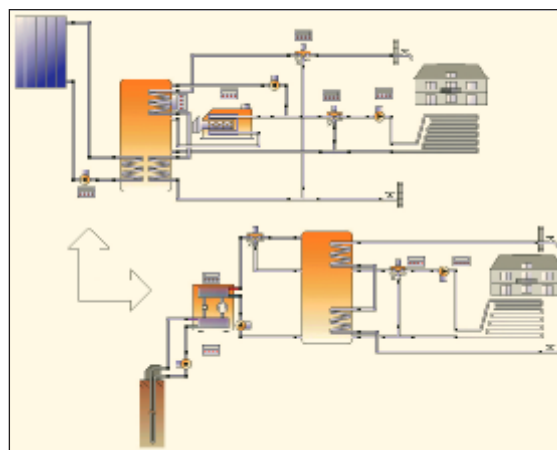


## Kombination von Solarkollektoren mit Wärmepumpenanlagen

# Systemoptimierung mit dynamischen Simulationen

Jörg Marti \* Timon Brüllmann \* Andreas Witzig \* Arthur Huber

Der Einsatz von Simulationswerkzeugen hat sich einerseits für die Auslegung von Solarsystemen, andererseits auch für die Wärmepumpendimensionierung inzwischen etabliert. Während detaillierte dynamische Berechnungsverfahren für die einzelnen Systeme bereits ausgereift sind, werden physikbasierte, voll gekoppelte Simulationen bisher nur im akademischen Bereich oder in kommerziellen Großprojekten eingesetzt. Die Simulation von Solar-, Wärmepumpen- sowie PV-Systemen ist nun mit einer einzigen, marktorientierten und benutzerfreundlichen Software möglich.



■ Bild 1: Vergleich eines Solarsystems mit fossiler Zusatzheizung mit einem System mit Luft-Wärmepumpe.

- Standort: Wetterdaten für Außentemperatur, Feuchtigkeit, Solare Einstrahlung, Wind,
- Verbrauchsmenge und -profil des Warmwassers,
- Gebäudehülle, interne Wärmequellen, Solare Einstrahlung durch Fenster.

Die detaillierte Jahressimulation von „Polysun“ weist Jahresertrag, CO<sub>2</sub>-Einsparung, die Arbeitszahl der Wärmepumpe und Systemnutzungsgrad zweifelsfrei nach. Das Zeitschrittverfahren erlaubt mit seiner feinen Auflösung aber auch den Blick aufs Detail, wie z. B. die Temperaturverhältnisse im Schichtenspeicher (siehe Bild 1).

Insbesondere werden auch Steuerungskonzepte in ihrer vollen Zeitabhängigkeit realistisch abgebildet, was gerade in der Kombination von Solarkollektor und Wärmepumpe sehr wichtig ist (Betrieb der Wärmepumpe in der Niedertarif Zeitspanne). Somit erlaubt „Polysun“ die Optimierung von Reglerkonzepten in Bezug auf die ökonomische Wirtschaftlich-

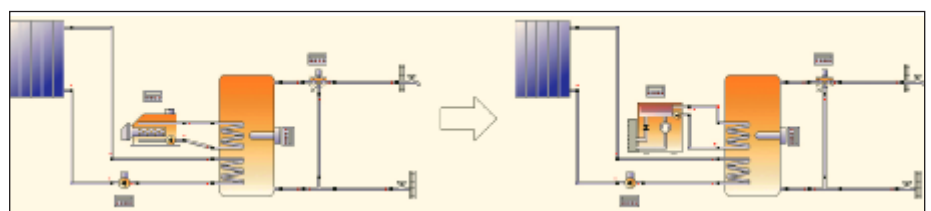
Mit der Integration der Wärmepumpen-Komponente in der Simulationssoftware „Polysun“ wird die vergleichende Jahressimulation für die Kombination Solar und Wärmepumpen einem großen Anwenderkreis zugänglich gemacht.

Das modulare Hydraulikkonzept sowie die Ausrichtung auf real erhältliche Komponenten (umfangreiche Katalogdatenbanken) erlauben den Einsatz von „Polysun“ in der frühen Planungsphase, als Planungswerkzeug für die Auslegung von Heizsystemen sowie für die Optimierung von Systemkomponenten und Regelstrategien. Die Resultate in Form eines Reports unterstützen im Außendienst und überzeugen den Kunden. Die Wärmepumpen werden dabei mit Einbezug von Erdsonden detailgetreu abgebildet und stehen dem Benutzer in Komponentenkatalogen zur Verfügung.

### Simulations-Setup verschiedener Systemkonzepte

In der Praxis geschieht die Wahl des Energieträgers für Neu- und Umbauten in einer frühen Planungsphase. Die Auslegung der möglichen Heizsysteme sowie der Vergleich der verschiedenen Alternativen sind dabei von großer Wichtigkeit.

Man erkennt dabei verschiedene Einflussfaktoren, wie



■ Bild 2: Einsatz einer Luftwärmepumpe als Ersatz für die fossile Zusatzheizung, Sonnenkollektoren direkt an Wärmepumpe angeschlossen.

keit, Systemeffizienz und Hygiene (Legionellenproblematik).

### Vergleich von Solar- und Wärmepumpen-Heizsystemen

Mit dem erweiterten „Polysun“ können Solarsysteme direkt mit Wärmepumpen-Heizsystemen verglichen werden. Für einen Vergleich der CO<sub>2</sub>-Bilanzen müssen dabei der lokale Strommix und die daraus abgeleiteten Emissionsfaktoren berücksichtigt werden. Für den Vergleich der Kosten besteht zudem eine Unsicherheit bezüglich des zukünftigen Strompreises.

### Kombination von Solar und Wärmepumpen

Für die Kombination von Solarkollektoren und Wärmepumpen sind kürzlich mehrere neue Systemkombinationen auf den Markt gekommen.

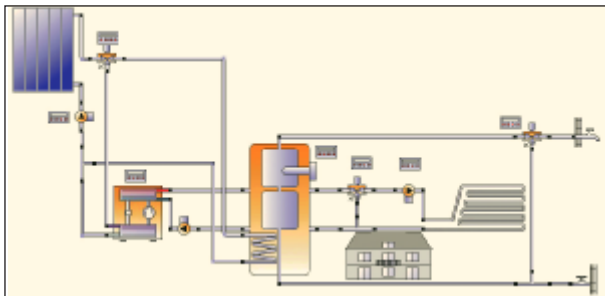
### Ersatz der fossilen Zusatzheizung durch eine Luftwärmepumpe

Die einfachste Kombination besteht darin, dass als Zusatzheizung eine Luftwärmepumpe anstelle einer Öl- oder Gasheizung eingesetzt wird (siehe Bild 2).

### Sonnenkollektoren direkt an Wärmepumpe angeschlossen

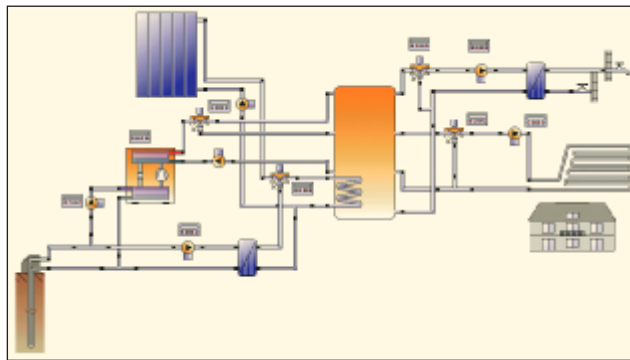
Die Solarenergie kann jedoch noch effizienter genutzt werden, wenn die Sonnenkollektoren direkt mit einer Wärmepumpe kombiniert werden, um damit das Temperaturniveau der Wärmequellenseite (Verdampfer) einer Wärmepumpe anzuheben und somit die Leistungszahl zu verbessern (mögliche Anordnung in Bild 3).

Die Solarenergie wird in diesen Systemen gerade bei geringer Einstrahlung als Wärmequelle für die Wärmepumpe ge-



■ Bild 3: Betrieb der Solarkollektoren bei niedrigen Temperaturen.

nutzt und kann auch dann verwertet werden, wenn die Vorlauftemperaturen aus dem Kollektor unter der Speichertemperatur liegen. Oft kann damit dann auf eine Erdsonde verzichtet oder mit einem Luft/Wasser Wärmetauscher ersetzt werden



und bei gleichbleibender Effizienz der Systemaufwand reduziert werden [4].

### Solare Vorwärmung für Erdwärmesondenfelder

Ein weiteres mögliches Systemkonzept besteht darin, dass die Solarenergie aus den Kollektoren in die Erdwärmesondenfelder geführt und so gespeichert wird (siehe Bild 4) [6].

■ Bild 5: Resultate – grafische Ansicht der Stundenwerte.



Die Komponentenauswahl (z. B. nicht abgedeckte Kollektoren) sowie die Steuerungskonzepte (z. B. Vorrang der Speicherbeladung) bieten eine große Vielfalt an Systemen, unter welchen je nach Standort und Gegebenheiten wie Verbraucheranforderungen eine optimale Lösung gefunden werden muss.

Weitere Systemkonfigurationen, wie z. B. der Einsatz von Erdwärmesonden als Wärmequelle und Rückkühlung, sind, gerade im gewerblichen Bereich, denkbar und mit dem erweiterten „Polysun“ abbildbar. Dabei kann auf ein detailliertes Sondenmodell zurückgegriffen werden (bis zu zwölf Erdschichten, Grundwasser-/Erdsonde, Sondenfelder).

■ Bild 4: Aufladen von Erdsondenfeldern durch Solarenergie.

### Verschiedene Lösungskonzepte

Die Freiheit im Anlagendesign erlaubt die Gegenüberstellung der verschiedenen Lösungskonzepte, was vor allem bei der Kombination von verschiedenen Energielieferanten wie im Beispiel Wärmepumpen und Solar eine wichtige Rolle spielt.

Weitere wichtige Voraussetzungen, die in „Polysun“ bereits realisiert sind:

- Im Programm bereits eingebundene Wetterdaten, die für die Berechnung der Heizlast sowie für die Auslegung z. B. von Luft-Wasser-Wärmepumpen wichtig sind (Außentemperatur, Luftfeuchtigkeit). Falls ein Standort noch nicht hinterlegt ist, interpoliert „Polysun“ aus Koordinaten der Höhenangabe eines neuen Standorts die Wetterdaten (Software „Metonorm“ der Firma Meteotest ist in „Polysun“ integriert und liefert Wetterdaten wie auch Interpolationsalgorithmus ohne zusätzliche Lizenz).
- Variabler Zeitschritt: Eine Jahressimulation kann mit 20 bis 60 Sekunden Rechenzeit mit hoher Genauigkeit realisiert werden.
- Reglerverhalten: Eine wichtige Komponente in der Systemoptimierung sind Steuerungen und Regelungen. Diese werden in „Polysun“ ebenfalls realitätsnah abgebildet.

- Gebäudesimulation: „Polysun“ beinhaltet eine integrierte Gebäudesimulation zur Bestimmung der dynamischen Gebäudelast.
- Breite bestehende Komponentenauswahl: Der heutige Funktionsumfang in „Polysun“ umfasst bereits alle wichtigen Komponenten einer Heizungsanlage (Speicher, Kessel, Pumpen, Wärmetauscher, Mischventile, Regelungen, Gebäude).
- Resultatauswahl und Visualisierung: In einer ansprechenden grafischen Benutzeroberfläche wird bereits heute eine vielfältige Palette von Resultaten zur Visualisierung angeboten.
- „Polysun 4.4“ bietet ein modulares Konzept zum Aufbau von Heizungsanlagen, das die computergestützte Untersuchung verschiedener Anlagentypen erlaubt. ■

## Literatur:

- [1] S. A. Klein, B. Beckmann, J. Duffie: TRNSYS, A Transient System Simulation Program, Program Manual. Solar Laboratory, Madison, Wisconsin.
- [2] M. Vuolle, P. Sahlén: IDA Indoor Climate and Energy Application. EQUA Simulation Technology, <http://www.equa.se>.
- [3] S. A. Mathez. Polysun 4: Simulation von Systemen mit komplexer Hydraulik. Proceedings der Otti-Konferenz, Mai 2007.
- [4] Integrierte Kopplung von Solarthermie und Wärmepumpe zur Wärmeerzeugung: Neues Konzept zur Wärmeerzeugung für Niedrigenergiehäuser, Henning Schmidt, HLH Bd. 57, Heft 2, Februar 2006, S. 22-29.
- [5] Berechnungsmodul für Erdwärmesonden. Arthur Huber und Othmar Schuler. Forschungsprojekt des Schweizerischen Bundesamtes für Energiewirtschaft (Schlussbericht). September 1997. Siehe auch

<http://www.hetag.ch> →

Referenzen → Forschungsprojekte:  
Erdwärmesonden

- [6] Erweiterung des Programms EWS für Erdwärmesondenfelder. Arthur Huber und Daniel Pahud. Forschungsprojekt des Schweizerischen Bundesamtes für Energiewirtschaft (Schlussbericht). Dezember 1999.

## Autoren

Jörg Marti, Timon Brüllmann und Andreas Witzig sind bei der Firma Vela Solaris AG, CH-8400 Winterthur, [www.velasolaris.com](http://www.velasolaris.com), beschäftigt. Arthur Huber ist von der Firma Huber Energietechnik AG, CH-8032 Zürich.