

# AUSLEGUNGSHILFSMITTEL FÜR SOLARE KLIMATISIERUNG

Wolfgang Streicher  
 Institut für Wärmetechnik, Technische Universität Graz,  
 Inffeldgasse 25, A-8010 Graz, Tel.: +43-316-873-7306, Fax: +43-316-873-7305,  
 E-Mail: [streicher@iwt.tu-graz.ac.at](mailto:streicher@iwt.tu-graz.ac.at); Internet: <http://wt.tu-graz.ac.at>

Prof. Dr.-Ing. Uwe Franzke – [uwe.franzke@ilkdresden.de](mailto:uwe.franzke@ilkdresden.de)  
 Dipl.-Ing. Christian Seifert – [christian.seifert@ilkdresden.de](mailto:christian.seifert@ilkdresden.de)  
 Institut für Luft- und Kältetechnik  
 Gemeinnützige Gesellschaft mbH  
 D-01309 Dresden  
 Deutschland

## 1 Einleitung

Im Allgemeinen gilt die solarunterstützte Klimatisierung von Gebäuden aufgrund der scheinbaren Übereinstimmung von solarem Angebot und der daraus resultierenden Kühllast als ein besonders interessantes und wirtschaftliches Aufgabengebiet. Anhand des Beispiels der Kühllastberechnung eines Hotels wird jedoch sichtbar, dass sich zumindest keine völlige Übereinstimmung ergibt, da sowohl die inneren Lasten als auch die gespeicherte Energie zu einem späteren Zeitpunkt in den Nutzungsbereich einfließt, als Gesamtstrahlung zur Verfügung steht, siehe Abb. 1.

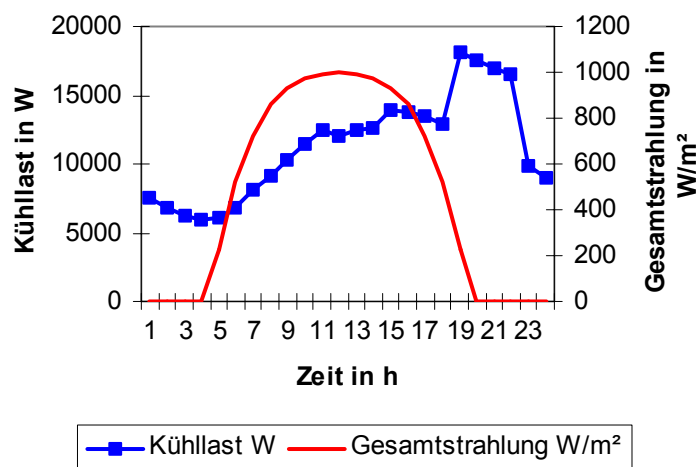


Abb. 1: Zusammenhang von Kühllast und Gesamtstrahlung über einen schönen Sommertag am Beispiel eines Hotels

Eine Jahresbetrachtung des Heiz- und Kühlenergiebedarfes des gleichen Gebäudes zeigt aufgrund der inneren Lasten einen relativ langen Zeitraum, in dem ein Kühlenergiebedarf besteht, siehe Abb. 2. Zur Klärung der energetischen, aber vor allem auch der wirtschaftlichen Effizienz der solarunterstützten Klimatisierung ist daher eine detailliertere Betrachtung notwendig. Für wissenschaftliche Untersuchungen stehen dafür ausgezeichnete Softwaresysteme (z.B. TRNSYS) zur Verfügung. Für die „schnelle“ Entscheidung im Planungsprozess war bisher keine geeignete Plattform gegeben. Im

Rahmen der Internationalen Energieagentur IEA wurde daher im TASK 25 die Erarbeitung eines Simulationswerkzeuges genau für diesen Anwenderkreis begonnen.

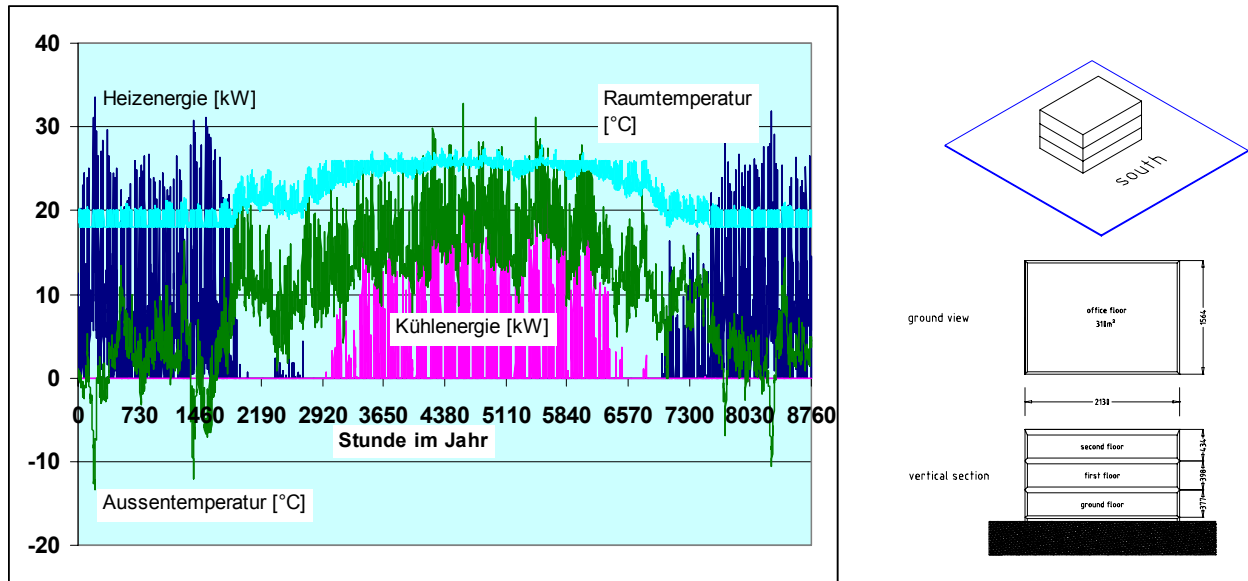


Abb. 2: Verlauf Heiz- und Kühlenergiebedarf eines Bürogebäudes in Freiburg

## 2 Anforderungen an das Simulationssystem

Die Anforderungen an das Simulationssystem ergeben sich aus dem Zeitpunkt der geplanten Nutzung. Die Entscheidung über den möglichen Einsatz der solarunterstützten Klimatisierung fällt zu einem sehr frühen Zeitpunkt des Projektes. Dabei sind notwendige Informationen über die konkreten Lasten und Nutzungsbedingungen in der Regel ebenso wenig verfügbar, wie die endgültigen bauphysikalischen Randbedingungen des architektonischen Entwurfs. Erschwerend kommt hinzu, dass das regelungstechnische Konzept sowie die hydraulische Verschaltung der Einzelkomponenten in diesem Planungsstadium nicht verfügbar ist. Trotzdem soll eine Entscheidung für oder gegen die solare Klimatisierung getroffen werden. Aus den genannten Gründen ist daher nur eine Relativbewertung verschiedener Lösungsansätze unter gleichen Randbedingungen sowie eine Sensitivitätsanalyse hinsichtlich des Einflusses bestimmter Einflussparameter möglich. Das Simulationsmodell sollte daher besonders fehlerresistent und bedienerfreundlich sein, um auch dem „normalen“ TGA-Planer eine sinnvolle Nutzung des Simulationswerkzeuges zu ermöglichen.

Durch die Entwickler des Simulationssystems müssen daher eine Reihe von zulässigen Vereinfachungen und verallgemeinerungsfähigen Annahmen getroffen werden, die bei der softwareseitigen Umsetzung bereits einfließen müssen. Dies betrifft sowohl die „optimale“ Auslegung des Systems der solaren Energieerzeugung (Kollektor, Speicher, Backup) als auch die Vorgabe der regelungstechnischen Grundfunktionen für die Kälte- und Klimaanlage.

## 3 Das Klimatisierungssystem

Raumlufttechnische Anlagen mit vorgegebenen Raumlufttemperaturen und Raumluftfeuchten und zu erwartenden Kühllasten und/oder Feuchtelasten werden als Luftkühlanlagen, Luftentfeuchtungsanlagen oder Klimaanlage ausgelegt. Sie erfordern im allge-

meinen Kälteanlagen. Zum Einsatz kommen Kompressions- oder Absorptionskälteanlagen zur direkten Kühlung mit luftbeaufschlagtem Verdampfer oder zur indirekten Kühlung als Kaltwassersätze bzw. Flüssigkeitskühler. Charakteristisch ist, dass diese Kälteanlagen in ihrer Ausführung auf die Bedingungen in raumlufttechnischen Anlagen zugeschnitten sind, so dass man von einer „Klimakältetechnik“ sprechen könnte. „Klimakälteanlagen“ haben folgende Funktionen zu erfüllen:

- Ausgleich der Verluste, die infolge Transmissionswärme und Strahlung entstehen
- Ausgleich der Innenlasten, die durch Personen, Maschinen oder sonstige Wärmequellen entstehen
- Entfeuchten der zuzuführenden Außenluft
- Kühlung der zuzuführenden Außenluft.

Klimatisierung bedeutet allgemein, dass folgende Funktionen einzeln oder gemeinsam realisiert werden:

- Heizen
- Kühlen
- Befeuchten
- Entfeuchten

Je mehr dieser Funktionen davon realisiert werden, desto stärker wird die Umweltrelevanz der Klimaanlage. Eine Anlage nur mit Heizungsfunktion könnte im günstigsten Fall mit thermischen Solarkollektoren fast ohne Umweltbelastung arbeiten. Eine Klimaanlage stellt dagegen die maximale Anzahl von kritischen Punkten dar, wie in Abb. 3 dargestellt ist.

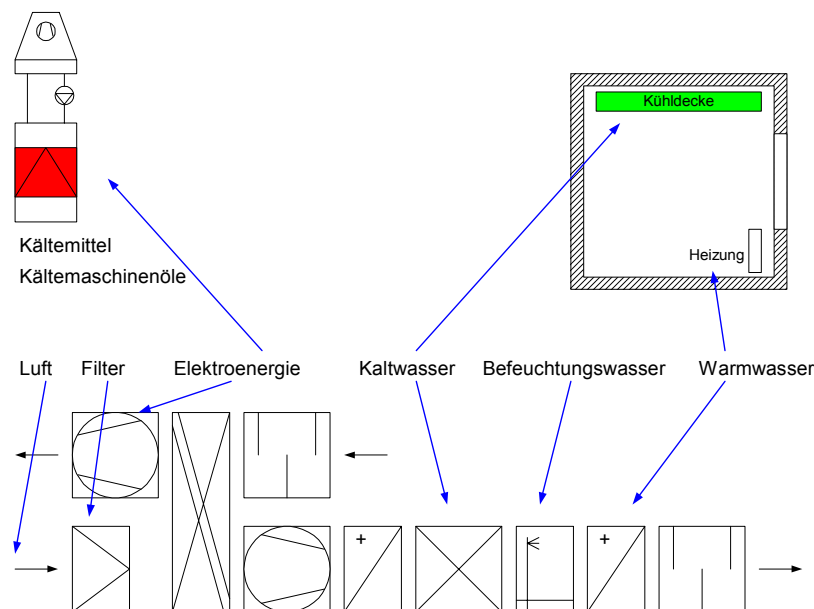


Abb. 3: Bilanzgebiet Klimaanlage

Hauptgegenstand des Simulationssystems ist die Ermittlung des Energiebedarfs für die Hauptverbrauchskategorien:

- Strom
- Wärme
- Wasser

Aufbauend darauf und den Investitionskosten (Richtwerte für unterschiedliche Systeme werden im Rahmen des TASK 25 erarbeitet) kann eine Gesamtwirtschaftlichkeit ermittelt werden.

#### 4 Simulationsmodell

Das Berechnungsmodell ist so strukturiert, dass die vorhandenen Rückwirkungen zwischen der raumluftechnischen Anlage und dem Gebäude nur in einer Richtung betrachtet werden. Die aus einer Minderleistung der Anlage resultierende Veränderung der Raumlufthtemperatur und damit der Last wird nur in Form der Abweichung vom Sollwert erfasst. Für die Berechnungen wird einerseits eine Lastdatei in Analogie zum Abb. 2 benötigt. Zum anderen werden die Wetterdaten (TRY, Meteonorm) in das Programm integriert.

Um verschiedene Situation analysieren zu können wurden 7 Klimate ausgewählt:

- Tropisch (Merida /Mexiko),
- Mediterran - Küste (Palermo/Italien und Athen, Griechenland),
- Mediterran - kontinental (Madrid/Spanien),
- Moderat (Perpignan/Frankreich),
- Zentraleuropa . Moderat (Freiburg, Deutschland),
- Zentraleuropa – Nord (Kopenhagen/Dänemark).

Als typische Gebäudelasten werden ein Bürogebäude, ein Hotel und ein Veranstaltungssaal definiert. Es wurden auch Details über Infiltration, Abschattung, innere Lasten durch Licht und die Komfortansprüche für die Innenräume festgelegt. Für alle 18 Varianten wurden Lastprofile für jeweils ein ganzes Jahr erstellt (Stundenwerte für Heizenergie, Kühlenergie, Entfeuchtungsenergie, Außen- und Raumtemperatur, Außen- und Innenfeuchte sowie Anwesenheit von Personen).

Bei der softwaremäßigen Umsetzung wurde besonderer Wert auf die Nutzerfreundlichkeit gelegt. Bei der Auswahl der Komponenten kann der Nutzer auf unterschiedliche Arten zur Systemgestaltung gelangen. Das ist einerseits die freie Zusammenstellung aus Einzelsystemen. Dabei wird der Nutzer nach Abschluss seiner Auswahl darüber informiert, ob diese Verschaltung möglich bzw. softwaremäßig umgesetzt ist. Bei der Erstellung dieser Auswahl wurden etwa 640 verschiedene Kombinationen untersucht. Daher sollte die „passende“ Anlage für nahezu jeden Anwendungsfall dabei sein. Da für jede der ausgewählten Anlagen eine regelungstechnische Funktion für jede Stunde eines Jahres hinterlegt sein muss, bedarf es jedoch dieser Begrenzung auf getestete Verschaltungen.

Die andere Art der Systemkonfiguration besteht in der Nutzung von Standardsystemen. Dabei wird vom Raum ausgegangen. Durch die Wahl von Kühldecken, Fan coils oder Luftsystemen werden logische Entscheidungswege eingeschlagen, die im nächsten Schritt

zu den passenden klima- und kältetechnischen Anlagen führen. Im Endergebnis der Entscheidung wird dann eine solarthermische Versorgung vorgegeben.

Beide Varianten sind gemäß Abb. 4 rechts jederzeit durch einfache Umschaltung nutzbar. In dieser Weise (entweder in der Programmfunktion Special Selection oder Standard Selection) kann das Gesamtsystem zusammengestellt werden Abb. 4 (links).

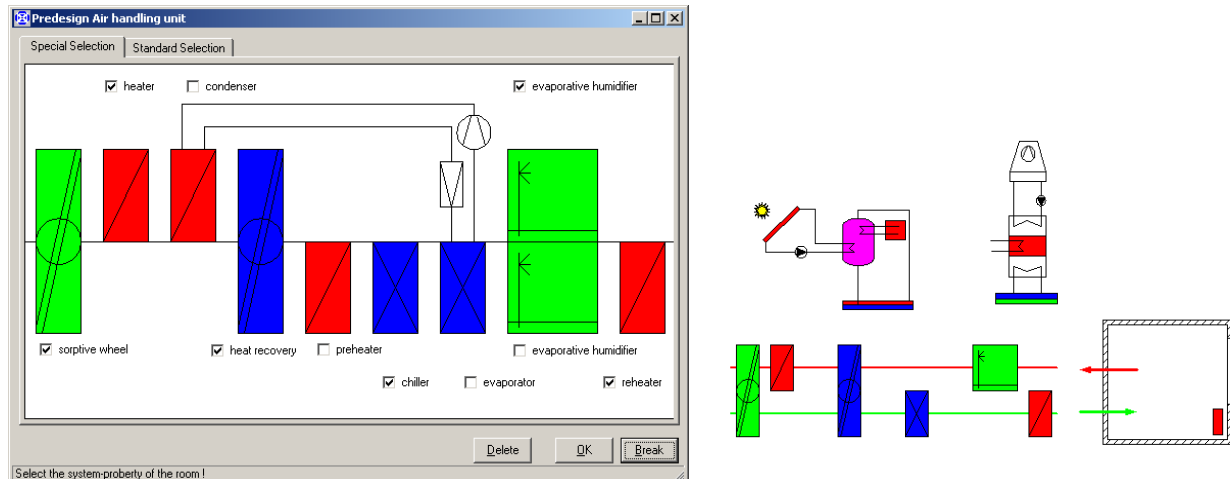


Abb. 4: Auswahl der klimatechnischen Verschaltung

Wie bereits bei der Modellbeschreibung erwähnt, ist die Unterstützung des ungeübten Nutzers besonders bei der Auslegung des solaren Versorgungssystems notwendig. So wurde z.B. durch die TU Graz das System der solaren Versorgung bestehend aus Kollektor, Speicher und Backup-System soweit vereinfacht, dass eine Entscheidung zur Auslegung durch den Nutzer möglich ist und zugleich eine sinnvolle Betriebsweise des Systems nachgebildet wird (Abb. 5). Für den Nutzer reduziert sich die notwendige Eingabe auf die Art, Orientierung und Größe des Kollektorfeldes die Art des Solar-Wärmeaustauschers (extern, intern), die Art der Nachheizung (elektrisch oder mit Kessel) sowie auf das vorgesehene Speichervolumen. Zudem kann ausgewählt werden, ob der Nachheizkessel den Wärmebedarf zu 100 % oder in einem geringeren Ausmaß decken kann, um bewusst eine „you take what you get“ Strategie der Solaranlage simulieren kann. Das Modul wurde aus dem Simulationspaket SHWwin für solarthermische Anlagen, welches gratis unter <http://www.tugraz.ac.at> herunter geladen werden kann, entwickelt.

Intern werden dann High- bzw. Low Flow-Verschaltungen mit Rohrleitungen etc. hinterlegt. Zudem wird ein Plausibilitätscheck über die simulationstechnisch minimale Größe des gewählten Pufferspeichers gegeben.

An Kühlaggregaten sind derzeit einige Ab- und Adsorptionsmaschinen mit Ihren Kenndaten in einer Datenbank hinterlegt. Die freie Kühlung über einen Kühlturm oder die Vorgabe konstanter Wassertemperaturen (z.B. Brunnenwasser) sind ebenfalls mögliche Kältequellen. Zudem, können Temperaturen und Massenflüsse für die einzelnen Aggregate der Kühlanlage vorgegeben werden (siehe Abb. 6).

Bei den RLT-Anlagen sind sowohl klassische Systeme mit Oberflächenkühlern als auch Systeme mit sorptiver Entfeuchtung implementiert.

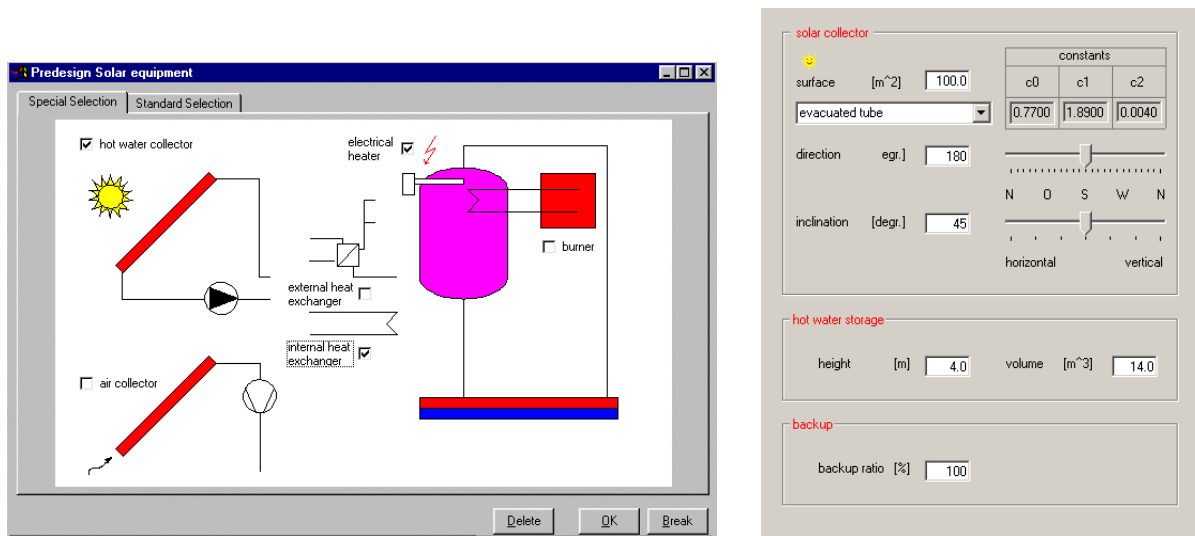


Abb. 5: Auswahl der Solaranlage

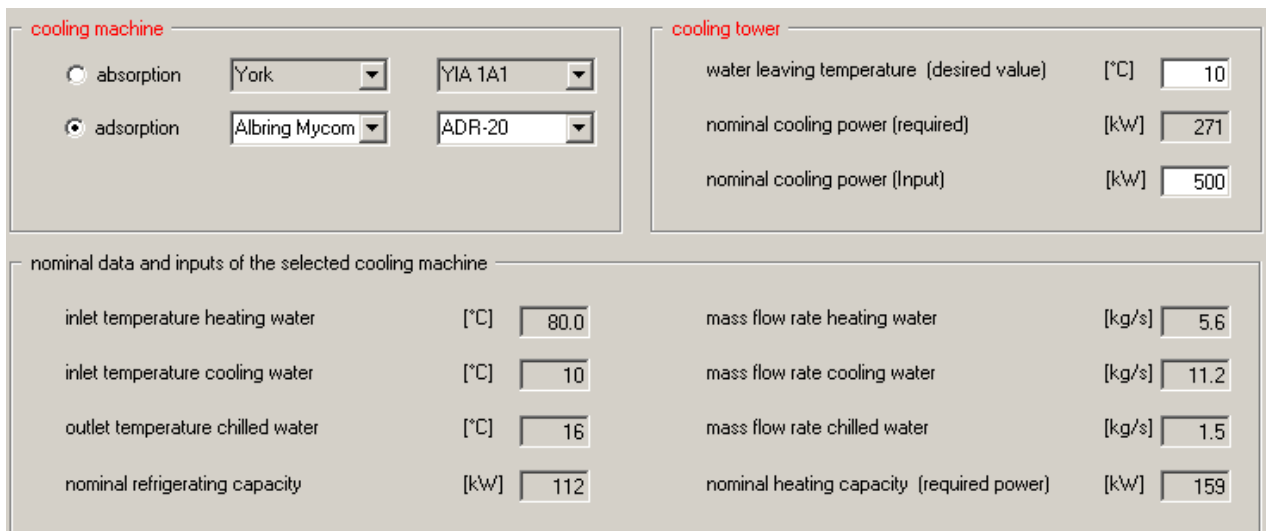


Abb. 6: Definition des Kühlaggregates

## 5 Simulationsergebnisse

Die Umsetzung des Simulationsprogramms ist mittlerweile soweit gediehen, dass erste Berechnungsergebnisse erzielt werden können.

Abb. 8 zeigt beispielhafte Ergebnisse für die solare Versorgung eines Hotelzimmers (Abb. 7). Es ist nur der Zeitraum vom 1. Mai bis 30. September dargestellt. Die Berechnungsergebnisse wurden unter Verwendung von 400 m<sup>2</sup> Kollektorfeld bei einer Vorlauftemperatur von 60 °C ermittelt. Als Kälteanlage wurde eine Adsorptionsanlage verwendet. Die luftseitigen Komponenten waren ein Kühler und ein Erhitzer.

Es zeigt sich in Abb. 8 ein großer, aus den Kollektoren realisierbarer Ertrag. Der als Backup-System verwendete Brenner kommt deutlich seltener zum Einsatz.

Aufbauend auf den ersten Simulationsergebnissen wurden mit den Parametern:

- Kollektorfläche
- Vorlauftemperatur

verschiedene Systemsimulationen durchgeführt. Die Ergebnisse zum solaren Deckungsanteil sind in Abb. 9 dargestellt. Als Betrachtungszeitraum wurde ebenfalls der Sommer verwendet. Im günstigsten Fall beträgt der solare Deckungsanteil 74 %. Dies setzt eine Kollektorfläche von 400 m<sup>2</sup> bei einer Vorlauftemperatur von 60 °C voraus. Mit geringeren Flächen und höheren Vorlauftemperaturen sinkt der solare Deckungsanteil erwartungsgemäß auf etwa 36 %.

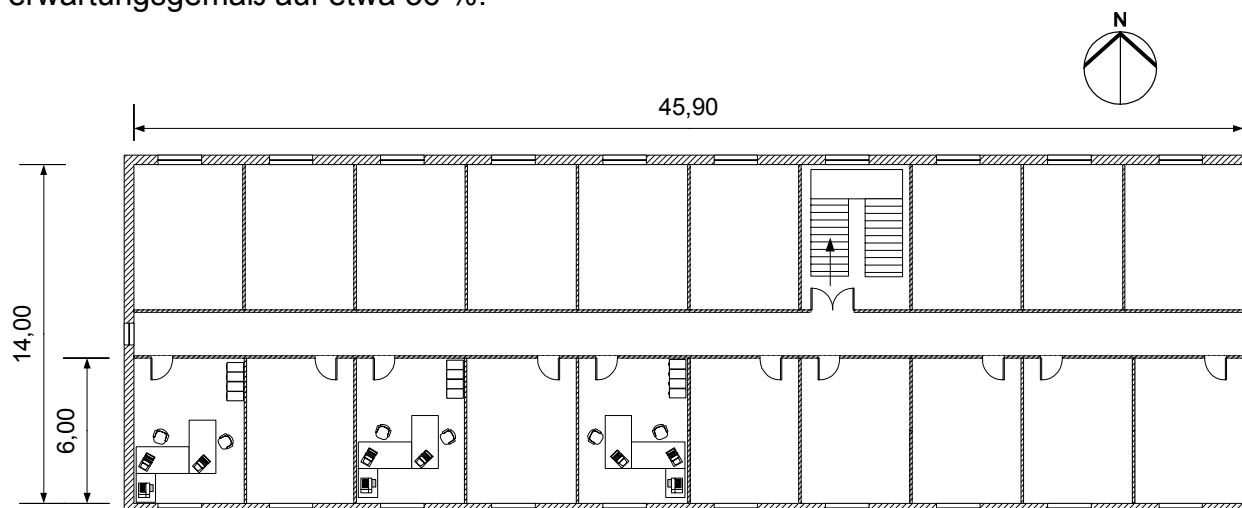


Abb. 7: Simuliertes Hotelgebäude

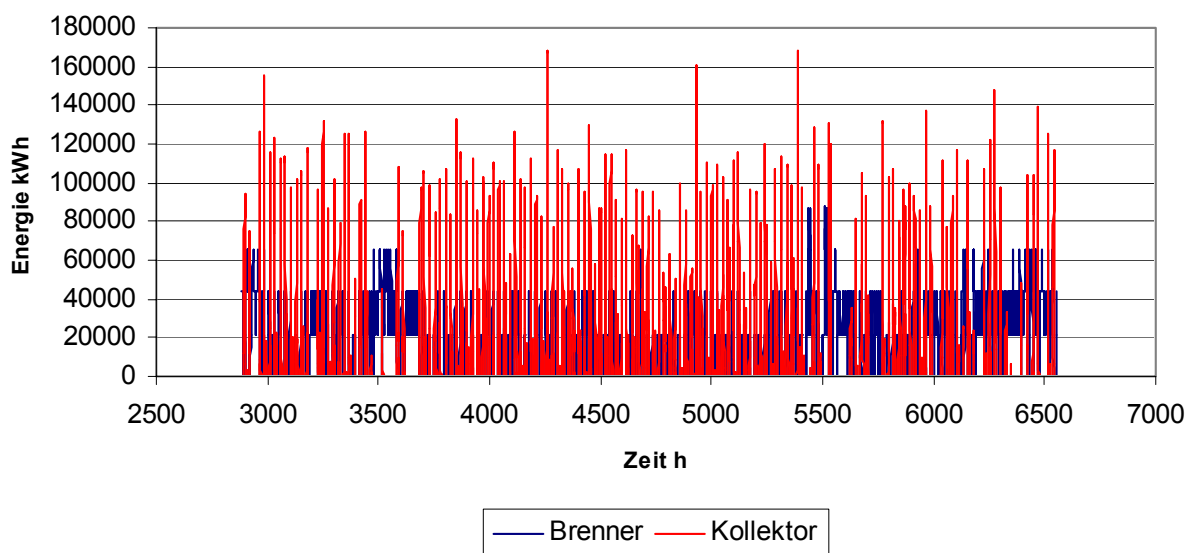


Abb. 8: Berechnungsergebnis der solaren Versorgung

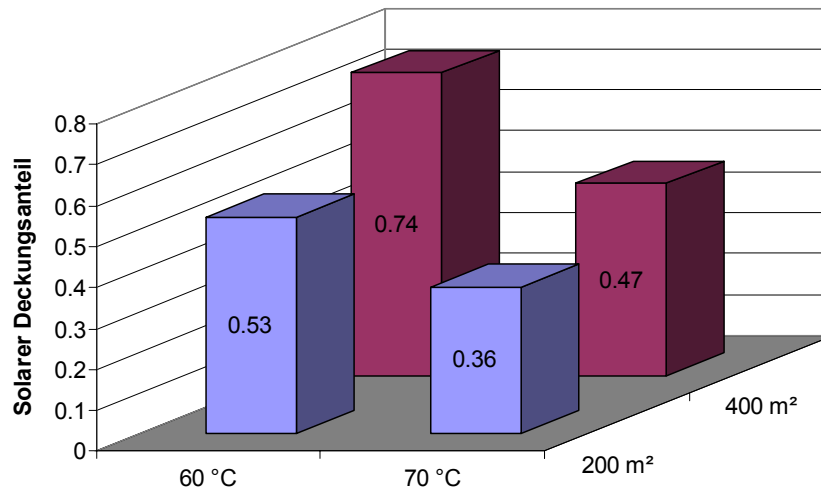


Abb. 9: Solarer Deckungsanteil der simulierten Anlage

## 6 Zusammenfassung

Das Simulationssystem für solarunterstützte Klimasysteme ist ein Expertensystem für „Nichtexperten“. Damit wurde eine Lücke der Softwarewerkzeuge für die solare Klimatisierung, speziell für den planenden Ingenieur, geschlossen.

Die am TASK 25 teilnehmenden Institutionen haben große Anstrengungen unternommen, um das Expertenwissen in eine für den normalen Nutzer verständliche Form umzusetzen. Dabei wurden umfangreiche Hilfen implementiert. Dies sind unter anderem die Unterstützungen bei der Systemgestaltung und die Hilfe bei der Auslegung des solaren Versorgungssystems.

Die ersten beispielhaften Rechnungen haben ermutigende Ergebnisse erbracht. Im Rahmen der weiteren Erprobung werden sowohl vom Softwareentwickler als auch von potenziellen Anwendern diverse Tests durchgeführt, um eine möglichst große Sicherheit bei der späteren Nutzung der Simulationsplattform zu garantieren.

Es ist vorgesehen, das Simulationssystem einer möglichst breiten Nutzung auf europäischer Ebene zuzuführen.

## 7 Literatur

**Franzke, U., Seifert, C., Streicher, W.**, 2004, Solar Assisted Air Conditioning of Buildings – Computer Design Tools for System Design, Climamed Conference, Congresses Mediterrânico de Climatização, 16.-17. April 2004, Lissabon