

## 4 Benutzer-Handbuch

### 4.1 Vorbemerkungen

Das vorliegende Programm berechnet eine Anlage der solaren Klimatisierung, wie sie in Abschnitt 2 beschrieben wurde. Es erfolgt eine echte Simulation, alle Komponenten werden durch physikalische Modelle beschrieben. Die Ausgabe erfolgt sowohl textlich als auch grafisch.

Für detaillierte Betrachtungen können umfangreiche Ergebnisdateien erstellt werden. Die vorliegende Programm-Version ist für *Windows 9x* und *Windows NT* geeignet. Ungefähre Berechnungszeiten für eine Jahressimulation werden in Tabelle 10 gezeigt.

PROZESSOR	TAKTFREQUENZ	DAUER
486	100 MHz	25 min
Pentium	166 MHz	15 min
Pentium	266 MHz	5 min

Tabelle 10: Rechenzeiten verschiedener Prozessortypen für eine Jahressimulation

### 4.2 Installation

Die Diskette enthält eine *Zip*-Datei. Nach dem Entpacken - nutzen Sie dazu das Programm *WinZip* bzw. den *Norton Commander* - findet sich die in Tabelle 11 dargestellte Verzeichnisstruktur. Mitgeliefert werden neben dem eigentlichen Programm einige Wetter- und Projektdateien. Das Programm führt keine Installationsroutine durch und nimmt auch keinerlei Änderungen an der Konfiguration des PC durch. Durch Löschen aller Dateien und Verzeichnisse kann das Programm wieder spurlos beseitigt werden.

ADSOL/			
PROFILES/	RESULTS/	WETFILES/	adsol.exe
Projektdateien	Ergebnisdateien	Wetterdateien	Programmdatei

Tabelle 11: *AdSOL*-Verzeichnisstruktur

Das Programm kann durch Doppelklicken in einem Dateiverwaltungsprogramm (z.B. *Norton Commander* oder *Windows Explorer*) ausgeführt werden oder auch in die *Start*-Leiste aufgenommen werden. Klicken Sie dazu: *Start - Einstellungen - Taskleiste - Programme - Hinzufügen*.

## 4.3 Komponenten

### 4.3.1 Kollektorfeld

Das Kollektorfeld wird mit einem parabolischen k-Modell einschließlich Wärmekapazität abgebildet. Korrekturfaktoren für den Einstrahlungswinkel sind gegenwärtig noch nicht vorgesehen.

Das Modell ist für übliche Flach- und Röhrenkollektoren geeignet. Konzentrierende Systeme sind nicht berechenbar.

### Regelung Kollektorkreis

Die Regelung des Kollektorkreises geschieht über eine ideale Temperaturdifferenz-Regelung ohne Hysterese. Der Volumenstrom ist konstant.

### 4.3.2 Speicher

Hierbei handelt es sich um einen Schichtladespeicher, der mit vertikalen Schichtladerohren der Firma *SOLVIS* bestückt ist. Nähere Informationen zu diesem Speicher sind auf der Internet-Seite [www.solvis-solar.de](http://www.solvis-solar.de) zu finden. Die Schichtladung erfolgt sowohl für den Vorlauf des Kollektorfeldes als auch für den Rücklauf der Adsorptionskältemaschine. Berechnet werden zehn Schichten, wobei von einer idealen Schichtladung ausgegangen wird. Das Modell berücksichtigt unterschiedliche Dämmvarianten und Formfaktoren zylindrischer Speicher sowie den Schichtungsverlust durch Wärmeleitung und Konvektion im Speicher.

### 4.3.3 Adsorptionskältemaschine

Hierbei handelt es sich um die Adsorptionskältemaschinen vom Typ *NAK* des japanischen Herstellers *Nishiyodo*. Näherungsweise werden auch die Maschinen des Herstellers *Mycom* berechnet, wobei jedoch entgegen der Realität davon ausgegangen wird, daß Regelprinzip und Zyklusdauer identisch sind. Das Berechnungsmodell orientiert sich an der gekoppelten Wärme- und Stofftransportgleichung nach [1]. Es können die Vor- und Rücklauf-Schwelltemperaturen für die interne Maschinenregelung vorgegeben werden.

### Regelung der Kältemaschine

Es erfolgt eine Ein/Aus-Regelung mit Hysterese anhand der mittleren Temperatur im Gebäude. Weiterhin kann die Heiztemperatur der Maschine als lineare Funktion in Abhängigkeit der mittleren Gebäudetemperatur eingestellt werden. Hier ist selbstverständlich auch ein konstanter Wert vorgebar.

### Nachheizung

Wenn die oberste Speicherschicht kälter als die Heizsolltemperatur der Kältemaschine ist, wird der Heizvolumenstrom nachgeheizt. Die Nachheizung wird als idealer

Durchlauferhitzer mit starrer Leistungsbegrenzung, also ohne Temperaturabhängigkeit der Leistung berechnet. In der Praxis kann es sich hierbei um einen Kessel, ein BHKW, eine Fernwärme-Hausanschlußstation oder eine Brennstoffzelle handeln. Eine Nachkühlung des Kaltwassers durch eine Kompressionskältemaschine als Alternative zur Nachheizung des Heizwassers ist nicht vorgesehen.

#### 4.3.4 Kälteverbraucher

##### Kälteverteiler

Die "Kälteverteilung" wird als typischer Wärmeübertrager berechnet. Praktisch handelt es sich hierbei um Kühldecken oder um Luftkühler innerhalb einer Klimaanlage. Oberes Temperaturniveau (also das, an welches die Kälte "übergeben" wird) ist stets die mittlere Gebäudetemperatur, so daß Kühldecken recht gut, Luftkühler in Klimaanlage aber nur höchst ungenau berechnet werden.

##### Gebäude

Das Gebäude wird als idealer einzonaler Speicher berechnet. Es sind unterschiedliche Bauartschweren vorgebar. Die thermische Belastung erfolgt proportional entsprechend der Außentemperatur. Hierzu gibt man eine untere Grenztemperatur sowie einen weiteren Wert für Außentemperatur und Wärmebelastung ein. Für die Zukunft ist die Aufnahme strahlungs- und innenquellenbezogener Terme geplant.

## 4.4 Bedienung

### 4.4.1 Allgemeines

Mit dem Start des Programms erscheint die durch Register strukturierte Programmoberfläche. Die technischen Komponenten werden in vier Registerkarten definiert. Daneben gibt es vier weitere Registerkarten für allgemeine Sachverhalte. Die erste Karte zeigt das Schaltbild, das auch in Abbildung 1 gezeigt wird. Die Auswahl der einzelnen Komponenten geschieht durch Anklicken der Registerkarten bzw. mit der Tabulator-Taste.

### 4.4.2 E/A-Karte

Die zweite Registerkarte (vgl. Abbildung 12) dient dem Datei-Management (*E/A* steht dabei für *Ein-* und *Ausgabe*). Von hier werden Wetter- und Projektdateien geladen sowie das Verzeichnis für die Ausgabe der Ergebnisdateien festgelegt. Außerdem erfolgt von hier der Start der Simulation.

Mit den Buttons *Start* und *Ende* wird die Simulation gestartet bzw. das Programm beendet.

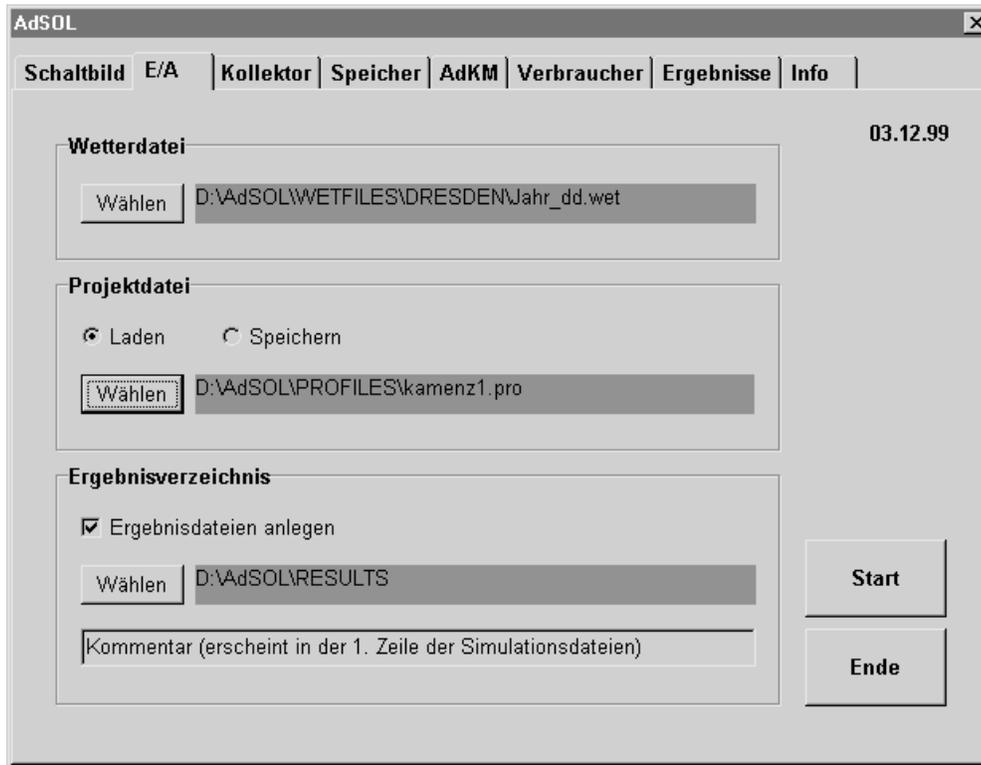


Abbildung 12: Ansicht der *E/A*-Karte

## Wetterdatei

Mit dem *Wählen*-Button öffnet man hier ein typisches *Windows*-Auswahlfeld, mit dem an beliebigen Stellen auf dem Rechner befindliche Wetterdateien ausgewählt werden können. Der Wertebereich dieser Wetterdatei definiert zugleich den zu simulierenden Zeitabschnitt. Mitgeliefert werden nur Dateien, die für Dresden im Jahre 1954 real gemessene Werte umfassen. Vorhanden sind eine Jahresdatei, mehrere Monatsdateien und eine Tagesdatei für den wärmsten Tag des Jahres (20. Juni). Man kann eigene Wetterdateien leicht anpassen. Die Datei ist als ASCII-Datei folgender Struktur abzuspeichern:

```
<Kommentarzeile>
S
<Spaltenbezeichnungen>
<Spaltenwerte>
.
.
<Spaltenwerte>
E
```

In Tabelle 12 ist beispielhaft ein Auszug aus einer Wetterdatei dargestellt. Die durch Tabulator getrennten Spalten beinhalten folgende Werte:

1. Stundenummer im Jahresverlauf (1 steht für 1. Januar, 0 Uhr)

2. Diffuse Strahlung auf eine Horizontale in  $W/m^2$
3. Gesamtstrahlung auf eine Horizontale (Globalstrahlung) in  $W/m^2$
4. Außentemperatur in  $^{\circ}C$
5. Monat
6. Tag
7. Uhrzeit

Dresden						
S						
Nr	Id	Iges	Temp	Monat	Tag	Stunde
3193	0	0	4.8	5	14	1
3194	0	0	3.8	5	14	2
3195	0	0	2.4	5	14	3
3196	23.1	46.1	2.6	5	14	4
.						
.						
E						

Tabelle 12: Auszug aus einer Wetterdatei

Die Spalten 5 bis 7 sind nicht zwingend erforderlich.

### Projektdatei

Hier können Projekte geladen oder gespeichert werden. Bei Betätigung des *Wählen*-Buttons öffnet sich ein typisches *Windows*-Auswahlfenster.

### Ergebnisverzeichnis

Standardmäßig werden nur die monatlichen Energiebilanzen sowie einige Kennziffern ausgegeben. Um auch die Temperaturverläufe zu erhalten, muß das Programm zur Ausgabe von Ergebnisdateien veranlaßt werden. Klicken Sie dazu die CheckBox *Ergebnisdateien anlegen*. Nach dem Klicken des *Wählen*-Buttons können Sie nun ein Verzeichnis angeben.

Erstellt wird eine Datei *speicher.sim*, in der die Temperaturen aller zehn Speicherschichten, die Kollektoraustritts- und die Gebäudetemperatur im Stundentakt enthalten sind. Weiterhin wird für jeden Monat eine Datei mit dem Zustand und den Ein- und Austrittstemperaturen der Kältemaschine sowie der unregulierten Temperatur des Heizwassers im 10-Sekunden-Takt erstellt. Eine Übersicht über die Ergebnisdateien finden Sie in Tabelle 8.

## Weitere Buttons

Der *Start*-Button veranlaßt die Ausführung der Simulation. Falls Eingaben außerhalb zulässiger Grenzen liegen, wird von der verursachenden Komponente eine Fehlermeldung ausgegeben und die Berechnung erfolgt mit den entsprechenden Grenzwerten. Die Ausgabe um welchen konkreten Wert es sich hierbei handelt, ist aus technischen Gründen gegenwärtig nicht möglich.

Der Programmablauf wird durch ein kleines Fenster mit Fortschrittsbalken angezeigt. Ein Programmabbruch ist nicht möglich.

Mit dem Button *Ende* wird das Programm beendet.

### 4.4.3 Kollektor-Karte

Diese Registerkarte definiert den Sonnenkollektor einschließlich seiner Aufstellbedingungen (vgl. Abbildung 13). Die voreingestellten geografischen Größen entsprechen hierbei der Lage Dresdens. *Neigung* und *Ausrichtung* werden in Abbildung 14 definiert. Dabei ist *Ausrichtung* ein Winkel in der Horizontalen und nicht zu verwechseln mit dem Einfallswinkel  $\eta$ . Das *Albedo* beschreibt das Rückstrahlungsvermögen der Umgebung. Der Einfluß ist relativ gering. Üblich sind Werte von 0.2 oder 0.3. Bei einer Hanglage an einem großen See ist mehr einzutragen, zum Beispiel 0.5.

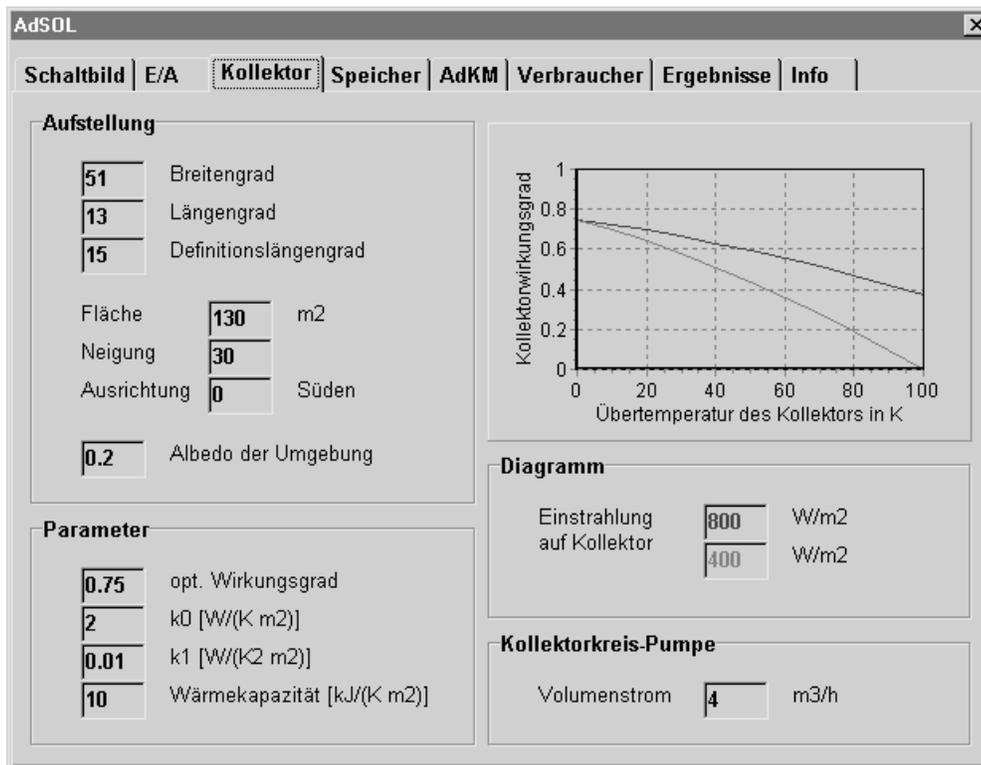


Abbildung 13: Ansicht der *Kollektor*-Karte

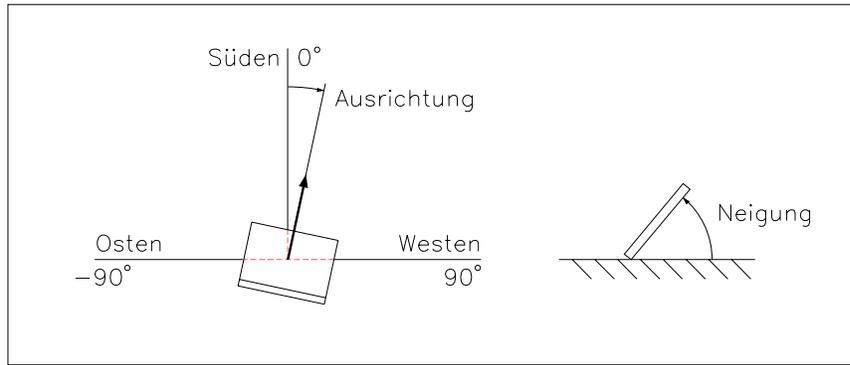


Abbildung 14: Zur Definition von *Neigung* und *Ausrichtung* des Solarkollektors

Die voreingestellten Kollektorkenndaten passen zu einem Flachkollektor mit einer transparenten Wärmedämmung aus Glas. Die genauen Werte sind Prüfberichten oder einer Marktübersicht zu entnehmen. Eine gute Quelle ist hierbei die Marktübersicht des Öko-Instituts Freiburg.

Das Diagramm dient nur zur Veranschaulichung der Kollektorkennwerte. Der Volumenstrom sollte so festgelegt werden, daß sich ein auf die Kollektorfläche bezogener mittlerer Volumenstrom von 15 bis 40  $l/(h m^2)$  ergibt. Wenn eine AdKM-Anlage ohne Solaranlage berechnet werden soll, ist beim Volumenstrom eine Null einzusetzen.

#### 4.4.4 *Speicher-Karte*

Die Registerkarte *Speicher* ermöglicht die Eingabe der Anfangstemperaturen des Speichers, die Definition seines Volumens, seines Innendurchmessers, seiner Isolierung und seiner Aufstellbedingungen (vgl. Abbildung 15). Zur Berücksichtigung von Wärmebrücken-Faktoren kann der Wärmeleitwert der Isolierung verdoppelt werden. Die Isolierung kann durch Eingabe einer sehr großen Isolierdicke auch idealisiert gerechnet werden.

#### 4.4.5 *AdKM-Karte*

Die Registerkarte *AdKM* ermöglicht die Definition aller die Adsorptionskältemaschine betreffenden Parameter (vgl. Abbildung 16).

Adsorptionskältemaschinen sind aufgrund ihrer niedrigen Desorptionstemperatur und des robusten Betriebsverhaltens sehr gut für die solare Klimatisierung geeignet. Eine präzise Beschreibung wäre für dieses Manual zu umfangreich. Es wird empfohlen, die Internet-Präsentation [www.adsorber.de](http://www.adsorber.de) zu studieren.

### Kaltwasserkreislauf

Hier sind der Kaltwasser-Volumenstrom und die Regelschwellwerte einzugeben. Der Kaltwasservolumenstrom ist aus einer Maschinenbeschreibung (z.B. [www.adsorber.de](http://www.adsorber.de) oder [www.GBUmbH.com](http://www.GBUmbH.com)) zu entnehmen. Wird die volle Leistung nicht benötigt,

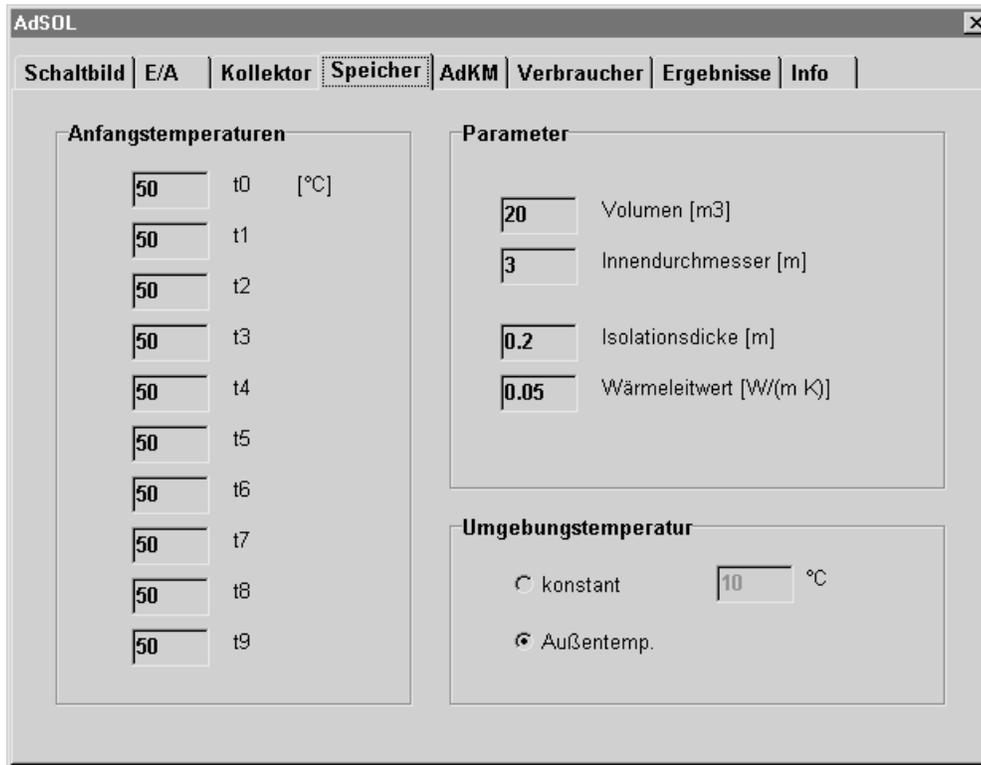


Abbildung 15: Ansicht der *Speicher*-Karte

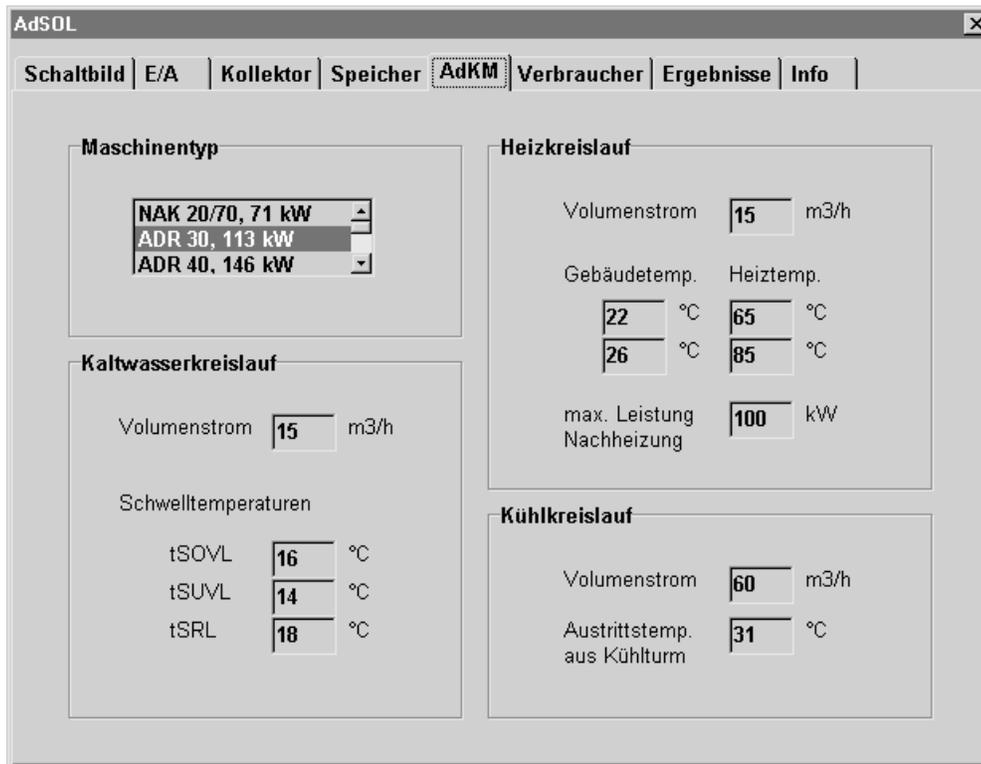


Abbildung 16: Ansicht der *AdKM*-Karte

kann auch ein etwas kleinerer Volumenstrom gewählt werden. Da die Maschine einfrieren kann, darf hier nur in geringem Maß gespart werden.

$tSOVL$  und  $tSUVL$  sind die Schwellwerte für die Maschinenregelung nach der Verdampfer-Austrittstemperatur  $tAbKalt$ . Unterschreitet der Kältevorlauf den Wert  $tSUVL$ , gehen Heiz- und Kühlvolumenstrom in den Bypass. Damit steigt die Temperatur des Kältevorlaufs wieder an und bei Überschreiten von  $tSOVL$  läuft die Maschine im nächsten Zyklus weiter. Dieses Regelprinzip ist sehr wirksam, führt aber zu einer Verschlechterung des Kälteverhältnisses.

$tSRL$  ist der Schwellwert für die Regelung nach der Verdampfer-Eintrittstemperatur  $tZuKalt$ . Liegt die Rücklaufftemperatur bei Zyklusumschaltung über diesem Wert, dauert der nächste Zyklus sieben Minuten (Kurzyklus), anderenfalls sind es 21 Minuten (Langzyklus). Diese Zyklusverlängerung führt zu einer Erhöhung des Kälteverhältnisses.

Die Ausführungen im Abschnitt 5.1 sollten zum besseren Verständnis der Temperaturschwellwerte dienen.

### Heizkreislauf

Hier sind der Heizvolumenstrom sowie die Regelgrößen der Heizseite einzugeben. Der maximal mögliche Heizvolumenstrom ist aus den Maschinenunterlagen zu entnehmen. Wenn die Nennleistung der Maschine nicht benötigt wird, kann der Heizvolumenstrom bis auf etwa ein Drittel reduziert werden. Dies ist nur als konstanter Wert einstellbar, in der Praxis wird man hier vielleicht mit variablen Volumenströmen arbeiten.

In den weiteren Feldern wird die Kennlinie der Heiztemperatur vorgegeben. Es handelt sich hierbei um eine lineare Funktion in Abhängigkeit von der mittleren Gebäudetemperatur. Empfehlenswert sind die Eingaben in Tabelle 13.

GEBÄUDETEMPERATUR	KÜHLDECKENANLAGE	LUFTKLIMAANLAGE
$22^{\circ}C$	$50^{\circ}C$	$65^{\circ}C$
$26^{\circ}C$	$70^{\circ}C$	$85^{\circ}C$

Tabelle 13: Zur Festlegung der Kennlinie der Heiztemperatur

Die Regelung der Heiztemperatur ist in Verbindung mit einem Kollektorfeld als Hauptheizquelle den maschineninternen Regelungsvarianten überlegen. Wenn dennoch eine konstante Heiztemperatur vorgegeben werden soll, können zwei gleiche Temperaturen eingegeben werden.

Wenn die Temperatur im Speicher höher ist als der aktuelle Sollwert für die Heiztemperatur, wird der Sollwert durch Beimischen von Rücklaufwasser eingestellt. Ist die Temperatur geringer, tritt die Nachheizung in Aktion. Für die Nachheizung kann

auch eine maximale Leistung eingestellt werden. Soll nicht nachgeheizt werden, kann man hier eine Null vorgeben.

Beim Kühlkreislauf sind Volumenstrom und Kühlturm-Austrittstemperatur definierbar. Der Volumenstrom sollte gegenüber dem Nennwert nicht um mehr als ein Viertel reduziert werden, da sich die interne Wärmerückgewinnung sonst verschlechtert und der Heizwärmebedarf damit ansteigt. Die Kühlwasser-Temperatur ist standardmäßig  $31^{\circ}\text{C}$ . Falls niedrigere Werte möglich sind, kann man parallel zur Vorlauftemperatur des Kühlwassers auch die des Heizwassers absenken.

#### 4.4.6 Verbraucher-Karte

Diese Registerkarte definiert die “Kälteverteilung“, das Gebäude und eine Regelgröße (vgl. Abbildung 17).

The screenshot shows the AdSOL software interface with the 'Verbraucher' tab selected. The interface is organized into several panels:

- Kälteübergabe:** spez. Kälteleistung  kW/K
- Regelung der Kältemaschine:** Gebäudetemp. EIN  °C, AUS  °C
- Totzeit:**  min
- Anfangsbedingung:** Gebäudetemp.  °C
- therm. Belastung:** min. Kälteleistung  kW bei  °C, Kälteleistung  kW bei  °C
- Bauweise des Gebäudes:**  sehr leicht,  leicht,  mittel,  schwer,  sehr schwer

Abbildung 17: Ansicht der *Verbraucher*-Karte

**Kälteübergabe** steht für die Wärmeabfuhr aus dem Gebäude. Diese geschieht mit Kühldecken und wird ähnlich wie bei einem Heizkörper berechnet. Aus den Katalogangaben zu den Kühldeckeneigenschaften sowie der Fläche kann die spezifische Kälteleistung der Kühldecke berechnet werden. Falls die Kühldeckeneigenschaften noch nicht bekannt sind, ist der Wert für die spezifische Kälteleistung so festzulegen, daß die mittlere Temperaturdifferenz (Quotient von Kälteleistung und spezifischer Kälteleistung) bei 5 bis 10 K liegt.

Näherungsweise ist damit auch ein Luftkühler berechenbar. Hier ist die mittlere Temperaturdifferenz auf 10 bis 18  $K$  auszulegen. Weitere Effekte, wie Feuchteausfall werden nicht berücksichtigt.

**Regelung der Kältemaschine** meint hier die externe Ein- und Ausschaltung der Kältemaschine. Es handelt sich um eine Zweipunktregelung mit Hysterese anhand der mittleren Gebäudetemperatur. Es wird empfohlen, die Vorgaben zu übernehmen.

Die **Totzeit** ist ein für AdKM äußerst wichtiger Effekt des Kältenetzes. Die Kältemaschine verursacht eine charakteristische Schwingung des Kältevorlaufs. Diese findet sich auch im Rücklauf wieder und beeinflusst erneut den Vorlauf und damit das Betriebsverhalten der Kälteanlage. Die Schwingung des Rücklaufs ist gegenüber der des Vorlaufs gedämpft und verschoben. Die Verschiebung kann zwischen wenigen bis zu 20 Minuten liegen und wird als *Totzeit* bezeichnet. Sie entspricht ungefähr der Wegdauer eines Wassermoleküls für einen kompletten Umlauf im Kaltwassernetz. Voreinstellung ist Null, also keine Totzeit.

Mit der **thermischen Belastung** wird der Leistungsbedarf des Gebäudes definiert. Es handelt sich um eine proportionale Abhängigkeit von der Außentemperatur. Es gibt einen Minimalwert, bei dem der Wärmeeintrag beginnt und einen weiteren Wert, der den Anstieg der Geraden bestimmt. Die thermische Belastung ist hierbei der Wärmeeintrag in das Gebäude durch Wärmeleitung, Strahlung und innere Quellen.

Die Gebäudedämmung wird über die **Bauweise des Gebäudes** festgelegt. Die fünf möglichen Typen werden in Tabelle 14 aufgeführt.

TYP	BEISPIEL
<b>Sehr leicht</b>	Baracke
<b>Leicht</b>	Holztafel-Verbundbauweise oder Massivbau mit thermisch entkoppelter Wandverkleidung und Trockenausbauiinnenwänden
<b>Mittel</b>	Massivbau aus 36 <i>cm</i> dickem <i>Poroton</i>
<b>Schwer</b>	Massivbau aus Normalbeton
<b>Sehr schwer</b>	Burgen, Schlösser, Kirchen etc.

Tabelle 14: Gebäudetypen

#### 4.4.7 *Ergebnisse*

Die Registerkarte *Ergebnisse* beinhaltet eine Kurzübersicht über die Ergebnisse der Simulation (vgl. Abbildung 18). Dargestellt sind die Energiebilanzen jeweils wahl-

weise als Tabelle oder als eine von drei Diagrammvarianten. Die Tabelle kann in einer mit Tabulator getrennten Text-Datei gespeichert werden, die Diagramme sind als *Windows-Metafiles* speicherbar.

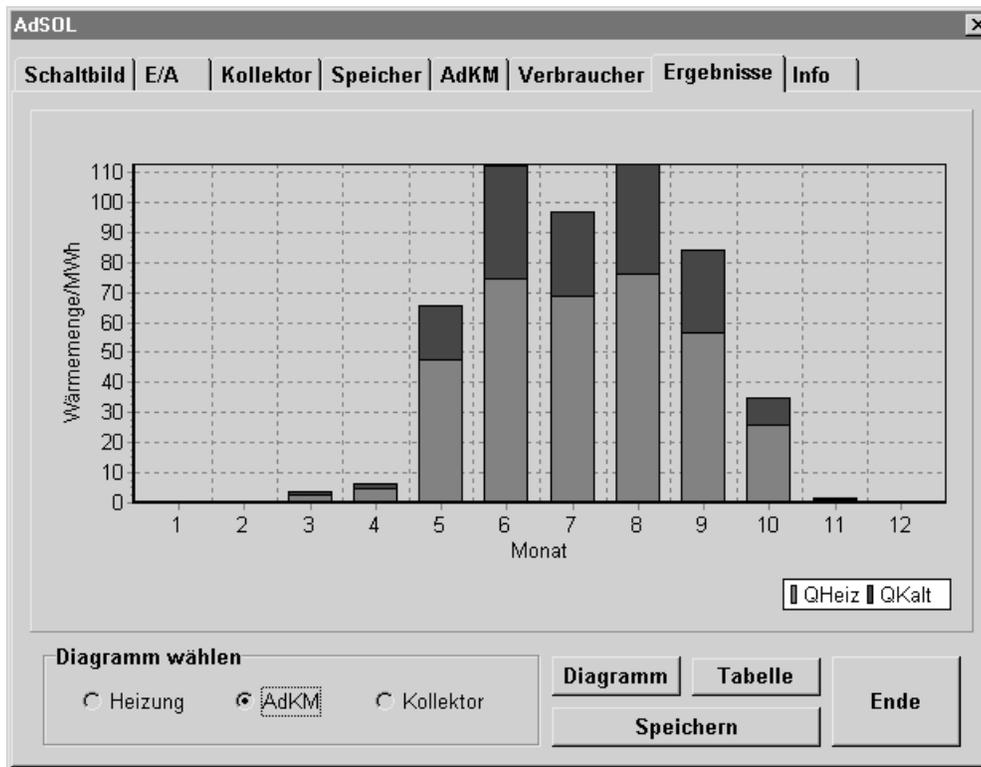


Abbildung 18: Ansicht der Karte *Ergebnisse*

Die Darstellung ist leider nur monats-, also nicht tage- oder stundenweise möglich. Solche Darstellungen kann jeder Nutzer selber unter Verwendung der Ausgabedateien und eines Tabellenkalkulationsprogramms erstellen.

#### 4.4.8 Info

Die letzte Registerkarte beinhaltet Angaben zu Versionsnummer, Gültigkeit und Update des Programms.

Bitte beachten Sie, daß gegenwärtig nur beta-Versionen verfügbar sind. Diese werden personenbezogen erstellt, sind begrenzt gültig und dürfen nicht weitergegeben werden. Die Testergebnisse sind vertraulich zu behandeln und der TU Dresden mitzuteilen. Dem Kreis der beta-Tester kann sich jeder anschließen. Es ist lediglich eine Anmeldung über die mail-Routine von [www.malteser-krankenhaus-kamenz.de](mailto:www.malteser-krankenhaus-kamenz.de) erforderlich.