
ÜBERBLICK ZU SIMULATIONSTOOLS ZUR AUSLEGUNG UND OPTIMIERUNG VON ANLAGEN ZUM SOLAREN KÜHLEN

Dipl. Ing. (FH) Daniel Neyer, Dipl. Ing. (FH) Martin Hauer
Universität Innsbruck

Institut für Konstruktion und Materialwissenschaften, AB Energieeffizientes Bauen
Technikerstr. 13, A-6020 Innsbruck

Tel.: +43-512 / 507 -6618, Fax: DW -36902

E-Mail: daniel.neyer@uibk.ac.at, martin.hauer@uibk.ac.at

1 Einleitung

Die vorliegende Zusammenfassung soll einen Überblick, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, über die verfügbaren Tools zur Grobauslegung, Machbarkeitsstudien, Dimensionierung und Optimierung von solarthermischen Kälteanlagen geben.

Eine adäquate Grundlage zur Auslegung bietet das „Solar Cooling Handbook, 3rd Edition“ [Henning et al. 2011].

Dieses Buch ermöglicht einen vertiefenden Einblick in die relevanten Grundlagen, welche sich von Meteorologie über Komponenten bis hin zu energetischen und ökonomischen Bewertungen erstrecken. Weiters werden die Systemauswahl und deren Auslegung und die dazugehörigen Tools, vorgestellt. Ebenfalls enthalten ist ein Überblick von einigen realisierten Systemen.

Hans-Martin Henning · Mario Motta
Daniel Mugnier (Ed.)

Solar Cooling Handbook

A Guide to Solar Assisted Cooling
and Dehumidification Processes

3rd Edition



Link zum Onlineshop von Springer:

<http://www.springer.com/engineering/energy+technology/book/978-3-7091-0841-3?changeHeader>

SpringerWienNewYork



Eine generelle Einteilung der Auslegungsverfahren kann in folgenden Klassen erfolgen

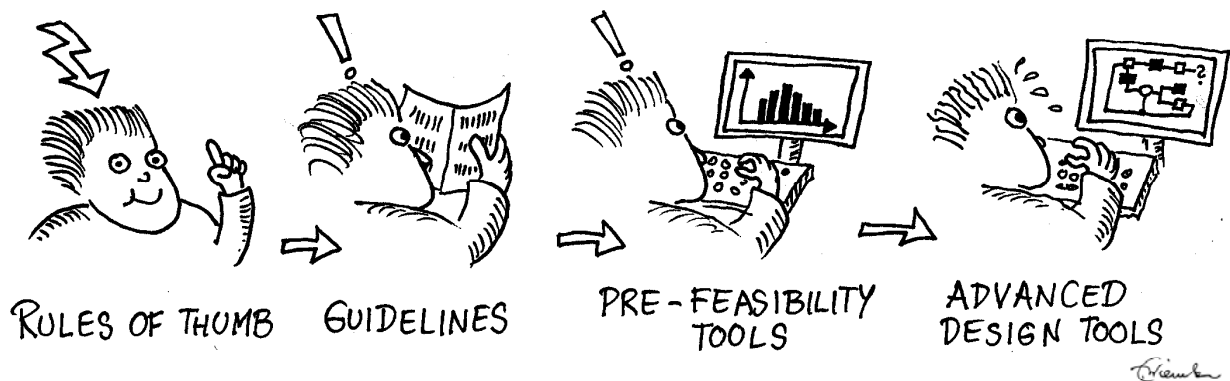


Abb. 1 – Einteilung der Auswahlverfahren [SOLAIR, Edo Wiemken]

Zu jedem dieser 4 Klassen werden einige Beispiele an Tools genannt und kurz dargestellt.

2 Checkliste

Folgende Checkliste für eine erfolgreiche und sinnvolle Projektierung einer solaren Kühlungsanlage basiert auf Erfahrungswerten bereits bestehender Anlagen und bezieht technische, wirtschaftliche als auch organisatorische Kriterien in die Bewertung mit ein.

Dabei bildete der technologische Entwicklungsstand von Anlagen zur solaren Kühlung zum Zeitpunkt der Erstellung der Checkliste die Ausgangsbasis. Dieser Betrachtungswinkel kann sich anhand der späteren Preisentwicklungen zugunsten der Technologie stark verändern und so die Gesamrentabilität der Anlage steigern. Die zugrundeliegenden Anlagen beschränkten sich dabei auf solarthermisch betriebene Anlagen.

Einige der angeführten Kriterien sind verpflichtend, andere freiwillig zu wählen. Die Checkliste bietet einer übersichtlichen Darstellung relevanter Anforderungen auf einem Dokument zusammengefasst. Ebenso wurde ein Ranking eingeführt, um eine vergleichende Bewertung zu ähnlichen Projekten erstellen zu können.

The screenshot shows the TECSOL web application interface. At the top, it says 'TECSOL Climatisation/Chauffage Solaire'. The main content area is titled 'CHECK-LIST METHOD FOR THE SELECTION AND THE SUCCESS IN THE INTEGRATION OF A SOLAR COOLING SYSTEM IN BUILDINGS' and features the SHC logo (Solar Heating & Cooling Programme, International Energy Agency). A sidebar on the left contains navigation links: Introduction, Technologie, Généralités, Absorption, Adsorption, DEC, Outils et méthode, Etat des lieux, Bonnes pratiques, Banyuls, Maclas, Projets européens, and Téléchargements. The main form is titled 'Technical Feasibility' and includes instructions: 'To build-in a check list, the first topic is naturally the building, which is the target of the solar cooling system and its technical features. Please select an answer in the list for each question. If you do not know, let the answer empty.' The form is divided into two sections: 'Building' and 'Load'. The 'Building' section contains questions about climate, collector area, space availability, distribution network, and existing heating/cooling material. The 'Load' section contains questions about production correlation and energy needs. A 'Next' button is located at the bottom right of the form.

Abb. 2 – Screenshot der Checkliste von TECSOL

Quelle u. weiterführende Infos: <http://www.tecsol.fr/checklist/>

3 SolAC

SolAC ist im Zuge des IEA SHC Task 25 entstanden. Das Tool beinhaltet eine benutzerfreundliche Bewertungssoftware für Architekten und Planer für unterschiedlichste Lüftungs- und Klimatisierungssysteme mit 3 verschiedenen Lastprofilen in je 6 verschiedenen Klimazonen mit Handbuch.

Das Tool ist seit Oktober 2009, auf Grund von fehlenden Updates nicht mehr zum Download verfügbar.

Quelle u. weiterführende Infos: <http://www.iea-shc-task25.org/english/hps6/index.html>

4 SACE Cooling evaluation tool

SACE entstammt dem Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und wurde im Rahmen des EU-Projektes SACE (Solar Air Conditioning in Europe) entwickelt. Es bildet ein schnell und einfach zu bedienendes Tool zur Erstellung einer Abschätzungsstudie für die Anwendung solarthermischer Energie in der Raumluftkonditionierung.

Das Tool erstellt als Ergebnis eine Vorabstudie für eine geplante Anlage zur solaren Kühlung anhand eines vorhandenen Lastprofils und eines bekannten Solarkollektors. Es wird ein kombiniertes Meteo- Lastfile (erzeugt mit TRNSYS oder ähnliche Programm) sowie ein Konfigurationsfile, in dem die Systembeschreibung enthalten ist, eingelesen. Basierend auf diesen Einlesedaten wird der jährliche Anteil für solares Heizen und Kühlen, basierend auf einem stündlichen Vergleich von benötigter Wärmeenergie für eine thermisch betriebene Kälteanlage zur verfügbaren Solarwärme. Eine Parameterstudie für unterschiedliche Kollektorflächen sowie unterschiedliche Varianten der systemintegrierten Energiespeicherung wird automatisch erstellt.

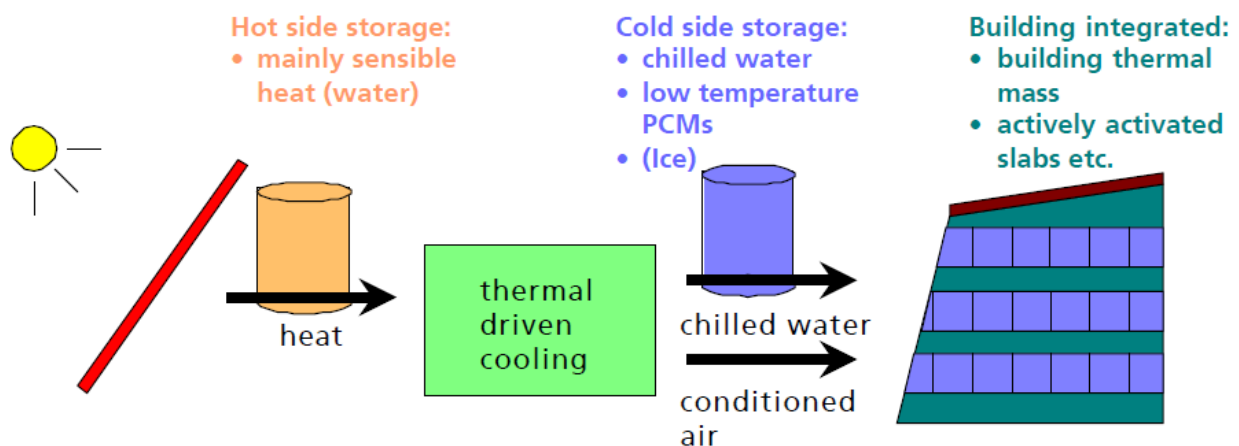


Abb. 3 - Generelles Systemschema mit Speicherintegration (PCM) [SACE]

Quelle u. weiterführende Infos: <http://www.solair-project.eu/218.0.html>

5 SH&C systems

Dieses Auslegungstool für solare Heiz- und Kühlsysteme ist im Rahmen des Programms NEGST (New Generation of Solar Thermal Systems) entstanden. Ziel war es, ein einfaches Tool zu entwerfen, welches die im Programm gewonnen Erkenntnisse in einem bestmöglichen Kompromiss zwischen Einfachheit und Effizienz der Anlage verarbeitet. Es ermöglicht die Erstellung von Machbarkeitsstudien sowie das Aufzeigen von Potentialen für solare Heiz- und Kühlsysteme.

Die Berechnung lässt sich in folgende Schritte unterteilen:

- Berechnung der monatlichen Heiz- u. Kühlenergiebedarfe für das zu betrachtende Gebäude an einem ausgewählten Standort
- Berechnung des Primärenergieverbrauchs eines konventionellen Heiz- od. Kühlsystems bezogen auf die Solarenergie
- Berechnung des thermischen Energieverbrauchs des solaren Systems
- Abschätzung des Primärenergieverbrauchs abgedeckt durch das solare System
- Auswertung der benötigten Kollektorfläche zur Deckung des errechneten Primärenergieeinsparung

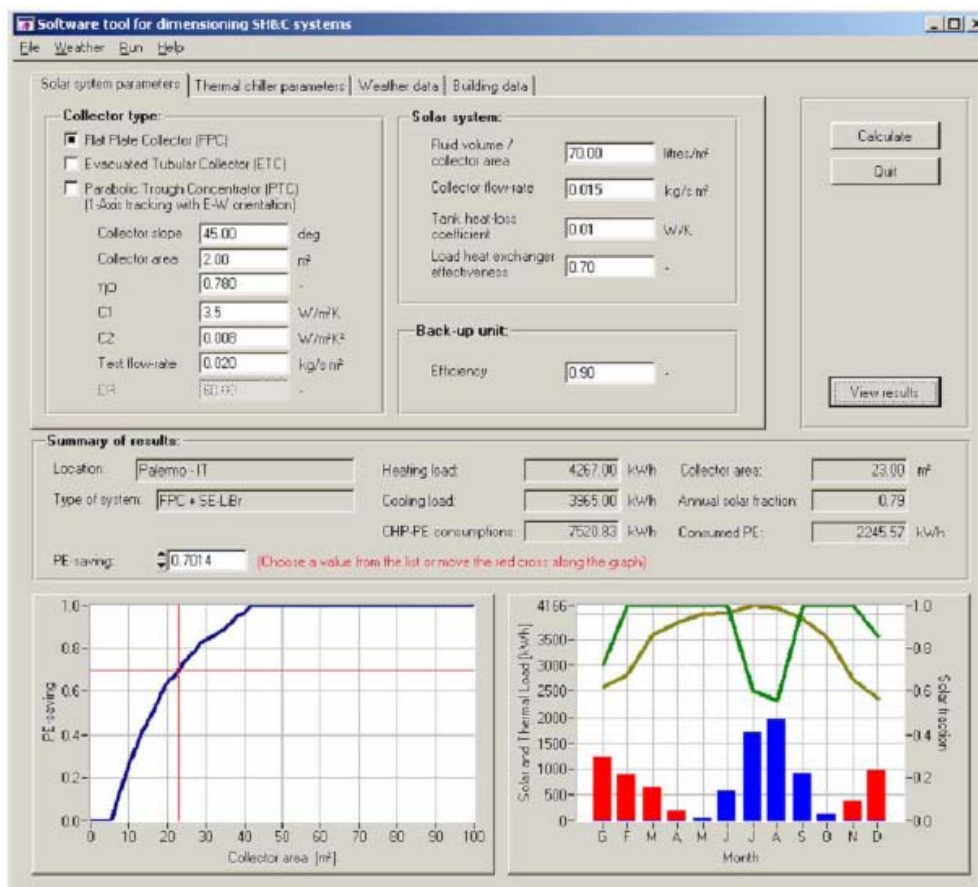


Abb. 4 - Eingabefeld des Softwaretools

Quelle u. weiterführende Infos:

<http://www.swt-technologie.de/html/publicdeliverables3.html>

6 Polysun

Die Polysun Simulationssoftware bietet alle wichtigen Werkzeuge zum Konfigurieren, Optimieren und Simulieren von Anlagen in den Bereichen Solarthermie, Wärmepumpe, Photovoltaik und solares Kühlen und hat sich sowohl in der anwendungsorientierten Entwicklung als auch in der Praxis als eines der gängigsten und umfassendsten Tools etabliert. Das am Schweizer Institut für Solartechnik SPF in Zusammenarbeit mit der Hochschule in Rapperswil entwickelte Simulationsprogramm Polysun ist vom Leistungsumfang her mit T*SOL vergleichbar. Die Stärken von Polysun liegen in einer anschaulichen und vergleichsweise einfachen Bedienung, sowie einer vergleichenden Berechnung und Erstellung mehrerer Lösungsvarianten in kurzer Zeit.

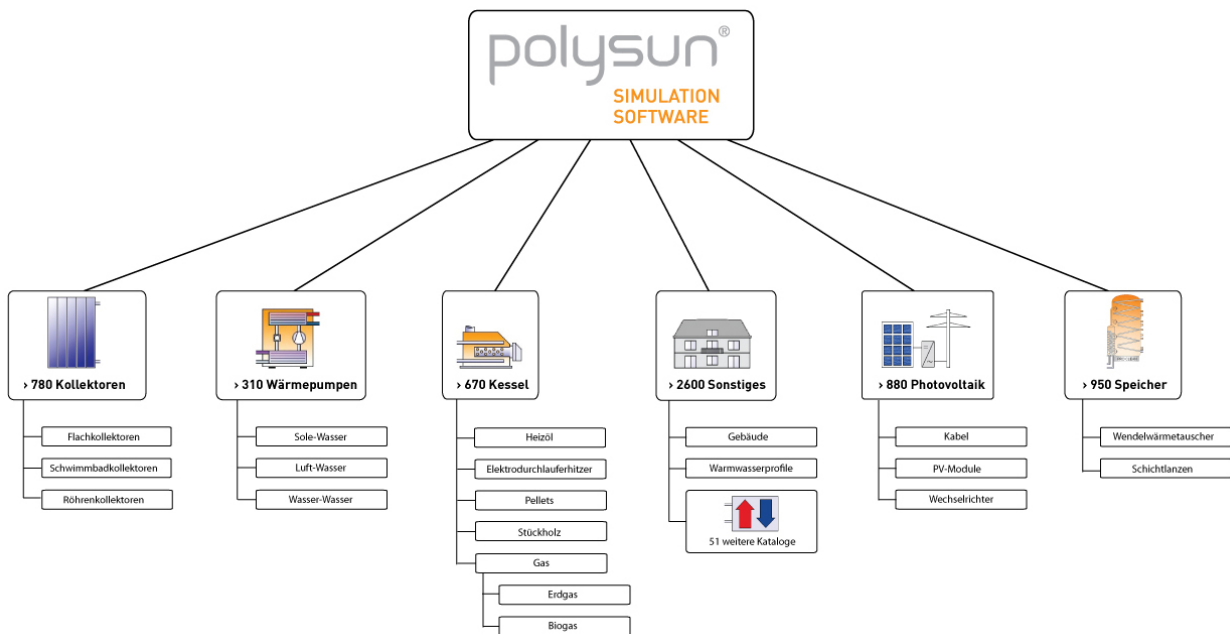


Abb. 5 - Übersicht der Produktdatenbank in Polysun [www.velasolaris.com]

Für die thermische Gebäudesimulation kann ein Haus aus einer Produktdatenbank standardisierter Gebäude ausgewählt und modifiziert werden (Abb. 5). Ein Vorlagenmanager ermöglicht die typisierte Anlagenauswahl und produktorientierte Dimensionierung. Mit Polysun können sowohl einfache Ertragsberechnungen als auch detaillierte Parameterstudien über alle möglichen Anlagenkomponenten durchgeführt werden. Alle wichtigen Aspekte einer Solaranlage können damit schnell optimiert werden. Umfangreiche Hilfetexte geben zu jedem Dialog Auskunft und enthalten wesentliches Knowhow zur Auslegung von Solaranlagen.

Möglichkeiten zur Optimierung der Kollektororientierung je nach Bauart, Horizont und jahreszeitlicher Nutzung, eine Ökobilanz, umfangreiche Wirtschaftlichkeitsberechnungen nach VDI 2067, eine Optimierungshilfe für Umwälzpumpen oder ein Verschattungseditor machen das Programm zu einem sehr praktikablen Hilfsmittel bei der Planung und Akquisition.

Die Polysun-Solares Kühlen Software als Teilprodukt berechnet den Energieverbrauch solarer Kühlsysteme und optimiert in Hinblick auf mehr Effizienz und Komfort. Es können Kompressionskühlmaschinen, solarthermische Kühler, sowie Free Cooler nach Belieben

kombiniert werden. Für die Wärmeabfuhr stehen Trocken- und Nasskühltürme, sowie Schwimmbecken und Erdsonden zur Verfügung (Abb. 6). Es können dabei Leistung und Energieverbrauch jeder einzelnen Komponente anhand physikalischer Grundlagen simuliert werden und auf Energieeffizienz und Systemkosten optimiert werden. Die Polysun-Datenbank bietet hierfür eine umfangreiche Auswahl an am Markt erhältlicher Komponenten. Die Resultate können in Form eines aussagekräftigen Reports anschaulich dargestellt werden.

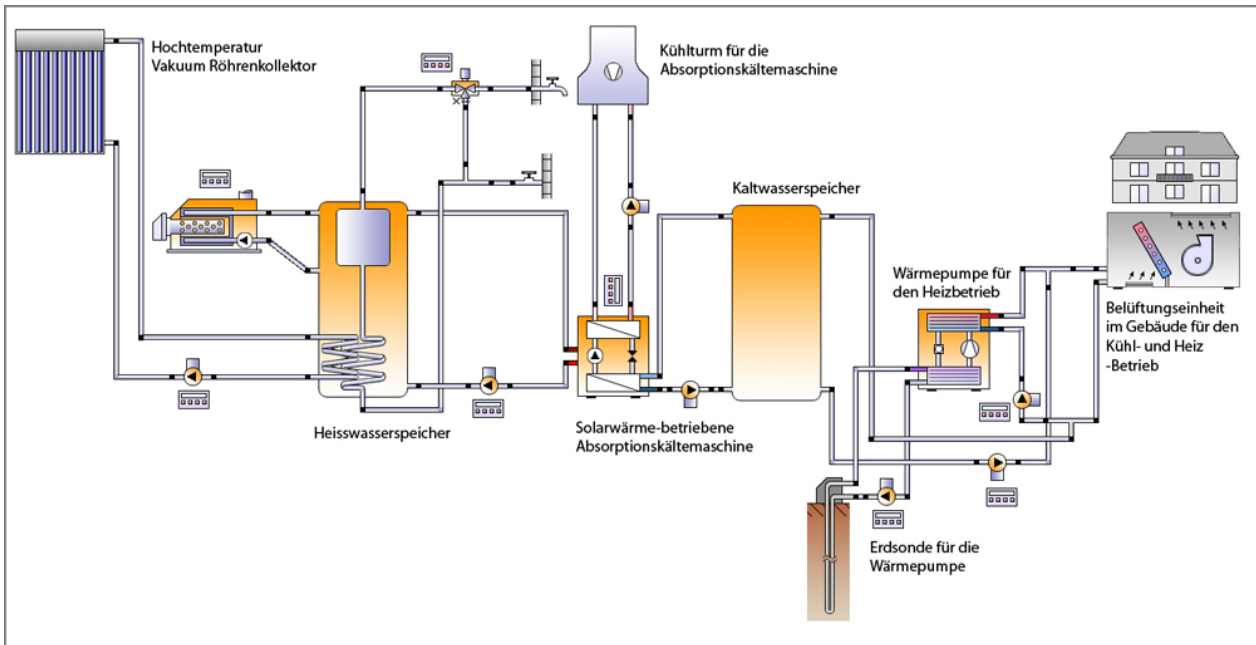


Abb. 6 - Schema einer Polysun-Anlage [www.velasolaris.com]

Quelle u. weiterführende Infos: www.velasolaris.com

7 T*SOL

T*SOL entstammt der deutschen Firma Valentin Energiesoftware GmbH und bietet neben weiteren Tools für die Bereiche PV, Geothermie, BHKW dieses Planungs- und Simulationsprogramm für solarthermische Systeme. Eine Komponente für solare Kühlung ist bislang noch nicht implementiert.

Tabelle 1 - Übersicht Produktpalette T*SOL

T*SOL Onlinerechner	kostenfreier Onlinesimulator zur raschen Ertragsberechnung
T*SOL Pro	Dynamisches Simulationsprogramm zur Auslegung und Optimierung thermischer Solarsysteme
T*SOL Expert	Dynamisches Simulationsprogramm zur detaillierten Untersuchung thermischer Solarsysteme und deren Komponenten

T*SOL Pro eignet sich im Umfang hervorragend für Planer und Installateure aus den Branchen der Heiz- u. Gebäudetechnik. Bereits die Standardausführung stellt über 60 vorkonfigurierte Anlagensysteme für Warmwasserbereitung, Prozesswärme, sowie für solare Heizungsunterstützung bereit. Darüber hinaus können mehr als 10 Anlagensysteme

mit 2 Kollektorfeldern geplant werden. Für die Erstellung einer Variante müssen die erforderlichen Parameter eingegeben und ein vorgeschlagenes Anlagensystem / Firmensystem ausgewählt werden. Auf dieser Basis kann T*SOL Pro die Dimensionierung von Kollektorfeld und Speicher realisieren. Die Simulation wird anschließend in stündlichen Zeitschritten durchgeführt. Dabei lassen sich die Temperaturzustände an verschiedenen Positionen im System dynamisch darstellen.

Ergebnisse wie Temperaturen, Energien, Nutzungsgrade und solarer Deckungsanteil können in einer Datei abgespeichert und jederzeit für eine Auswertung abgerufen werden. T*SOL Expert ist mit zusätzlichen Funktionen bei Parameterstudien zwischen unterschiedlichen Komponenten ausgestattet und erlaubt eine Zeitschrittweite bis zu 6 Minuten. Die Option externe Daten zu importieren, sowie benutzerdefinierte Speicher, Boiler und Wärmetauscher einzuführen, erlaubt eine höhere Systemflexibilität. Als Verbrauchersysteme können bei beiden Versionen Anlagensysteme, Großanlagenmodule, sowie Schwimmbadmodule verwendet werden. T*SOL Expert bietet zusätzlich ein Modul zur Auslegung solar unterstützter Nahwärmesysteme.

Quelle u. weiterführende Infos: www.valentin.de

8 TRANSOL

TRANSOL ist eine Simulationssoftware mit speziellem Fokus auf Entwerfen, Berechnen und Optimieren solarthermischer Anlagen. Als Programmbasis dient die dynamische Simulationssoftware TRNSYS – durch ein einfaches und intuitives Eingabeschema wird die Bedienung im Vergleich zur konventionellen Anwendung von TRNSYS allerdings stark erleichtert und stellt Anwendern mit weniger Programmiererfahrung ein leistungsstarkes Simulations- und Planungsinstrument zu Verfügung. Das Tool ist in enger Kooperation zwischen der spanischen Aguasol und dem französischen Forschungszentrum CSTB entstanden.

TRANSOL bietet zur Berechnung eine umfangreiche Datenbank an bestehenden Referenzanlagen, sowie an Klimadatensätzen zur standortbestimmten Simulation solarthermischer Systeme. Diese beinhalten verschiedenste Kombinationsvarianten an PV- und Solarkollektoren, Boiler, Wärmetauscher, sowie Adsorptions- und Absorptionskältemaschinen. An den bereits vorgefertigten Referenzanlagen können Parametervariationen (Kollektorfeld, Speichergröße, Rohrlängen,...) durchgeführt werden und so die Anlage einfach auf die jeweiligen Anforderungen angepasst werden (Abb. 7).

Für die Integration von monatlichen und jährlichen Nutzprofilen sind detaillierte Standardprofile vorgegeben, welche beliebig angepasst werden können. Für die Simulationsrandbedingungen können eine Reihe an Parametern festgelegt werden (exakter Heiz-/ Kühlenergiebedarf, prozentueller Anteil an Undichtheiten in der externen Wand (Infiltration), geogr. Orientierung, Wandaufbauten, sowie Verglasungen mit fixen oder beweglichen Verschattungselementen. Für die Optimierung von Anlagen wird ein vorgefertigtes Add-on zur Durchführung einer mehrdimensionalen Parameterabhängigkeit zur Verfügung gestellt. Dabei kann in gegenseitiger Abhängigkeit für eine Anlage jeweils das Optimum unterschiedlicher Sensoren, Neigungswinkel, Orientierung und Volumenstrom simuliert werden.

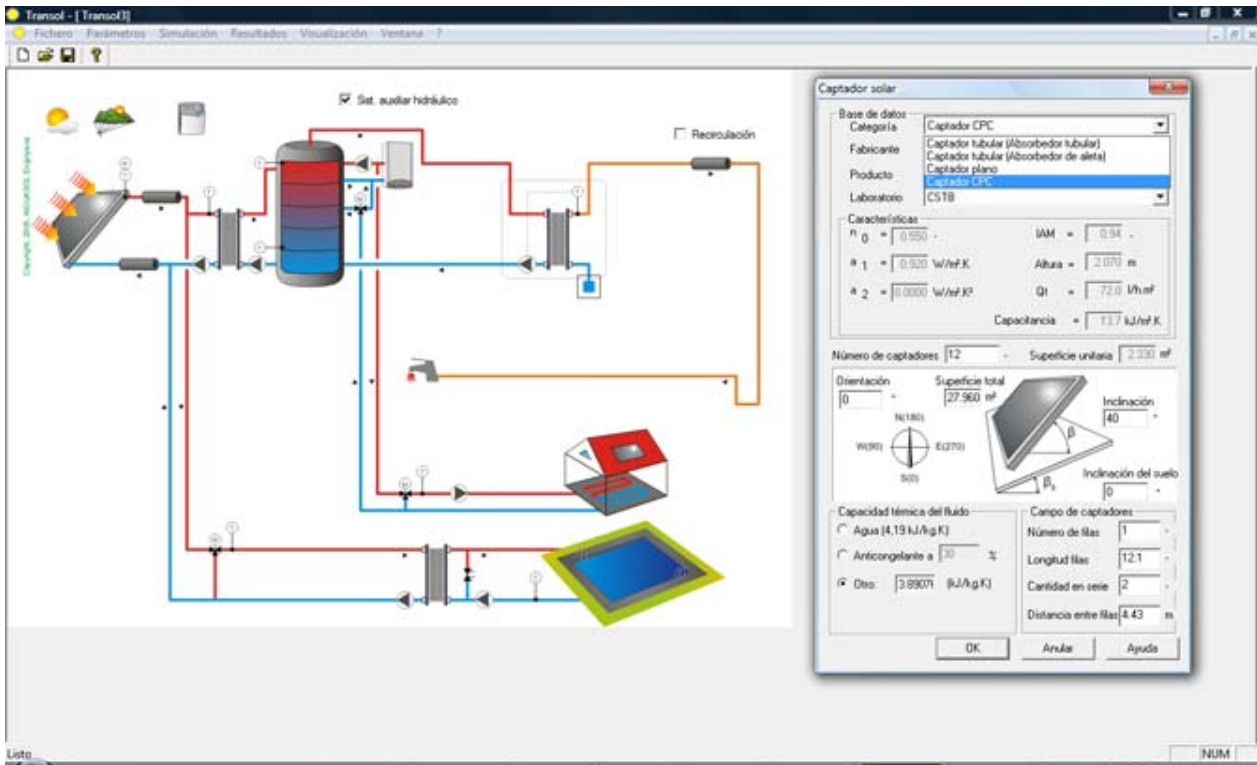


Abb. 7 - Simulationsoberfläche von TRANSOL mit Eingabe der Kollektorparameter

Quelle u. weiterführende Infos: <http://aiguasol.coop/en/transol-3/>

9 EnergyPlus

EnergyPlus gehört zur Gruppe der dynamischen Gebäudesimulationsprogramme. Ident zur Gebäudesimulation TRNSYS wird anhand von Geometrieingabedaten und der resultierende Heiz- und Kühlenergiebedarf berechnet. Ebenso können sämtliche Systemkomponenten (Heizen, Kühlen, Lüften) integriert werden und bietet somit einen vergleichenden Funktionsumfang zu TRNSYS. Zudem sind variable Zeitschrittweiten für Systeme unterschiedlicher thermischer Trägheit wählbar. Die errechneten Heizenergiebilanzen ermöglichen eine detaillierte simulationstechnische Abbildung radiativer und konvektiver Einflüsse auf Innenoberflächen und Hüllflächen der Zone. Ebenso ist ein detailliertes Erdreich-Modell nach der dreidimensionalen Finite-Differenzen-Methode. EnergyPlus verfügt zudem über ein detaillierter Verglasungsmodell zur kombinierten Berechnung von Verglasung und Verschattungssystemen – eine erweiterte Tageslichtfunktionen ermöglichen die Berechnung von Beleuchtungsstärken, Blendungssimulation und betrachtet den Einfluss reduzierten Kunstlichtbedarfs auf das Heiz- und Kühlverhalten. Außerdem ist ein Berechnungsmodell für die Untersuchung von Luftschadstoffen (CO₂, SO_x, CO, Feinstaub) integriert. Für einen erweiterten Funktionsumfang ist die Integration bekannter Simulationsumgebungen einfach möglich (WINDOW6, DElight,...)

Quelle u. weiterführende Infos: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>

10 TRNSYS

TRNSYS (Transient System Simulation Tool) ist ein leistungsstarkes und umfangreiches Gebäude- und Anlagensimulationsprogramm, mit dem das dynamische Verhalten von Solarenergiesystemen und Systemen zur rationellen Energienutzung simuliert werden kann. Es wurde 1974 am Solar Energy Laboratory an der University of Wisconsin (Madison/USA) entwickelt und wird seitdem von verschiedensten Entwicklerteams kontinuierlich verbessert.

Der komponentenweise Aufbau der Simulationsumgebung aus einzelnen Types (mathematisch-/physikalische Modelle), sowie die Verfügbarkeit der einzelnen Source-Codes ermöglicht eine hohe Flexibilität und Offenheit, z.B. bei der Kopplung mit anderen Programmen (Matlab, EES,...) und der Einbindung eigener Komponenten.

Die Standard- Komponentenbibliothek beinhaltet bereits eine Vielzahl an Modellen aus den Bereichen Heizung/Lüftung/Klimatisierung, Solarthermie, Wärmepumpe, Warmwasserspeicher, sowie Anlagenkomponenten (z. B. Pumpen und Wärmetauscher). TRNSYS verfügt zudem über ein umfassendes Mehrzonengebäudemodell mit integrierten Modellen für thermoaktive Bauteile wie Betonkernaktivierung, Fußbodenheizung und Kühldecken, welches mit den einzelnen Anlagenmodellen gekoppelt werden kann.

Um ein Energiesystem, wie eine solare Brauchwassererwärmungsanlage, mit TRNSYS zu simulieren, wird es aus Komponenten wie Solarkollektor, Speicher und Rohren aufgebaut (Abb. 1). Die benötigten Anlagenkomponenten liegen in einer TRNSYS-Bibliothek vor. Der modulare Aufbau des Programms ermöglicht dem Anwender problemlos selbst erstellte Komponenten einzubinden. TRNSYS berechnet unter Berücksichtigung zugeordneter Wetterdaten (Basis Meteororm) und beliebig definierbaren Lastprofilen Ausgabedaten, die auf dem Bildschirm dargestellt oder in einer Datei abgelegt und später ausgewertet werden können (Microsoft Excel, Matlab,...). Als Ausgabedaten können unter anderem Energie- und Massenströme, sowie Temperaturen und Schaltzustände definiert werden. (Abb. 10)

Die neueste Version TRNSYS 17 bietet zudem eine erweiterte Möglichkeit der Eingabe der Gebäudedaten in 3D über GoogleSketchup. Neben den Geometriedaten können hier bereits detaillierte Verschattungsszenarien durch benachbarte Gegenstände aufgestellt werden (Hochhäuser, Bäume,...), welche in die Jahressimulation einbezogen werden (Abb. 9). Im Gebäude können durch das 3D-Modell somit erstmals punktuell Lufttemperaturen im Raum und gemeinsam mit den Temperaturen der Umschließungsflächen exakte Behaglichkeitsstudien errechnet werden.

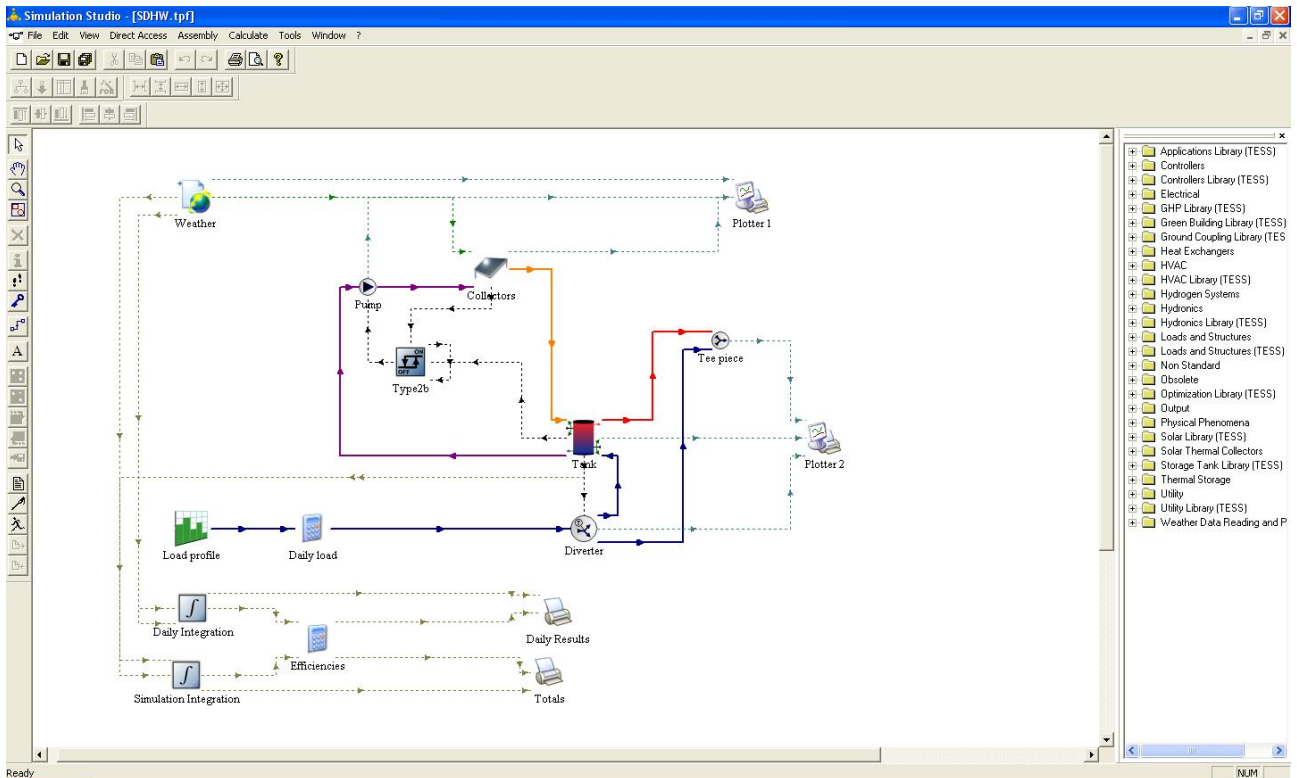


Abb. 8 -Aufbau eines solarthermischen Systems im TRNSYS Simulation Studio [TRNSYS]

Mit der unbegrenzten Anzahl an Variabilität bildet TRNSYS ein ausgezeichnetes Tool für Detailanalysen und findet deshalb verstärkte Anwendung im Bereich der Forschung und Neuentwicklung. Durch seine offene Struktur wird dem Benutzer allerdings sehr viel simulationstechnische Vorkenntnis abverlangt, sowohl in den vorhandenen Modellen als auch in der Handhabung, weswegen es sich in der praktischen Anwendung bisher nur mäßig durchgesetzt hat. Der Einarbeitungszeitraum, sowie der zeitliche Aufwand zum Aufbau des zu simulierenden Systems sind zudem, im Gegensatz zu anderen Simulationsprogrammen, vergleichsweise hoch.

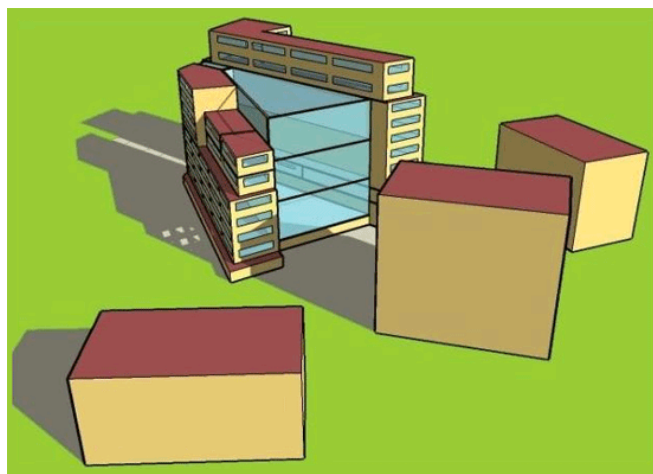


Abb. 9 - 3D- Gebäudemodellierung über GoogleSketchUp in TRNSYS 17 [TRNSYS]

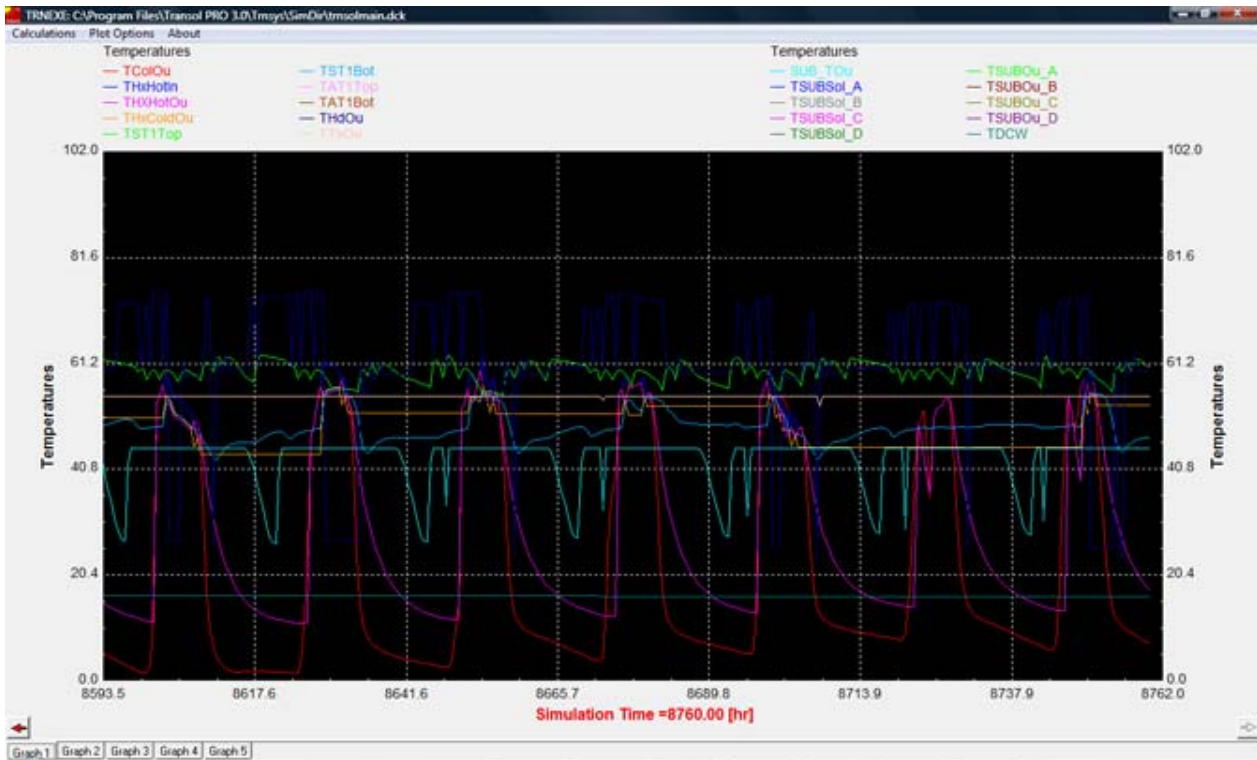


Abb. 10 - Ergebnisausgabe von Temperaturverläufen in einer Jahressimulation [TRNSYS]

Quelle u. weiterführende Infos: www.transsolar.com

11 Matlab & Simulink

Matlab ist eine hochentwickelte Sprache für technische Berechnungen und ermöglicht als interaktive Entwicklungsumgebung die Verwaltung von Code, Dateien und Daten für die Algorithmenentwicklung. Matlab bietet eine Vielzahl mathematischer, statistischer und technischer Funktionen aller gängigen wissenschaftlichen und technischen Anwendungen. Als dialogorientiertes Programmsystem ist es optimiert für numerisches Rechnen und der Analyse und Visualisierung von Daten. Zusammen mit dem Zusatz „Simulink“ zur Simulation dynamischer Systeme und den ergänzenden „Toolboxen“ (separat erhältliche Matlab-Funktionen) für bestimmte Anwendungsgebiete, hat sich Matlab zu einem außerordentlich vielseitigen Werkzeug entwickelt, welches mittlerweile in den unterschiedlichsten Bereichen Anwendung findet. Daneben bietet Matlab eine ganze Reihe von Möglichkeiten, Arbeiten zu dokumentieren, sowie Tools zur Erstellung eigener grafischer Benutzeroberflächen. Der Matlab-Code lässt sich dabei problemlos in andere Programmiersprachen und Anwendungen integrieren (C, Fortran, Microsoft Excel).

Simulink wird zur Modellierung, Simulation und Analyse von dynamischen Systemen, welche Regelungen, Signalverarbeitung, Kommunikation und andere komplexe Systeme beinhalten, verwendet. Die Software kann lineare und nicht-lineare Systeme lösen. Es können eigene Modelle geschrieben oder aber auf eine Reihe von vorgefertigten Modellen (Toolboxen) zugegriffen werden.

Quelle u. Weiterführende Infos: www.mathworks.de

12 INSEL

INSEL ist eine modulare Simulationsumgebung zum Verstehen, Planen, Überwachen und Visualisieren von Energiesystemen. Dazu stellt INSEL state-of-the-art Funktionen als Blöcke, zum Beispiel zur Simulation meteorologischer Daten, elektrischer und thermischer Energiekomponenten bereit, die zu einer konkreten Problemlösung verknüpft werden können.

Mit wenigen Mausklicks können aus vorhandenen Blöcken Simulationsmodelle im Graphikeditor HP VEE kreiert werden (Abb. 11). Die Simulation von Systemen wie z.B. netzgekoppelten PV Generatoren mit MPP Tracker und Wechselrichter wird damit quasi zur Zeichenaufgabe.

INSEL beinhaltet eine umfassende Datenbank für Photovoltaikmodule, Wechselrichter, thermische Kollektoren und meteorologische Parameter. Darüber hinaus bietet INSEL eine Schnittstelle zur Erweiterung der Blockbibliotheken an.

Die Software ist dabei mit einer nutzerfreundlichen Oberfläche ausgestattet. Die Blockdiagramme mit Detailinfos bleiben generell ausgeblendet - sind aber durch den Wechsel in die „Detail-Ansicht“ einfach zugänglich. Das Simulationsmodell ist damit auch für unerfahrene Nutzer anwendbar. Profis können durch den Eingriff in die Detail-Ansicht Modellverfeinerungen vornehmen und Detailergebnisse analysieren.

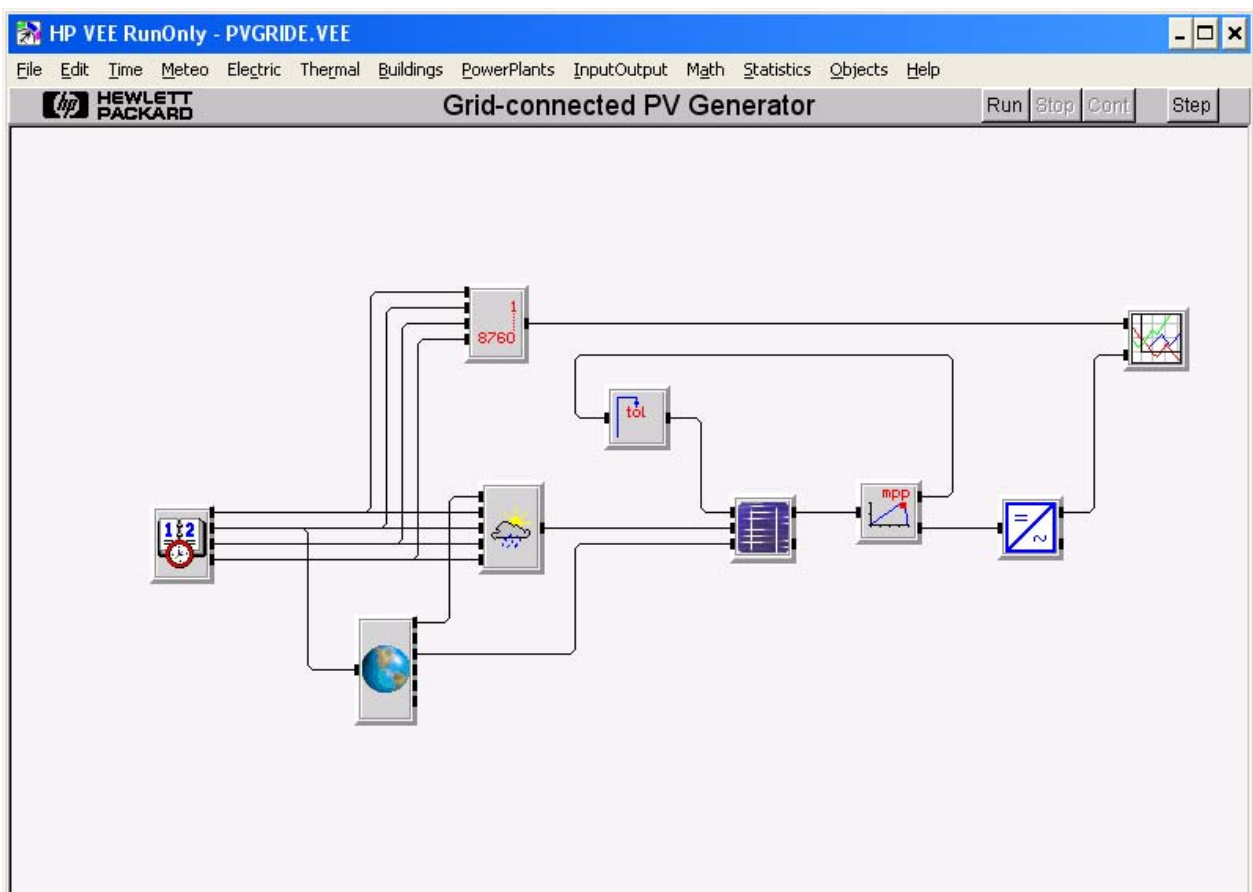


Abb. 11 - Inselmodell eines netzgekoppelten PV-Generators im Grafikeditor [INSEL]

Quelle u. weiterführende Infos: <http://www.insel.eu>

13 Literatur

Übersicht solarthermischer Planungstools:

<http://www.volker-quaschning.de/artikel/stsimulation/index.php>

Generelle Übersicht zu Simulationstools

http://eere.energy.gov/buildings/tools_directory/alpha_list.cfm
