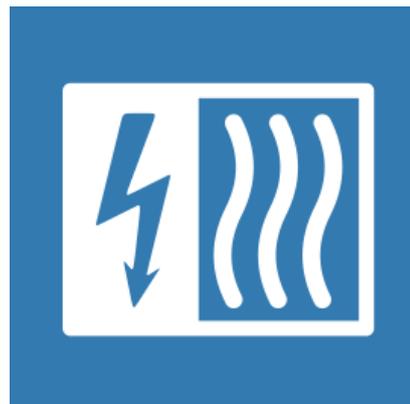


BHKW Pro



Anleitung zum EVEBI-Modul BHKW Pro

erstellt von: ENVISYS GmbH & Co. KG, 99423 Weimar, Prellerstraße 9

Hinweis: Die Dokumentation entspricht der Energieberater-Software EVEBI 9.1.0. Sollten Sie Unterschiede zwischen der Dokumentation und Ihrer Software feststellen, so liegt das daran, dass Sie bereits mit einer neueren Version arbeiten!

Inhalt

Modul BHKW Pro zur Simulation und Auslegung von Kraft-Wärme-gekoppelten Anlagen.....	3
Aufgabe	3
Leistungen des Moduls EVEBI – BHKW Simulation	3
Geeignete Anwender.....	4
Arbeitsweise / Programmaufbau	4
Vorgehen zur Bewertung von BHKW-Anlagen.....	4
Vorbereitung (nur bei eingebettetem Softwaremodul):	4
Erfassen der Anlagendaten	6
Erfassen der Gebäudenutzung sowie Simulationsdaten	8
Auslegung/Optimierung der BHKW-Anlage	11
Wirtschaftlichkeit der BHKW-Anlage	13
Erstellung des Berichts	14

Modul BHKW Pro zur Simulation und Auslegung von Kraft-Wärme-gekoppelten Anlagen

Aufgabe

Zunehmend werden in Deutschland Kraft-Wärme-gekoppelte Anlagen (KWK) eingesetzt. Diese erzeugen gleichzeitig Wärme und Strom.

Die Anlagen gibt es in verschiedenen Techniken (Gasmotor, Stirlingmotor, Brennstoffzelle), verschiedenen Brennstoffen (Erd-, Biogas, Mineral- und Pflanzenöl, Biomasse, Methan usw.), mit und ohne Speicherung und vor allem in extrem unterschiedlichen Leistungsbereichen. Die Leistungsbereiche werden in der Regel in Nano- bis Groß-BHKW eingeteilt (Nano – 2 kW el, Mikro -5 kW el, Mini – 20 kW el, mittelgroße – 100 kW el und große BHKW > 100 kW el).

Gemeinsam ist diesen Anlagen die Erzeugung von Wärme und Strom, allerdings in unterschiedlichem Verhältnis (Stromkennzahl). Der Einsatzzweck des BHKW entscheidet darüber, welche Technologie, Stromkennzahl und Größenklasse eingesetzt wird.

Deshalb ist bei der Auslegung eines BHKWs eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen. Hierzu bietet das EVEBI-Modul BHKW Pro eine professionelle Unterstützung für alle Techniken und Größenklassen.

Leistungen des Moduls EVEBI – BHKW Simulation

Zur Verfügung stehende Daten:

- Klimadaten aktuell und in Vorausschau (Klimaprognosen) in hoher Auflösung (Stunde)
- Auswahl von Strom-Lastgängen (Viertelstundenwerte) für Haushalte, Gewerbe und Landwirtschaft etc.; eigene Lastgänge (generiert aus Leistungsmessungen des Energieversorgers oder aus Zählermessungen) können verwendet werden
- Wärmebedarf und Wärme-Lastgang in hoher Auflösung (Stundenwerte), wenn eine vollständige Bilanzierung in der Software EVEBI erfolgte. Ansonsten Eingabewert Jahres-Wärmebedarf Heizen, der automatisch auf einen Lastgang (Stundenwerte) umgerechnet wird.
- Trinkwarmwasserbedarf, der auf die Nutzungsstunden verteilt wird
- Datenbank aller gängigen BHKW-Modulen am Markt
- Automatische Vorbelegung von Eingabefeldern aufgrund von Kennlinien, Standardwerten und markttypischen Werten

Damit ist ein initial minimaler Erfassungsaufwand gegeben! Eine Verfeinerung der Daten ist jederzeit möglich.

Auch Anwender mit geringen Vorkenntnissen können schnell zu guten Ergebnissen kommen. Experten können eine hohe Belastbarkeit durch hohe Detailtiefe erreichen.

Folgende Fragen können mit der Software beantwortet werden:

- Welches ist die optimale Modulgröße (Leistungsbereich) im Verhältnis zu meinem Bedarf (Wärme/Strom)?
- Erreiche ich die erforderliche jährliche Vollbenutzung?
- Ist die KWK-Anlage wirtschaftlich?
- Wann amortisiert sich die Anlage gegenüber einer reinen Kesselanlage?
- Welche Deckungsgrade Strom/Wärme wird durch die KWK-Anlage erreicht?
- Wieviel des erzeugten Stroms kann selbst genutzt werden? Wieviel Strom wird eingespeist?
- Welcher Erlös wird durch die Einspeisung erzielt?
- Wieviel Geld kann gegenüber einer reinen Kesselanlage in der Lebenszeit gespart werden?

Bei der Beantwortung dieser und einiger anderer Fragen gehen alle relevanten Faktoren ein. Ein Beispiel dafür ist die Generalüberholung nach typischerweise 60.000 Betriebsstunden.

Die Software ist dabei so flexibel wie es der sehr differenzierte Markt der BHKW erfordert.

Geeignete Anwender

Energieberater, die belastbare Aussagen über die Einsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit sowie die Größe einer KWK-Anlage treffen wollen. Anlagenplaner und Betreiber, Controller und Contractoren.

Arbeitsweise / Programmaufbau

Das Programmmodul EVEBI – BHKW Simulation besteht aus mehreren Registern:

- Erfassen der Anlagendaten
- Erfassen der Simulationsdaten (Gebäudenutzung, Klimadaten), Ergebnisse der Simulation grafisch
- Optimierung der Daten BHKW-Anlagendaten (nach Vollbenutzungsstunden, Wärmebedarf, Strombedarf, Kapitalwert)
- Erfassen der Wirtschaftsdaten und Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit

Ein Bericht erscheint auf Knopfdruck mit allen relevanten Werten und Diagrammen.

Besonderheit: wird das Programm als Modul zu EVEBI verwendet, so erscheint es vollständig harmonisch eingebettet in die Anwendung und hat Zugriff auf alle Daten des Energieberaterprogramms. Insbesondere heißt das, der differenziert ermittelte Wärmebedarf wird in die Simulation übernommen. Dies nicht nur bei bestehenden Gebäuden, sondern auch bei Sanierungsvarianten, die per Auswahl selektiert werden können. So werden verschiedene Alternativsanierungsvarianten möglich.

Als Stand-Alone-Programm (eigenständige Spezialsoftware unabhängig von der Energieberatersoftware EVEBI) muss der Jahres-Wärme- und Strombedarf bekannt sein, um das Programm sinnvoll nutzen zu können.

Vorgehen zur Bewertung von BHKW-Anlagen

Vorbereitung (nur bei eingebettetem Softwaremodul):

Als integriertes Softwaremodul erfolgt zunächst vor allem bei Nicht-Wohngebäuden die Erfassung der Gebäudenutzung: Entsprechend der Systematik der DIN V 18599 (Gebäudebilanzierung) werden die Zonen des Gebäudes angelegt. Hier ist im Wesentlichen die Zonenfläche projektspezifisch zu erfassen. Alle anderen Werte können vom Standardprofil der Zonennutzung (42 Profile) übernommen oder aber individuell angepasst werden. Eine Anpassung der Betriebszeit ist nur bei Nicht-Wohngebäuden relevant (zur Differenzierung der Nutzungs- und Nichtnutzungszeit). Alle anderen Parameter sollten übernommen werden. Das Erstellen von (mindestens einer) Zone garantiert die korrekte Verwendung von Randbedingungen wie Nutzungstage, Betriebszeiten usw.

Zonen

1

Bezeichnung

Nutzung

TWW-Bedarf

Bezugsmenge Personen

Maße
Nutzungsparameter
weitere Parameter
Versorgung
Beschreibung

Nutzungszeiten

Nutzung von bis

jährliche Nutzungstage d/a

RLT, Kühlung von bis

Heizung von bis

Betriebstage Heizung d/a

Betriebstage Kühlung d/a

Betriebstage RLT d/a

Vollnutzungsstunden Personen h/d

Vollnutzungsstunden Geräte h/d

Wärmequellen

Wärmeabgabe Personen W/P

Wärmeabgabe Arbeitshilfen W/m²

Raumkonditionen

Solltemp. Heizung °C Min.Temp. Heizung °C

Nachtabenkung K

Solltemp. Kühlung °C Max. Temp. Kühlung °C

Beleuchtung

Wartungswert lx Minderungsfaktor Sehaufg.

Nutzebene m relative Abwesenheit

Raumindex Minderungsfaktor Zeit

Lüftung / Mindestaußenluftvolumenstrom

flächenbezogen (m³/h)/m²

gebäudebezogen (m³/h)/m² rel. Abwesenheit RLT

Teilbetriebsfaktor

Feuchteanforderung

Bei eingebettetem Softwaremodul kann die Anlage bereits im Ist-Zustand definiert sein oder werden. Zur Bedienung von EVEBI beachten Sie die Erfassungshilfen dort. Dies ist dann der Fall, wenn ein BHKW bereits im Bestand vorhanden ist oder wenn beim Neubau von vornherein klar ist, dass ein BHKW installiert werden soll. In diesem Fall werden bereits in den Gebäudedaten ein KWK-Modul und ein Spitzenlastkessel erfasst sein.

Wärmeerzeuger

16

Bezeichnung

% Deckung

Grunddaten
BHKW
Beschreibung

elektrische Leistung	<input type="text" value="7,0"/> kW	η el.	<input type="text" value="0,33"/>	Stromkennzahl	<input type="text" value="0,57"/>
thermische Leistung	<input type="text" value="12,3"/> kW	η therm.	<input type="text" value="0,57"/>		
η gesamt	<input type="text" value="0,90"/>	Verbrauch	<input type="text" value="23,83"/> kWh(Hs)/h		
zusätzl. Verteilnetzverluste	<input type="text" value="0"/> kWh/a	Vergütung	<input type="text" value="0,050"/> €/kWh		
Übergabestation / Nahwärme	<input type="checkbox"/>	Einspeisung	<input type="text" value="0,0"/> %		
Bivalenzpunkt	<input type="text" value="4,0"/> °C	<input type="checkbox"/>	smart grid ready		

Das BHKW wird grundsätzlich wärmegeführt gerechnet.

Erfassen der Anlagendaten

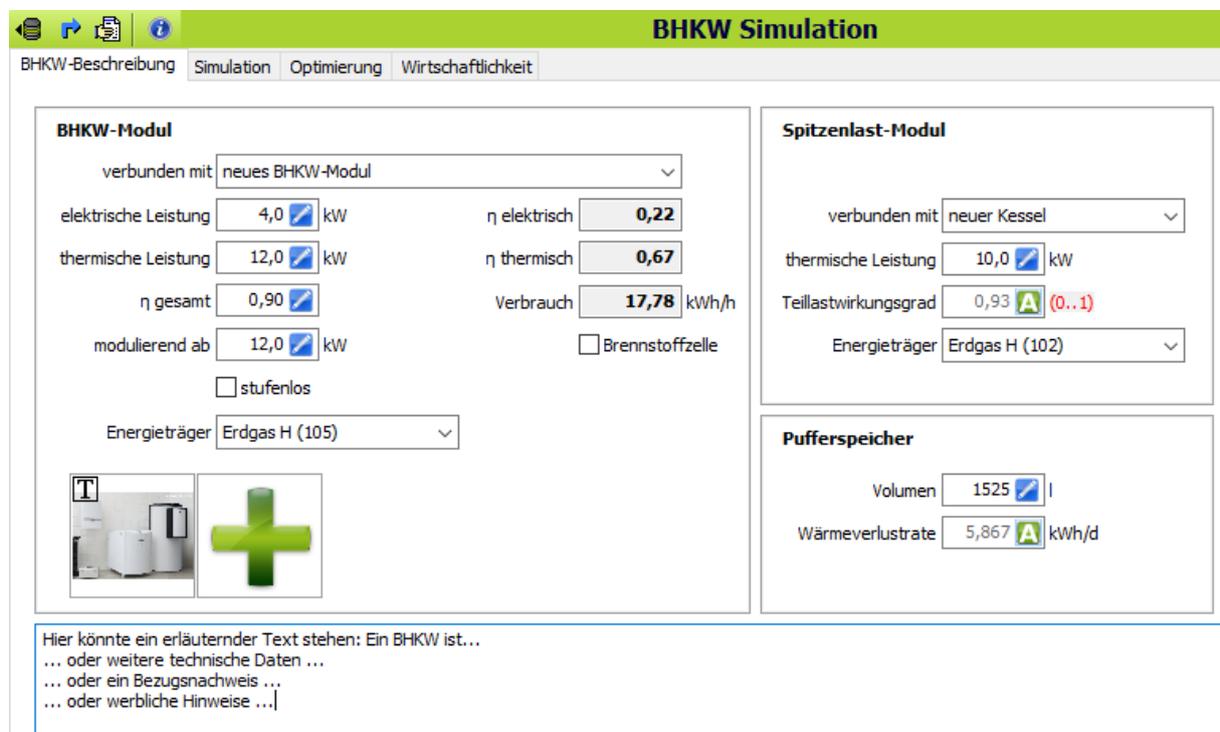
Erfassung der Anlage: Ist im integrierten Softwaremodul die Anlage bereits erfasst, kann diese mit der Simulation verbunden werden. Es erscheinen dann automatisch die Daten des BHKW und ggf. des Spitzenlastkessels in der Maske (Register Beschreibung).

Im anderen Fall (keine Verbindung) handelt es sich um ein neues BHKW-Modul und einen neuen Kessel. Auf Wunsch kann ein KWK-Modul aus der Datenbank entnommen werden. Die Daten sollten dann vollständig bereitstehen. Für den Spitzenlastkessel sind lediglich die thermische Leistung und der Teillastwirkungsgrad zu erfassen. Die gesamte thermische Leistung (Summe aus BHKW und Kessel) sollte mindestens der Heizlast entsprechen.

Anmerkung: zur Heizlastberechnung gibt es ein EVEBI-Modul, für überschlägige Heizlastberechnung bereits in EVEBI Grundausstattung Werte nach DIN 12832, DIN 4701 und LEG.

Als dritte Komponente neben dem BHKW-Modul und dem Kessel gibt es typischer Weise einen Pufferspeicher, der eine allzu häufige Taktung des Moduls verhindert.

Zu allen Eingabeparametern gibt es automatische Vorschlagswerte!



The screenshot shows the 'BHKW Simulation' software interface. It has a green header bar with the title 'BHKW Simulation' and a navigation bar with tabs: 'BHKW-Beschreibung', 'Simulation', 'Optimierung', and 'Wirtschaftlichkeit'. The main area is divided into three panels:

- BHKW-Modul:** Includes a dropdown for 'verbunden mit' (neues BHKW-Modul), input fields for 'elektrische Leistung' (4,0 kW), 'thermische Leistung' (12,0 kW), 'η gesamt' (0,90), and 'modulierend ab' (12,0 kW). It also shows 'η elektrisch' (0,22), 'η thermisch' (0,67), and 'Verbrauch' (17,78 kWh/h). There is a checkbox for 'Brennstoffzelle' and a dropdown for 'Energieträger' (Erdgas H (105)).
- Spitzenlast-Modul:** Includes a dropdown for 'verbunden mit' (neuer Kessel), 'thermische Leistung' (10,0 kW), 'Teillastwirkungsgrad' (0,93), and 'Energieträger' (Erdgas H (102)).
- Pufferspeicher:** Includes 'Volumen' (1525 l) and 'Wärmeverlustrate' (5,867 kWh/d).

At the bottom, there is a text box with a green plus icon and a placeholder text: 'Hier könnte ein erläuternder Text stehen: Ein BHKW ist... oder weitere technische Daten ... oder ein Bezugsnachweis ... oder werbliche Hinweise ...'

BHKW-Modul **elektrische Leistung:** unter Volllast abgegebene elektrische Leistung in kW. Bei Brennstoffzellen wird zunächst Gleichstrom erzeugt. Zu erfassen ist hier der transformierte Wechselstrom.

BHKW-Modul **thermische Leistung:** unter Volllast abgegebene thermische Leistung in kW.

BHKW-Modul **Wirkungsgrad (eta gesamt):** hier wird der Gesamtwirkungsgrad angegeben. Von diesem leiten sich dann (im Verhältnis zueinander) die Wirkungsgrade in der Strom- und Wärmeerzeugung ab. Auch leitet sich davon der Verbrauch (in kWh/h) ab. Ist der Gesamtwirkungsgrad nicht bekannt (in den Datenblättern werden ggf. nur die Teilwirkungsgrade für Strom und Wärme angegeben) so addiert man die Teilwirkungsgrade. Automatisch wird ein Gesamtwirkungsgrad von 87% bzw. 90% vorgeschlagen (was typische Werte für Gas-BHKW sind). Bei Brennstoffzellen liegt er bei 90%.

Die Info-Felder zu den Wirkungsgraden zeigen die sich aus den Eingaben ergebenden Wirkungsgrade.

Die Info-Felder zu den Wirkungsgraden zeigen die sich aus den Eingaben ergebenden Wirkungsgrade. Das gleiche gilt für den Verbrauch. Der Wert ist umrechenbar in m³ über den im Energieträger hinterlegten Umrechnungsfaktor.

BHKW-Modul **modulierend ab**: handelt es sich um ein BHKW mit mehreren (mind. zwei) Leistungsstufen, so ist die unterste Stufe anzugeben. Ansonsten steht in diesem Feld die volle Nennleistung (thermische Leistung). Regelt das Modul stufenlos, so ist das entsprechende Kästchen zu selektieren.

Handelt es sich um eine Brennstoffzelle, so ist der **Startstrom** bedeutsam, weil im Startvorgang ein bedeutender Verbrauch stattfindet. Eine Taktung wirkt sich sehr negativ aus.

BHKW-Modul

verbunden mit:

elektrische Leistung: kW η elektrisch:

thermische Leistung: kW η thermisch:

η gesamt:

Verbrauch: kWh/h

modulierend ab: kW Brennstoffzelle

stufenlos

Energieträger:




Kessel **thermische Leistung**: hier ist die thermische Nennleistung in kW anzugeben. Zusammen mit der thermischen Leistung des KWK-Moduls sollte diese Leistung die Heizlast des Gebäudes decken können.

Kessel **Teillastwirkungsgrad**: hier ist der Teillastwirkungsgrad (auch η_{30} genannt) einzutragen. Bei Brennwertkesseln liegt dieser Wert bei 1.

Anmerkung: ist kein Kessel vorgesehen (nur bei vollständiger Deckung der Heizlast durch das KWK-Modul; dies kommt nur bei sehr kleinen Anlagen oder bei stromgeführten KWK vor) bleibt die thermische Leistung auf 0.

Spitzenlast-Modul

verbunden mit:

thermische Leistung: kW

Teillastwirkungsgrad: (0..1)

Energieträger:

Pufferspeicher **Volumen**: Ist ein Pufferspeicher vorhanden (dies sollte der Fall sein, wenn das KWK-Modul mehr als 20% des Wärmebedarfs decken soll), so wird hier die Speichergröße in Litern angegeben. Der Pufferspeicher puffert die Wärme, um Taktung zu vermeiden und um die Laufzeit des Moduls gegenüber dem Spitzenlastkessel zu verlängern. Die Größe hängt von der Nutzung (z.B. Trinkwarmwassernutzung, Wohneinheiten) und von der Modulgröße ab. Im Standardfall wird ein sinnvoller Wert vorgeschlagen.

Pufferspeicher **Wärmeverlustrate**: Der Speicher hat Verluste über die Oberfläche. Diese werden üblicherweise in kWh/Tag erfasst und bewertet (im beladenen Zustand).

Pufferspeicher

Volumen A l

Wärmeverlustrate A kWh/d

Erfassen der Gebäudenutzung sowie Simulationsdaten

Die Simulation der Anlage findet automatisch im Hintergrund statt. Mit jeder Änderung der Eingabe wird die Simulation neu gestartet und im Reiter Simulation dargestellt. Es handelt sich um eine stunden-aufgelöste Simulation unter Berücksichtigung des Klimas, der Wärme- und Stromlast sowie der eingestellten Anlagenparameter.

Während der Darstellung können alle Eingabedaten frei verändert werden.

Stromverbrauch/-bedarf: der gesamte Strom-Jahresverbrauch wird eingetragen bzw. automatisch ermittelt und vorgeschlagen. Die Vorgabe wird aus den verfügbaren Daten vorgeschlagen (Wohneinheiten, mittlerer Haushaltsverbrauch; bei NWG evtl. Nutzungs- und m²-bezogene Kenndaten). Besonders bei Nicht-Wohngebäuden oder anderen Anwendungen (Industrie) sollte in jedem Fall der konkrete Projektwert erfasst werden. Der erfasste Verbrauch wird über das Profil (s.u.) auf die Perioden (Viertelstunden) aufgeteilt.

Wärmeverbrauch/-bedarf: ähnlich wird mit dem Wärmeverbrauch verfahren. Ist das Modul in die Energieberatersoftware eingebettet, wird der bilanzierte Wärmebedarf vorgeschlagen. Ansonsten sollte hier der gesamte Wärmebedarf für Heizen inklusive der Anlagenverluste (Q_{outg}) erfasst werden. Programmintern wird dieser Verbrauch/Bedarf auf die Stunden des Jahres über die klimatischen Informationen (Außentemperatur, Heizgrenze usw.) aufgeteilt. Trinkwarmwasser und andere Verbraucher sollten separat in einem zusätzlichen Feld erfasst werden. Wenn die Bilanz gerechnet wurde, geschieht das automatisch. Ansonsten wird ein plausibler Anteil des Wärmebedarfs als Trinkwarmwasserbedarf (inkl. Anlagenverluste) angesetzt, bei Wohnnutzung z.B. 17%.

Strom-Lastprofil:

Strom-Last: Für die Charakteristik des Stromverbrauchs – also die Verteilung des o.g. Stromverbrauchs auf die einzelnen Stunden/Viertelstunden des Jahres – stehen Standardprofile für die wichtigsten Nutzungen zur Verfügung.

- Haushalt (VDEW - H0)
- Gewerbe allgemein (VDEW - G0)
- Gewerbe werktags (VDEW - G1)
- Gewerbe stark abends (VDEW - G2)
- Gewerbe durchlaufend (VDEW - G3)
- Laden/Friseur (VDEW - G4)
- Bäckerei/Backstube (VDEW - G5)
- Wochenendbetrieb (VDEW - G6)
- Landwirtschaftsbetrieb (VDEW - L0)
- Landwirtschaftsbetrieb Michwirtschaft/Tierzucht (VDEW - L1)
- übrige Landwirtschaft (LDEW - L2)
- Speicherheizung mit Tagnachladung (VDEW - S0)
- Speicherheizung mit unterbrechbarer Lieferung (VDEW - S1)
- Straßenbeleuchtung (VDEW - SB)

Benutzerdefiniert:

Es gibt auch die Möglichkeit, ein eigenes Lastprofil zu verwenden. Dies stammt ggf. aus einer branchenspezifischen Quelle, aus einer Leistungsmessung des Stromnetzbetreibers oder aus einer hauseigenen Messung. Vielleicht ist auch eine Mischung aus verschiedenen Standardprofilen gewünscht. In diesen Fällen muss eine Vorverarbeitung stattfinden. Das Format ist einfach aufgebaut:

es wird eine Textdatei (*.csv) mit 35.040 Zeilen benötigt. Diese repräsentieren die Viertelstundenperioden eines Jahres vom 1.01. bis zum 31.12. Als Werte stehen in dieser Datei jeweils der Tag; die Uhrzeit; und der Anteil der Periode am Jahresverbrauch.

Format: MM.TT.;HH:MI;Anteil
 Beispiel: 01.01.;00:00;0,00003061

Bei Messungen liegen ggf. andere Werte bzw. eine andere Formatierung vor. In diesem Fall muss eine Umrechnung durch den Anwender (z.B. in einer Tabellenkalkulation) erfolgen. Das benutzerdefinierte Profil sollte im persönlichen Datenordner (Stammdaten) abgelegt sein und den Namen userlastprofil.csv tragen.

Besonderheiten wie Schaltjahre und Zeitumstellungen werden nicht berücksichtigt.

Klima:

Angezeigt wird die geografische Lage des Objektes. Hierzu dient die erfasste Postleitzahl als Grundlage. Automatisch wird die passende Klimaregion aus dem Testreferenzjahr-System (14 Regionen) herausgelesen. Manuell kann diese Region jedoch angepasst werden (besonders exponierte Höhe des Objekt-Standorts).

Die hinterlegten Klimaprofile sind nicht nur Regional/geografisch untergliedert, sondern es gibt auch vorausschauende Profile für künftig erwartbare kalte Winter oder heiße Sommer.

Darstellung der Periode und der Inhalte:

Umfassendste Darstellung ist die „Jahreslinie“. Hier werden die Daten für ein gesamtes Jahr dargestellt. Da hier 8760 Werte angezeigt werden, ist diese Darstellung zwar für einen Überblick, nicht aber für eine detailliertere Betrachtung geeignet. Hier kann man also besonders wichtige Perioden (Winter-, Übergang- und Sommerbetrieb) herausgreifen, indem auf Monats-, Wochen- oder Tagesansicht umgeschaltet wird.

Für die Auslegung besonders wichtig ist die Darstellung der Jahresdauerlinie. Sie zeigt die nach der Größe sortierten Werte des ganzen Jahres. Hier kann also erkannt werden, wie lange eine Leistung gefordert ist, die über der Modulleistung liegt (=Volllastbetrieb).

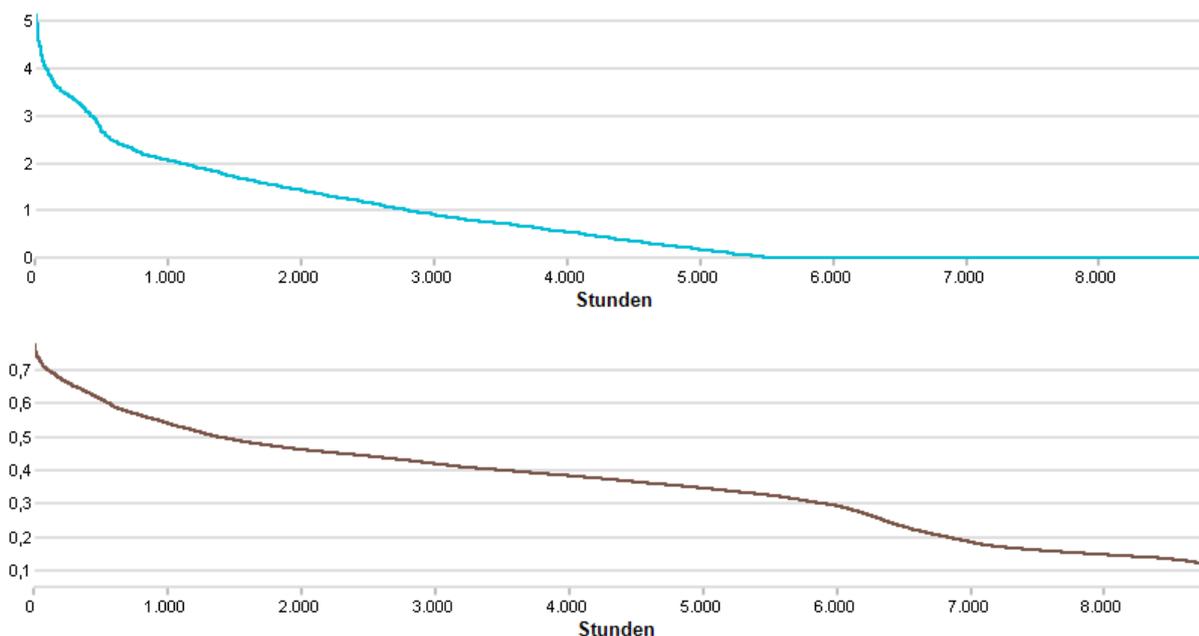


Abb.: Jahresdauerlinien für Wärme (oben) und Strom (unten)

Darstellung der **Inhalte**:

Für die Darstellung existieren 12 Themen, die einzeln und in Kombination ausgewählt werden können. Für typische und zueinander passende Betrachtungen gibt es einen Wahlschalter (frei – Wärme – Strom). Hier können z.B. die relevanten Informationen zum Thema Wärme (Bedarf, Arbeit des KWK-Moduls, Arbeit des Kessels, Speicherung etc. mit einem Klick angewählt werden. Das gleiche gilt natürlich für die wichtigen Informationen zum Strom.

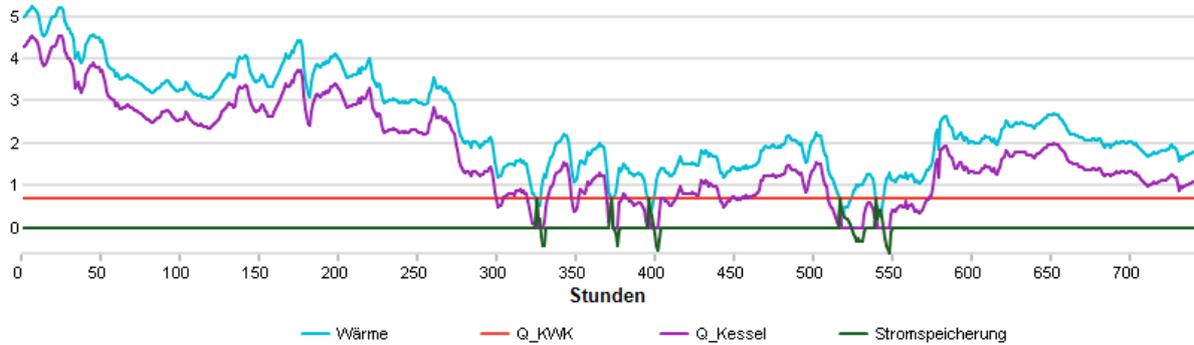


Abb.: Brennstoffzellenmodul (EFH) im Januar, Wärmeparameter, Modul läuft durchgängig

Darstellung der **Jahresergebnisse** und der Summen über bestimmte **Perioden**:

Die wesentlichen energetischen Jahresergebnisse sehen Sie in der linken Spalte auf einen Blick. Rechts erscheint die eingestellte (und im Graphen dargestellte) Periode, Monat, Woche, Tag oder Jahr.

	Jahres-Ergebnisse	Monats-Ergebnisse
Strom-Bedarf	6.299 kWh	501 kWh
Strom-Ertrag	24.105 kWh	1.139 kWh
Strom-Deckung	54 %	26 %
Eigenverbrauch	3.410 kWh	129 kWh
Strom-Einspeisung	20.694 kWh	1.010 kWh
Strom-Einkauf	2.889 kWh	372 kWh
Wärme-Bedarf	56.774 kWh	2.588 kWh
Wärme-Deckung	96 %	100 %
Laufzeit BHKW-Modul	4.548 h	215 h
Laufzeit Spitzenlast	899 h	0 h
Vollbenutzung BHKW	4.548 h	215 h
Brennstoffeinsatz	89.803 kWh	4.133 kWh

In der oberen Hälfte sind es die Stromrelevanten Daten, unten zur Wärme und zur Laufzeit der Komponenten.

Hinweis: gibt es im Objekt einen oder mehrere Stromspeicher (Batterien), so werden sie berücksichtigt. D.h. überschüssiger Strom kann bis zur Kapazitätsgrenze eingelagert und bei Bedarf abgerufen werden. Das senkt die Einspeisungen (für die nicht viel bezahlt wird) und den notwendigen Stromeinkauf (der teuer bezahlt werden muss).

Hinweis: In der Bilanzierung nach DIN V 18599 wird das Ergebnis „Wärmedeckung“ (in 18599-9:2016-10 „Kappa“ genannt) verwendet.

Auslegung/Optimierung der BHKW-Anlage

Eine entscheidende Aufgabe bei der Modulplanung bzw. der Erarbeitung eines belastbaren Vorschlags für eine Anlagenkonfiguration ist die Auslegung. Sie hat entscheidenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.

Wir empfehlen dazu, die Anlagen-Parameter grob vor zu dimensionieren. Eventuell helfen dabei die „Automatik“ der Felder. Wichtig ist dabei im Grunde weniger die absolute Leistung (thermisch und elektrisch), sondern das Verhältnis der beiden Werte (ausgedrückt z.B. in der Stromkennzahl ($= P_{el} / P_{therm}$; typischer Weise 0,3 – bei Brennstoffzellen 0,5) und der Gesamtwirkungsgrad (in der Regel um 0,9). Dazu kommt ein passender Speicher. Die thermische Gesamtleistung von KWK-Modul und Spitzenlastkessel sollte der Gebäudeheizlast entsprechen (Anmerkung: in EVEBI kann diese sehr leicht über die Funktion „Minimalerzeuger“ oder „Heizlast“ erfragt werden). Das KWK-Modul kann als Anfangswert für die thermische Leistung 30% der Kesselnennleistung erhalten.

Grundsätzliches Vorgehen bei der Optimierung: Die Größe des KWK-Moduls wird schrittweise (unterhalb von 10 kW in 100 W-Schritten, darüber in 1 kW-Schritten) vergrößert und komplett simuliert. Dabei bleiben die Verhältnisse erhalten (Stromleistung zu Wärmeleistung, spezifische Pufferspeichergröße, Modulationsbereich usw.). Die Ergebnisse jedes Schrittes werden festgehalten.

Die Optimierung kann wahlweise auf bestimmte Ziele hin erfolgen:

Vollbenutzungsstunden: in der Regel arbeitet ein KWK-Modul ab einer Dauer von 4.000 Volllaststunden wirtschaftlich. Durch die Vorgabe „Vollbenutzungsstunden“ kann man eine Modulgröße berechnen, bei der diese Stundenzahl (z.B. 4.500 h) erreicht wird. Will man einen wirtschaftlichen Betrieb erreichen, ist dies die Hauptmethode der Optimierung.

Wärmedeckung: es kann auch Ziel der Auslegung sein, eine hohe wärmeseitige Auslastung zu erreichen. Bei Mikro-KWK kann dies bis zu einer Monovalenz (100%) reichen. Ein gewünschter Deckungsanteil wird vorgegeben (z.B. 80%) und so lange simuliert, bis diese Auslastung erreicht wird. Ist sie nicht erreichbar (z.B. wegen der Betriebszeiten), wird das entsprechend signalisiert bzw. bleibt beim Maximum stehen. Hinweis: DIN V 18599-9 geht als Standardwert von 80% aus.

Stromdeckung: gleiches Prinzip gilt auch für die Stromdeckung. Hier ist das Herantasten an die Deckung aber ungleich schwieriger, da das (Gebäude-)BHKW grundsätzlich wärmegeführt betrieben wird. Es kann also leicht vorkommen, dass eine gewünschte Deckung gar nicht oder nur unter extrem ungünstigen Umständen erreicht wird. Diese Methode sollte also nur untergeordnet verwendet werden, zum Beispiel unter der Fragestellung: erreiche ich bzw. wie erreiche ich Autarkie? Bei solchen Fragestellungen kann es sinnvoll sein, die Kesselleistung zu fixieren, da sonst die Optimierung bei erreichter Heizlast stoppt.

Kapitalwert: die höchste Wirtschaftlichkeit ist durch den größten Kapitalwert gekennzeichnet. Hier wird also bis zu einem Optimum des Kapitalwerts simuliert. Oft erreicht man eine hohe Wirtschaftlichkeit in diesem Sinne mit sehr kleinen und damit sehr lange laufenden Modulen. Im Sinne eines hohen KWK-Anteils an der Wärmebedarfsdeckung – mit entsprechend besserer Umweltwirkung - ist jedoch ein größeres Modul besser. Daher sollte auch diese Optimierung nur hilfsweise eingesetzt werden. Der Kapitalwert kann auch mehr oder weniger deutlich im negativen Bereich liegen. In diesem Falle amortisieren sich die Mehrkosten gegenüber einer reinen Kesselanlage nie. In diesem Falle wird nach dem geringsten Verlust gesucht.

Wir empfehlen also im Regelfall eine Optimierung auf 4.500 oder 5.000 Vollbenutzungsstunden. Jedoch kann je nach Anwendungsfall eine andere Methode in Frage kommen. Ob und wie wirtschaftlich die Anlage betrieben wird, kann im Reiter Wirtschaftlichkeit erkannt werden.

Optimierungsart Vollbenutzungsstunden

Zielwert 4.500 A h

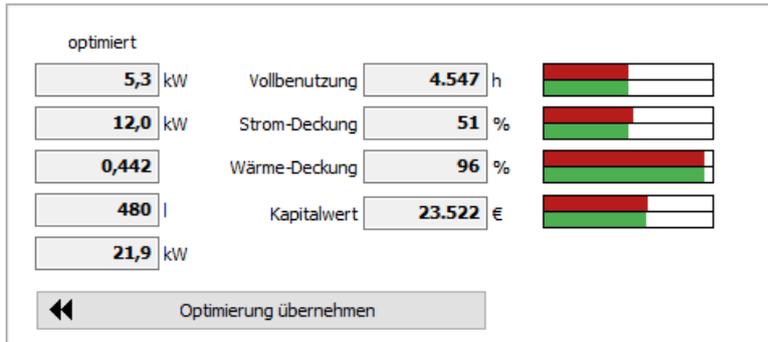
optimieren

Die Optimierung wird mit dem Schalter „Optimieren“ gestartet. Die Optimierung dauert in der Regel einige Sekunden. In dieser Zeit bewegen sich die Fortschrittsbalken auf der rechten Seite der Maske.

Auf der linken Seite der Maske werden die aktuell eingestellten Anlagendaten angezeigt. Diese Daten stammen aus dem Reiter BHKW-Beschreibung und bilden die Grundlage für die Darstellungen in der Simulation und der Wirtschaftlichkeit.

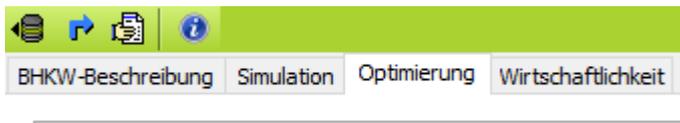
In der Optimierungsmaske kann noch ausgewählt werden, ob die Kessel- und/oder SpeichergroÙe des aktuellen Zustands während des Optimierens konstant gehalten werden soll (Klickfelder). Dies ist z.B. dann sinnvoll, wenn ein bestehender Kessel bzw. Speicher bestehen bleiben soll. Auch kann dies sinnvoll sein, wenn man die Abbruchbedingung „Erreichen der Heizlast bei BHKW-Monovalenz“ umgangen werden soll. Ansonsten wird ja die Optimierung so lange durch geführt, bis die Heizlast (= thermische Gesamtleistung von BHKW+Kessel) erreicht ist ($P_{\text{Kessel}} = 0$, $P_{\text{BHKW}} = \text{Heizlast}$).

Auf der rechten Seite finden sich nach erfolgter Optimierung die optimalen Anlagenparameter sowie eine Auswahl an Ergebnissen.



Die optimalen Anlagenparameter können nun in die aktuellen Parameter übernommen werden. Die aktuellen Parameter werden damit überschrieben, so dass nun die optimalen Anlagendaten die Grundlage für Simulation und Wirtschaftlichkeit bilden.

Nun kann, basierend auf der optimalen Anlage, ein konkretes Produkt aus der Datenbank ausgewählt werden. Dazu dient der Schalter oben links in der Schalterleiste.



Sind Sie mit dem Ergebnis zufrieden kann – bei in EVEBI eingebettetem Modul – diese Anlage (d.h. das KWK-Modul, der Kessel und der Speicher) in das Projekt übernommen werden zur weiteren Berechnung. Dazu dient der zweite Schalter in der Schalterleiste (Pfeilsymbol).

Wirtschaftlichkeit der BHKW-Anlage

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit spielt bei einem BHKW eine sehr große Rolle. Sie ist von so vielen Einzelfaktoren abhängig, dass hier eine rechnergestützte Lösung gute Dienste leisten kann. Allergrößte Sorgfalt ist auf die Erfassung bzw. die Überprüfung der Parameter zu legen.

BHKW Pro hat im Dienste der schnellen Bearbeitung alle Felder mit Vorgabewerten bestückt. Diese können natürlich vom konkreten Projekt mehr oder weniger stark abweichen.

Oft geht es bei den BHKW Betrachtungen um eine mögliche Ersatzinvestition einer bestehenden reinen Wärmelösung (Kesselanlage). Daher spielt ein Vergleich mit einer alternativen reinen Kesselanlagen-Lösung eine wichtige Rolle. Die KWK-Lösung muss deutlich besser sein, um eine Entscheidung für diese etwas kompliziertere Technik zu treffen.

Eingaben:

Investitionskosten: Anschaffungs-, Planungs- und Nebenkosten bis zur Inbetriebnahme, abzüglich einer evtl. Förderung (z.B. die Brennstoffzellen-Förderung aus dem KfW-Programm). Als Vorgabe hinterlegt ist eine Kennlinie, die abhängig ist von der elektrischen Leistung des Moduls, wobei ein Gasmotor-BHKW die Grundlage bildet. Biomasse-BHKW und Brennstoffzellen sind spezifisch deutlich teurer. Der angesetzte spezifische Wert steht als Information rechts neben dem Feld.

Betriebskosten: KWK-Module sind deutlich teurer in der Unterhaltung als reine Kesselanlagen, da neben der auch hier notwendigen Abgasweg-Kontrollen auch Motorwartungen (v.a. Ölwechsel) anfallen. Als Vorgabe hinterlegt ist eine Kennlinie, die ebenfalls für Gasmotor-KWK jeder Größenklasse gilt.

Inbetriebnahme: Jahr der Inbetriebnahme, Vorgabe ist das aktuelle Jahr

Nutzungsdauer: angenommene Nutzungsdauer. Vorgegeben sind 15 Jahre, ein Wert, der für Gasmotor-BHKW typisch ist. Innerhalb dieser Zeit ist meist eine Generalüberholung notwendig (bei größeren BHKW nach ca. 60.000 Stunden, bei kleinen nach ca. 30.000 h); Diese wird Programmseitig berücksichtigt. Zu beachten ist, dass heute Brennstoffzellenmodule eine weit geringere Lebenszeit haben (ca. 20.000 h). Bei stark ausgelasteten Modulen (ab 7.000 h) kann die Nutzungsdauer etwas herunter genommen werden.

Vergütungen und Energiepreise:

Diese sind sehr stark abhängig von der Gesetzeslage (EEG, KWKG), die sich in unregelmäßigen Abständen ändert und laufenden Anpassungen unterworfen ist. Auch spielt die Betriebsweise und die Modulart eine Rolle. Schließlich sind einige Preiskomponenten vom Energieversorger bzw. Netzbetreiber abhängig, so dass die Vorgaben nur unverbindlich und verallgemeinernd zu verstehen sind.

Einspeisevergütung: Vergütung für den tatsächlich ins öffentliche Netz (oder in ein anderes Netz oder als Lieferung der Überschüsse an „Nachbarn“) eingespeisten Strom. Preisbestandteile sind der börsennotierte Strompreis (Baseload), der gesetzlich vorgesehene KWK-Zuschuss und die vermiedenen Netznutzungsentgelte.

Vergütung selbstgenutzten Stroms: das EEG sieht in bestimmten Fällen auch eine Vergütung für Strom vor, der selbst genutzt wird (halber KWK-Zuschuss). Auch ist eine Stromsteuerermäßigung möglich.

Strompreis: der Preis für eine kWh Strom, der aus dem öffentlichen Netz eingekauft werden muss. Er wird aus den Daten des Projekt-Stroms vorgeschlagen.

Energiesteuererstattung: die Befreiung von der Energiesteuer bezieht sich nicht auf den Strombezug, sondern auf den Brennstoffeinkauf.

Für einen Vergleich mit einer Alternativanlage (bzw. dem Bestehenbleiben einer vorhandenen Kesselanlage) sind einige Eingaben wichtig.

Investitionskosten: Kosten für den Kessel, die Installation, Inbetriebnahme und Nebenkosten.

Betriebskosten: Betriebskosten wie Wartung und Abgasmessung.

Nutzungsdauer: erwartete Nutzungsdauer. Vorgegeben ist nach VDI 2067 15 Jahre.

Für die dynamische Berechnung der Wirtschaftlichkeit (VDI 2067) wird weiterhin benötigt:

Zinssatz: Kalkulatorischer Zins. Dieser Zinssatz geht in die Berechnung in der Weise ein, dass angenommen wird, dass die Investitionskosten mit diesem Zinssatz auch gewinnbringend hätten angelegt werden können.

Inflation: Die hier angegebene Preissteigerung bezieht sich auf die Betriebskosten und erhöht diese jährlich über die Nutzungsdauer.

Energiepreissteigerung: Verteuerung der Energie

Ergebnisse der Wirtschaftlichkeit

Die Ergebnisse werden gezeigt zum einen als Tabelle mit wichtigen Kennwerten, zum anderen als Grafik des Kapitalwertes.

Kosten: die jährlichen Kosten der KWK-Modullösung für den Betrieb und den Brennstoffeinkauf. Zugrunde gelegt wird der aus dem Projekt bekannte Energiepreis.

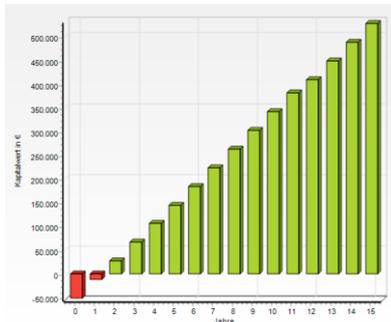
Erlöse: die Erlöse aus dem Verkauf des eingespeisten Stroms und des selbstgenutzten Stroms sowie die Einsparungen durch vermiedenen Stromeinkauf.

Gesamtkosten: jährliche Gesamtkosten inklusive der Kapitalkosten.

Kapitalwert: die Verbesserung gegenüber der Referenzlösung (Kesselanlage) kapitalisiert über die Nutzungszeit. Einkalkuliert ist dabei eine evtl. in der Nutzungszeit liegende Generalüberholung.

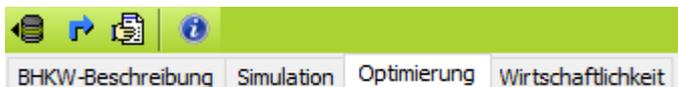
Generalüberholung: Kosten einer Generalüberholung nach 30.000 h (-10 kW) bzw. 60.000 h (ab 100 kW elektrisch)

Gesamtkosten Vergleich: jährlicher Unterschied zwischen der Referenzanlage (Kessel) und der KWK-Lösung.



Grafische Darstellung des kumulierten Kapitalwerts

Erstellung des Berichts



Die Generierung des Berichtes erfolgt über das Symbol  am oberen Maskenrand.

Es erscheint ein 3-4-seitiger Bericht mit allen Daten und Ergebnissen der Anlage.

