



Am Bildschirm lassen sich mit der passenden Simulationssoftware schnell verschiedene Versorgungsvarianten durchrechnen und vergleichen.

Lösungen variieren

HYBRIDE WÄRMEPUMPEN-HEIZSYSTEME IM VERGLEICH Um das passende Energiekonzept zu finden, kann vorab ein Variantenvergleich sinnvoll sein. So zum Beispiel bei der Frage, welches Wärmepumpen-Hybridsystem die Anforderungen eines Mehrfamilienhauses am besten erfüllt. Angela Krainer, Nathanael Marthaler, Tushar Sharma, Sven Heuermann, Bernd Sachse

□ Welches Energieversorgungssystem eignet sich für ein Wohnhaus am besten, welches für ein Quartiersprojekt? Die Antwort auf diese Frage zu finden, wird mit steigenden Anforderungen immer anspruchsvoller. Umso wichtiger ist es, bereits in einer frühen Projektphase verschiedene Versorgungsvarianten zu prüfen, um die jeweils beste Variante hinsichtlich Komfort, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit zu identifizieren. Mit einem Variantenvergleich können Energieberatungs-, Ingenieur- und TGA-Planungsbüros eine wichtige Entscheidungsgrundlage errechnen und frühzeitig die Weichen für nachhaltige und wirtschaftliche Energiesysteme stellen.

Erneuerbare Versorgungssysteme rücken in den Fokus

Bei der Wahl geeigneter Versorgungsvarianten stehen heute vielfältige Möglichkeiten zur Verfügung, um verschiedene Energieträger zu integrieren und die Energieversorgung zu optimieren. Der Gesetzgeber setzt klare Rahmenbedingungen für die Wahl der Versorgungsvariante: Die Bundesregierung will ab dem kommenden Jahr vorschreiben, dass möglichst jede neu eingebaute Heizung mit mindestens 65 Prozent erneuerbarer Energie betrieben wird. Damit rücken erneuerbare Energiesysteme in den Mittelpunkt, die verschiedene Quellen nutzen, Energieerzeugungskomponenten geschickt kombinieren

und auf diese Weise eine ganzheitliche Versorgung mit Kälte, Strom und Wärme ermöglichen.

Bei der Planung einer Sanierung oder eines Neubaus stehen derzeit vor allem kombinierte Wärmepumpensysteme im Fokus. Eine Umfrage unter den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des GEB-Webinars „Hybride Heizsysteme mit Wärmepumpen“ am 25. Mai 2023 hat ergeben, dass drei Kombinationen einer Wärmepumpe besonders von Interesse sind: mit einem Gaskessel, mit Photovoltaik oder mit Solarthermie.

Um die Varianten vergleichen zu können, bietet sich eine simulative Abbildung der verschiedenen Systeme in einer geeigneten Planungssoftware an. Für den Beitrag wurde ein Variantenvergleich mit der Simulationssoftware Polysun der Firma Vela Solaris umgesetzt und ein Beispielprojekt abgebildet. Sie ermöglicht die realitätsnahe Simulation und den Vergleich verschiedener Energiekonzepte. Die Simulation erfolgt in dynamischen Zeitschritten bis in den Sekundenbereich und berechnet das Zusammenspiel aller Komponenten in einer Ganzjahresbetrachtung. Dabei verwendet die Software standortspezifische Wetterdaten.

Was simuliert wurde

Für den Variantenvergleich wurden bestimmte Annahmen zum Gebäudeobjekt sowie zum Versorgungssystem getroffen und in Polysun hinterlegt, um Aussagen zur Energieeffizienz, Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit der Versorgungsvarianten treffen zu können. Wertvollen Input lieferte das Ingenieurbüro Drews Gebäudetechnik aus Berlin, sodass sich die Varianten praxisnah abbilden ließen.

Das Ingenieurbüro bietet für alle Gewerke der Gebäudetechnik umfassende Dienstleistungen für Bauleitung, Beratung, Gutachtenerstellung und Planung an. Es hat sich schon früh für die computergestützte Simulation entschieden. „Ausschlaggebend für den Einsatz von Polysun waren und sind die umfangreichen Simulationsergebnisse, die zu einer Optimierung der Auslegungsdaten der einzelnen energierelevanten Komponenten und somit zu einer weitaus besseren Beratungsmöglichkeit für den Kunden führen“, erklärt Geschäftsführer Sven Heuermann.

Die Annahmen dieses Variantenvergleichs sind exemplarisch zu verstehen. Je nach Anforderungen, Ausgangslage und Objekt können sich die Eingangsdaten und damit auch die hier dargestellten Ergebnisse grundsätzlich unterscheiden.

- Bei dem **Musterobjekt** handelt es sich um ein Mehrfamilienhaus in Teltow vor den Toren Berlins. Es verfügt über 24 Wohneinheiten auf sechs Etagen und ist als Neubau mit einem modernen Baustandard geplant. Der Variantenvergleich geht von einem Warmwasserbedarf von 3000 Litern pro Tag und einer Heizfläche von 1900 Quadratmetern aus. Daraus ergibt sich eine thermische Nutzenergie von 210 Megawattstunden im Jahr und ein Jahres-Stromverbrauch des Gebäudes von 84 Megawattstunden.
- Bei der Versorgungsvariante **Wärmepumpe und Gaskessel** deckt eine Luft/Wasser-Wärmepumpe mit einer Leistung von 90 Kilowatt den Heizwärmebedarf und einen Großteil des Warmwasserbedarfs. Der Gaskessel wird mit einer Leistung von zehn Kilowatt als Back-up für die Warm-

wasserbereitstellung eingesetzt und kommt somit nur zeitweise zum Einsatz.

- Bei der Versorgungsvariante **Wärmepumpe und Photovoltaik** wird die Fläche des Satteldachs für die Installation einer Photovoltaikanlage genutzt. Der Vergleich geht von einer Südausrichtung und einem Neigungswinkel von 45 Prozent aus, wobei sich eine Fläche von 100 Quadratmetern nutzen lässt. Der erzeugte Solarstrom beträgt rund 23,6 Megawattstunden im Jahr und verteilt sich wie in **Abb. 1** dargestellt.

Bild: Vela Solaris

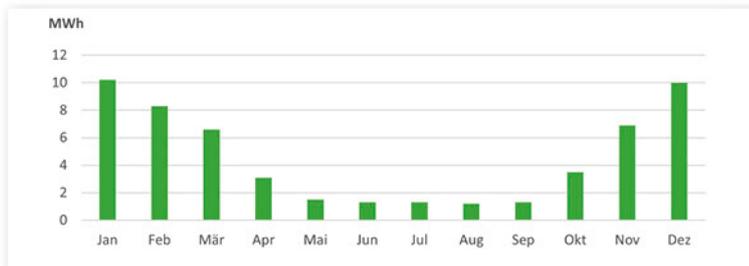


1 Ertrag der Photovoltaik, Quelle: Software Polysun

Der Solarstrom wird in erster Priorität für den Verbrauch des Gebäudes und in zweiter Priorität für die Wärmepumpe verwendet. Auf diese Weise können ca. 90 Prozent des erzeugten Stroms lokal verbraucht werden. Dieses Mieterstrommodell wird in Deutschland derzeit nur vereinzelt umgesetzt, da einige regulatorische Hürden zu überwinden sind. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die ersten erfolgreichen Beispiele Schule machen werden, da es sich wirtschaftlich rechnet, wie der spätere Vergleich zeigt.

- Bei der dritten Versorgungsvariante deckt eine **Wärmepumpe** den Heiz- und Warmwasserbedarf. Sie bezieht die elektrische Energie in Höhe von etwa 56 Megawattstunden vollständig aus dem Netz, wobei der Hauptbezug wie in **Abb. 2** dargestellt natürlich in der Heizperiode erfolgt.

Bild: Vela Solaris



2 Strombezug der Wärmepumpe, Quelle: Software Polysun

- Bei der Versorgungsvariante **Wärmepumpe und Solarthermie** liefert die Wärmepumpe den Heizwärmebedarf. Zur Deckung des Warmwasserbedarfs unterstützt sie eine thermische Solaranlage.

Was die Simulation ergeben hat

Durch die Abbildung der verschiedenen Versorgungsvarianten in Polysun können die Versorgungsvarianten unter verschiedenen Gesichtspunkten verglichen werden. **Abb. 3** zeigt eine Auswahl von Kennzahlen.

Demnach schneiden die Variante 1: Wärmepumpe + Gaskessel und Variante 3: Wärmepumpe hinsichtlich der CO₂-Emissionen am schlechtesten ab. Einflussfaktor ist der vergleichsweise hohe Netzbezug. Der Stromverbrauch von Variante 2: Wärmepumpe + Photovoltaik und Variante 3: Wärmepumpe fällt höher aus als bei den anderen Versorgungskonzepten, da die Wärmepumpe vollständig den Wärmebedarf des Gebäudes deckt.

Variante 2: Wärmepumpe + Photovoltaik ist am unabhängigsten vom Netzbezug, da der lokal erzeugte PV-Strom den Autarkiegrad erhöht. Hinsichtlich des effizienten Betriebs der Wärmepumpe sind die Varianten vergleichbar. Alle vier Varianten erfüllen die in der Politik diskutierte 65-Prozent-EE-Anforderung. Insbesondere bei der Einbindung von konventionellen Wärmeerzeugern wie einem Gaskessel lässt sich simulativ überprüfen, ob das Kriterium erfüllt wird.

Welche Variante am wirtschaftlichsten ist

Als weitere Analyse wurde die Wirtschaftlichkeit der verschiedenen Varianten anhand einer Netto-Barwert-Methode berechnet – mit folgenden, teilweise vereinfachenden Annahmen:

- Stromvergütung Netzeinspeisung: 8 ct/kWh
- Strompreis Netzbezug: 28 ct/kWh
- Erdgaspreis: 90 ct/m³
- Luft/Wasser-Wärmepumpe (90 kW) Investitionskosten: 90.000 €
- Luft/Wasser-Wärmepumpe Lebensdauer: 20 Jahre
- Gaskessel (10 kW) Investitionskosten: 6.000 €
- Gaskessel Lebensdauer: 30 Jahre
- Photovoltaik Investitionskosten: 1.500 €/kW_p
- Photovoltaik Lebensdauer: 30 Jahre
- Speicher (5.000 l) Investitionskosten: 20.000 €
- Solarthermie (80 m²) Investitionskosten: 40.000 €
- Solarthermie Lebensdauer: 30 Jahre
- Speicher Solarthermie (8.000 l) Investitionskosten: 25.000 €
- Speicher Lebensdauer: 30 Jahre

Das Ergebnis der Wirtschaftlichkeit ist in **Abb. 4** dargestellt. Sie zeigt, dass die Variante 2: Wärmepumpe + Photovoltaik ab dem sechsten Betriebsjahr am wirtschaftlichsten arbeitet. Über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren erwirtschaftet sie Einsparungen in der Höhe von rund 110.000 Euro gegenüber Variante 1: Wärmepumpe + Gaskessel als Referenzszenario.

Etwaige Förderungen sind in dieser Betrachtung nicht berücksichtigt. Derzeit befinden sich die Programme auf Bundes- und Landesebene im Umbruch.

Es empfiehlt sich, die aktuellen Fördermöglichkeiten genau zu verfolgen, um sie möglichst adäquat in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zu berücksichtigen. Unter Berücksichtigung der aktuellen Förderung gewinnt die Variante 4: Wärmepumpe + Solarthermie etwas an Attraktivität. Das Gesamtbild des Variantenvergleichs ändert sich dadurch jedoch nur geringfügig.

Zu beachten ist, dass die Stromproduktion aus der PV-Anlage der Variante 2 als Mieterstrom genutzt werden kann. Würde ausschließlich die Wärmepumpe den Solarstrom nutzen und die restliche PV-Produktion nicht für den Gebäudeverbrauch ver-

Vergleichsdaten	Variante 1: Wärmepumpe + Gaskessel	Variante 2: Wärmepumpe + Photovoltaik	Variante 3: Wärmepumpe	Variante 4: Wärmepumpe + Solarthermie
Polysun-Schema				
CO ₂ -Emission	75.805 kg	63.821 kg	75.258 kg	70.222 kg
Stromverbrauch gesamt	137 MWh	140 MWh	140 MWh	131 MWh
Strom Netzbezug	137 MWh	119 MWh	140 MWh	131 MWh
Jahresarbeitszahl der Wärmepumpe	3,8	3,7	3,7	3,7
Anteil erneuer- barer Energien	95 %	100 %	100 %	100 %

Quelle: Vela Solaris

3 Variantenvergleich für hybride Heizsysteme mit Wärmepumpen, Quelle: Software Polysun

wendet, sondern zu einem derzeit tiefen Tarif ins Netz zurückgespeist, würde dies die Wirtschaftlichkeit wie in der Zusatzvariante 5 abgebildet verschlechtern. In diesem Fall würde sich die Kombination von Wärmepumpe + Photovoltaik ab dem achten Jahr gegenüber dem Referenzszenario rechnen und wäre ab dem elften Jahr am wirtschaftlichsten. Die Einsparungen würden über den Betrachtungszeitraum noch rund 43.000 Euro betragen.

Eine Simulation ersetzt Fachwissen nicht, hilft aber bei der Einschätzung von Einsparpotenzialen

Wie das obige Beispiel zeigt, ersetzt ein modernes Planungsinstrument wie Polysun nicht den Experten, der sinnvolle An-

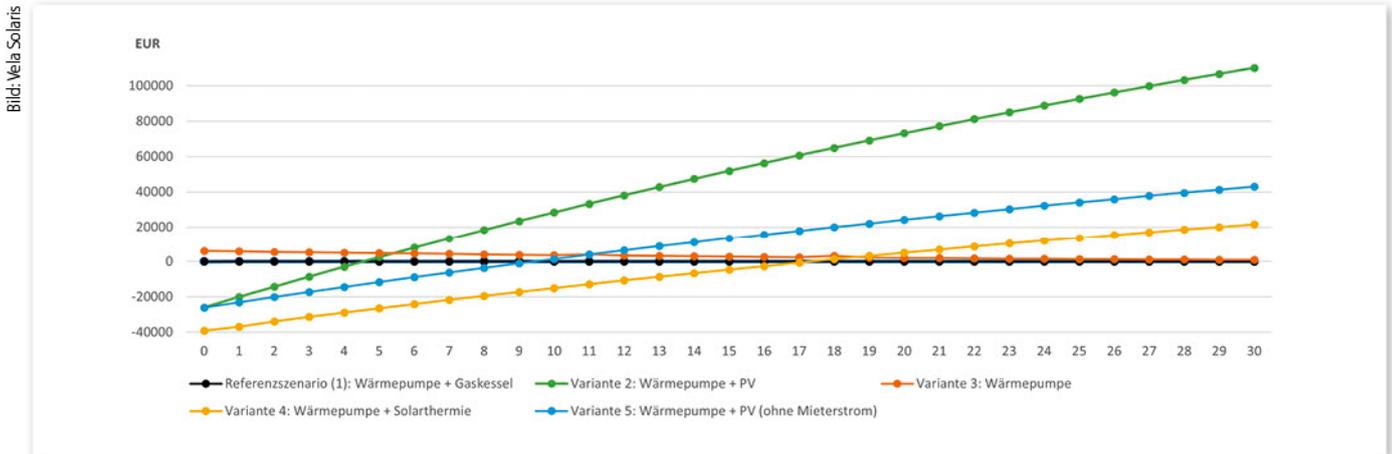
nahmen trifft und in der Software hinterlegt. Die in diesem Artikel getroffenen Annahmen lassen sich kritisch hinterfragen und müssen auf die projektspezifischen Anforderungen angepasst werden. Mit wenigen Eingaben können mit einer Simulationssoftware aber zuverlässig erste Erkenntnisse gewonnen und sukzessive verfeinert und optimiert werden.

Die dargestellten Varianten könnten beispielsweise je nach Möglichkeiten am konkreten Standort geprüft werden, beispielsweise bezüglich eines Fernwärmeanschlusses oder der Nutzung von Erdwärme durch eine Wasser/Wasser-Wärmepumpe. Zudem könnte untersucht werden, welchen Vorteil eine smarte Steuerung wie beispielsweise eine Power-to-Heat-

Bild: Vela Solaris



Mit einem Variantenvergleich können Energieberatungs-, Ingenieur- und TGA-Planungsbüros eine wichtige Entscheidungsgrundlage errechnen und frühzeitig die Weichen für nachhaltige und wirtschaftliche Energiesysteme stellen.



4 Wirtschaftlichkeitsberechnung für Variantenvergleich

Steuerung bringt, die den Einsatz der Wärmepumpe optimal auf die PV-Produktion abstimmt.

Doch liefert eine Simulationssoftware einen großen und schnellen Erkenntnisgewinn auch in einer späteren Projektphase, zum Beispiel bei der optimalen Dimensionierung der Erzeugerleistung einzelner Komponenten, der Speichergröße oder der Optimierung der Steuerungslogik. Nicht zuletzt können in einem weiteren Planungsschritt herstellerspezifische Produkte in der Simulation hinterlegt werden.

Das Ingenieurbüro Drews Gebäudetechnik setzt auf moderne Planungssoftware und nutzt Polysun bei einer Vielzahl von Projekten insbesondere für Machbarkeitsuntersuchungen und entsprechende Energieberatungsdienstleistungen. Die Vorteile sieht es in folgenden Punkten:

- **Genauigkeit in der Aussage:** Mithilfe von Simulationssoftware lassen sich komplexe Berechnungen durchführen, um den Energieverbrauch, die Energieversorgung und die Energieeffizienz eines Gebäudes präzise zu analysieren. Das ermöglicht eine genauere Einschätzung der Energieeinsparpotenziale und eine fundierte Entscheidungsfindung.
- **Beherrschung von komplexen Projekten:** Moderne Gebäude können komplexe Systeme zur Heizung, Kühlung, Lüftung

und Beleuchtung aufweisen. Eine Simulation kann all diese Komponenten einbeziehen, um den Energieverbrauch und die Effizienz des gesamten Systems zu bewerten. Manuelle Berechnungen wären zeitaufwendig und fehleranfällig.

- **Flexibilität in der Entscheidungsfindung:** Eine Simulation ermöglicht es, verschiedene Szenarien zu testen und zu vergleichen. Dadurch können Energieeffizienzmaßnahmen und Technologien bewertet werden, um die optimale Lösung für ein Gebäude zu finden. Das erleichtert den Entscheidungsprozess und ermöglicht es, die besten Ergebnisse zu erzielen.
- **Zeit- und Kostenersparnis:** Unternehmen können Zeit und Geld mit einer Computersimulation sparen, da sie die verschiedenen Varianten nicht physisch testen müssen. Stattdessen können sie durch virtuelle Simulationen verschiedene Optionen analysieren und diejenigen identifizieren, die das größte Potenzial für Energieeinsparungen bieten.
- **Überzeugende Visualisierung und Berichterstellung für Kunden und Partner:** Die Simulationssoftware ermöglicht eine grafische Darstellung der Ergebnisse. Diese Möglichkeit bietet eine bessere Visualisierung und Kommunikation. Energieberatende können Berichte generieren, die verständliche Informationen und Empfehlungen enthalten, um ihren



Bei der Simulationssoftware Polysun lassen sich aus einer großen Auswahl die Komponenten für ein Energiesystem zusammenstellen.

Kundinnen und Kunden die Vorteile bestimmter Maßnahmen zu veranschaulichen.

Bei all diesen Vorteilen bleibt festzuhalten: Das Denken in Varianten ist auf den ersten Blick nicht der einfachste Weg, öffnet aber das Feld für viele Möglichkeiten. Es gilt: Die Zahl der untersuchten Varianten muss geschickt eingegrenzt und der Fokus auf die wesentlichen Fragen gelegt werden. Das entsprechende Expertenwissen gewinnt an Bedeutung – daran ändern auch smarte Simulationswerkzeuge nichts. Nur das Zusammenspiel von Fachwissen und Simulationswerkzeug führt dazu, dass unter vielen Möglichkeiten die beste Option gefunden wird. ■

Angela Krainer

ist Geschäftsführerin der Vela Solaris AG. Das Unternehmen entwickelt und vertreibt die Softwarepalette Polysun zur simulationsgestützten Planung, Auslegung und Optimierung ganzheitlicher Energiesysteme.



Bild: Vela Solaris

Nathanael Marthaler

unterstützt als Fachexperte die Kunden der Vela Solaris AG bei der Abbildung der geplanten Energieversorgung vom Gebäude bis zum Quartier als Simulationsmodell in Polysun.



Bild: Vela Solaris

Tushar Sharma

unterstützt als Fachexperte die Kunden der Vela Solaris AG bei Fragestellungen rund um die Abbildung von Simulationsmodellen in Polysun.



Bild: Vela Solaris

Sven Heuermann

ist Geschäftsführer der Ingenieurbüro Drews Gebäudetechnik GmbH und Prokurist der Ingenieurbüro Drews GmbH.



Bild: Ingenieurbüro Drews Gebäudetechnik

Bernd Sachse

arbeitet als Planer für technische Gebäudeausrüstung beim Ingenieurbüro DREWS Gebäudetechnik GmbH.



Bild: Ingenieurbüro Drews Gebäudetechnik