

Planung und Monitoring für thermische Solaranlagen Mehr Ertrag durch Simulation

Der Ertrag einer Solaranlage ist neben dem technischen Konzept und der Technik selbst von Witterung, Standort, Ausrichtung, Energieabnahme und vielem mehr abhängig. Zusätzlich fordern Betreiber und Investoren sowie Förderprogramme von Planern und Anlagenbauern Ertragsgarantien und ein Monitoring. Diese Anforderungen können wirtschaftlich nur mit Hilfe einer leistungsfähigen, dynamischen Simulationssoftware erfüllt werden.



Foto: Buderus Deutschland

Solaranlagen sind – wie die meisten regenerativen Energiesysteme – dadurch gekennzeichnet, dass die Energiewandlung nicht durch eine konstant zur Verfügung stehende Leistung geregelt werden kann, sondern die Energiequelle selbst einer veränderlichen periodischen und stochastischen Größe unterliegt. Im Falle von Solaranlagen ist sie abhängig von der wechselnden Globalstrahlung der Sonne in Abhängigkeit von Tageszeit, Jahreszeit und anderen klimarelevanten Faktoren wie Bewölkung und Luftfeuchtigkeit. Diesen dynamischen Vorgängen auf der Seite der Energiewandlung sind zusätzlich die veränderlichen und dynamischen Vorgänge auf der Seite des Energiebedarfs überlagert.

Solarsysteme müssen so ausgelegt werden, dass sie diesen wechselnden Bedingungen und im Hinblick auf Ertrag, Sicherheit und Zuverlässigkeit hohen Ansprüche genügen. Um aus der Komplexität dieser voneinander abhängigen Anforderungen konkrete Lösungen zu entwickeln und um Anlagenkonzepte unter projekt- und standortspezifischen Bedingungen wirtschaftlich und technisch vergleichen zu können, stehen dem Planer Simulationsprogramme als Planungswerkzeug zur Verfügung.

Härtetest statt Planungsfehler

Simulationsprogramme bilden die einzelnen Komponenten eines Solarsystems in mathematischen Modellen ab und unter-

werfen sie mit Hilfe von hoch aufgelösten Klimadaten und Verbrauchsprofilen einem realitätsnahen „Härtetest“. Bereits hier lässt sich einer der wesentlichen Vorteile von Simulationsrechnungen gegenüber einer statischen Planung erkennen: Einzelne Komponenten und/oder Parameter, beispielsweise Speichergröße und Kollektorfläche, können variiert und so die Auswirkungen auf das gesamte Systemverhalten sowie den Ertrag sofort erkannt werden. Ergebnis einer Anlagenplanung mit einem Simulationsprogramm ist also eine in ihren Komponenten optimierte Solaranlage. Fehler bei der Planung werden vermieden.

Eine Optimierung mit dem Simulationsprogramm T*SOL Expert bezieht sich dabei auf sämtliche Komponenten/Parameter/Auslegungsgrundsätze, die für die Funktion und den Ertrag einer Solaranlage von Bedeutung sind: Wärmeübertrager, Pumpenleistungen und Volumenströme, Rohrleitungen und nicht zuletzt eine Komponente, deren Einfluss im Allgemeinen unterschätzt wird: die Regelung.

Last- und Bedarfsprofile

Meteorologische Datenbanken mit Globalstrahlung, Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit liegen für die Simulation in der Auflösung von einer Stunde für ein durchschnittliches Jahr vor. Für Deutschland gehören 150 Standorte zum

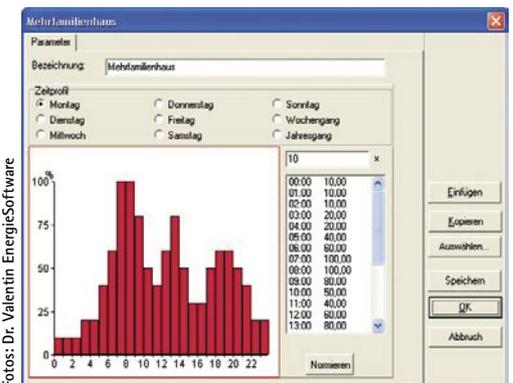


Bild 1 Tagesprofil für den Warmwasserverbrauch eines typischen Mehrfamilienhauses

standardmäßigen Programmumfang von T*SOL. Klimadaten für jeden beliebigen Ort in Deutschland können im 1-Kilometeraster beispielsweise über den Deutschen Wetterdienst bezogen werden. Für die automatische Synthese von Stundenwerten aus Monatswerten zur Simulation ist im T*SOL Expert Programm ein eigener Meteosynthese-Generator integriert. Dieser enthält eine erweiterbare Datenbank von rund 2000 weltweiten Standorten.

Neben realitätsnahen Klimadaten ist auch die hohe Auflösung der Bedarfs- bzw. Verbrauchswerte für eine genaue Simulation erforderlich. T*SOL erlaubt die Eingabe eines Profils für den Warmwasserverbrauch für die Stunden eines jeden Wochentages mit der Überlagerung

von unterschiedlichen Monatswerten (Bild 1). Typische Verbrauchsprofile für die wichtigsten Anwendungsfälle stellt eine Bibliothek zur Verfügung. Die Stundenwerte des Heizenergiebedarfs werden aus den jeweiligen Klimadaten des Standortes und der Heizlast des Gebäudes generiert.

Für die Berechnung von Solarsystemen zur Warmwasserbereitung, zur Heizungsunterstützung und zur Schwimmbaderwärmung liegen in einer Systembibliothek die gängigsten, in Mitteleuropa verwendeten, Systemverschaltungen vor. Neu hinzugekommen sind firmenspezifische Systeme von Kombianlagen. Diese Anlagen wurden an der Universität Stuttgart am Institut für Wärmetechnik vermessen und sind in einem von der DBU geförderten Projekt in T*SOL aufgenommen worden. Die Randbedingungen und numerischen Rechenmodelle wurden dabei an die europäischen Normen für Solaranlagen (prEN 12964, 12976, 12977) angepasst.

torfläche und der Speichergröße bei sonst festen Randbedingungen einer Solaranlage anbieten. Als Ergebnis erhält man den typischen Verlauf des solaren Deckungsanteils bei einer Erhöhung der Kollektorfläche unter mitteleuropäischen Klimabedingungen: Der Deckungsanteil strebt einem Grenzwert bei ca. 75% zu (ohne saisonalen Speicher).

Neben dieser eher trivialen Aufgabe eröffnet sich mit der Parametervariation die Chance, einzelne Komponenten oder die Regelung zu optimieren. So lassen sich sowohl die Einlasshöhen der Anschlüsse an einem Speicher mit der Auswirkung auf die Temperaturschichtung untersuchen als auch die Positionierung des Temperaturfühlers für die Regelung auf das Regelverhalten.

Energiebilanz

Eine wichtige Information für den planenden Ingenieur ist die Kenntnis der einzelnen Energieströme innerhalb des Solarsystems. Während einer Simulation mit T*SOL werden sämtliche Energieströme

Maße von ihrer Zuverlässigkeit und einer witterungsbereinigten Ertragsgarantie abhängen. Seit Jahren werden deswegen Instrumente zur Messung dieser Zuverlässigkeit entwickelt, wie etwa die Garantie von solaren Erträgen (GRS) innerhalb des Bundesprojekts zur Förderung großer Solaranlagen „Solarthermie 2000+“.

Im neuen T*SOL Expert ist es möglich, für die Überprüfung von garantierten Erträgen, aber auch für jede andere Art eines Vergleichs von messtechnisch ermittelten und theoretisch möglichen Erträgen, Messwerte wie Einstrahlung, Temperatur, Verbrauch einzulesen. Mit diesen gemessenen Eingangsdaten kann die Anlage simuliert werden und ein Vergleich der gemessenen Erträge mit den durch Simulation erhaltenen Werten stattfinden. Darüber hinaus kann durch die Überprüfung der einzelnen Energieströme innerhalb der Anlage auch eine Identifikation von Komponenten erfolgen, bei denen eine fehlerhafte Funktion vorliegt.

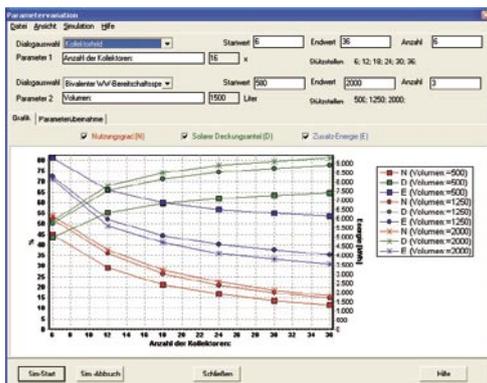


Bild 2 Parametervariation zur Optimierung einzelner Komponenten auf eine Zielgröße

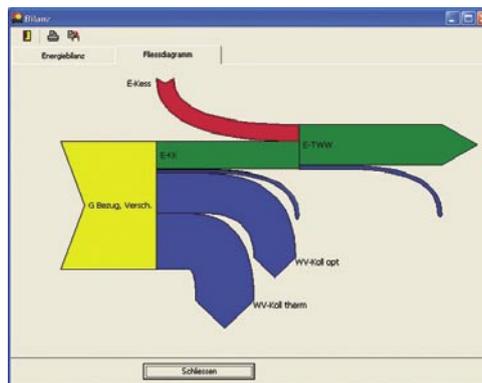


Bild 3 Senkeydiagramm der Energieflüsse innerhalb einer Solaranlage

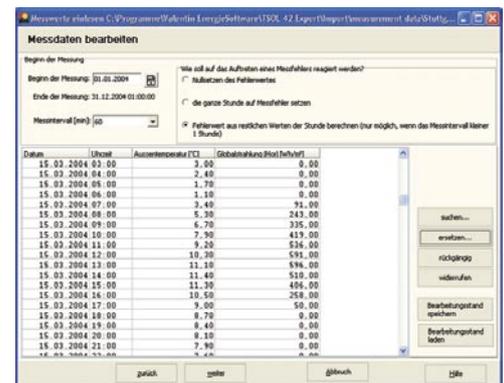


Bild 4 Import von Messwerten zum Vergleich von Erträgen und Simulationsergebnissen

Optimierung im Detail

Zur Optimierung einzelner Komponenten einer Solaranlage liefert die Expertenversion von T*SOL mit der Parametervariation ein mächtiges Werkzeug. Der Anwender kann eine automatische Variation von Parametern während der Simulationsrechnungen durchführen und den Einfluss auf eine Zielgröße ermitteln und anzeigen lassen (Bild 2). Als sinnvolle Zielgrößen haben sich der solare Deckungsanteil, der Nutzungsgrad des Solarsystems und der Fremdenergiebedarf erwiesen. Besonders vorteilhaft ist bei dieser Simulationsrechnung, dass eine Variation von zwei Parametern gleichzeitig durchgeführt werden kann.

Als einfachste Parametervariation würde sich beispielsweise die Variation der Kolle-

im System ermittelt und anschließend in einem Sankeydiagramm dargestellt.

Der Anwender erhält damit einen schnellen Überblick über die im System auftretenden Verluste und ist in der Lage, seine Planung einzuschätzen und sie gegenüber Dritten anschaulich zu erklären. Die Energiebilanz kann neben den anderen Ergebnissen auch als Tabelle über eine Schnittstelle an andere Programme übergeben werden. Somit besteht die Möglichkeit, beispielsweise mit Excel, eigene Grafikausgaben zu generieren oder sie in bestehende Dokumente einzubinden.

Monitoring – Messdatenimport

Die Akzeptanz von thermischen Solaranlagen wird künftig in einem hohen

Die Simulation von größeren Solaranlagen hat damit nicht nur eine besondere Bedeutung für die Konzeption der Anlage und ihren Ertrag über die gesamte Nutzungsphase, sondern hilft, ertragsmindernde Fehlfunktionen frühzeitig zu erkennen. ←

Dr.-Ing. Gerhard Valentin war bis 1988 an der TU Berlin im Forschungsbereich Solaranlagen tätig und ist heute Geschäftsführer der Dr. Valentin EnergieSoftware GmbH in Berlin. Telefon (0 30) 5 88 43 90, Telefax (0 30) 58 84 38 11, E-Mail: info@valentin.de, www.valentin.de