach Wärmelast (Wassertemperatur) kann das Wärmemanagementsystem den Hilfsbrenner zuschalten, um noch mehr Wärme zu liefern. Die Abgase aus dem Hilfsbrenner werden in den Abgas-Wärmetauscher geleitet, in dem eine Wärmeübertragung auf das Wasser für die Zentralheizung erfolgt. Bei niedrigen Wassertemperaturen schlägt sich der Wasserdampf in den Abgasen auf den Wärmetauscherwänden nieder und wird über den Lüfter zum Kondensatbehälter abgeleitet.

9.16. Eigennutzung mit Rückeinspeisung und Restbezug

Der erzeugte elektrische Strom wird direkt auf den Stromkreisverteiler geführt. Somit wird der vom Stirlingmotor erzeugte elektrische Strom von Stromverbrauchern, die am Stromkreisverteiler angeschlossen sind, direkt genutzt.

Liegt der Stromverbrauch höher als die Menge des im Stirlingmotor erzeugten Stroms, wird zusätzlich benötigter Strom aus dem Netz des Verteilnetzbetreibers (VNB), badenovaNetz GmbH bezogen.

Zur Abrechnung und Auswertung wurde ein Vierquadranten-Messwandzähler eingesetzt, der den Strom in beiden Richtungen (Bezug und Rückspeisung) misst. Alternativ könnten auch zwei Stromzähler mit Rücklaufsperrung eingesetzt werden. Der eine Stromzähler würde zur Messung des eingespeisten Stroms, der andere zur Ermittlung der aus dem Netz des VNB bezogenen Strommenge genutzt werden (siehe Abb. 30).

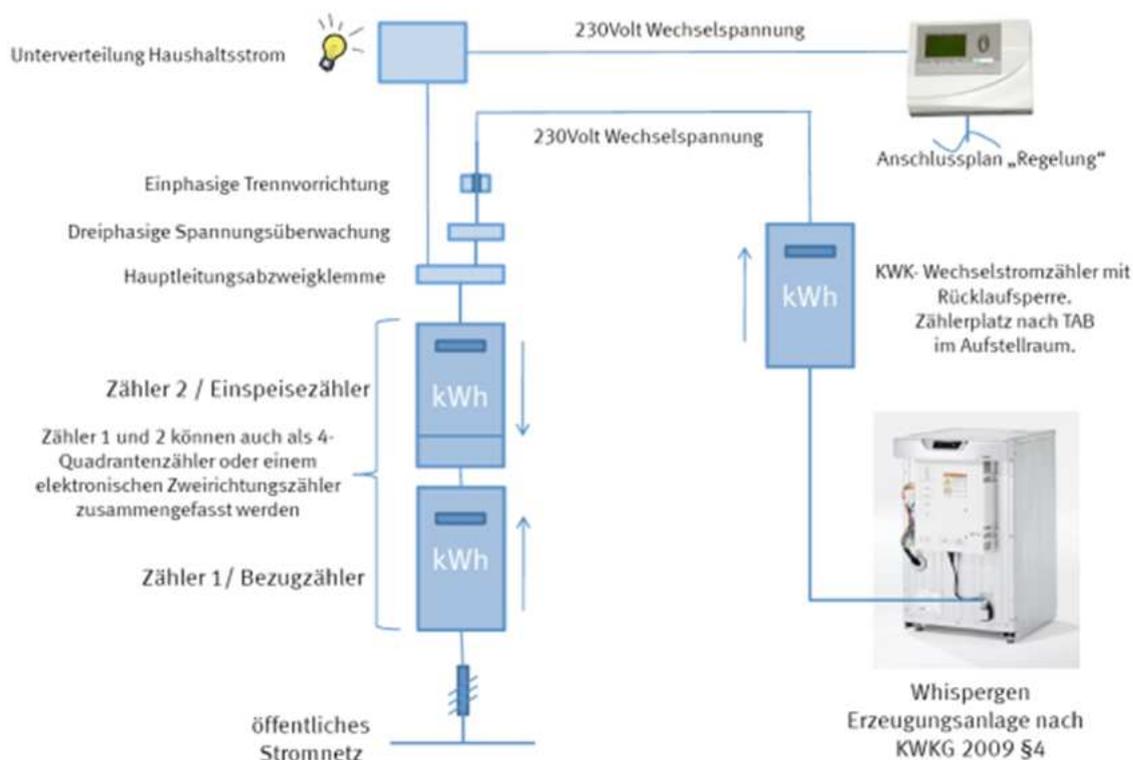


Abb. 30 Elektrische Einbindung WhisperGen

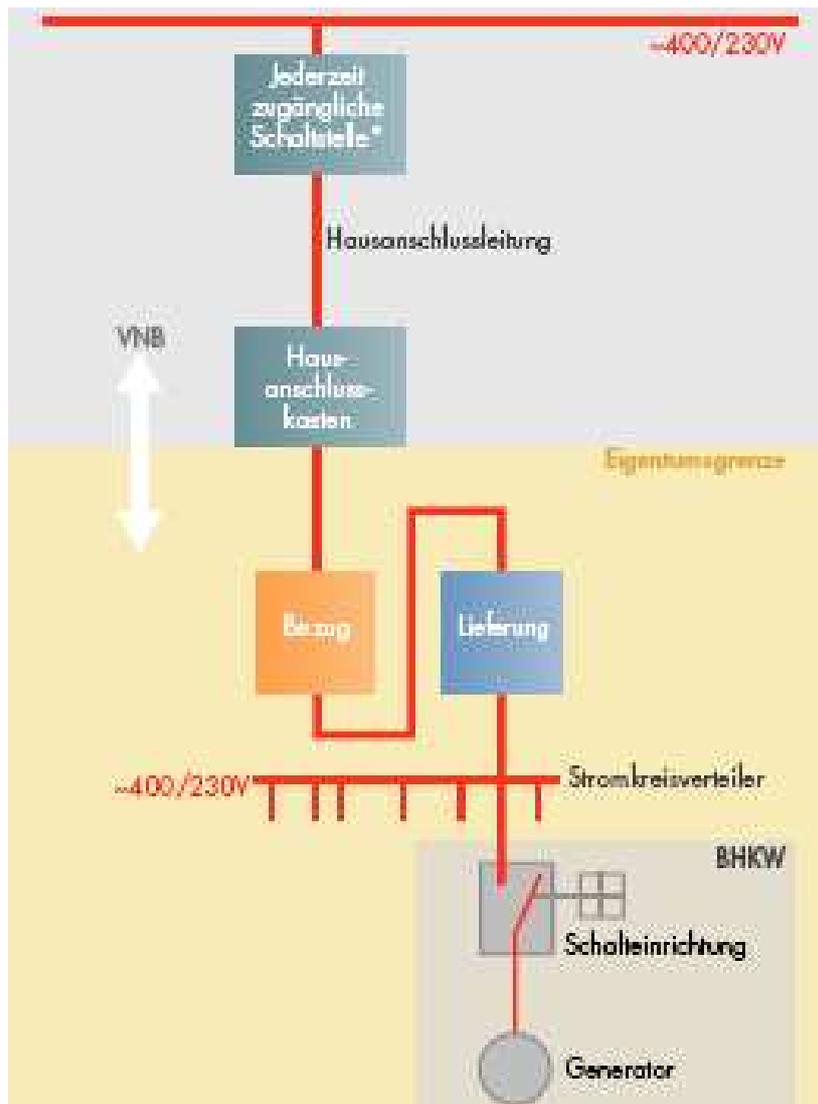


Abb. 31 Elektrische Einbindung WhisperGen (Eigentumsgrenzen)

In Abb. 31 sind die Eigentumsgrenzen der elektrischen Anlagen aufgezeigt. In der Regel liefert der VNB den Hausanschluss, während der BHKW-Betreiber neben dem Stromkreisverteiler auch die Stromzähler einbaut.

Damit in unserem Fall alle drei Eigentümer den im BHKW erzeugten Strom nutzen können, wurde nur ein Strombezugsvertrag mit dem örtlichen Stromversorger badenova abgeschlossen. Es gibt nur einen Stromzähler (Vierquadranten-Messwandzähler), über den der Zusatzstrom (Bezug), den das BHKW in Spitzenzeiten nicht erzeugen kann, mit dem Versorger abgerechnet wird (Summenzähler). Außerdem wird über diesen Stromzähler auch die vom BHKW ins öffentliche Netz eingespeiste Strommenge gezählt und abgerechnet. Die hausinterne Abrechnung erfolgt über eigene Stromzähler der Eigentümer. Die Umsetzung des Stromkonzeptes war seitens der Eigentümer als auch seitens des Stromversorgers unproblematisch.

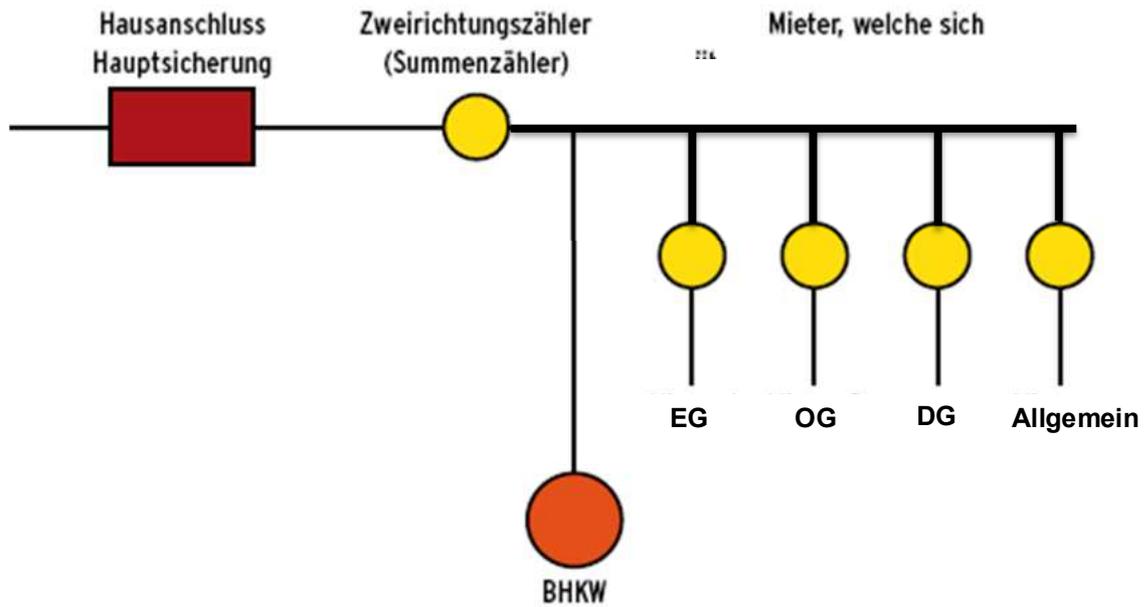


Abb. 32 Prinzipschaltbild der Zählpunkte

In Abb. 32 ist das Prinzipschaltbild der Zählpunkte mit Hausanschluss, Hauptsicherung und Zweirichtungszähler (Summenzähler) dargestellt. Im 3-Familienhaus werden insgesamt ca. 8.000 kWh/Jahr Strom verbraucht. Die Eigentümer erzeugen rund 22% ihres Stroms selbst und beziehen noch Strom aus dem öffentlichen Netz, wenn das BHKW bei fehlender Wärmeabnahme nicht arbeitet oder gewartet wird. Die Eigentümer beziehen Zusatzstrom von badenova. Außerdem speisen die Eigentümer den Überschussstrom in Höhe von ca. 470 kWh/Jahr ins Netz, wenn der Stromverbrauch im 3-Familien-Haus geringer ist als die eigene Stromerzeugung.

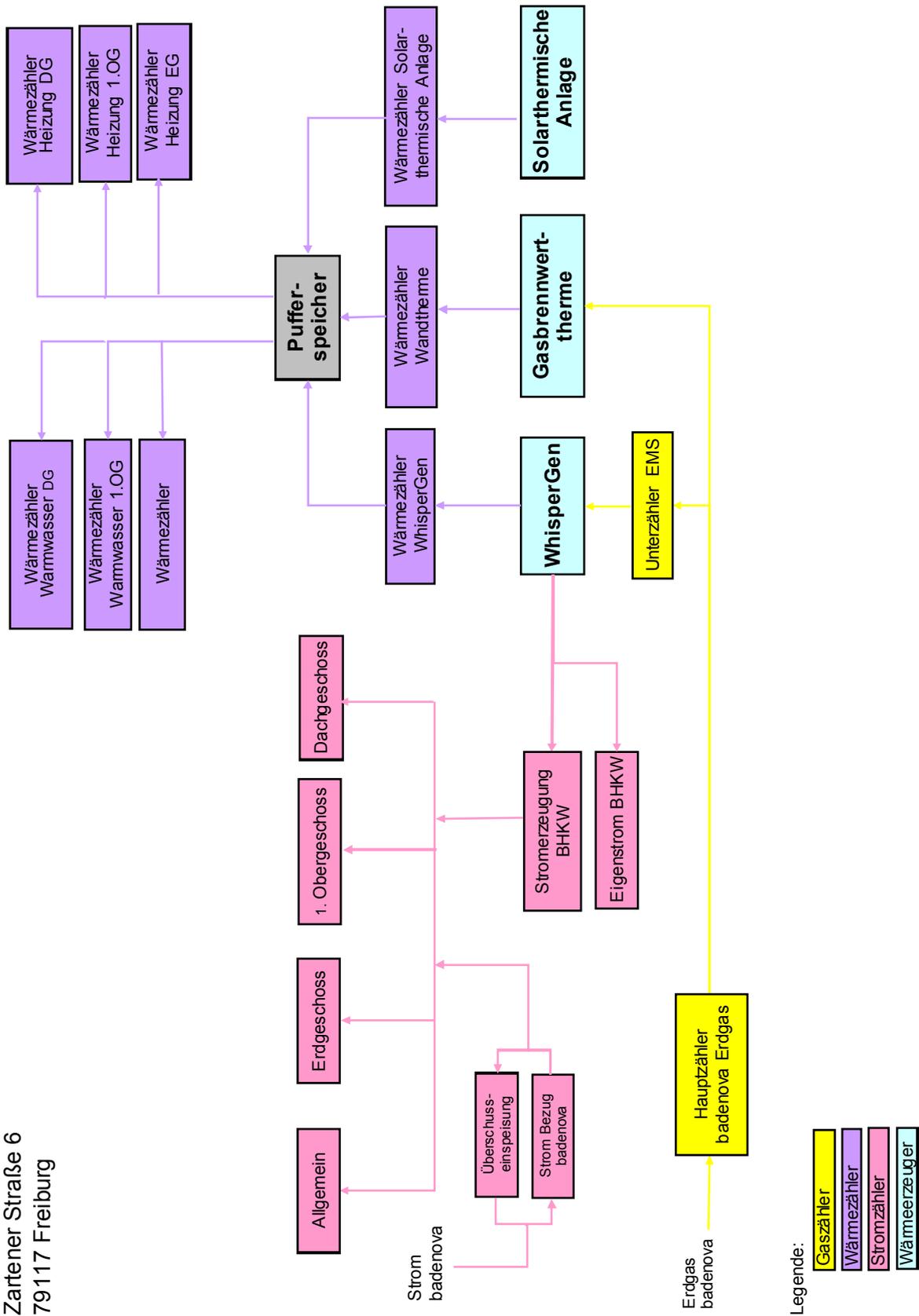
10. Das Messkonzept und die Energieauswertung

Im Wohngebäude wurden folgende Energie- und Wasserzähler installiert:

Medium	Zählertyp	Beschreibung	Fabrikat
Erdgas	Hauptzähler	Hausanschlusszähler für Abrechnung mit badenova	Schlumberger G4 RF1 Qmax=6m³/h
	Untertzähler	Erfasst die Erdgasmenge für den WhisperGen	EMS EGZ-E4
Wärme	WMZ Gasbrennwerttherme	Wärmerzeugung Wandtherme	Landis&Gyr UH 50
	WMZ WhisperGen	Wärmerzeugung WhisperGen	Landis&Gyr UH 50
	WMZ Solarthermische Anlage	Wärmerzeugung Solarthermische Anlage	Landis&Gyr UH 50
	WMZ Erdgeschoss	Erfassung Heizwärme Erdgeschoss	Sensus Q=1,5
	WMZ Obergeschoss	Erfassung Heizwärme Obergeschoss	Sensus Q=1,5
	WMZ Dachgeschoss	Erfassung Heizwärme Dachgeschoss	Sensus Q=1,5
	Wasseruhr Warmwasser Erdgeschoss	Erfassung Warmwassermenge Erdgeschoss	Metrona Qn=1,5
	Wasseruhr Warmwasser Obergeschoss	Erfassung Warmwassermenge Obergeschoss	Metrona Qn=1,5
	Wasseruhr Warmwasser Dachgeschoss	Erfassung Warmwassermenge Dachgeschoss	Metrona Qn=1,5
Strom	Hauptzähler	Zweirichtungszähler für Abrechnung mit badenova (Bezug und Einspeisung)	EMH Drehstromzähler 10(60)A
	Erzeugungszähler	Erfassung Erzeugung durch WhisperGen	Hutschienenzähler im Schaltschrank
	Eigenverbrauchszähler	Erfassung Eigenverbrauch WhisperGen	Hutschienenzähler im Schaltschrank
	Allgemein	Erfassung Allgemeinstrom	Siemens 10(60)A
	Erdgeschoss	Erfassung Strom Erdgeschoss	AEG 10(60)A
	Obergeschoss	Erfassung Strom Obergeschoss	AEG 10(60)A
Dachgeschoss	Erfassung Strom Dachgeschoss	AEG 10(60)A	

Abb. 33 Übersicht installierter Zähler für Erdgas, Wärme, Warmwasser und Strom

WEG-Freiburg-Ebnet
 Zartener Straße 6
 79117 Freiburg



Legende:
 Gaszähler
 Wärmehäuser
 Stromzähler
 Wärmehäuser

Abb. 34 Zählerschema (Erdgas, Strom und Wärme)

10.1. Zählerablesung und Datenaufzeichnung

Nach der Inbetriebnahme am 04. Nov. 2011 des WhisperGen wurden zunächst täglich die Zählerdaten (Erdgas, Wärme und Strom) abgelesen und ausgewertet. Zusätzlich zu den Zählerdaten wurden noch Anlagendaten, wie Anzahl der Starts und tägliche Betriebszeiten von Haupt- und Hilfsbrenner sowie diverse Temperaturen erfasst. Gegen Ende der Heizperiode (Februar 2012) wurde dann zunächst auf wöchentliche und ab Sommer 2012 auf monatliche Ablesung umgestellt.

10.2. Überwachung

Nach Inbetriebnahme wurden tägliche Sichtkontrollen des WhisperGen mit anschließender Zählerdatenaufnahme vorgenommen. Erst Monate später nach der Inbetriebnahme war über Sanevo Online Connect eine Direkteinwahl auf die Anlage möglich. Ursache hierfür war ein Kommunikationsproblem zwischen dem bestehenden Router und der Regelungseinheit des WhisperGen. Der Router wurde durch eine Fritzbox WLAN 7170 ersetzt, und seitdem läuft die Übertragung problemlos.

10.3. Datenauswertung

Die Zählerdaten wurden in Excel übertragen und ausgewertet. In den Abb. 35 bis 38 sind die Ergebnisse tabellarisch dargestellt. Dabei wurden nur die wesentlichen Jahresdaten aufgeführt. Die Abb. 40 bis 47 stellen die monatlichen Auswertungen grafisch dar.

Auswertung Tabellen

Der geplante bzw. erwartete prozentuale Anteil der Wärmebereitstellung durch den WhisperGen am Gesamtwärmebedarf (von Heizwärme und Warmwasser) übertraf mit 69% die Erwartungen (vgl. Abb. 35). Rund 68% wurde durch den Stirlingmotor und 1% durch den Hilfsbrenner bereitgestellt. Der Anteil der Wärmebereitstellung durch die Solarthermische Anlage lag mit rund 15% etwas unter der Prognose („PLAN“).

Wärme		IST	PLAN
	[kWh/a]	[%]	[%]
WhisperGen	16.848	69%	66%
Stirlingmotor	16.394	68%	
Hilfsbrenner	454	1%	
Gasbrennwerttherme	927	4%	4%
Solarthermische Anlage	3.639	15%	18%
Schwedenofen	2.850	12%	12%
Gesamtwärmebedarf	24.264	100%	100%

Abb. 35 Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger

Strom		IST	PLAN
	[kWh/a]	[%]	[%]
Erzeugung	1.776	22%	25%
Direktverbrauch	1.087	(14%)	
Strombezug	6.856	86%	75%
Gesamtstrombedarf	7.943	100%	100%

Abb. 36 Bilanz der Jahresstrommengen

Im ersten Betriebsjahr (01. Jan. 2012 – 31. Dez. 2012) lieferte der WhisperGen 1.776 kWh Strom, bei einer Laufzeit von 1.858 Betriebsstunden (vgl. Abb. 38). Der WhisperGen hatte 1.125 Starts, was einer mittleren Laufzeit von 1,6 Stunden/Start entspricht. Der Hilfsbrenner hatte eine Laufzeit von ca. 120 Stunden bei 235 Starts, was einer mittleren Laufzeit von rund 0,5 Stunden/Start entspricht.

Der geplante bzw. erwartete prozentuale Anteil der Strombereitstellung durch den WhisperGen am Gesamtstrombedarf lag mit 22% etwas unter den Erwartungen.

Stromverteilung		IST	PLAN
	[kWh/a]	[%]	[%]
Erzeugung	1.776	100%	
Einspeisung	467	26%	25%
Eigenbedarf	222	12%	10%
Direkte Nutzung	1.087	62%	65%

Abb. 37 Bilanz der Jahresstrommengen

Der Anteil an Strom für Eigenbedarf liegt mit 12% sehr hoch. Hier wird nochmals geprüft, welche elektrischen Verbraucher auf den Eigenstromverbrauchszähler aufgeschaltet sind. Die Vermutung ist, dass der Pumpenstrom vom Sekundärkreislauf und weitere elektrische Verbraucher mit dem installierten Stromzähler erfasst werden.

Nutzungsgrad (elektrisch und thermisch)

Nutzungsgrad		IST	AEM (vgl. 14.9)		
			Stirlingmotor und Hilfsbrenner	nur Stirlingmotor	Umrechnung auf Hs
	[kWh]	[%]	[%]	[%]	[%]
Wärmeerzeugung	16.848				
Stromerzeugung	1.776				
Erdgasbedarf	22.606				
thermischer NGD		74,5%	89,8%	84,9%	81,1%
elektrischer NGD		7,9%	4,2%	7,2%	4,2%
Gesamt NGD		82,4%	94,0%	92,1%	85,3%

Abb. 38 thermischer und elektrischer Nutzungsgrad WhisperGen

Auf Basis der Zählerwerte von Erdgas, Wärme und Strom wurden der elektrische und thermische Jahresnutzungsgrad ermittelt. Bezogen auf den Brennwert Hs (ehemals Ho) wurde im ersten Betriebsjahr ein thermischer Nutzungsgrad von 74,5% und ein elektrischer Nutzungsgrad von 7,9% erzielt. Daraus errechnet sich ein Gesamtjahresnutzungsgrad von 82,4%. Im Vergleich zu den Produktunterlagen von AEM liegt der ermittelte Gesamtjahresnutzungsgrad knapp 3% niedriger.

Anmerkungen zum Nutzungsgrad

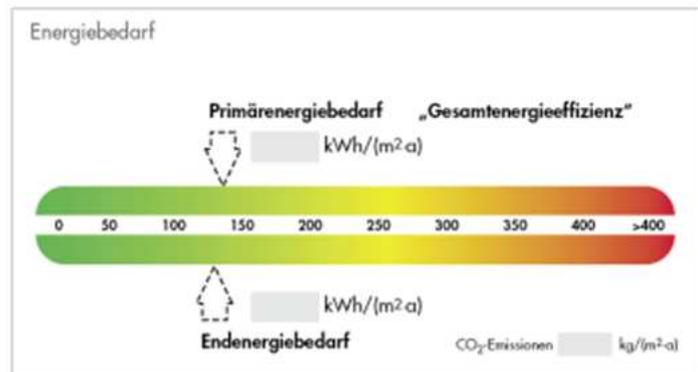
Trotz der guten Energieeffizienz liegt der Gesamtnutzungsgrad des WhisperGen unter den Nutzungsgraden, die üblicherweise für Brennwertgeräte angegeben werden. Dies kann zu Fehlbewertungen führen. Bei einem direkten Vergleich ist zu berücksichtigen, dass der WhisperGen gleichzeitig Wärme und Strom produziert. Der Gesamtnutzungsgrad berücksichtigt also beide Teilprozesse. Die Brennwertheizung liefert dagegen ausschließlich Wärme zur Deckung des Heiz- und Warmwasserbedarfs. Der angegebene Nutzungsgrad gilt also nur für den Wärmeprozess. Um eine echte Vergleichsgrundlage zu haben, muss in die Betrachtung des Nutzungsgrads bei der Heizung auch der aus dem öffentlichen Netz bezogene Strom einfließen.

Einfachere Einhaltung der EnEV-Anforderungen (Quelle ASUE Broschüre)

Die Energieeinsparverordnung (EnEV) schreibt für Neubauten einen maximalen Jahres-Primärenergiebedarf vor. Dieser Wert kann durch effiziente Heiztechnik, entsprechende Wärmedämmung oder eine Kombination aus beidem erreicht werden. Das bedeutet: Nach der EnEV werden Gebäude, die zur Wärme- und Stromversorgung Kraft-Wärme-Kopplung einsetzen, mit einem deutlich niedrigeren Jahres-Primärenergiebedarf bewertet. Nach § 3 (3) Satz 1 EnEV sind Neubauten, die zu mindestens 70% durch Wärme aus KWK-Anlagen beheizt werden, vollständig von den EnEV Anforderungen befreit. Zusätzliche Maßnahmen (z. B. für einen besonderen Wärmeschutz) können entfallen.

Vorteile beim Energieausweis

Ab 2008 ist auch für bestehende Gebäude ein Energieausweis nach EnEV vorgeschrieben, der die energetische Qualität des Objekts bewertet. Bei der Vermietung bzw. beim Verkauf werden künftig Gebäude mit einer hohen Energieeffizienzklasse Vorteile haben. Wie im Neubau wird der Einbau einer Strom erzeugenden Heizung in ein bestehendes Gebäude mit einem niedrigen Primärenergiefaktor



bewertet. Daraus ergibt sich ein günstiger Jahres-Primärenergiebedarf. Die SEH führt also zu einer höheren Energieeffizienz als konventionelle Heiztechnik und damit zu einer besseren Einstufung im Gebäude-Energieausweis.

Auswertung Grafiken

In den Abb. 40 bis 47 sind alle Messdaten vom Zeitraum Nov. 2011 bis einschließlich Dez. 2012 grafisch dargestellt. Zusammenfassend die wesentlichen Ergebnisse:

Grafik	Beschreibung	Ergebnisse
Abb. 40	Prozentualer Wärmeanteil	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Max. Anteil Wärme durch WhisperGen 83% (Okt 12) ➤ Min. Anteil Wärme durch WhisperGen 23% (Aug 12)
Abb. 41	Absoluter Wärmeanteil	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Gesamtwärmebedarf Gebäude liegt bei ca. 24.200 kWh/a ➤ Anteil durch WhisperGen ca. 16.900 kWh/a (69%) ➤ Anteil durch Solarthermische Anlage ca. 3.600 kWh/a (15%) ➤ Anteil durch Schwedenofen 2.800 kWh/a (12%) ➤ Anteil durch Gasbrennwerttherme 900 kWh/a (4%)
Abb. 42	Kumulierte Wärmeanteile	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Im Vergleich zur Prognose lag die tatsächliche Wärme- lieferung durch den WhisperGen rund 5% unter der Hochrechnung
Abb. 43	Absoluter Stromanteil	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Der monatliche Strombedarf schwankt zwischen 500 kWh/Mo. (Mai 2012) und 1.000 kWh/Mo. (Dez 2011)
Abb. 44	Stromver- teilung	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rund ein Viertel des erzeugten Stromes wird ins Stromnetz eingespeist, drei Viertel werden direkt verbraucht ➤ Auch in den Sommermonaten (geringer Stromproduktion) wird ein größerer Anteil des erzeugten Stroms ins Stromnetz eingespeist
Abb. 45	Laufzeit Starts	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die höchste tägliche Laufzeit lag bei über 11 h/Tag (Feb 2012), die geringste bei 1 h/Tag (Jul – Sep 2012) ➤ Die höchste Anzahl an Starts mit 6 pro Tag gab es im Mai 2012, auch der Hilfsbrenner hatte in dieser Zeitspanne mehrere Starts am Tag → Parameter wurden im Juni umgestellt
Abb. 46	Nutzungs- grade	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Der höchste „monatliche“ Gesamtnutzungsgrad lag bei 85% (Feb 2012) ➤ Der niedrigste „monatliche“ Gesamtnutzungsgrad lag bei 62% (Jun 2012)
Abb. 47	Wärmezähler	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Die Auswertung der letzten drei Jahre der Wärmezähler vom WhisperGen, der Solarthermischen Anlage und der Gasbrennwerttherme sind dargestellt ➤ Der Wärmebedarf des Gebäudes ist entsprechend dem Verlauf der Heizzeit (Gradtagszahlen) ➤ Im Jan 2010 lag der Wärmebedarf mit 4.500 kWh/Mo. am Höchsten ➤ Der Warmwasserbedarf im Gebäude liegt bei rund 700 kWh/Mo.

Abb. 39 Bewertung Abb. 40 bis Abb. 47

WEG FR-Ebnet Zartenerstraße 6

Verteilung Wärmeerzeugung Nov 11- Dez 12

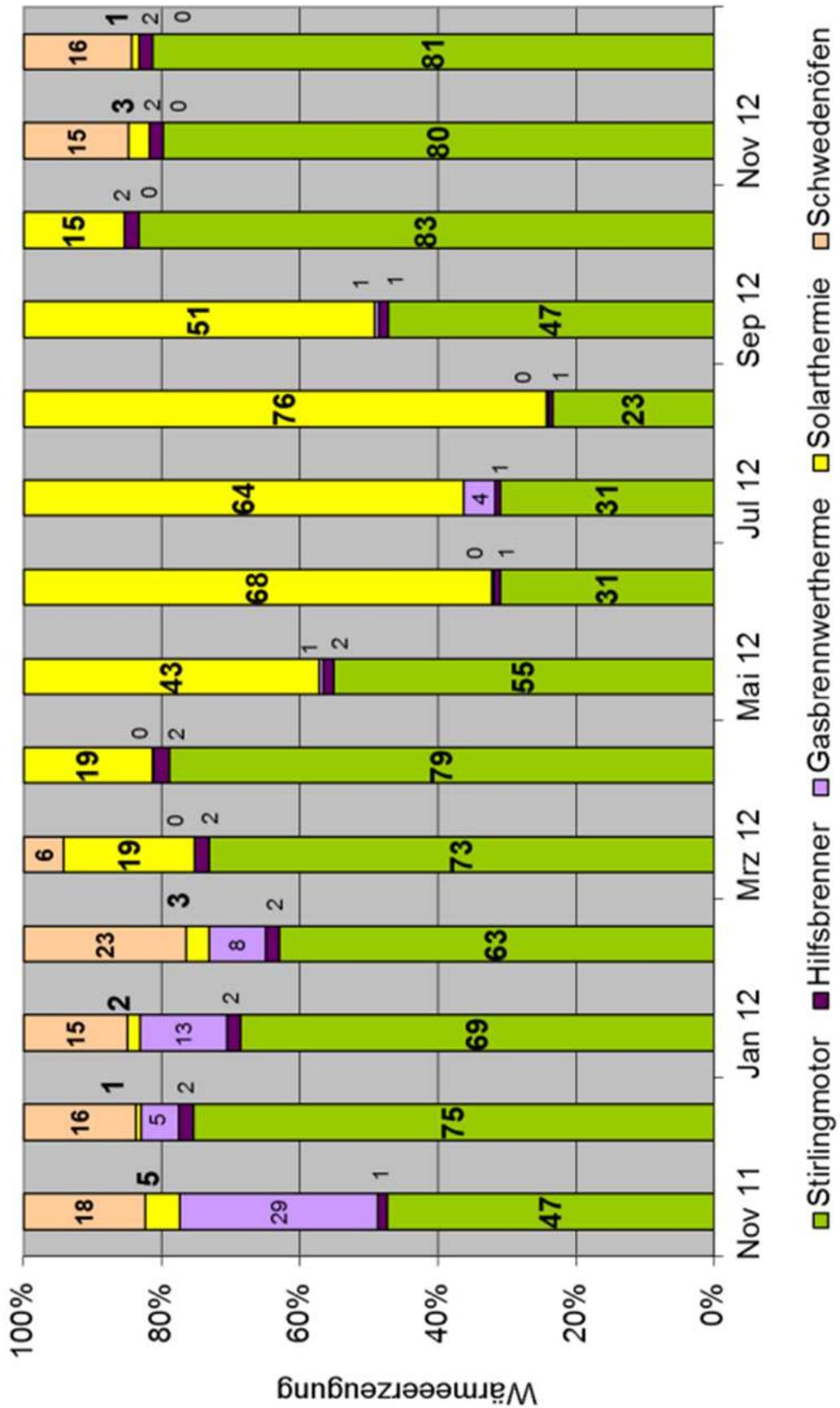


Abb. 40 monatlicher prozentualer Wärmeanteil der Erzeuger am Gesamtbedarf

WEG FR-Ebnet Zartenerstraße 6
 Wärmezeugung Nov 11- Dez 12

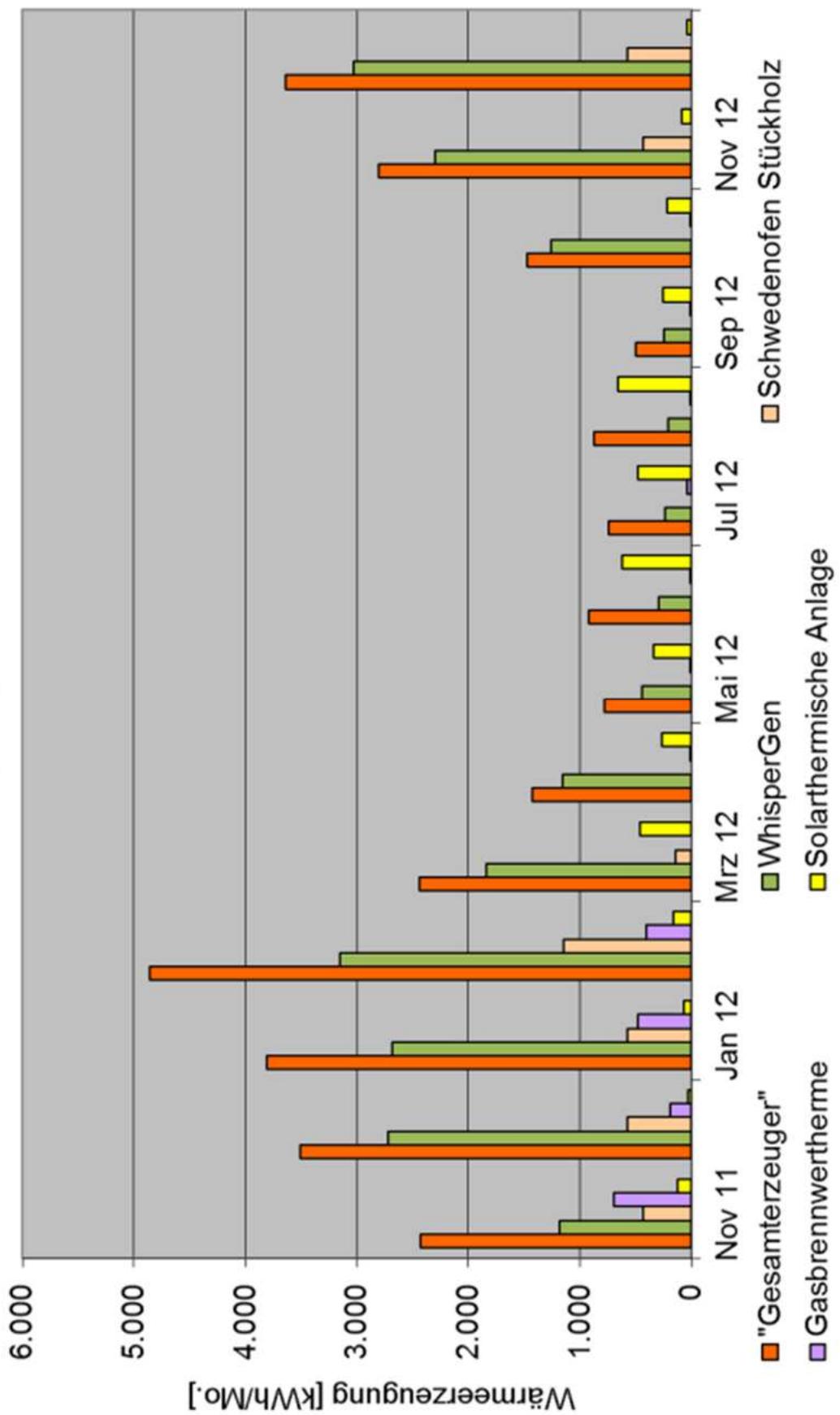


Abb. 41 monatlicher absoluter Wärmeanteil der Erzeuger am Gesamtbedarf

WEG FR-Ebnet Zartenerstraße 6 Wärmeerzeugung Nov 2011- Dez 2012

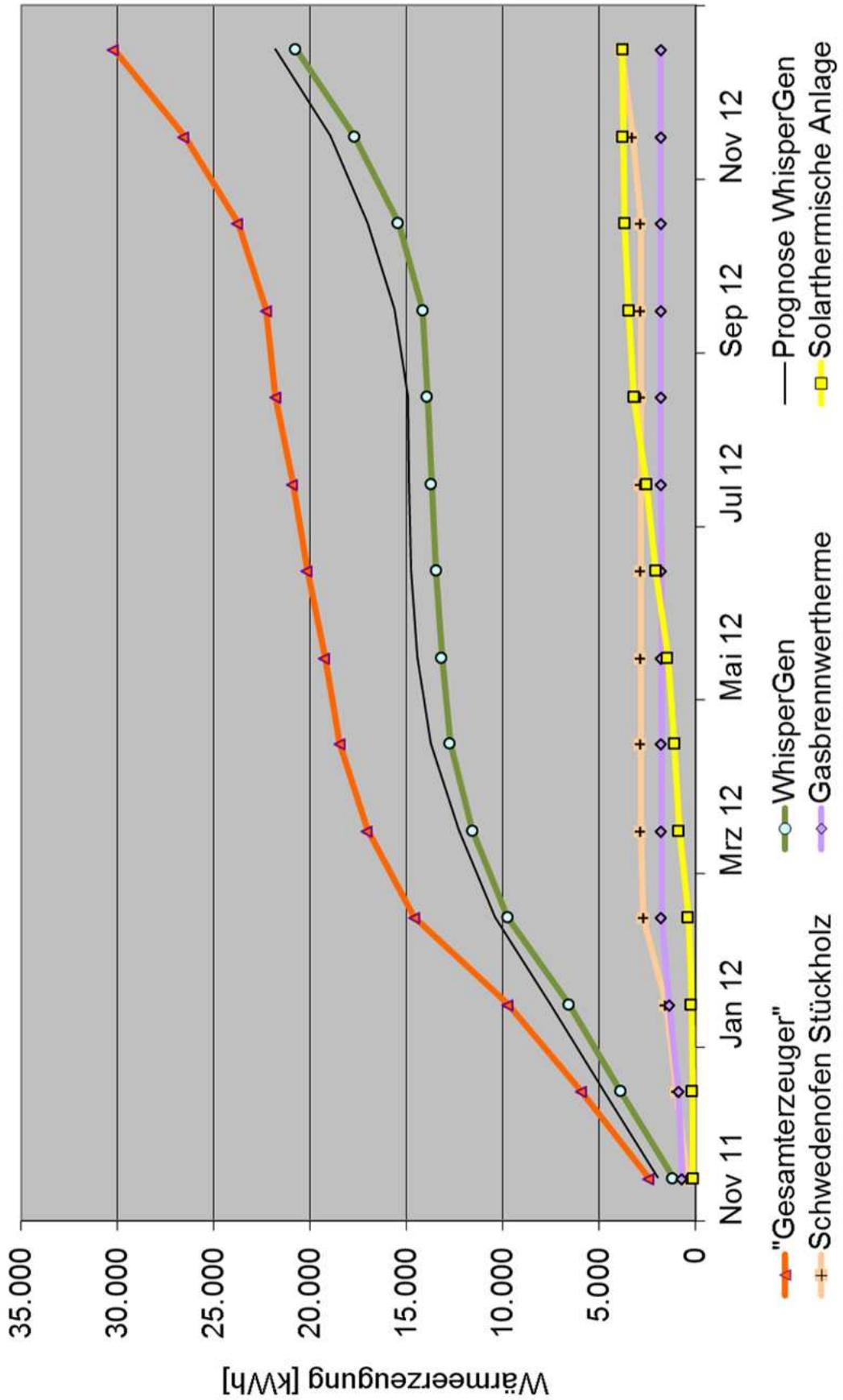


Abb. 42 Kumulierte Wärmebereitstellung

WEG FR-Ebnet Zartenerstraße 6 Strombilanz Nov 11- Dez 12

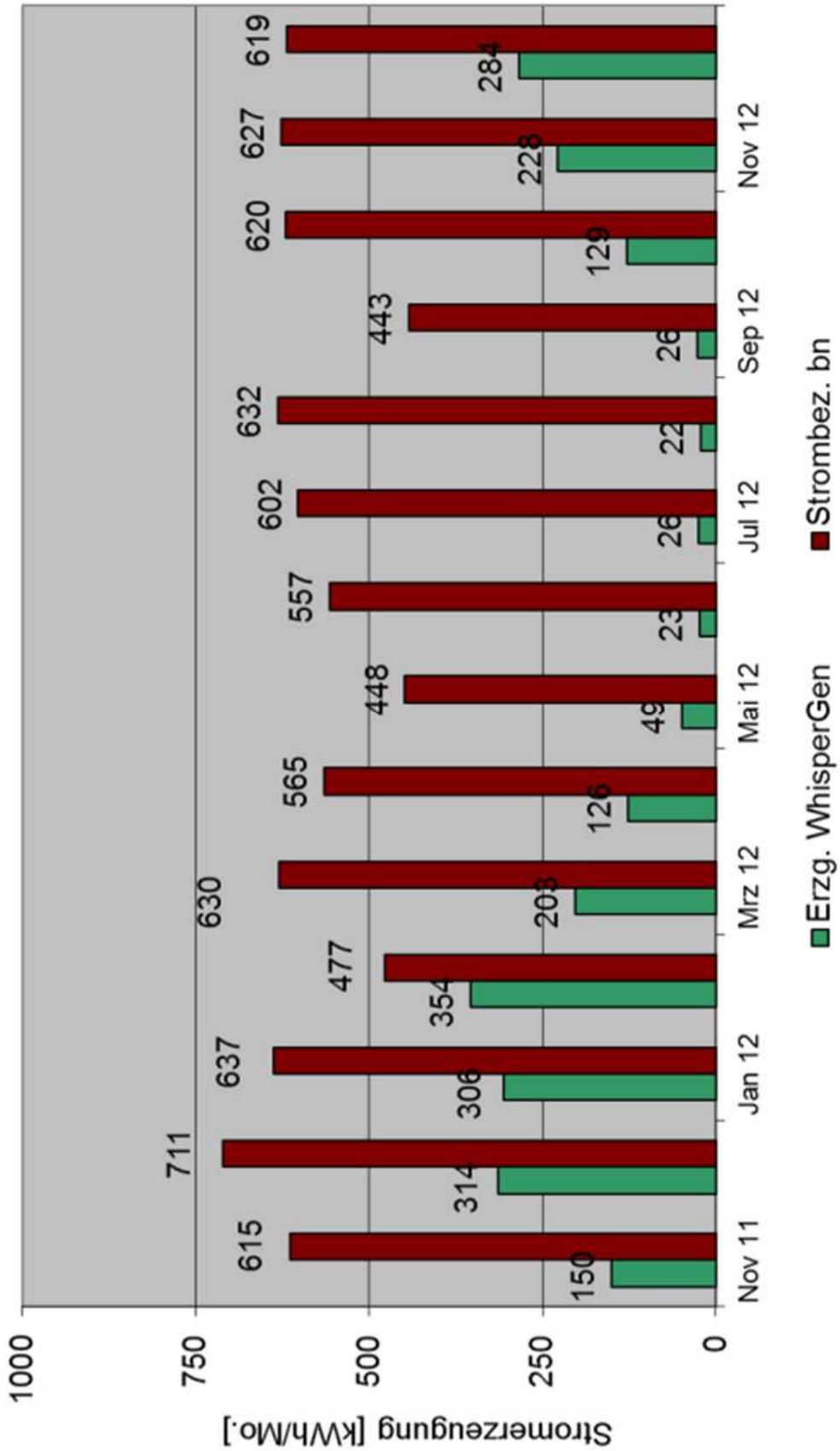


Abb. 43 monatlicher absolute Strommengen durch WhisperGen und Bezug

WEG FR-Ebnet Zartenerstraße 6 Strombilanz Nov 11- Dez 12

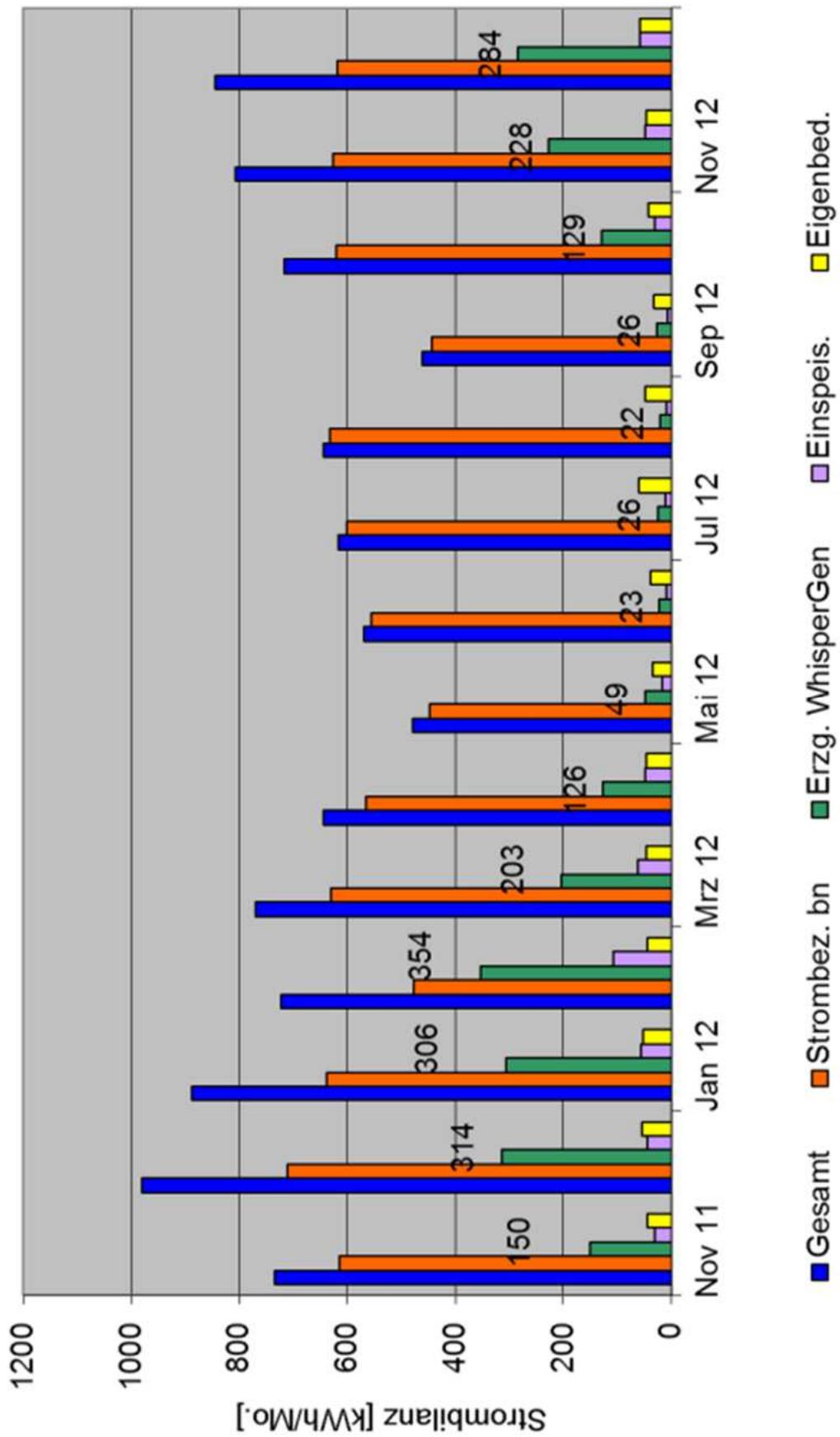


Abb. 44 monatlicher absolute Strommengen durch WhisperGen und Bezug

WEG FR-Ebnet Zartenerstraße 6
 Auswertung WG Nov 11 - Dez 12

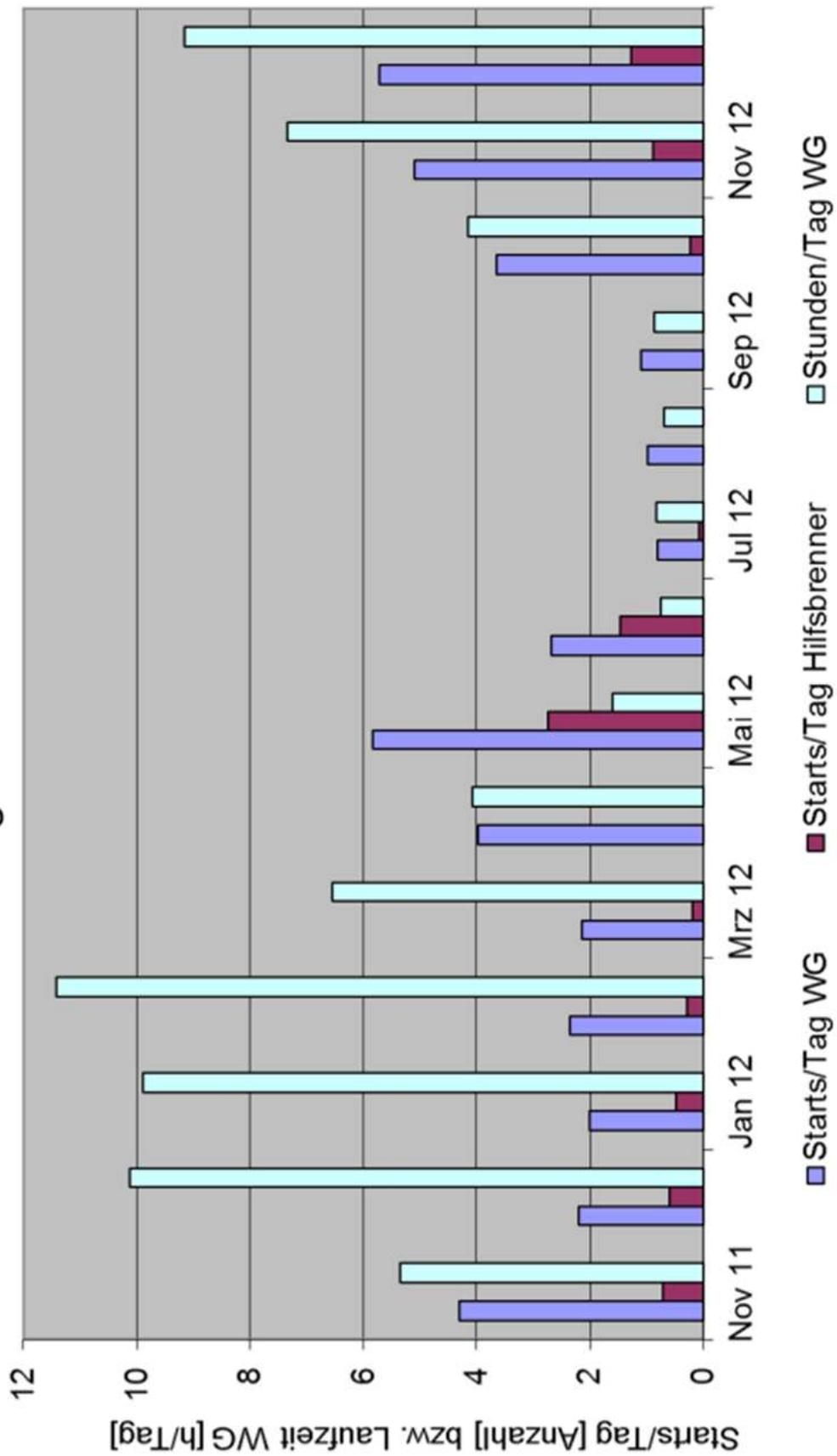


Abb. 45 monatlicher Starts pro Tag und Laufzeit pro Start vom WhisperGen

WEG FR-Ebnet Zartenerstraße 6 Nutzungsgrad Nov 11- Dez12

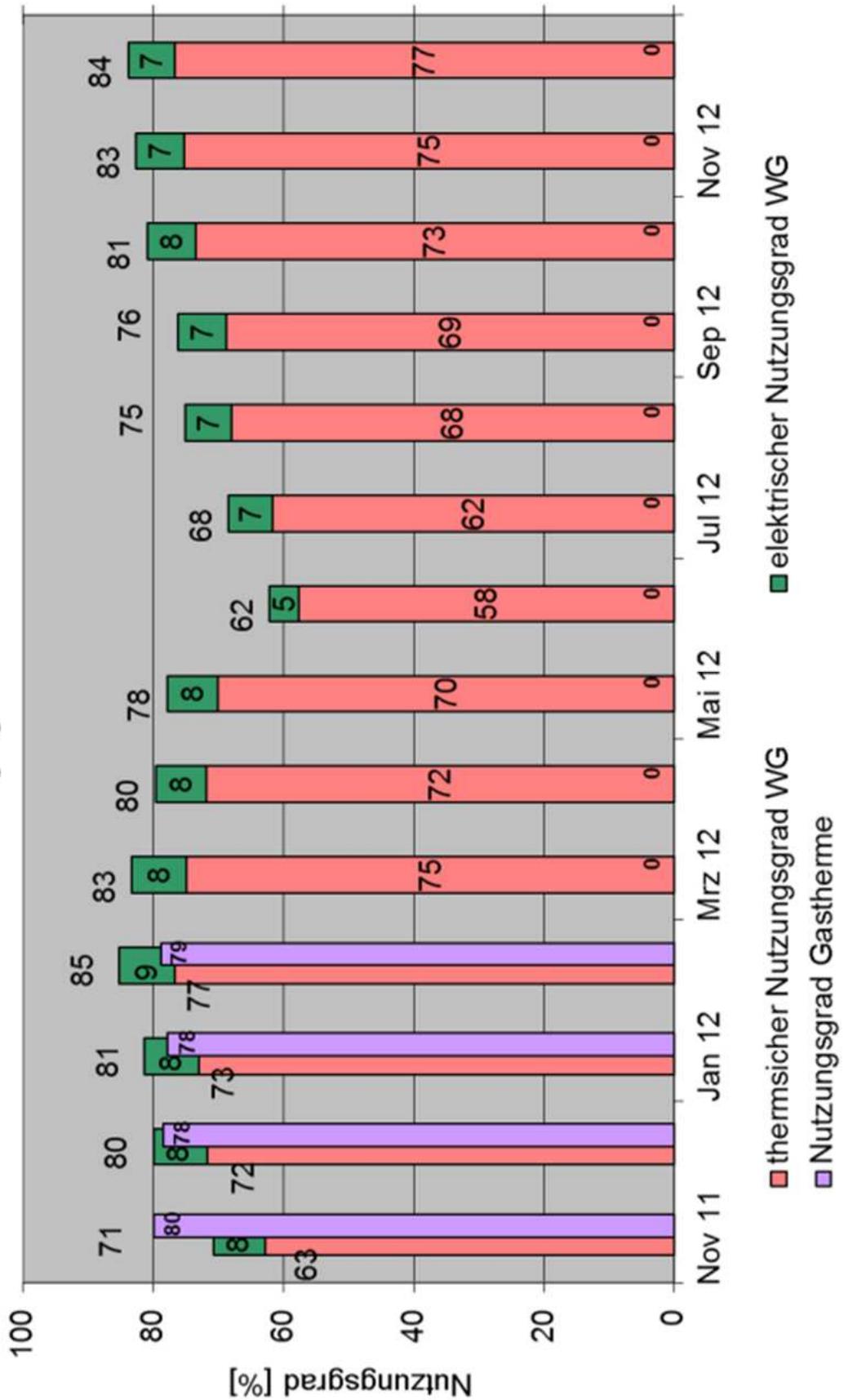


Abb. 46 monatliche thermische und elektrischer Nutzungsgrad vom WhisperGen und Gasbrennwerttherme

Auswertung Wärmehähler Okt 2010 bis Dez 2012

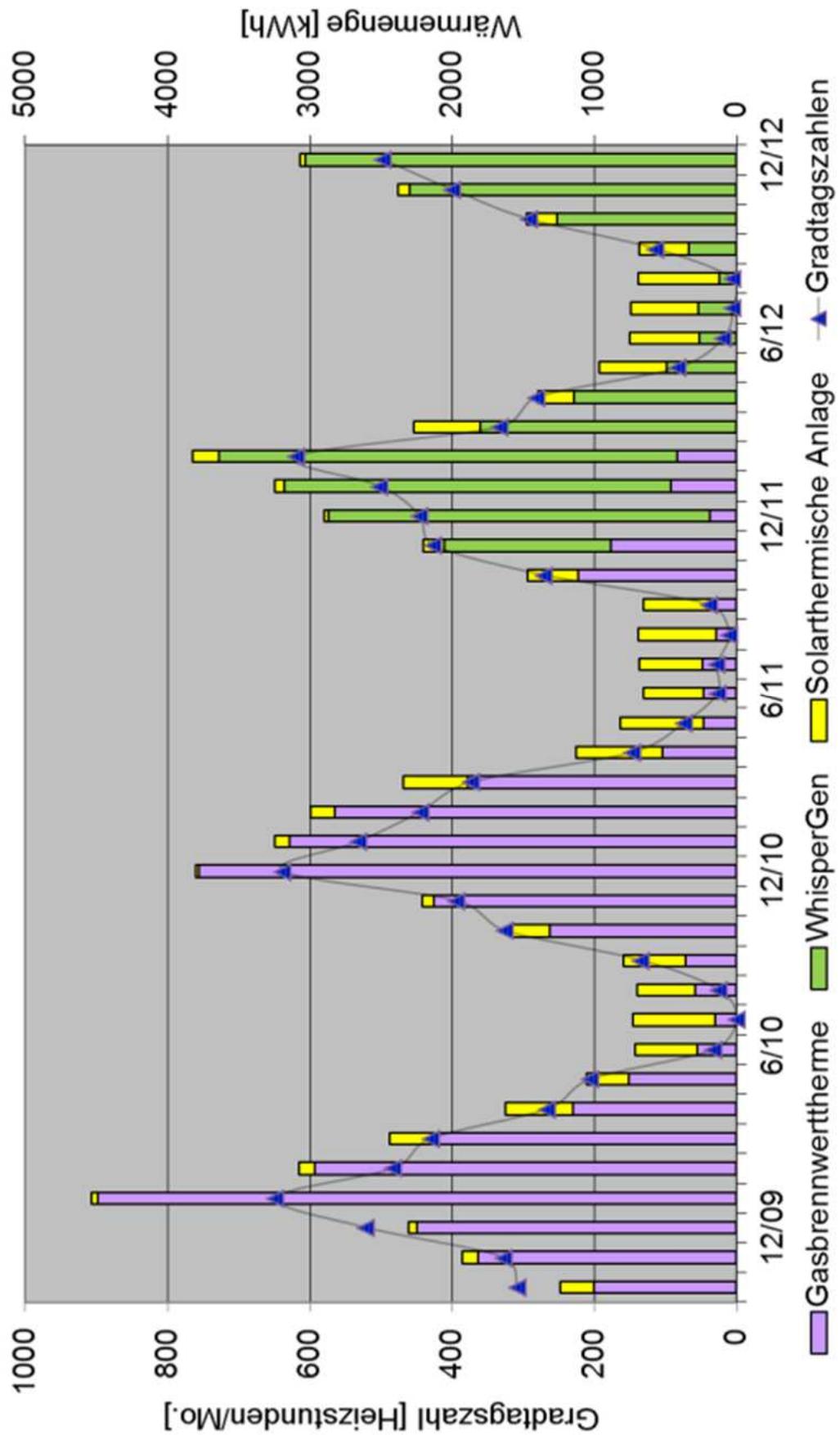


Abb. 47 Auswertung Wärmehähler WhisperGen, Gasbrennwerttherme und Solarthermische Anlage

10.4. Überschlägige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung der Wärmeerzeuger

Folgende Randbedingungen wurden für eine überschlägige Wirtschaftlichkeitsbetrachtung auf Basis der Vollkostenermittlung zu Grunde gelegt:

WhisperGen

- Es wurden die Erdgasmengen und Erdgaskosten vom Zeitraum 01.Jan.2012 bis 31.Dez. 2012 herangezogen.
- Es wurden die Strommengen (Erzeugung, Einspeisung) vom Zeitraum 01.Jan. 2012 bis 31.Dez. 2012 herangezogen.
- Die Abschreibung des WhisperGen wurde auf 15 Jahre (ca. 30.000 Bh) angesetzt.
- Als Investition wurde der Paketpreis von badenova für den WhisperGen mit 18.990,- Euro (abzgl. 1.500 Euro BAFA Zuschuss) angesetzt.
- Zuschüsse durch den Innovationsfonds wurden nicht berücksichtigt.

Brennwerttherme

- Es wurden die Erdgasmengen und Erdgaskosten vom Zeitraum 01.Jan. 2012 bis 31.Dez. 2012 herangezogen.
- Es wurden zudem die Erdgasmengen und Erdgaskosten vom Zeitraum 01.Jan. 2012 bis 31.Dez. 2012 für den Fall „Versorgung Gasbrennwerttherme statt WhisperGen“ hochgerechnet.

Schwedenofen

- Es wurden die verbrannten Holzmengen mit den entsprechenden Holzkosten in Ansatz gebracht.
- Es wurde mit einem Jahresnutzungsgrad von 50% gerechnet.
- Die Abschreibung wurde auf 25 Jahre angesetzt.
- Der Personalaufwand für Holzbeschickung und Ascheentsorgung ist monetär unberücksichtigt.

Solarthermische Anlage

- Die Stromkosten für die Umwälzpumpe sind unberücksichtigt.
- Die Abschreibung wurde auf 20 Jahre angesetzt.

Allgemein

- Unberücksichtigt sind die Kosten für Abgassysteme und Kamin.
- Es wurde mit einem Zinssatz für die Anlagenfinanzierung in Höhe von 3% gerechnet.
- Beim Unterhalt der Wärmeerzeuger wurden die im Jahre 2012 angefallenen Wartungskosten zzgl. 1% der Investition für Instandsetzung in Ansatz gebracht.

Bewertung der Ergebnisse:

- Die „Wärmegestehungskosten“ des WhisperGen liegen unter den oben aufgeführten Annahmen bei ca. 168 Euro/MWh. Aufgrund der für KWK-Anlagen geringen Laufzeit mit weniger als 2.000 Betriebsstunden schlägt der hohe Kapitalwert stark bei der Gesamtwirtschaftlichkeit zu Buche.
- Die reinen Energiekosten (ohne Kapital- und Betriebskosten) des WhisperGen in Höhe von 983 €/a (Erdgaskosten abzgl. Stromgutschrift) liegen rund 30% unter denen einer Gasbrennwerttherme, wenn diese die gleiche Jahreswärmemenge liefern würde.
- Wäre die Wärmeversorgung mit der Gasbrennwerttherme (ohne WhisperGen) erfolgt, so lägen die „Wärmegestehungskosten“ vergleichsweise bei nur rund 131 Euro/MWh (etwa 20% geringer).
- Längere Laufzeiten und steigende Strompreise (zumindest in 2013) werden im 3-Familienhaus die Wirtschaftlichkeit des WhisperGen zwar verbessern, aber insgesamt nicht kostengünstiger wie die einer reinen Versorgung durch die Gasbrennwerttherme sein.

Erzeuger	Whisper Gen		Solarthermie		Gasbrennwerttherme		Schwedenöfen Prog = IST	Gesamt	
	Prognose	IST	Prognose	IST	Prognose	IST		Prognose	IST
Annahmen	2000 Vbh/a	1858 Vbh/a	350 kWh/m²	330 kWh/m²	Rest Vgl. 2011	3 Ster Holz	23.550	24.264	
Wärmemenge	14.000	16.848	4.200	3.639	2.500	2.850	100%	100%	
Anteil an Gesamtwärme	59%	69%	18%	15%	11%	12%	100%	100%	
Primärenergie	19.444	22.770			3.125	5.700	28.269	29.591	
Anteil an Gesamtenergie	69%	77%			11%	19%	100%	100%	
thermischer Nutzungsgrad	72%	74%			80%	50%			
Energiekosten									
Jahreskosten	1.155	1.353	0	0	186	210	1.551	1.629	
Primärenergie	5,94	5,94			5,94	3,68			
Wärme	8,25	8,03	0	0	7,43	7,37			
	1.155	1.353			186	210	1.551	1.629	
Erlöse									
Stromgutschrift	1.600	1.087							
	23,7	23,5							
	-380	-256							
Stromeinspeisung	400	467							
	5,00	5,00							
	-20	-23							
KWK	2.000	1.776							
	5,11	5,11							
	-102	-91							
	-502	-370					-502	-370	
Zwischensumme Energiekosten	653	983							
Investition	17.490	17.490	12.000	12.000	5.000	5.000	37.990	37.990	
Förderfelder			2.000	2.000					
Abschreibung									
Jahre	15	15	20	20	15	15	25	25	
Zins	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	3,0%	
Anuität	8,4%	8,4%	6,7%	6,7%	8,4%	8,4%	5,7%	5,7%	
	1.465	1.465	672	672	419	419	2.757	2.757	
Unterhalt									
x % von Invest	2,0%	1,0%	0,5%	0,5%	1,0%	1,0%			
	350	175	60	60	50	50	35	35	
Schornsteinfeger	0	0	0	0	50	75	50	50	
Wartung	300	208	0	0	150	150	0	0	
	649,8	383	60	60	250	275	1045	803	
Gesamtkosten	2.768	2.831	732	732	854	760	5.352	5.189	
Jahreswärme	14.000	16.848	4.200	3.639	2.500	927	23.550	24.264	
WGK	198	168	174	201	342	174	227	214	

Abb. 48 Vollkostenrechnung der Wärmeerzeuger

Wirtschaftliche Anforderungen

Die Wirtschaftlichkeit eines Mikro-KWK hängt von unterschiedlichen Aspekten ab. Zunächst müssen die kapitalgebundenen Kosten (Investition) aufgebracht werden. Dazu kommen die verbrauchsgebundenen Kosten für die eingesetzte Energie sowie die betriebsgebundenen Kosten, z. B. für Wartung und Instandhaltung. Lange Serviceintervalle und geringer Wartungsaufwand können die Betriebskosten günstig beeinflussen. Durch die Möglichkeit der Stromerzeugung erfordert das Mikro KWK höhere Investitionen als eine konventionelle Heizungsanlage. Dieser Mehrpreis reduziert sich über unterschiedliche Positionen:

- Senkung des Strombezugs aus dem öffentlichen Netz durch Stromeigenproduktion,
- Einspeisevergütung für den in das öffentliche Netz eingespeisten Überschussstrom,
- Vermeidung der Stromsteuer bei der Stromerzeugung für die Eigennutzung (derzeit 2,05 Ct/kWhel),
- Rückerstattung der für das eingesetzte Erdgas entrichteten Energiesteuer in Höhe von derzeit 0,55 Cent pro kWh Erdgas.

Voraussetzung: Für die Strom erzeugende Heizung muss ein Jahresnutzungsgrad von mehr als 70% nachgewiesen werden, was hier der Fall ist. Die Einspeisevergütung und der Einspeiseanteil können den wirtschaftlichen Betrieb einer Strom erzeugenden Heizung beeinflussen. Sie orientiert sich an einem „üblichen Preis“. Für diesen gilt der an der Leipziger Strombörse EEX erzielte durchschnittliche Baseload-Preis des jeweils vorangegangenen Quartals, der im Internet unter www.eex.de öffentlich zugänglich ist.

Abb. 49 zeigt den Strompreisanstieg in 2013 durch die Erhöhung der Umlagen, Steuern und Entgelte. Der spez. Strompreis steigt absolut von 2012 auf 2013 um 2,237 ct/kWh.

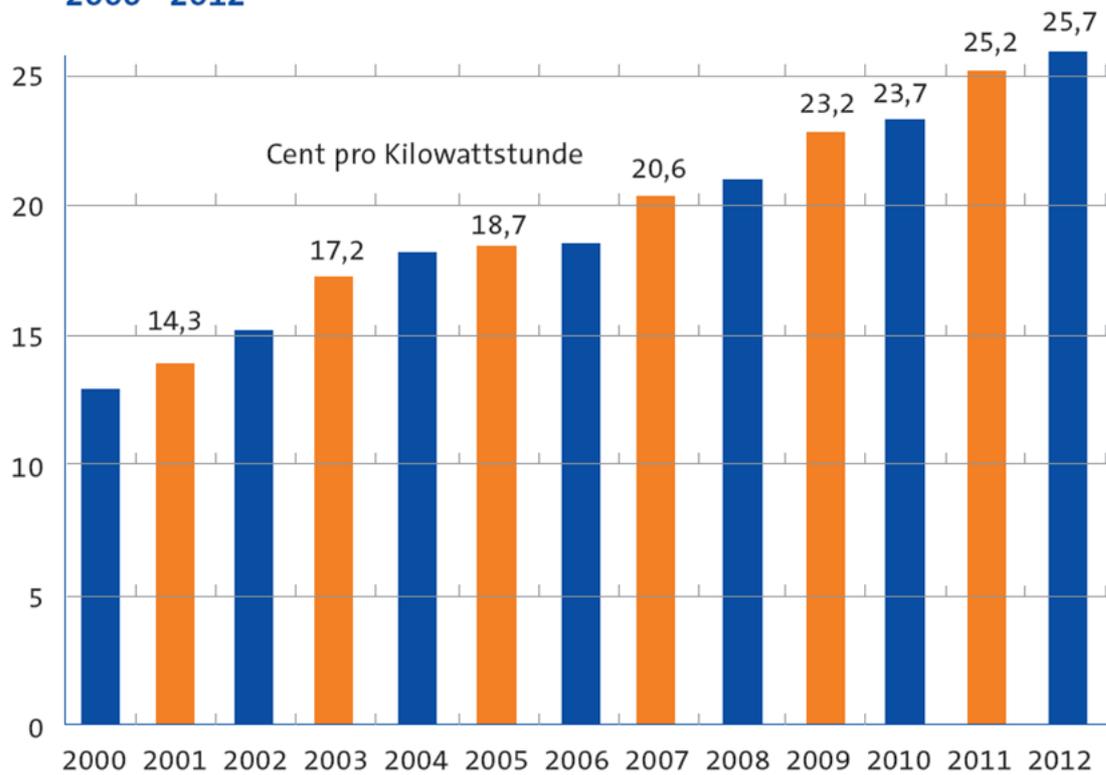
Änderungen zum 01.01.2013 auf der Stromrechnung		2012	2013	Veränderung	
		ct/kWh	ct/kWh	ct/kWh	in %
Erneuerbare-Energie-Gesetz (EEG-Umlage)		3,592	5,277	+ 1,685	+ 47%
Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG-Umlage)	Verbrauch 0 - 100.000 kWh	0,002	0,126	+ 0,124	+ 6.300%
	Verbrauch ab 100.001 kWh*	0,050	0,060	+ 0,010	+ 17%
§ 19 Stromnetzentgeltverordnung (§19 StromNEV-Umlage)	Verbrauch 0 - 100.000 kWh	0,151	0,329	+ 0,178	+ 118%
	Verbrauch ab 100.001 kWh*	0,050	0,050	-	-
Offshore-Haftungsumlage	Verbrauch 0 - 100.000 kWh	-	0,250	neu	
	Verbrauch ab 100.001 kWh*	-	0,050	neu	
Stromsteuer*		2,050	2,050	-	-
Summe der gesetzlichen Umlagen	Verbrauch 0 - 100.000 kWh	5,795**	8,032**	+ 2,237	+ 39%
	Verbrauch ab 100.001 kWh*	5,742**	7,487**	+ 1,745	+ 30%
Netznutzungsentgelte		6,730**	7,420**	+ 0,690	+ 10%

*Steuarentlastungen für das produzierende Gewerbe möglich

Änderungen zum 01.01.2013 auf der Erdgasrechnung		2012	2013	Veränderung	
		ct/kWh	ct/kWh	ct/kWh	in %
Nutzungsentgelte	Durchschnittswert SLP-Anlagen 35.000 kWh	1,397**	1,499**	+ 0,102	+ 7,3%
	Durchschnittswert SLP-Anlagen 100.000 kWh	1,214**	1,309**	+ 0,095	+ 7,8%

Abb. 49 Änderungen Stromkosten durch Erhöhung der Umlagen, Steuern und Entgelte

Entwicklung der Haushaltsstrompreise 2000 – 2012



Quelle: BDEW Stand 5/2012

Abb. 50 Entwicklung Haushaltsstrompreise

Abb. 50 (Quelle BDEW) zeigt die Verdoppelung des Strompreises seit dem Jahr 2000.

Der Anstieg des Strompreises wirkt sich natürlich auch auf die „Vollkosten“ aus. In Abb. 51 ist der Vergleich der Vollkosten für 2012 und 2013 dargestellt (Annahme Erdgaspreis bleibt unverändert).

Erzeuger		Whisper Gen	
		2012	2013
Annahmen		1858 Vbh/a	1858 Vbh/a
Wärmeerzeugung	[kWh/a]	16.848	16.848
Primärenergie	[kWh/a]	22.770	22.770
Energiekosten			
Jahreskosten	[€/a]	1.353	1.353
Primärenergie	[cts/kWh]	5,94	5,94
Wärme	[cts/kWh]	8,03	8,03
	[€/a]	1.353	1.353
Erlöse			
Stromgutschrift	[kWh/a]	1087	1087
Erhöhung Umlage, Entgelte	[ct/kWh]		2,237
	[ct/kWh]	23,5	25,8
	[€/a]	-256	-280
Stromeinspeisung	[kWh/a]	467	467
	[ct/kWh]	5,00	5,00
	[€/a]	-23	-23
KWK	[kWh/a]	1776	1776
	[ct/kWh]	5,11	5,11
	[€/a]	-91	-91
	[€/a]	-370	-394
Investition			
Fördergelder	[€/a]		
Abschreibung			
Jahre	[a]	15	15
Zins	[%]	3,0%	3,0%
Anuität	[%]	8,4%	8,4%
	[€/a]	1.465	1.465
Unterhalt			
x % von Invest	[%]	1,0%	1,0%
		175	175
Schornsteinfeger	[€/a]	0	0
Wartung	[€/a]	208	208
	[€/a]	383	383
Gesamtkosten			
Jahreswärme	[kWh]	16.848	16.848
WGK	[€/MWh]	168	167

Abb. 51 Änderungen Vollkosten durch Erhöhung der Umlagen, Steuern und Entgelte

11. Betrieb des WhisperGen

11.1. EnergyControl

Es wurde eine intelligente und flexible Regelungstechnik für das Heizsystem, das EnergyControl der Fa. Sanevo installiert. Diese hochmoderne Regelung kann jedem Gebäude, deren Bewohnern und Nutzern selbstlernend und vollautomatisch angepasst werden. Zur Optimierung muss die Regelung bedarfsgerecht auf die spezifischen Gegebenheiten eingestellt werden. Mittels Sensoren und Zählern werden alle relevanten Daten, wie z.B. Strom-, Wasser- und Brennstoffverbrauch des Gebäudes erfasst und ausgewertet.

Wärme und sogar Strom werden immer dann bereitgestellt, wenn sie auch tatsächlich gebraucht werden. Gleichzeitig ermöglicht die intuitive Touch-Steuerung höchsten Benutzerkomfort und stellt online alle relevanten Daten des Objekts in Echtzeit grafisch aufbereitet zur Verfügung. Mit EnergyControl kann das komplette Heizsystem komfortabel, intuitiv und ortsunabhängig mittels farbigem Touch-Display, Smartphone, Tablet-PC oder Laptop geregelt und überwacht werden.



Abb. 52 Display EnergyControl

Die Vorteile im Überblick

- Steuerung von 3 individuell einstellbaren Heizkreisen inkl. einem Solarheizkreis
- Integration von bis zu 4 Wärmeerzeugern
- Auch geeignet für drehzahlgeregelte Hocheffizienzpumpen
- Auslesen und Anzeigen aller Betriebsparameter in Echtzeit
- Stromoptimierte Betriebsweise für stromerzeugende Heizungen oder BHKWs
- Farbigen 5,7" Touch-Display
- Grafische Darstellung der Sensorwerte
- OnlineConnect integriert zur ortsunabhängigen Online-Überwachung via Internet
- Fernsteuerung der Grundfunktionen via Internet
- Service-Zugriff und Software-Updates via Internet (nach Freigabe durch den Benutzer)
- Komfortabler und intuitiver Fernzugriff mit Ihrem Smartphone oder Tablet-PC über die Sanevo EnergyControl-App

Abb. 53 zeigt das in der Heizzentrale an der zentralen Mess-Steuer-Regelungseinheit installierte Display. Die historischen und aktuellen Daten können in dieser Form grafisch angezeigt werden. Dargestellt sind die Speichertemperaturen (oben, mittig und unten) sowie die elektrische Leistung des WhisperGen für Sonntag den 11. Dez. 2011. Zu diesem Zeitpunkt waren einzelne Parameter noch nicht auf die spezifischen Gegebenheiten angepasst. Deutlich zu erkennen ist, dass der Speicher im mittleren Bereich noch nicht voll aufgeheizt war, als der WhisperGen wieder abschaltete.



Abb. 53 Display Heizzentrale 11 Dez 2011

Mit EnergyControl ist die Bedienung der Heizung sehr einfach. Das übersichtliche Menü sowie die selbsterklärende grafische Benutzeroberfläche werden über ein farbiges 5,7" Touch-LCD-Display dargestellt. Alle Funktionen können schnell und einfach per Fingertipp bedient werden. Die Informationen zu jeder Einstellungsmöglichkeit werden direkt im Display als Klartext angezeigt.

11.2. Fernzugriff über OnlineConnect

Ist EnergyControl auf die Gegebenheiten eingestellt, ist der Betrieb vollautomatisch. Dennoch ist jederzeit der ortonabhängige Online-Zugriff auf das Heizungssystem mit dem im EnergyControl integrierten OnlineConnect möglich. Dabei kommuniziert man mit der Heizung direkt über das Internet. Alle relevanten Daten werden grafisch aufbereitet und passwortgeschützt hinterlegt. Außerdem kann der Heizungsfachpartner mittels Ferndiagnose den sicheren Betrieb der Heizungsanlage prüfen. Im Falle von Störungen kann per E-Mail eine Meldung versendet werden. Um Komfort mit Sicherheit und Datenschutz zu verbinden, verwendet EnergyControl höchste Verschlüsselungsstandards. Die Verbindung erfolgt außerhalb des heimischen Netzwerkes automatisch über einen sicheren Sanevo-Server, der das Endgerät dem zugehörigen Gateway zuweist.

Auf der „Live Ansicht“ Seite werden sämtliche aktuelle Temperaturen des Speichers und des Vor- und Rücklauf in Echtzeit angezeigt. Zudem wird die aktuelle elektrische Leistung, die Stromzählerdaten und die Laufzeit sowie Starts von Stirlingmotor und Hilfsbrenner angezeigt.



WhisperGen: Übersicht

WhisperGen

Live Ansicht

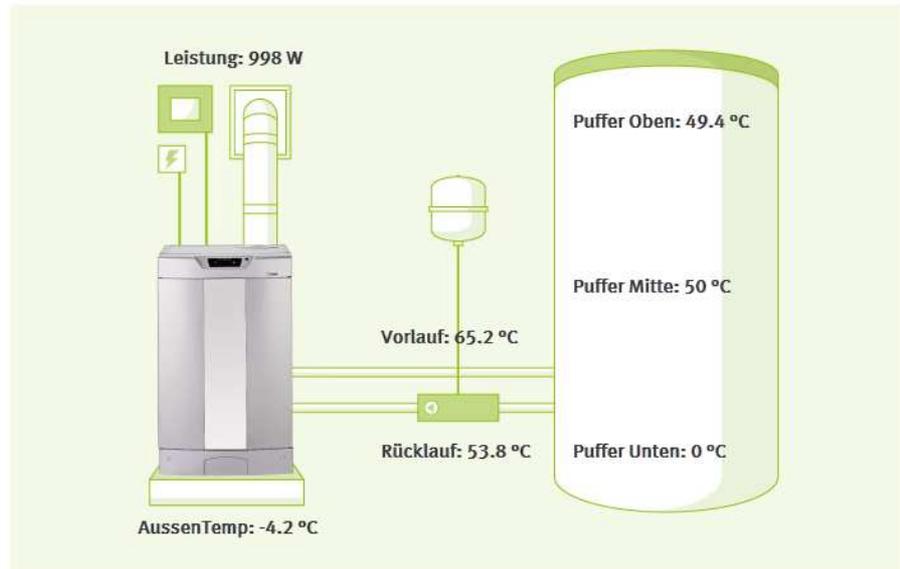
Graph Ansicht

Detail Ansicht

Kunde: Weiler

Standort: 79117 Freiburg

Regelung: 337



Status	
Brenner:	An
Zusatzbrenner:	Aus
Aktualisierung:	<input type="text"/>

Aktuelle Werte	
Elektrische Leistung:	998 W
Spannung:	235 V
Laufzeit Stirling:	3.91 h
Laufzeit Zusatzbrenner:	0 h

Zähler	
Elektrische Energie gesamt:	2417.9 kWh
Elektrische Energie Jahr:	82.5 kWh
Laufzeit Stirling ges.:	2530.77 h
Laufzeit Stirling Jahr:	86.05 h
Stirling starts:	1369
Laufzeit Zusatzbrenner ges.:	139.37 h
Laufzeit Zusatzbrenner Jahr:	11.6 h
Zusatzbrenner starts:	303
Zusatzbrenner Anteil an Wärmeerzeugung:	5.51 %

Abb. 54 Ansicht Sanevo onlineConnect Ferneinwahl „Live Ansicht“

Auf der „Graph Ansicht“ Seite werden die Puffertemperaturen und die elektrische Leistung angezeigt. Es gibt die Möglichkeit einer Tagesansicht, Wochenansicht oder einer Monatsansicht.



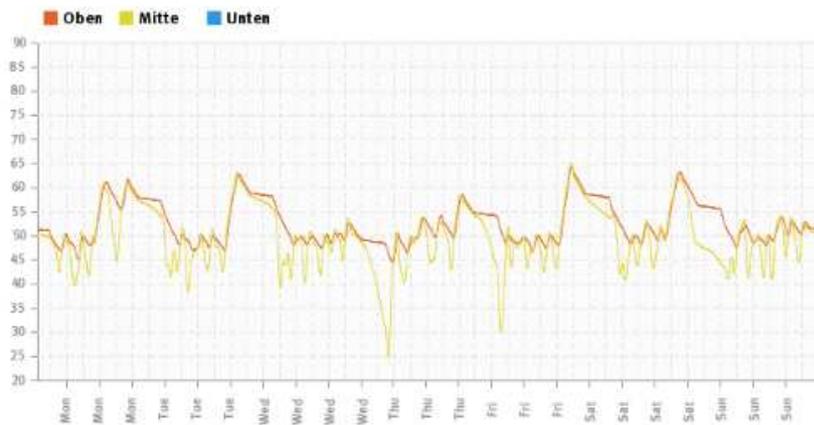
Graphen

- WhisperGen
- Live Ansicht
- Graph Ansicht
- Detail Ansicht

Kunde: Weiler
 Standort: 79117 Freiburg
 Regelung: 337

[Tagesansicht](#) [Wochenansicht](#) [Monatsansicht](#)
[< Woche Zurück](#) Mon, December 31, 2012 [Woche Vor ->](#)

Puffer Temperaturen [°C]



Strom [Watt]

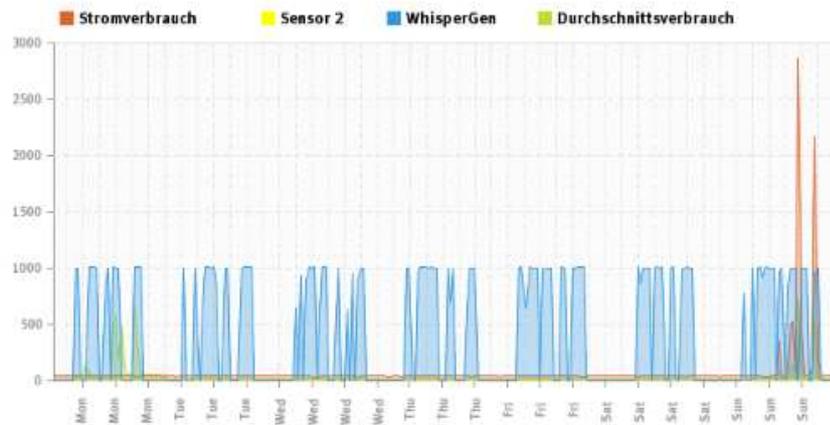


Abb. 55 Ansicht Sanevo onlineConnect Ferneinwahl „Graph Ansicht“

Auf der „Detail Ansicht“ Seite kann eine Grafik entsprechend der Auswahl der gewünschten Sensoren erstellt werden. Es gibt die Möglichkeit Temperaturen (Speicher, Vor- und Rücklauf) und/oder die elektrische Leistung über einen beliebig einstellbaren Zeitraum darzustellen. Die ausgewählten Daten können über „exportieren“ in ein Tabellenkalkulationsprogramm übertragen werden.



Abb. 56 Ansicht Sanevo onlineConnect Ferneinwahl „Detail Ansicht“

Abb. 57 zeigt die obere und mittlere Speichertemperatur im Zeitraum vom 23. Jan. 2012 bis 25. Jan. 2012. Pro Tag gab es je 2 Starts des Stirlingmotors. Diese Betriebsweise konnte erzielt werden, indem der WhisperGen von 23 Uhr bis 5 Uhr verriegelt wurde. Zudem wurde eine Mindestlaufzeit des Stirlingmotors von 2 Stunden eingestellt. In Abb. 58 sind die gleichen Messdaten für den Zeitraum vom 23. Jan. 2012 bis 29. Jan. 2012. Gut zu erkennen ist, dass die Abschaltung des Stirlingmotors erst bei voller Speicherbeladung erfolgte (obere = mittlere Speichertemperatur).

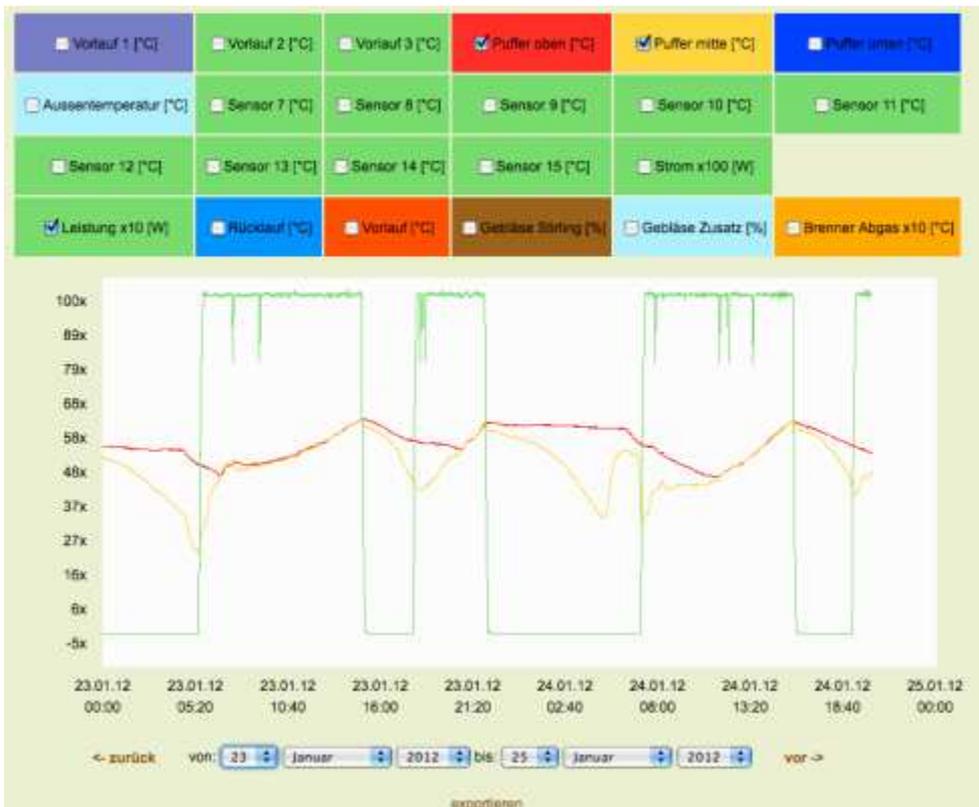


Abb. 57 Speichertemperaturen und Betrieb WhisperGen - 23. Jan. 2012 bis 24. Jan. 2012

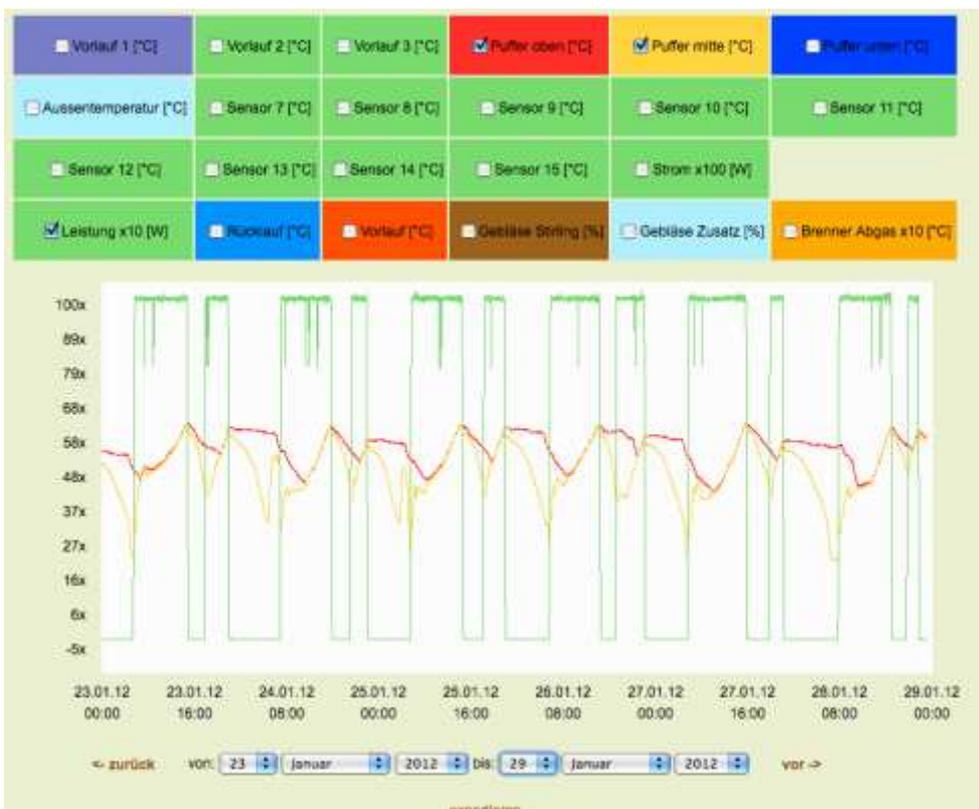


Abb. 58 Speichertemperaturen und Betrieb WhisperGen - 23. Jan. 2012 bis 29. Jan. 2012

Abb. 59 zeigt ebenfalls die obere und mittlere Speichertemperatur im Zeitraum vom 11. Jul. 2012 bis 17. Jul. 2012. Pro Tag gab es nur max. 1 Start des Stirlingmotors. Diese Betriebsweise konnte erzielt werden, indem der WhisperGen von 20 Uhr bis 5 Uhr verriegelt wurde. Zudem wurde eine Mindestlaufzeit des Stirlingmotors von 1 Stunde eingestellt. Gut zu erkennen sind die Aufheizphasen durch die Solarthermische Anlage. In dem dargestellten Zeitraum gab es längere Schlechtwetterphasen, so dass durch den fehlenden Wärmeeintrag der Solarthermische Anlage die mittlere Pufferspeichertemperatur auf unter 50°C abfiel, was zur Folge das Einschalten des WhisperGen hatte.



Abb. 59 Speichertemperaturen und Betrieb WhisperGen - 11. Jul. 2012 bis 17. Jul. 2012

Abb. 60 zeigt ebenfalls die obere und mittlere Speichertemperatur im Zeitraum vom 30. Okt. 2012 bis 01. Nov. 2012. Am 31. Okt. 2012 kam es zu vermehrten Starts. Ursache hierfür war ein Wackelkontakt an einer Temperatursensor-Messstelle.

Sensoren

<input checked="" type="checkbox"/> Vorlauf 1 [°C]	<input type="checkbox"/> Vorlauf 2 [°C]	<input type="checkbox"/> Vorlauf 3 [°C]	<input checked="" type="checkbox"/> Puffer Oben [°C]
<input checked="" type="checkbox"/> Puffer Mitte [°C]	<input type="checkbox"/> Puffer Unten [°C]	<input type="checkbox"/> AussenTemp [°C]	<input type="checkbox"/> Zirkulation RL [°C]
<input type="checkbox"/> RaumTemp 1 [°C]	<input type="checkbox"/> RaumTemp 2 [°C]	<input type="checkbox"/> RaumTemp 3 [°C]	<input type="checkbox"/> Heizung VL [°C]
<input type="checkbox"/> Heizung RL [°C]	<input type="checkbox"/> Aussenschalter []	<input type="checkbox"/> Abschaltsensor []	<input type="checkbox"/> Sperrkontakt x10 []
<input type="checkbox"/> Strom1 x100 [W]	<input type="checkbox"/> Strom2 x100 [W]		

WhisperGen

<input checked="" type="checkbox"/> Leistung x10 [W]	<input type="checkbox"/> Rücklauf [°C]	<input type="checkbox"/> Vorlauf [°C]	<input type="checkbox"/> Fanblase Stirling [%]
<input type="checkbox"/> Gebläse Zusatz [%]	<input type="checkbox"/> Brenner Abgas x10 [°C]		

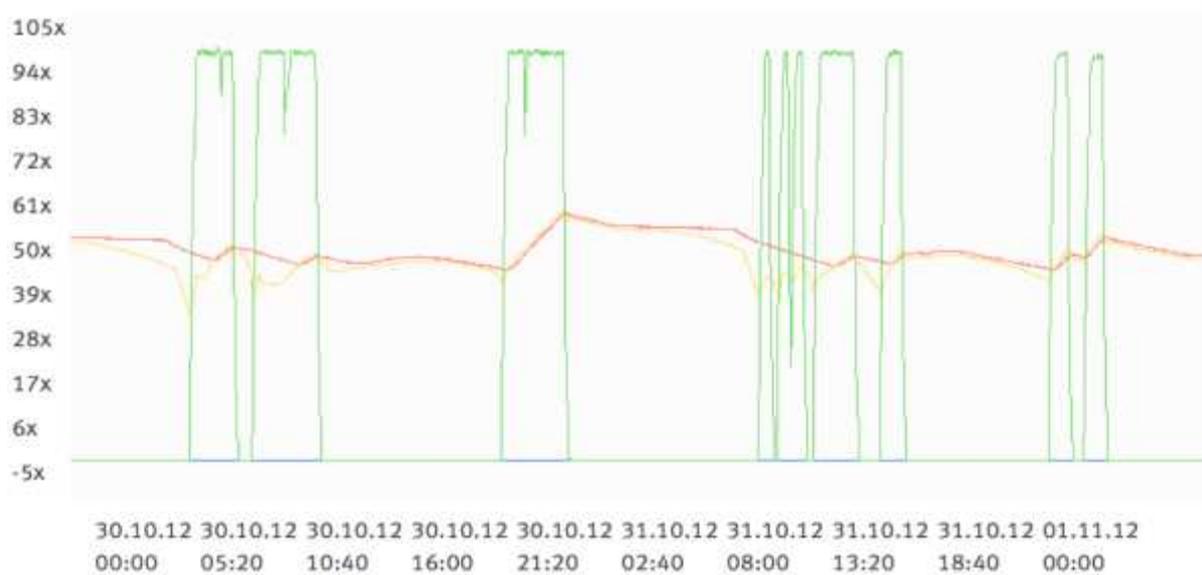


Abb. 60 Speichertemperaturen und Betrieb WhisperGen - 30. Okt. 2012 bis 1. Nov. 2012

11.3. Aufgetretene Probleme und Störungen

Im Zeitraum 04. Nov. 2011 bis 31. Dez. 2012 gab es zwei Störungen, in denen der Einsatz des Servicepersonals von Sanevo notwendig war:

- Am 02. Jul. 2012, nach 1623 Betriebsstunden, musste die Regeleinheit aufgrund eines Totalausfalls ersetzt werden
- Am 26. Jul. 2012, nach 1647 h, musste der Temperatur-Sicherheitsschalter und einige Komponenten der Elektronik erneuert werden

Zu den Serviceeinsätzen der Fa. Sanevo ist folgenden anzumerken:

- Umgehende Störungsbeseitigung nach Eintreten der Störung (durch die direkte Störungsübertragung konnte der Service direkt reagieren)
- sehr professionell und zuverlässig
- gute Dokumentation (Serviceberichte) für den Kunden hinterlassen
- alle Serviceeinsätze gingen auf Garantie

Service-Wartungsvertrag

Ein Service-Wartungsvertrag wurde erst am 01. Dez. 2012 mit der Fa. Sanevo abgeschlossen. Trotz mehrfacher Aufforderung unsererseits, hat es ein Jahr gedauert, bis die vertraglichen Unterlagen bei uns eingingen. Folgende Leistungen beinhaltet der Service-Wartungsvertrag:

- Inspektionsintervall nach einem Jahr oder 4.000 Betriebsstunden
- Inspektion umfasst: Prüfen, Reinigen des Brenners, des Stirlingmotors, des Zusatzbrenners im Wärmetauscher sowie der Überwachungselektroden
- Verschleißteile bei Bedarf tauschen (Elektroden, Anoden, Filter, Dichtungen, ...)
- Prüfung der Abgasanlage
- Durchführung der Emissionsmessung und Erstellen eines Protokolls
- Prüfen des Vordrucks des Ausdehnungsgefäßes
- Prüfen des Fülldrucks des Primärkreises und des Heizkreises
- Dichtigkeitskontrolle der gas- und wasserseitige Verbindungen
- Prüfung der elektrischen Verbindungen auf festen Sitz
- Durchführung einer allgemeinen Funktionsprüfung
- Kleinteile bis 30 Euro sind in der Pauschalen enthalten, Ersatzteile die darüber hinausgehen werden in Rechnung gestellt
- Service-Wartungspauschale kostet 175,- Euro netto, wenn online Connect Internet-Fernüberwachung vorhanden ist, ansonsten 215,- Euro netto
- Zusätzliche Arbeiten werden mit einem Stundensatz von 75,50 Euro/h netto in Rechnung gestellt
- Vergütungssätze steigen entspr. der Gleitung des Verbraucherpreisindex Nr. 61111-0002 vom Statistischen Bundesamt

Nicht enthaltene Leistungen durch Sanevo sind:

- Beseitigung von Schäden und Störungen, die nicht durch Sanevo zu vertreten sind, hierzu zählen folgende Ursachen wie fehlerhafte Bedienung des Kunden, Beschädigungen durch Dritte, Veränderungen an Abgasführung oder Be- und Entlüftungseinrichtung, veränderte Einstellungen in der Techniker-Menüebene, Störungen an der elektrischen Zuleitungen, Schäden durch Feuer, Frost, Bruch, Wasser, ...
- Ein eventueller Abbau und Aufbau an einem anderen Ort
- Veränderungen bei der vorhandenen Installationsumgebung, z.B. Änderung der elektrischen Anbindung, der Wasser- und Abwasseranschlüsse, des Gasanschlusses, ..

Vertragsdauer:

- Mindestlaufzeit 2 Jahre, bei Abschluss der Technologieversicherung 5 Jahre
- Kündigungsfrist 3 Monat vor Ablauf des nächsten Wartungsintervalls

12. Schlussfolgerung und Empfehlung

Im Vergleich zu herkömmlichen Heizkesselanlagen liefert der WhisperGen Wärme und Strom gleichzeitig. Die Strom erzeugende Heizung ist damit die innovative Lösung für eine nachhaltige Energieversorgung. Zentrum des Systems ist ein Stirlingmotor, der von der Wärme angetrieben wird, die durch die Verbrennung von Erdgas entsteht. Der Gesetzgeber hat die Zukunftsperspektive dieser Technologie erkannt und gewährt deshalb einen KWK-Bonus.

Durch die gleichzeitige Erzeugung von Strom und Wärme ist die Mikro-KWK-Anlage energieeffizient. Im Vergleich zu den großen Stromkraftwerken, die bis zu zwei Drittel der eingesetzten Energie verschwenden, setzt der WhisperGen insgesamt bis zu 92 Prozent (bezogen auf Hu) gleichzeitig in Strom und Wärme um. Da geringe Übertragungsverluste auftreten, gilt die Kraft-Wärme-Kopplung als wirksame Maßnahme zur Senkung der CO₂-Emissionen. Mit dem WhisperGen handelt man also nicht nur innovativ, sondern man leistet einen aktiven Beitrag zum Umweltschutz.



Durch die kompakte Bauweise, vergleichbar mit den Abmessungen einer Standard Waschmaschine, und einem Gewicht von nur 150 kg, passt der WhisperGen problemlos in jeden Heizungskeller. Das richtige Energiemanagement spielt eine wichtige Rolle bei der Effizienz der Anlage. Mit der Regelung EnergyControl werden Wärme und Strom immer dann bereitgestellt, wenn diese auch benötigt werden.

Um den Energiebedarf optimal steuern zu können, ist es entscheidend, dass sich die Regelung an das Gebäude und deren Bewohner anpasst. EnergyControl lässt sich individuell auf die Gegebenheiten programmieren und stellt online alle relevanten Daten in Echtzeit zur Verfügung. Regeln und überwachen des Whisper-Gen ist sehr einfach, intuitiv und ortsunabhängig per farbigem Touch-Display, Smartphone, Tablet-PC oder Laptop.

Die Vorteile des WhisperGen (Quelle WhisperGen Broschüre badenova)

- Erzeugung von Heizwärme, Warmwasser und Strom
- erfolgreich erprobte, innovative Technik
- umweltfreundlich durch geringen Emissionsausstoß und hohen Wirkungsgrad
- zuverlässig und geräuscharm
- platzsparend durch kompaktes Design
- senkt die Stromkosten
- Vermeidung von Übertragungsverlusten durch dezentralen Einsatz
- größere Unabhängigkeit gegenüber Energieversorgern
- erfüllt neueste Energiesparauflagen
- geringe Wartungskosten

Der integrierte Stirlingmotor mit einer Leistung von 1,0 kW (elektrisch) wird von der Wärme angetrieben, die durch die Verbrennung von Erdgas entsteht. Da die Erdgasverbrennung außerhalb des Motors stattfindet, ist dieser nicht nur besonders effizient, sondern auch leise, wartungsfreundlich und emissionsarm. Dank einer Heizungsvorlauftemperatur von 70 °C ist das Energiepaket normalerweise in alle Heizungssysteme zu integrieren – egal, ob Radiatoren- oder Fußbodenheizung, ob Modernisierung oder Neubau.

13. Danksagungen

Abschließend dankt der Autor des Schlussberichts, Herr Dipl. Ing. Christoph Weiler,

- der badenova für die finanzielle Unterstützung und speziell Frau Anke Held sowie den Herren Hans-Jürgen Hamburger und Bernd Altenburger für die gute Kooperation während der gesamten Laufzeit des Projektes, der Unterstützung, beim Interessensabgleich und für viele, hilfreiche Diskussionsbeiträge.
- dem Architekten Herrn Alfons Erne für die Umplanung während der Bauphase
- der Firma Sanevo für die Lieferung und den technischen Support
- den Firmen Mößner und Konzmann für die heizungstechnische Ausführung
- dem Ingenieurbüros tga Planungsbüro Freiburg, Herrn Ewald Zink für die Beratung
- der Firma H&S für die Unterstützung bei der MSR-Technik
- der Werbeagentur Münchrath. Die Werbeschmiede bei der Ausfertigung der Informationstafel

14. Anhang

14.1. Das Systempaket (Stand 2012)

Sanevo

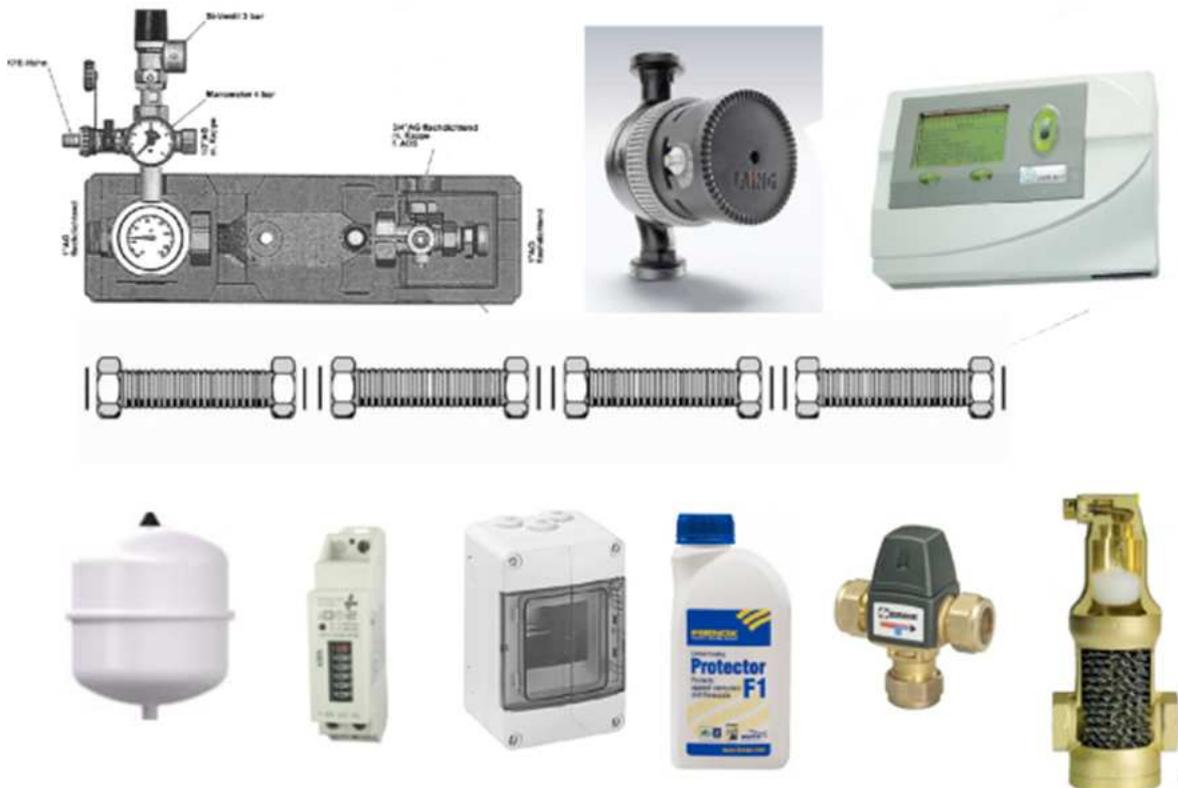
Beim deutschen Vertriebspartner Sanevo kostet der WhisperGen "unter EUR 10.000,-". Dafür erhält der Kunde die Brennwertheizung mit Flächenstrahlungsbrenner, einen Brennwertzusatzbrenner und einen 4-Zylinder-Stirlingmotor mit Generator zur Stromerzeugung. Weitere Systemkomponenten wie z.B. der Pufferspeicher, sowie die Installation und Inbetriebnahme sind in diesem Preis **nicht** enthalten.

- WhisperGen Einzelgerät: 9.050,- € netto
- WhisperGen Systempaket (siehe unten): 13.185,- € netto; das Systempaket umfasst
- WhisperGen Systempaket inkl. Montage (durch Sanevo): 17.225,- € netto; die Montage umfasst allgemeine Leistungen, Montage WhisperGen und Inbetriebnahme und Übergabe

Das von Sanevo angebotene Systempaket beinhaltet folgende Komponenten:

Montage-Set

- Pumpen-Set mit voreinstellbarer Hocheffizienz-Umwälzpumpe, Manometer, Thermometer, Überdruckventil, Mikroblasen Luftabscheider Befüll- und Entleerungseinrichtung, Absperrkugelhähne
- Ausdehnungsgefäß 12 Liter mit Wandhalter
- Ein mal 2 Meter Edelstahlwellrohr DN 20 als Vorlaufanschlussleitung und zwei mal 1 Meter Edelstahlwellrohr DN 20 als Rücklaufanschlussleitung zwischen WhisperGen und Multihygiene-Pufferspeicher
- 1 Meter Edelstahlwellrohr DN 16 als Anschluss an das Ausdehnungsgefäß
- Verbrühungsschutz Mischautomat für den Einbau in die Warmwasserleitung 500 ml
- Fernox Protector F1 Korrosionsschutzmittel



Regelung

- Witterungsgeführte Regeleinheit zur Ansteuerung der Systemanlage und zwei geregelten Heizkreisen. Die Bedienung erfolgt über ein Scrollrad. Die Anzeige erfolgt über ein Großflächendisplay. Die Regelung sorgt für einen wirtschaftlichen Betrieb und die erforderlichen Komfortansprüche in Bezug auf Raumwärme und Warmwasserversorgung.
- Vorlauffühler, Außentemperaturfühler und drei Sensorfühler sind im Lieferumfang enthalten.

Stromzähler

- Geeichter Stromzähler Elektronischer 1-Phasen-Wechselstrom Hutschienenzähler mit schockfestem Schrittzählwerk zur Ablesung auch im spannungslosen Zustand mit SO-Impulsausgang und Rücklaufsperrung zur Erfassung der produzierten Strommenge aus dem WhisperGen im separaten Gehäuse zur Wandmontage. Der Stromzähler ist für die Abrechnung des Zuschusses nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz geeignet.

Abgassystem

- Abgassystem DN 80 / 125, komplettes Abgassystem für den raumluftabhängigen oder raumluftunabhängigen Betrieb. Der Lieferumfang umfasst alle erforderlichen Bauteile einschließlich einem Spezial Abgasbogen mit integriertem Kondensat- ablauf für den störungsfreien Betrieb des WhisperGen sowie 12 Meter Abgasleitung für die Abgasführung im Schacht bis über das Dach. Alle Abgas führenden Bauteile sind aus hochwertigem UV beständigem Polypropylen. Die Verbindung der Bauteile erfolgt mittels Steckmuffen. Spezielle Dichtungen sorgen für sichere und schnelle Montage.
- Das gesamte Abgassystem verfügt über eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung.

WhisperGen DE1

Erdgasbrennwertkessel mit integriertem Stirling-Motor als anschlussfertiges Kompaktgerät zur gleichzeitigen Herstellung von Strom und Wärme (Kraft-Wärme-Kopplung). Erdgasbrennwertkessel mit 2 Gasbrennern geeignet für den Betrieb mit Erdgas E, Erdgas LL.

Technische Daten:

Brennereinheit 1: 7,0 kW thermische Leistung
Brennereinheit 2: 7,0 kW thermische Leistung
Gesamt: 14,0 kW thermische Leistung
Stirling-Motor: 1,0 kW elektrische Leistung
Motor: doppelt wirkender 4-Zyl. Stirling-Motor
Generator: 4-poliger Einphasen-Asynchronmotor,
Gewährleistung: 2 Jahre oder max. 8.000 Bh
(Technologieversicherung Optional auf 5 Jahre oder 30.000 Bh)
Wartung: 1 x jährlich oder nach 4.000 Bh



badenova AG & Co. KG

Seit März 2010 bekommen Kunden des Regionalversorgers badenova ab 18.990 Euro das „Energiepaket für zu Hause“. Es beinhaltet die WhisperGen Mikro-KWK-Anlage EU1-DE von Sanevo inklusive aller erforderlichen Zusatzgeräte (800 l Pufferspeicher, Regelungseinheit, Abgassystem, Verrohrungsset, Umwälzpumpe etc.). Zudem werden auch alle Dienstleistungen – das heißt von der ersten Planung über den Einbau bis zur Inbetriebnahme übernommen. badenova kümmert sich zudem um die Rückerstattung der Mineralölsteuer, die bei KWK-Geräten vom Gesetz vorgesehen ist, sowie um die Vergütung des erzeugten Stroms.

Das alles bietet Ihnen badenova:

- > Beratung, Planung und Koordination
- > WhisperGen DE-1 mit Pufferspeicher, Regelungseinheit und Anbindeset für den Primärheizkreislauf
- > Gas- und Reststromlieferung über 2 Jahre
- > Installation und elektrische Einbindung in Zusammenarbeit mit dem örtlichen Handwerk
- > Qualitätssicherung und Inbetriebnahme
- > Abwicklung aller Formalitäten wie z. B. Anmeldung bei Ihrem Netzbetreiber und Information der zuständigen Schornsteinfegermeister
- > Beantragung von Fördermitteln bzw. Zuschüssen
- > Kontrolle und Abwicklung der KWK-Vergütung
- > Beantragung der Mineralölsteuerrückerstattung



Die Vorteile Ihres WhisperGen Energiepakets:

- > gleichzeitige Erzeugung von Heizwärme, Warmwasser und Strom
- > erfolgreich erprobte, innovative Technik
- > umweltfreundlich durch geringen Emissionsausstoß und hohen Wirkungsgrad
- > zuverlässig und geräuscharm
- > Platz sparend durch kompaktes Design
- > senkt Ihre Stromkosten auf ein Minimum
- > erfüllt neueste Energiesparauflagen
- > geringe Wartungskosten

ab 18.990,- Euro

(ohne Abgassanierung)

badenova-Mikro-KWK—Systemkomponenten

14.2. Formalitäten rund um den Betrieb des WhisperGen



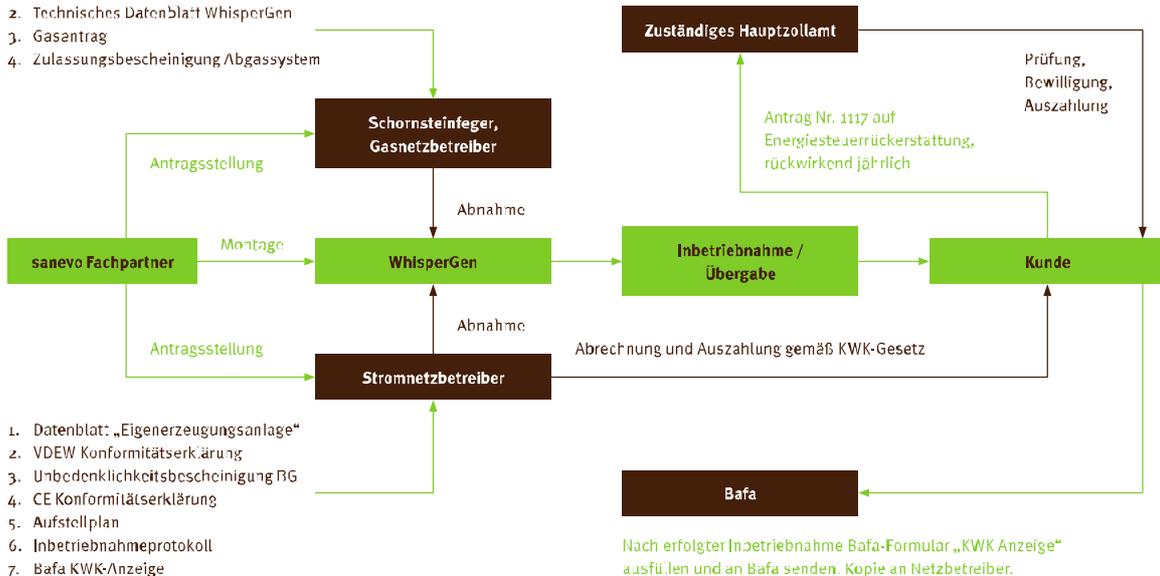
Formulare

sanevo	<ul style="list-style-type: none"> › Datenblatt „Eigenerzeugungsanlage“ › VDEW Konformitätserklärung › Unbedenklichkeitsbescheinigung BG › CE Konformitätserklärung › technisches Datenblatt WhisperGen › Zulassungsbescheinigung Abgassystem › Postleitzahlenliste Ausfuhrzollstellen › zu finden: Partner-Login-Bereich von sanevo: www.sanevo.de/Partner
Installateur	<ul style="list-style-type: none"> › Inbetriebnahmeprotokoll › Gasantrag › Aufstellplan › Datenblatt „Eigenerzeugungsanlage“
Bafa (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle)	<ul style="list-style-type: none"> › Anzeige gemäß Nr. 2 der Allgemeinverfügung zur Erteilung der Zulassung für kleine KWK Anlagen mit einer Leistung bis 10 Kilowatt › zu finden: www.bafa.de / Energie / Kraft-Wärme-Kopplung / Formulare
Hauptzollamt	<ul style="list-style-type: none"> › Antrag auf Steuerentlastung für die Stromerzeugung und die gekoppelte Erzeugung von Kraft und Wärme › zu finden: www.zoll.de / Vorschriften und Vordrucke / Formularcenter / Gesamtliste alle Vordrucke / Formular Nr. 1118 (für 2010)



Formalitäten für Betreiber der stromerzeugenden Heizung WhisperGen

1. CE Konformitätserklärung WhisperGen
2. Technisches Datenblatt WhisperGen
3. Gasantrag
4. Zulassungsbescheinigung Abgassystem



sanevo Heizungsregelung mit integriertem OnlineConnect



sanevo home energy GmbH & Co. KG
Wilhelmstraße 47
63071 Offenbach

Sie können Ihre Angaben direkt in das Formular eingeben. Drucken Sie anschließend das Formular aus und senden Sie es unterschrieben an die linke Adresse (die vorgedruckte Anschrift ist passend für einen Standartumschlag mit Fenster).

Die von sanevo entwickelte Heizungsregelung ist serienmäßig mit einem OnlineConnect ausgestattet und bietet die Möglichkeit, Betriebsdaten über einen LAN-Anschluss im Internet darzustellen. Diese Option ist für den Betrieb des WhisperGen nicht erforderlich. Alle Betriebsdaten werden auch im Display der Regelung angezeigt. OnlineConnect ist vielmehr eine komfortable Ergänzung zur Überwachung Ihres WhisperGen. Darüber hinaus werden Fehlermeldungen an das Servicepersonal übertragen.

Anmeldung und Nutzungsvereinbarung zur sanevo Regelung

Nachdem wir Ihre Anmeldedaten authentifiziert haben, erhalten Sie eine Anmeldebestätigung inklusive Benutzerkennung und Passwort. Die Bestätigung senden wir per E-Mail an Ihre Adresse.

Anrede:

Name*: Vorname*:

Straße*:

PLZ*: Ort*:

Telefon*: E-Mail*:

Modul ID Regelung* (Menü: Einstellungen / Info oder Typenschild am Gehäuse):

Ich bin damit einverstanden, dass die Betriebsdaten des WhisperGen an den sanevo OnlineConnect-Server übermittelt und dort zur Datenauswertung und zur Darstellung im Internet bearbeitet werden*: ja

Ich habe die Nutzungsbedingungen gelesen und akzeptiere sie*: ja

Ort | Datum | Handschriftliche Unterschrift*

*) Zur Bearbeitung unbedingt erforderlich.

14.3. Vor der Installation des WhisperGen

Feuerungsverordnung

Maßgeblich für die Zulassung von Blockheizkraftwerken (BHKW) ist die Feuerungsverordnung der Länder. Es wird empfohlen, den für die Genehmigung zuständigen Bezirksschornsteinfegermeister schon in der Planungsphase mit einzubeziehen. In der Feuerungsverordnung sind die Anforderungen an Aufstell- und Heizräume sowie die Abgasführung geregelt.

Örtlicher Netzbetreiber

Ein örtlich zugelassener Elektroinstallationsbetrieb muss beim Netzbetreiber den Anschluss an das Niederspannungsnetz beantragen. Das entsprechende Formular stellt der Netzbetreiber bereit.

Örtlicher Gasversorger

Analog muss ein örtlich zugelassener Gasinstallateur den Anschluss an das Gasnetz beantragen. Die benötigten Unterlagen für den Gasantrag erhält man vom Gasversorger.

BMU Förderung

Das Bundesumweltministerium (BMU) fördert über das Klimaschutz-Impulsprogramm BHKW bis zu einer elektrischen Leistung von 50 kW. Anträge für die nicht rückzahlbaren Zuschüsse müssen unbedingt vor Beauftragung des BHKW gestellt werden. Den „Antrag auf Basis-/Umweltbonusförderung einer Mini-KWK-Anlage“ findet man im Internet unter www.bafa.de. Dem Antrag muss eine Fachunternehmererklärung, ein Angebot und eine Simulationsberechnung beigelegt werden.

BAFA-Förderung (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle)

Im Rahmen der Klimaschutzinitiative fördert das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle Mikro-KWK-Anlagen. Das WhisperGen ist in Kombination mit der 2G-home Systemanlage in der Liste der förderfähigen KWK-Anlagen enthalten. Die Mini-KWK-Förderung mit dem schönen Namen „Richtlinien zur Förderung von KWK-Anlagen bis 20 kWel“ wird wie gewohnt vom BAFA administriert. Der Förderbetrag für den WhisperGen EU1 beträgt **1.500 €** (Voraussetzung Mindestgröße des Pufferspeichers 645 L).

KWKG (Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz)

Ziel des Gesetzes ist es, den Anteil der Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen von heute ca. 12% bis 2020 auf 25% zu erhöhen und den Ausbau von Nah- und Fernwärmenetzen zu unterstützen. Nach dem Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (KWKG) § 7 Abs. 6 erhalten Betreiber kleiner KWK-Anlagen bis 50 kWel einen Zuschlag in Höhe von 5,11 ct/kWh (ab 2012 mit 5,41 ct/kWh) für den gesamten im WhisperGen produzierten Nettostrom bei Inbetriebnahme zwischen 1.1.2009 und 31.12.2016 für einen Zeitraum von 10 Jahren.

EWärmeG BW

Ziel des Gesetzes ist es, den Einsatz erneuerbarer Energien zu Zwecken der Wärmeversorgung in Baden-Württemberg zu steigern. Wird bei Wohngebäuden der zentrale Heizungskessel ausgetauscht, muss ab dem 1. Januar 2010 mindestens 10% des jährlichen Wärmebedarfs durch erneuerbare Energien gedeckt werden. Dieses Gesetz gilt für Gebäude, die überwiegend zu Wohnzwecken genutzt werden.

EEWärmeG

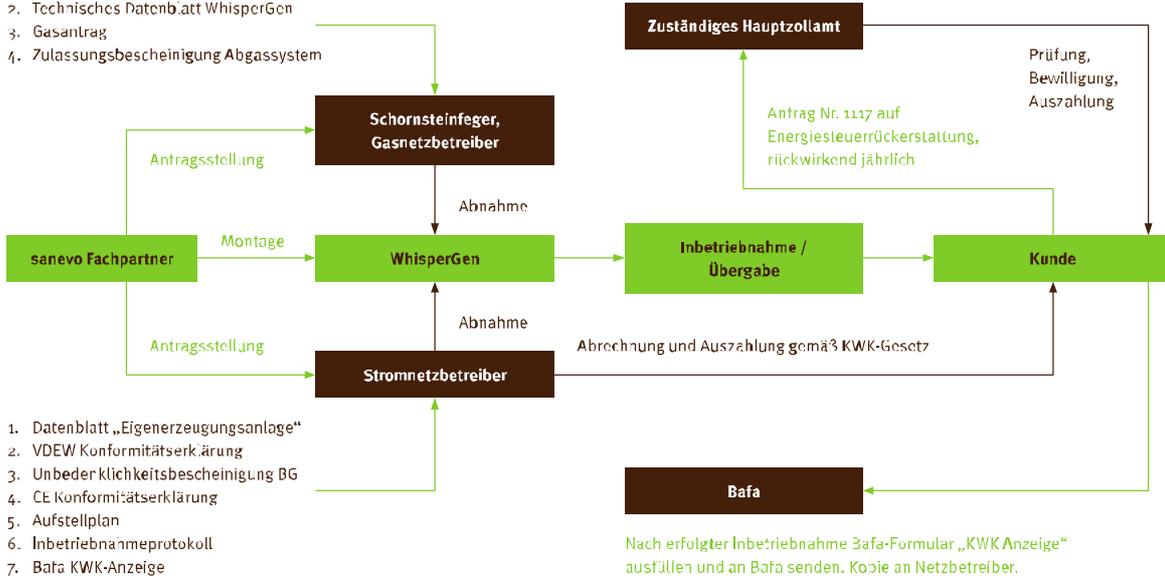
Bis 2020 soll der Anteil der erneuerbaren Energien im Wärmebereich von heute 6% auf 14% erhöht werden. Dies gilt für alle Gebäude mit einer Nutzfläche größer als 50 m², die nach dem 1.1.2009 neu errichtet und beheizt oder gekühlt werden. Vorteil als Inhaber des Energiepakets ist, wenn der Wärmebedarf > 50% unmittelbar aus KWK-Anlagen gedeckt wird, ist man von der Pflicht befreit.

14.4. Nach der Inbetriebnahme



Formalitäten für Betreiber der stromerzeugenden Heizung WhisperGen

1. CE Konformitätserklärung WhisperGen
2. Technisches Datenblatt WhisperGen
3. Gasantrag
4. Zulassungsbescheinigung Abgassystem



9 02 200 0 | sanevo Vertrieb GmbH & Co. KG | Wilhelmstraße 77 | 69174 Offerbach | Tel. 149 (0) 69 200 88 28-0 | Fax 149 (0) 69 200 88 28-11 | info@sanevo.de | www.sanevo.de | Seite 7 von 7

Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle:

Nach der Inbetriebnahme muss dem Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA) der Betrieb des BHKW gemeldet werden. Den „Antrag auf Zulassung einer Kraft-Wärme-Kopplungsanlage“ finden Sie im Internet unter www.bafa.de auf der linken Seite unter Energie/Kraft-Wärme-Kopplung/KWKStromvergütung/Formulare. Er wird zusammen mit dem technischen Datenblatt des BHKW und dem Inbetriebnahme-Protokoll eingereicht.

Hauptzollamt:

Das eingesetzte Erdgas im WhisperGen ist von der Mineralölsteuer befreit. Es besteht keine Anmeldepflicht für den Betrieb des BHKW beim Hauptzollamt. Das Hauptzollamt begrüßt jedoch die freiwillige Anmeldung in einem formlosen Schreiben. Das für den Standort zuständige Hauptzollamt kann unter Telefon (0351) 44834 520 erfragt werden. Eine formlose „Anmeldung eines ortsfesten Blockheizkraftwerkes und Teilnahme am Vergütungsverfahren“ erhält man bei der badenova. Es muss zusammen mit dem Technischen Datenblatt des BHKWs, dem Inbetriebnahmeprotokoll und der Herstellerbescheinigung beim Zollamt eingereicht werden. Nach der Anmeldung wird man als Betreiber geführt und erhält eine Rückmeldung.

Örtlicher Netzbetreiber:

Nach der Inbetriebnahme des Blockheizkraftwerkes muss der BHKW-Stromzählerstand zusammen mit der Zählernummer dem Netzbetreiber mitgeteilt werden. Bitte beim zuständigen Netzbetreiber nach dem Formular erkundigen.

Jährlich einzureichen sind:

Hauptzollamt

Die Energiesteuer auf das im BHKW genutzte Erdgas wird rückwirkend erstattet, wenn zwischen dem 01.01. und spätestens dem 31.12. des Folgejahres beim Hauptzollamt der „Antrag auf die Steuerentlastung für die Stromerzeugung und die gekoppelte Erzeugung von Kraft und Wärme“ einreicht wird. Den entsprechenden Antrag mit der Vordrucknummer 1117 findet man auf der Internetseite www.zoll.de auf der rechten Seite im Formularcenter. In dem Antrag muss die Erdgasmenge angegeben werden, die zur Stromerzeugung genutzt wurde. Auch muss dem Antrag eine sogenannte „Nutzungsgradberechnung“ beiliegen. Stattdessen akzeptieren aber die meisten Hauptzollämter die „Herstellerbescheinigung über den Gesamtwirkungsgrad und Jahresnutzungsgrad“, der in der Regel vom Lieferant ausgegeben wird.

Örtlicher Netzbetreiber

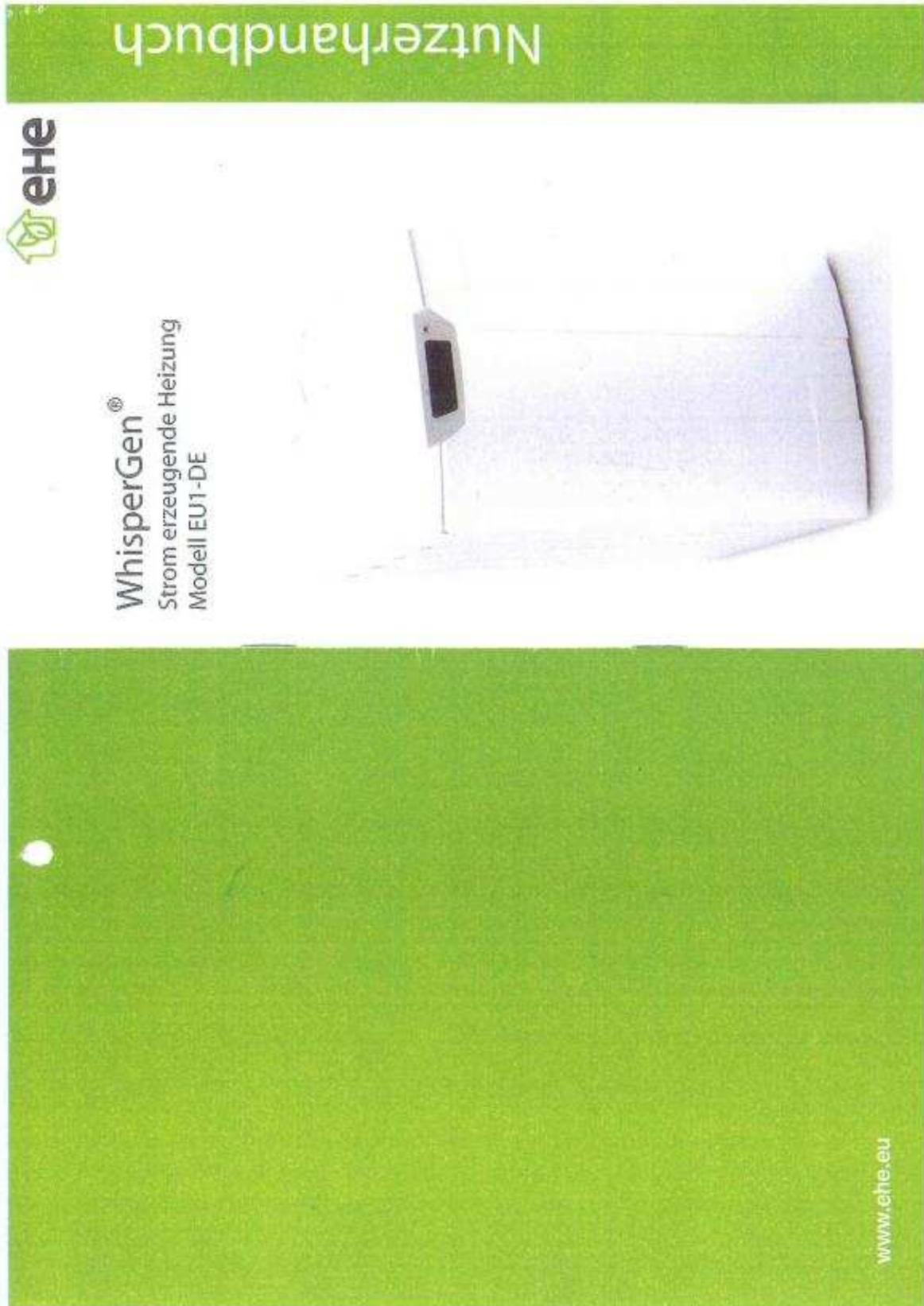
Der vom BHKW erzeugte Strom wird gemäß Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG) mit einem Bonus von 5,11Cent/kWh (bzw. 5,41 Cent/kWh) vergütet. Die Abrechnung erfolgt über den Netzbetreiber. Um die Strom- und Nutzwärmemenge festzustellen, muss nach KWKG die Messeinrichtung den eichrechtlichen Vorschriften entsprechen. Die Rechtslage zur Auslegung der Formulierung „entsprechend den eichrechtlichen Vorschriften“ ist unklar. Entweder bringt der Netzbetreiber auf Kundenkosten einen Zähler an oder man bringt auf eigene Kosten einen Zähler an.

Neben dem Bonus gemäß KWKG erhält man eine Vergütung für den in das öffentliche Netz eingespeisten Strom. Die Höhe der Einspeisevergütung muss mit dem Netzbetreiber vereinbart werden. Wenn keine Vereinbarung zustande kommt, gilt der durchschnittliche Preis für Grundlaststrom des jeweils vorangegangenen Quartals, der an der Strombörse EEX in Leipzig ermittelt wird, zuzüglich der vermiedenen Netznutzungsentgelte als vereinbart. Erstmals muss nach der Inbetriebnahme der Zählerstand zusammen mit der Zählernummer dem Netzbetreiber mitgeteilt werden. Weitere Ablesungen des Zählerstands müssen jährlich zum 31.12. vorgenommen werden und den alten und neuen Zählerstand sowie die Zählernummer dem Netzbetreiber gemeldet werden. Bitte beim zuständigen Netzbetreiber hierzu ein Formular anfordern.

BAFA

Zwischen dem 01.01 und dem 31.03 des Folgejahres, muss dem BAFA die erzeugte Strommenge gemeldet haben. Das BAFA übermittelt die Daten zur Erfüllung von Mitteilungspflichten der Bundesrepublik an das Statistische Bundesamt. Das dafür vorgesehene Formular „Jährliche Mitteilung der in das Netz für die allgemeine Versorgung eingespeisten KWK-Strommenge“ finden man auf der Internetseite www.bafa.de auf der linken Seite unter Energie/Kraft-Wärme-Kopplung/KWK Stromvergütung/Formulare.

14.5. Nutzungshandbuch Sanevo





WhisperGen® Nutzerhandbuch

Das **WhisperGen® Mikro-BHKW** wird hergestellt von der:

Efficient Home Energy S.L. (EHE)

Poligono Arzobispo

Edificio 3, Planta 2

Local B4

E-20400

Tolosa (Gipuzkoa)

Spanien

www.ehe.eu

Art. Nr. EHE-5037-033-DE

Gültig für die **WhisperGen® Mikro-BHKW-AvLage EU1-DE**

Efficient Home Energy S.L. behält sich das Recht vor, die Produktspezifikationen jederzeit zu korrigieren oder zu ändern. Dieses Benutzerhandbuch beschreibt das Gerät zum Zeitpunkt des Erscheinens und stimmt möglicherweise nicht mit zukünftigen Geräten überein.

Hinweise auf Produkte von Drittfirmen in diesem Benutzerhandbuch sind keine Empfehlung oder Garantie dafür, dass diese für den Gebrauch im Zusammenhang mit der **WhisperGen® Mikro-BHKW-AvLage** geeignet sind. Um dies sicherzustellen, wenden Sie sich bitte an den Hersteller.

Wichtiger Hinweis: Dieses Dokument ist Eigentum von Efficient Home Energy S.L. und Efficient Home Energy sind eingetragene Warenzeichen von Whisper Tech Limited.

© Dezember 2008 Efficient Home Energy S.L. Alle Rechte vorbehalten.



Willkommen

Willkommen	1
Was ist eine Strom erzeugende Heizung?	2
Welche Vorteile hat das?	3
Wie viel Elektrizität können Sie damit erzeugen?	
Wie funktioniert das Gerät?	
Betrieb des WhisperGen® Mikro-BHKW	6
Sicherheit	
Inbetriebnahme	
Gerätedisplay	7
Einstellungen am Reglersystem des WhisperGen®	8
Allgemeine Richtlinien	
Typischer Warmwasserbedarf im Haushalt	
Was tun in Notfällen	10
Frostschutz	
Wartung	12
Wenn eine Störung auftritt	13
WhisperGen® EU1 Mikro-BHKW Technische Daten	14

Das **WhisperGen®** Mikro-BHKW ist eine Strom erzeugende Heizung - ein völlig neuartiges Haushaltsgerät, mit dem Sie Geld sparen und gleichzeitig die Umwelt schützen können.

In diesem Benutzerhandbuch erklären wir Ihnen, wie Sie das Gerät optimal nutzen, wie es zu warten ist und was bei eventuellen Problemen zu tun ist.

Wir empfehlen Ihnen, das Handbuch sorgfältig durchzulesen und in der Nähe Ihres **WhisperGen®** Mikro-BHKW aufzubewahren, um es im Bedarfsfall schnell bei Hand zu haben.

Um Ihre Sicherheit und den einwandfreien Betrieb Ihres **WhisperGen® Mikro-BHKW zu gewährleisten, sind die Hinweise und Warnungen in diesem Benutzerhandbuch zu beachten.**

Hinweis

Die unsachgemäße Benutzung der Anlage kann zu Gefahrensituationen führen. Die Komponenten des BHKW können nicht vom Nutzer selbst gewartet werden und dürfen nur von qualifizierten, zugelassenen Technikern gewartet werden. Unsachgemäße Eingriffe bzw. Wartungsarbeiten des **WhisperGen®** Mikro-BHKW können Verletzungen und Sachschäden verursachen und führen zum Erlöschen der Garantie.

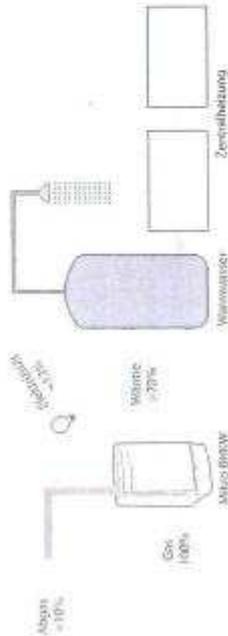
Das BHKW ist nicht für die Benutzung durch Personen mit verminderten körperlichen, sensorischen oder geistigen Fähigkeiten (einschl. Kinder) und ohne die erforderlichen Kenntnisse geeignet, außer wenn sie von einer Person geschult bzw. beaufsichtigt werden, die für ihre Sicherheit verantwortlich ist.

Kinder sind zu beaufsichtigen um sicherzustellen, dass sie nicht mit dem Gerät herumspielen.

Was ist eine Strom erzeugende Heizung?

Die **Wärmepumpe** Strom erzeugende Heizung ist ein Mikro-BHKW. Diese Bezeichnung besteht aus zwei Teilen. **BHKW** bedeutet **Blockheizkraftwerk**. Das heißt, dass die Anlage gleichzeitig Warmwasser und Strom erzeugt.

BHKW-Anlagen können jedoch sehr groß sein. Der erste Teil der Bezeichnung, **Mikro**, weist also einfach darauf hin, dass die Anlage verkleinert wurde, damit sie im Wohnbereich eingesetzt werden kann.



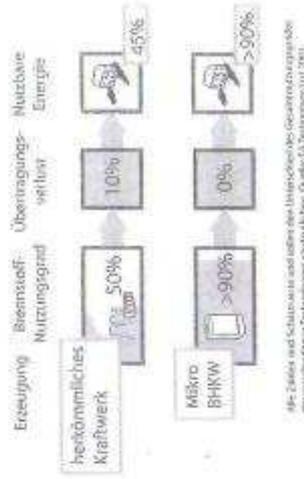
Ein Mikro-BHKW erfüllt in Ihrem Heim die gleichen Funktionen wie ein Gasboiler für die Warmwasseraufbereitung und Zentralheizung.

Doch das BHKW erzeugt außerdem Strom, der entweder selbst verbraucht oder ins elektrische Netz eingespeist werden kann. Es ist also eine kleine Energiezentrale für den persönlichen Gebrauch.

Welche Vorteile hat das?

Das **Wärmepumpe** Mikro-BHKW hat insbesondere zwei große Vorteile: Es spart Geld und es schützt die Umwelt.

Dadurch, dass Sie den von der Anlage erzeugten Strom nutzen, reduzieren Sie die Menge, die Sie aus dem Versorgungsnetz Ihres Stromlieferanten beziehen. Nicht selbst genutzter Strom wird in das Versorgungsnetz Ihres Verteilungsbetreibers eingespeist. Dafür erhalten Sie dann eine entsprechende Vergütung. Das Resultat sind erheblich niedrigere Stromrechnungen.



Abg. Zelle und Solarzelle sind unter der Hierarchie des Gesamtstroms bei den unterschiedlichen Technologien enthalten. Quelle: DLR Technologie (Juli 2011)

Weil das Mikro-BHKW Strom und Wärme direkt dort erzeugt, wo sie verbraucht werden, kann der Brennstoff außerdem wesentlich effizienter eingesetzt werden. Dadurch wird die Abgabe von CO₂ an die Atmosphäre verringert. Und CO₂ gilt als Hauptursache für die Klimawärmerung.

Es wird geschätzt, dass Haushalte, die ein **Wärmepumpe** Mikro-BHKW benutzen, ihre CO₂-Emissionen generell um 1 Tonne pro Jahr und ihre Stromrechnungen um 25 % reduzieren können.

Wie viel Elektrizität können Sie damit erzeugen?

Bei normalem Betrieb erzeugt das WagnerGen® Mikro-BHKW eine elektrische Leistung von ungefähr 1000 Watt.

Das genügt, um Lampen und verschiedene Haushaltsgeräte zu versorgen, aber nicht, um Geräte mit hohem Energiebedarf wie z. B. Wasserkocher zu betreiben.

Hierfür wird zusätzliche Energie aus dem externen Elektrizitätsnetz bezogen. Wird hingegen mehr Strom als benötigt produziert, so wird dieser in das externe Netz eingespeichert.

	Toaster 1500 W		Wasserkocher 3000 W		Mikrowelle 1200 W		Saugroboter 800 W
	Föhn 1600 W		Blender 300 W		Computer 240 W		LCD TV 175 W

Beispiele der Leistungsaufnahme von Haushaltsgeräten

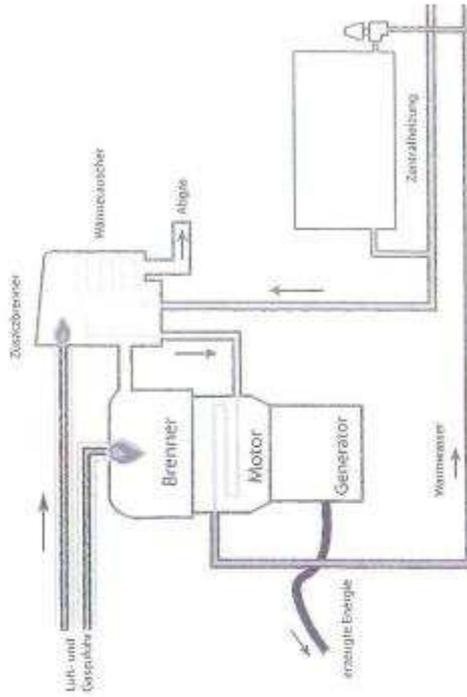
Die genaue Menge der erzeugten Energie und die Einsparungen hängen von verschiedenen Faktoren ab. Dazu gehören die Energieeffizienz des Gebäudes, die verwendeten Haushaltsgeräte und Ihre persönlichen Ansprüchen an Behaglichkeit und Komfort.

Wir werden Ihnen weiter unten einige Tipps geben, wie Sie Ihren Nutzen optimieren können.

Wie funktioniert das Gerät?

Das WagnerGen® Mikro-BHKW ist das Ergebnis von über 15 Jahren Forschung und Entwicklung. Die Einzelheiten der Funktion sind recht komplex, aber die Grundprinzipien sind sehr einfach:

- Die Anlage besitzt einen durch die Verbrennung von Erdgas angetriebenen Stirling-Motor.
- Der Motor ist mit einem Generator zur Stromerzeugung verbunden.
- Das Wasser, das bei diesem Prozess zur Kühlung dient, wird erhitzt.
- Das so erhitzte Wasser zirkuliert durch das Heizsystem des Hauses.



Diese Darstellung soll das grundsätzliche Prinzip verdeutlichen

Betrieb des WhisperGen® Mikro-BHKW

Im Allgemeinen funktioniert der WhisperGen vollautomatisch. Sie müssen nichts tun, außer gelegentlich die Raumtemperatur entsprechend Ihren Bedürfnissen einzustellen.

Doch ist es wichtig, dass Sie wissen, wie Sie reagieren müssen, wenn Probleme auftreten. Und bestimmt möchten Sie die Anlage auch genau auf Ihre Erfordernisse ausrichten.

Sicherheit

Das WhisperGen® Mikro-BHKW-System besitzt Sicherheitsschalter für Notfälle, mit denen es vom Stromnetz abgeschaltet werden kann, sowie Gasventile für die Unterbrechung der Gaszufuhr.

Diese Schalter und Ventile sollen deutlich gekennzeichnet sein. Es ist wichtig, dass Sie wissen, wo sie sich befinden und wie sie im Notfall zu bedienen sind. Wenn Sie sie nicht finden können oder in Bezug auf ihre Bedienung unsicher sind, fragen Sie Ihren Installateur. Für weitere Informationen über die Bedienung der Sicherheitsvorrichtungen sehen Sie bitte im Kapitel "Was tun in Notfällen" auf Seite 10 nach.

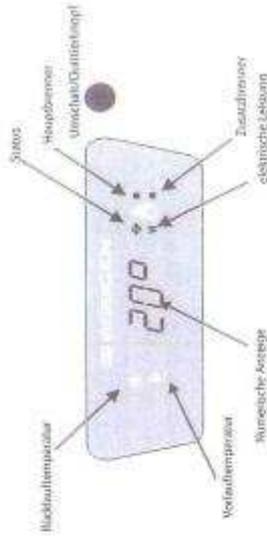
Inbetriebnahme

1. Überzeugen Sie sich, dass alle Stromschalter eingeschaltet und die Gasventile geöffnet sind.
2. Stellen Sie den Temperaturregler für den WhisperGen® auf die Position "On" (Ein).
3. Das Reglersystem des Gerätes überprüft nun mit Hilfe der Temperaturfühler, ob die Anlage in Betrieb gesetzt werden muss. Wenn dies geschehen ist werden zunächst einige Sicherheitschecks durchgeführt.
4. Etwa eine Minute später springt der Brenner an. Nach ein paar Minuten Vorwärmzeit beginnt der Motor des Geräts zu laufen.

Gerätedisplay

Das WhisperGen® Mikro-BHKW ist mit einem kleinen Display ausgestattet. Das Display liefert wichtige Informationen, mit denen Sie den Betriebsstatus und das korrekte Funktionieren überprüfen können.

Die Nummern auf dem Display zeigen die Vor- und Rücklauftemperatur des Heizwassers oder wie viel Energie gerade erzeugt wird. Bei Betriebsstörungen wird auch ein Fehlercode angezeigt. Die Anzeigelämpchen neben dem Display weisen darauf hin, welcher der oben genannten Werte gerade angezeigt wird.



Drücken Sie auf den Umschalt-/Quitteknopf, um die Anzeige zwischen den entsprechenden Werte umzuschalten.

Der Umschalt-/Quitteknopf kann auch benutzt werden, um die Anlage bei einer Betriebsstörung zurückzusetzen. Im Kapitel "Problemlösung" auf S. 13 finden Sie weitere Informationen hierzu.

Bitte beachten Sie, dass bei Standby-Betrieb die numerische Anzeige und die Anzeigelämpchen ausgeschaltet sind, um den Energieverbrauch zu minimieren. Dies bedeutet somit keine Betriebsstörung. Die Statusanzeige zeigt in diesem Fall die weiterhin anliegende Versorgungsspannung an.

Einstellungen am Reglersystem des WhisperGen®

Mit dem Regler wird das WhisperGen® Mikro-BHKW gesteuert, damit Sie zur gewünschten Zeit über Warmwasser und Heizung verfügen.

Wenn Sie Änderungen im Laufverhalten des WhisperGen® Mikro BHKW vornehmen wollen, können Sie dies mit Hilfe des Reglers tun. Da es eine Vielzahl von Reglersystemen zum Einsatz in Heizungen gibt, können wir Ihnen hier keine spezifischen Angaben dazu liefern. Bitte konsultieren Sie hierzu die Dokumentation zu Ihrem Reglersystem.

Allgemeine Richtlinien

Einige der Einstellungen, die Sie vornehmen können, beeinflussen die Funktionsweise des BHKW. Dies sind einige allgemeine Richtlinien, damit Ihr WhisperGen® Mikro-BHKW Ihnen höchsten Komfort und maximale Einsparungen verschafft.

1. Richten Sie die Einschaltzeiten der Anlage nach Ihrem Wärmebedarf aus. Die Anlage sollte nur dann in Betrieb gehen, wenn Sie heizen wollen oder warmes Wasser benötigen, nie jedoch, um nur Strom zu produzieren.
2. **WhisperGen®** Mikro-BHKW-Anlagen funktionieren besonders effizient bei längeren Laufzeiten von 1 Stunde und mehr. Kontrollieren Sie regelmäßig den Lauf des Gerätes um evtl. kurze Taktungen früh zu erkennen und zu vermeiden.
3. Der vom **WhisperGen®** Mikro-BHKW erzeugte Strom ist am rentabelsten, wenn Sie ihn selbst nutzen. Versuchen Sie, Ihre Haushaltsgeräte dann einzuschalten, wenn die Anlage in Betrieb ist.

Typischer Warmwasserbedarf im Haushalt

Der typische Bedarf an Trinkwarmwasser und Heizung eines Haushalts ähnelt mehr oder weniger dieser Abbildung.

Natürlich stimmen die wichtigsten Heizperioden mit den Tageszeiten überein, wenn Personen im Haus sind.



Typischer Bedarf an Warmwasser im Haushalt

Die Zeiten mit dem größten Wärmebedarf sind üblicherweise die frühen Morgenstunden und dann wieder ab dem Nachmittag. Dies richtet sich in erster Linie nach der Anwesenheit von Personen im Haushalt, aber auch nach weiteren Faktoren. Durch die dargestellte Einstellung des Bedarfes an Heizenergie ergeben sich die angestrebten langen Laufzeiten.

Wie Sie sehen, ist am Ende des Tages eine längere Warmwasserphase einprogrammiert. Dadurch wird erreicht, dass das warme Wasser am folgenden Morgen möglichst schnell zur Verfügung steht. Am Morgen sollte die Warmwasserbereitung einige Zeit vor der Heizzeit beginnen.

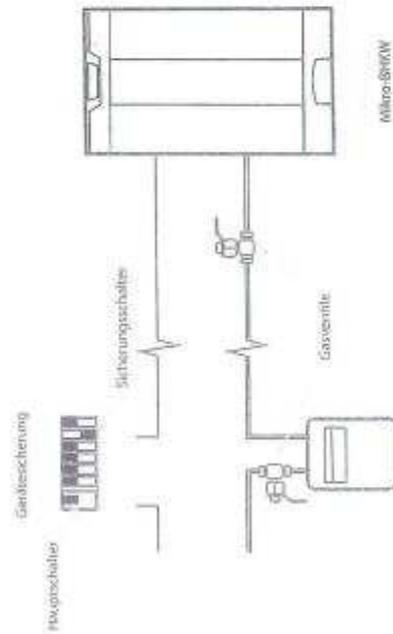
Was tun in Notfällen

Normalerweise wird die Anlage durch den zugehörigen Regler ein- und ausgeschaltet.

Beim Ausschalten des Gerätes durchläuft dieses eine Ausschalt- und Kühlsequenz, die es vor Schäden durch Überhitzung schützt.

Im Notfall kann das **Wiederstart** Mikro-BHKW auch wie folgt ausgeschaltet werden:

1. Durch Unterbrechung der Gaszufuhr, indem Sie das Gasventil am Gerät oder am Gaszähler schließen, wird ein kontrollierter Stopp der Anlage ermöglicht, der jedoch eine Fehlermeldung hervorruft, die durch Betätigen des Umschalt-/Quittierknopfes am Gerätedisplay (siehe S. 13) zurückgesetzt werden muss.
2. Durch Abschalten der Versorgungsspannung am Sicherungskasten oder am Hauptschalter. Dadurch kommt es im Gerät zu einer Überhitzung, da nach Stoppen des Generators die Umwälzpumpe und der Ventilator zum Kühlen des Stirlingmotors nicht mehr mit Spannung versorgt



Wichtiger Hinweis

Benutzen Sie den Hauptschalter oder Sicherung nicht zum Ein- und Ausschalten der Anlage. Sie dienen dazu, die Versorgungsspannung in Notfällen zu unterbrechen und um das Gerät vor Wartungsarbeiten spannungsfrei zu schalten. Wenn sie zum Ein- und Ausschalten der Anlage benutzt werden, kann diese nicht effizient arbeiten, was zu Lasten der Lebensdauer des Geräts geht.

Frostschutz

Die Software des **Wiederstart** Mikro-BHKW besitzt eine automatische Funktion, um das in der Anlage enthaltene Wasser vor dem Einfrieren zu schützen. Wenn die Temperatur des Wassers am Temperaturfühler des Rücklaufs im Gerät auf weniger als 4 °C sinkt, werden automatisch der Hilfsbrenner und die Pumpe in Betrieb gesetzt. Sie laufen so lange, bis die Rücklauftemperatur auf über 10 °C gestiegen ist.

Bitte beachten Sie, dass der Frostschutz nur funktioniert, wenn die Versorgungsspannung eingeschaltet und die Gasversorgung offen ist. Sollte das Wasser im **Wiederstart** einfrieren, kann das zu erheblichen Schäden am Gerät führen.

Wartung

Das **WhisperGen®** Mikro-BHKW muss regelmäßig einmal jährlich gewartet werden. Hierbei werden die Funktionen und die Sicherheit des Geräts überprüft und ggf. erforderliche Einstellungen durchgeführt.

Wir empfehlen Ihnen, einen Wartungsvertrag abzuschließen um sicherzustellen, dass die Wartungen ordnungsgemäß ausgeführt werden und Sie über einen Kundendienst für Störungen verfügen. Wenden Sie sich für weitere Informationen bitte an Ihren Installateur.

Wichtig

Die Komponenten des **WhisperGen®** Mikro-BHKW können nicht vom Nutzer gewartet werden.

Unsachgemäße Wartungsarbeiten oder Eingriffe Unbefugter in das Gerät können Menschenleben und Sachwerte gefährden. Die Garantie erlischt, wenn ungeschulte und nicht qualifizierte Personen Wartungsarbeiten ausführen.

Service, Wartung und Reparaturen müssen stets von Fachpersonal ausgeführt werden, das vom Hersteller für Arbeiten am **WhisperGen®** zugelassen und zertifiziert ist.

Wenn eine Störung auftritt

Im Fall einer Störung wird das Gerät, abhängig von der Art des Fehlers, versuchen diesen selbst zu beseitigen. Dazu versucht die Elektronik, den mehreren Male wieder zu starten. Wenn dies nicht gelingt, schaltet sich das Gerät ab und es wird auf dem Display ein Fehlercode angezeigt.



Einige Störungen können durch kurzzeitige Unregelmäßigkeiten während des normalen Betriebs ausgelöst werden, so dass die Anlage nach kurzer Zeit neu gestartet werden kann.

Um einen Neustart vorzunehmen:

1. Notieren Sie den Fehlercode auf dem Gerätedisplay.
2. Drücken Sie dann für etwa 5 Sekunden lang den Umschalt/Quitierknopf, um die Fehlermeldung zu löschen. Einige Störungen erlöschen sofort, bei anderen dauert es ein paar Augenblicke (auf dem Display erscheint die Anzeige "DEL" (= Delay)).
3. Sollte sich der Fehler nicht durch das Betätigen des Umschalt/Resetknopfes zurücksetzen lassen, dann unterbrechen Sie die Spannungsversorgung zum Gerät an der Gerätesicherung. Warten Sie einen Moment und schalten Sie dann die Sicherung wieder ein.

Erlischt die Fehlermeldung, wird das Gerät versuchen neu zu starten. Sollte ein Neustart nicht gelingen oder stoppt der **WhisperGen®** wiederholt nach kurzem Start, bedarf dies einer genaueren Untersuchung. Setzen Sie sich hierzu mit dem zuständigen **WhisperGen®** Kundendienst in Verbindung.



WhisperGen® EU1 Mikro-BHKW Technische Daten

Allgemeine Angaben

Motor: Doppelwirkender 4-Zylinder-Säuling-Motor
 Hauptbrenner: Oberflächchen-Vormischbrenner
 Zusatzbrenner: Oberflächchen-Vormischbrenner
 Generator: 4-poliger Einphasen-Induktionsmotor
 Einschaltdauer: Zyklen 1 - 23 Stunden
 Installationsstyp: C53 (C13 oder C33)
 Versorgungsspannung: 230VAC 50Hz (Netznomenspannung)

elektrische Leistung Wärmeleistung

Normalbetrieb: bis zu 1000 W
 Maximal: 16,0 kW

Thermalleistung

Minimum: 5,5 kW
 Normalbetrieb: bis zu 7,0 kW
 Maximum: über 14,0 kW

Eigenverbrauch (netto) Brennstoff

Standby-Betrieb: 10 W
 Generatorbetrieb: 60 W (ohne Pumpe)
 Typ: 2H - zweite Gasfamilie, Erdgas H
 Gaskategorie:
 GB & IE: G20 bei 20 mbar
 NL: G20 bei 25 mbar
 DE & LU: G20 bei 20 mbar
 DE: G25 bei 20 mbar
 FR & BE: G20/G25 bei 20/25 mbar

Brennstoffverbrauch Zentrales Heizsystem

Bei maximaler Brennerleistung: 1,55 m³/Stunde
 Durchflussrate (nominal): 8,5 bis 15 l/min.
 Hydraulischer Widerstand: 15,5 l/min., Δ P <233 mbar
 8,5 l/min., Δ P <87 mbar
 Typ: geschlossenes und unter Druck stehendes System
 Maximaler Systemdruck: PMS = Klasse 2; max. 3,0 bar
 Vorlauftemperatur Wärmespeicher: max. 75°C
 Maximale Vorlauftemperatur im Gerät: 85 °C

Kontakt

Installateur:.....

Technischer Dienst:.....

Seriennummer des Mikro BHKW:.....

14.6. Informationsschild am Gebäude

Energiewende. Hier und jetzt.

Dieses 3-Familien-Haus wird energetisch versorgt durch:

<i>Erdgas</i>	BHKW (Stirlingmotor-WhisperGen™) Gasbrennwerttherme	66 % 4 %
<i>Sonne</i>	Solarthermische Anlage	18 %
<i>Holz</i>	Schwedenofen	12 %



Gefördert durch den Innovationsfonds
Klima- & Wasserschutz.



Am Carport des Gebäudes in Freiburg-Ebnet wurde dieses Informationsschild im Frühjahr 2012 aufgehängt. Die prozentualen Angaben entsprachen damals den Prognosewerten. Zahlreiche Anwohner und andere Passanten sprachen uns auf die innovative Technik an. Jederzeit werden interessierte Personen in den Heizungskeller geführt, wo das Projekt und die Technik gerne erläutert werden.

14.7. Referenz einer WhisperGen Anlage

Beispiel: Mikro-KWK in einer Pension

Chart 15 11.05.2010

▶ Feldtestergebnisse „Projekt Arndtstraße“

- Gerätetyp: WhisperGen MK5b (Vorserienmodell)
- Einsatzart: Bivalentes System (WhisperGen + Spitzenlastkessel)

- ▶ Hocheffiziente Anlage:
- ▶ Erfüllung PEE: > 10%:



- ▶ Die Ø Vergütung (Strom + Energiesteuer) betrug pro Jahr über 20 Feldtestanlagen rund 800 €.

Gasverbrauch	24.818	kWh
Mehrverbrauch Gas für Stromerzeugung	2.256	kWh
- erzeugte Wärme	21.028	kWh
- erzeugter Strom	2.184	kWh
CO ₂ -Einsparung durch vermiedenen Strombezug	1.411	kg
CO ₂ -Ausstoß durch Gasverbrauch für Stromerzeugung	526	kg
CO₂-Einsparung durch Einsatz von WhisperGen	885	kg
PEE nach EU-Richtlinie		
- thermischer Nutzungsgrad	85,0	%
- elektrischer Nutzungsgrad	8,8	%
PEE	>10	%

Diese Informationen/Daten sind aus einer Präsentation, die auf einer ASUE Veranstaltung im Mai 2010 gezeigt wurde. In der Pension lag die Laufzeit bei knapp 2.200 Stunden und der Gesamtnutzungsgrad bei 93,8% (bezogen auf Hu).

14.8. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
AEM	Aktives Energie Management
ASUE	Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V.
BHKW	Blockheizkraftwerk
CE	Verwaltungszeichen
CO ₂	Kohlendioxid
DSE	Direkt Service Energie GmbH
EEG	Erneuerbare Energiegesetz
EHE	Efficient Home Energy
EnEV	Energie Einspar Verordnung
EVU	Energieversorgungsunternehmen
GASAG	Berliner Energie
Hi	Heizwert ehemals Hu
Hs	Brennwert ehemals Ho
i.d.R.	In der Regel
ISH	Die ISH ist Weltleitmesse für innovatives Baddesign, energieeffiziente Heizungs- und Klimatechnik und erneuerbare Energien
ISO	International Organization for Standardization
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KWK	Kraft Wärme Kopplung
MCC	Mondragon Corporation Cooperativa
MSR	Mess- Steuer- Regelungstechnik
MVV	Energieversorger Mannheim
NGD	Nutzungsgrad
VNB	Verteilnetzbetreiber
VOB	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen
WMZ	Wärmemengenzähler