

Optimierung thermischer Solaranlagen durch Simulation

Dr.-Ing. Gerhard Valentin

Dr. Valentin EnergieSoftware GmbH

www.valentin.de

Solar Energy, Tagung für Architekten und Ingenieure

1. Dynamische Energiesysteme

Solaranlagen sind - wie die meisten regenerativen Energiesysteme - dadurch gekennzeichnet, dass die Energiewandlung nicht durch eine konstante zur Verfügung stehende Leistung geregelt werden kann, sondern die Energiequelle selbst einer veränderlichen periodischen und stochastischen Größe unterliegt. Im Falle von Solaranlagen ist sie also 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 die veränderlichen und dynamischen Vorgänge auf der Seite des Energiebedarfs überlagert.

Solarsysteme müssen so ausgelegt werden, dass sie diesen wechselnden Bedingungen genügen und im Hinblick auf Ertrag, Sicherheit und Zuverlässigkeit hohen Anforderungen genügen. Für eine befriedigende Lösung der Komplexität dieser Anforderungen stehen dem Planer schon seit längerer Zeit Simulationsprogramme als Planungswerkzeuge zur Verfügung.

2. T*SOL[®] Expert als Planungsinstrument

Simulationsprogramme sind in der Lage, die einzelnen Komponenten eines Solarsystems in mathematischen Modellen abzubilden und mit Hilfe von hoch aufgelösten Klimadaten und Verbrauchsprofilen einem „Härtetest“ zu unterwerfen.

Bereits hier lässt sich der Vorteil von Simulationsrechnungen gegenüber einer statischen Planung erkennen: einzelne Komponenten, wie z. B. Speichergröße und Kollektorfläche können variiert und so die Auswirkungen auf das gesamte Systemverhalten sowie den Ertrag erkannt werden. Als Ergebnis der Planung einer Anlage erhält man somit eine in ihren Komponenten optimierte Solaranlage.

Die Optimierung bezieht sich auf sämtliche Komponenten, die für die Funktion einer Solaranlage von Bedeutung sind: Wärmeübertrager, Pumpenleistungen und Volumenströme, Rohrleitungen und nicht zuletzt eine Komponente, deren Einfluß im Allgemeinen unterschätzt wird: die Regelung.

Die meteorologischen Daten mit Globalstrahlung, Lufttemperatur und Windgeschwindigkeit liegen in einer Auflösung von einer Stunde für ein durchschnittliches Jahr vor. Für Deutschland werden 150 Standorte standardmäßig mitgeliefert, die Daten für jeden beliebigen Ort in Deutschland können im 1 Kilometerraster Klimadaten über den Deutschen Wetterdienst bezogen werden. Für die Synthese von Stundenwerten aus Monatswerten ist im Programm ein eigener Meteosynthese-Generator vorhanden. Dieser enthält auch eine Datenbank von ca. 2000 Standorten weltweit und ist jederzeit erweiterbar.

Neben den Klimadaten ist auch die hohe Auflösung der 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. Typische Verbrauchsprofile für die wichtigsten Anwendungsfälle sind aus einer Bibliothek ladbar. Die Stundenwerte des Heizenergiebedarfs werden aus den jeweiligen Klimadaten des Standortes und der Heizleistung des Gebäudes generiert.

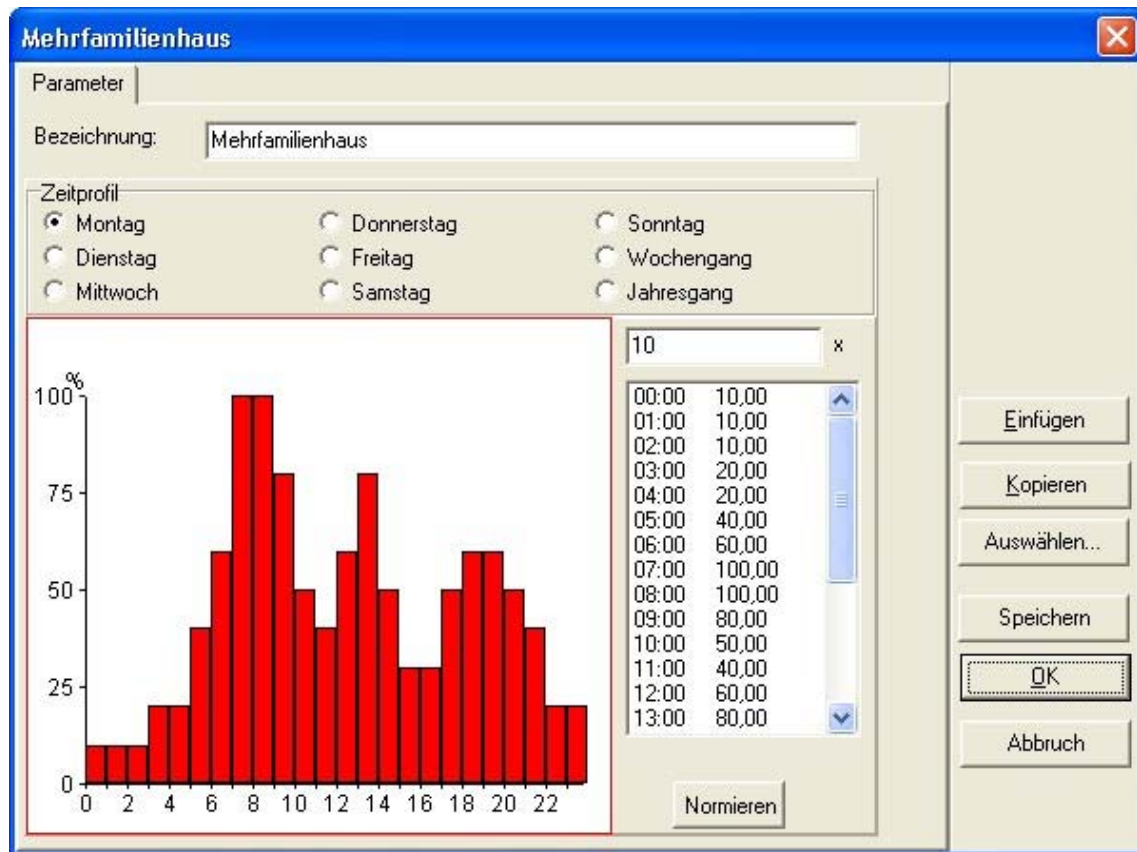


Abb. 1: Tagesprofil für den Warmwasserverbrauch eines typischen Mehrfamilienhauses

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

3. Parametervariation

Die Expertenversion von T*SOL[®] liefert zur Optimierung einzelner Komponenten einer Solaranlage ein beeindruckendes automatisches Werkzeug: die Parametervariation. Der Anwender kann eine automatische Variation von Parametern während der Simulationsrechnungen durchführen und den Einfluss der Parameter auf eine Zielgröße ermitteln und anzeigen lassen. 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 z. B. die Variation der Kollektorfläche und der Speichergröße bei sonst festen Randbedingungen einer Solaranlage anbieten.

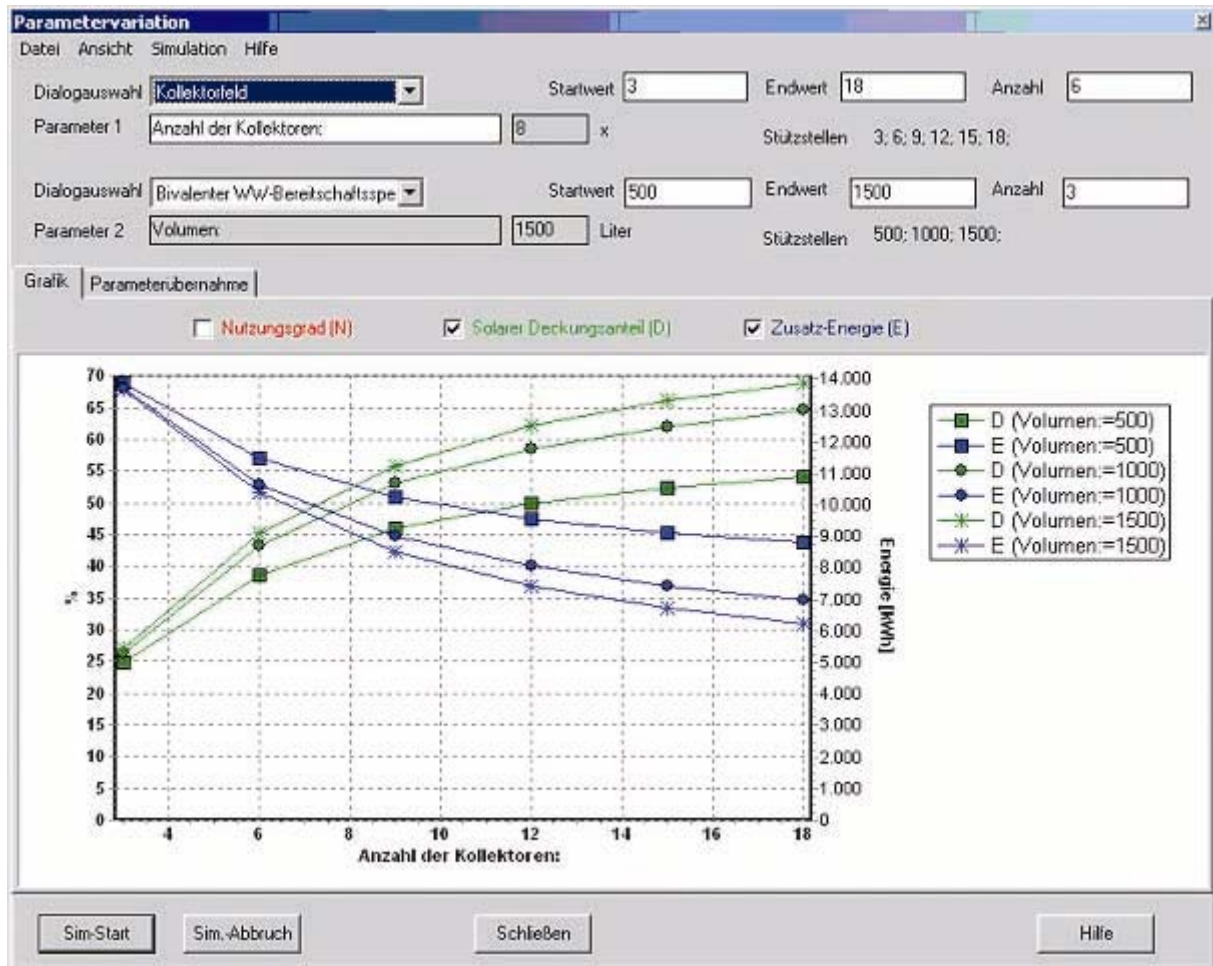


Abb. 2: Parametervariation

Als Ergebnis erhält man in diesem Beispiel der Parametervariation den typischen Verlauf des solaren Deckungsanteils bei einer Erhöhung der Kollektorfläche unter mitteleuropäischen Klimabedingungen: der Deckungsanteil strebt einem Grenzwert bei ca. 75 Prozent zu. Neben dieser eher trivialen Aufgabe eröffnet sich mit diesem Hilfsmittel 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 Stellung des Temperaturfühlers für die Regelung auf das Regelverhalten.

4. Energiebilanz

Eine wichtige Information für den planenden Ingenieur ist die Kenntnis der einzelnen Energieströme innerhalb des Solarsystems. Während einer Simulation werden sämtliche Energieströme im System ermittelt und anschließend in einem Senkeydiagramm dargestellt.

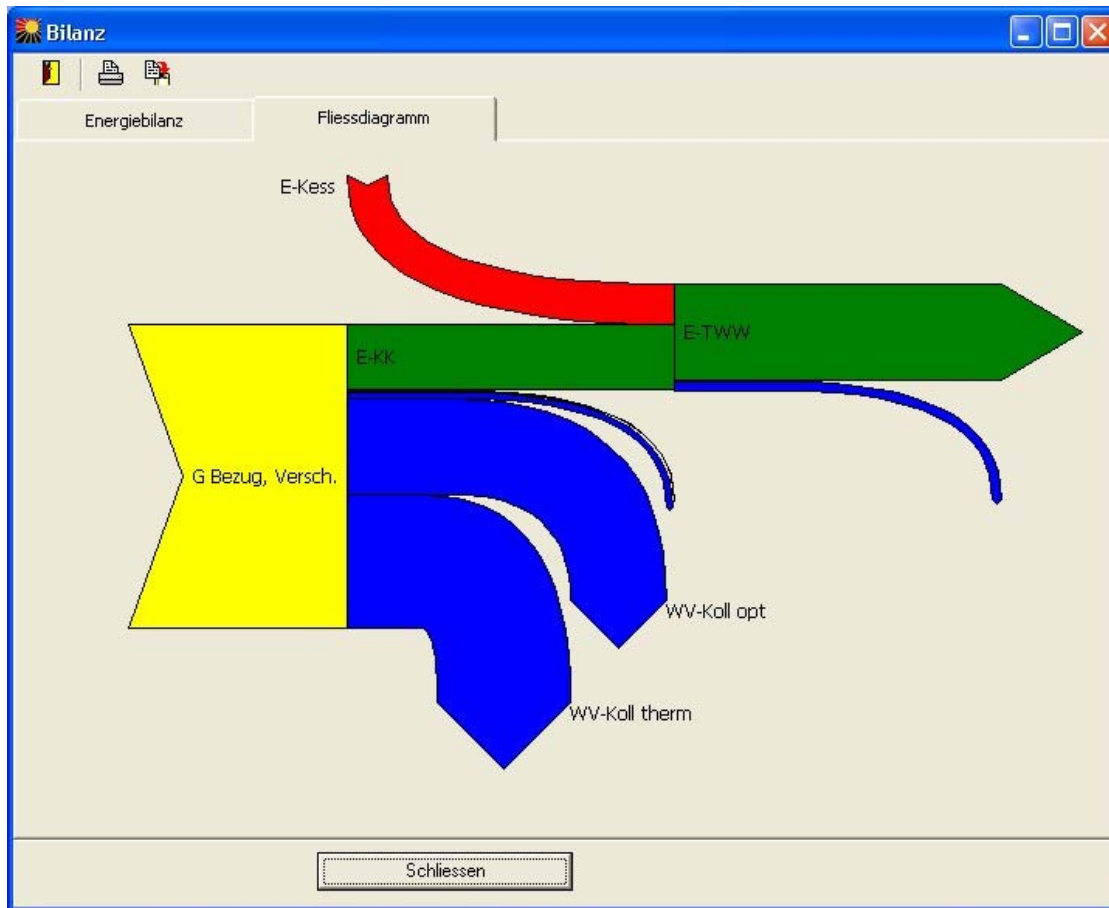


Abb. 3: Sankeydiagramm der Energieflüsse innerhalb einer Solaranlage

Der Ingenieur erhält damit einen Überblick über die im System auftretenden Verluste und ist in der Lage, seine Arbeit einzuschätzen und sie gegenüber Dritten, z.B. dem Bauherrn anschaulich zu erklären. Die Energiebilanz kann neben den anderen Ergebnissen auch als Tabelle über eine Schnittstelle an andere Programme übergeben werden. Somit ergibt sich die Möglichkeit, z. B. in Excel eigene Grafikausgaben zu erzeugen oder sie in bestehende Dokumente einzubinden.

5. Monitoring – Messdatenimport

Die Akzeptanz von thermischen Solaranlagen wird im hohen Maße von ihrer Zuverlässigkeit abhängen. Seit Jahren werden Instrumente zur Messung dieser Zuverlässigkeit, wie etwa die innerhalb von „Solarthermie 2000“ - einem Projekt des Bundes zur Förderung von großen Solaranlagen - angewandte Garantie von solaren Erträgen (GRS).

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 Ergebnisse mit den durch Simulation erhaltenen Werten stattfinden. Darüber hinaus kann nun durch die Überprüfung der einzelnen Energieströme innerhalb der Anlage auch eine Identifikation von Komponenten erfolgen, bei denen eine fehlerhafte Funktion vorliegt.

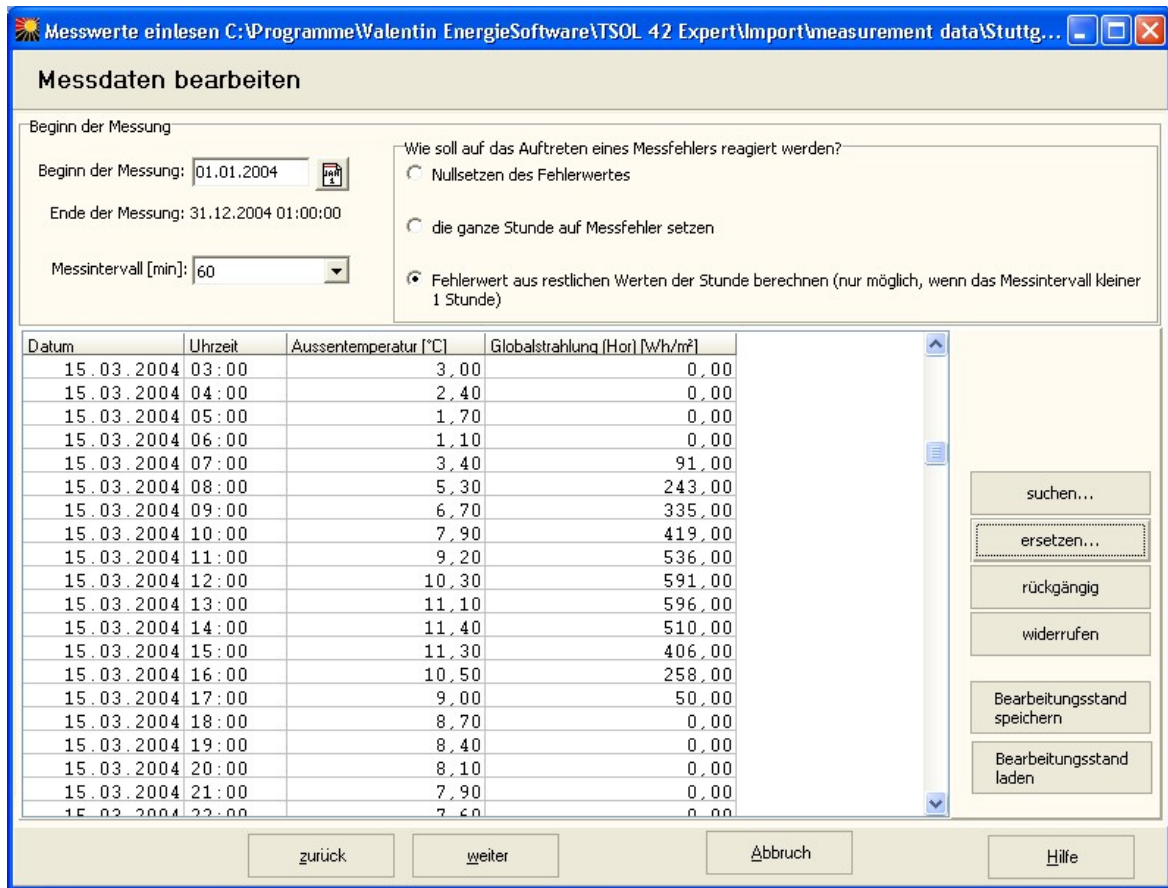


Abb. 4: Messwerte einlesen

Autor: Dr.-Ing. Gerhard Valentin

- bis 1988 an der TU Berlin im Forschungsbereich Solaranlagen tätig
- heute Geschäftsführer der Dr. Valentin EnergieSoftware GmbH in Berlin

Tel.: +49 (0) 30/588 439-0
 Fax: +49 (0) 30/588 439-11
 E-Mail: info@valentin.de
 www.valentin.de