

HAWK – HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFT UND KUNST

Handbücher
der
EDV-Programme
in der
Bauphysik

TRNSYS16

SS2006

von

Jenny Glaubitz
Jan Schneider

Inhaltsverzeichnis

1	Thermisch-energetische Gebäudesimulation	5
1.1	Allgemein	5
1.2	Simulationsprogramm TRNSYS	6
2	Allgemeine Grundlagen.....	7
2.1	Normen	7
2.2	TRNSYS-Handbuch.....	7
2.3	Sonstiges	8
3	Grundlagen zum Programm.....	9
3.1	Rechenalgorithmen.....	9
3.2	Randbedingungen nach DIN 13792.....	11
3.2.1	Äußere Bauteile	11
3.2.2	Innere Bauteile	11
3.2.3	Spezielle Bauteile	12
3.2.3.1	Decken unter nicht ausgebautem Dachgeschoss.....	12
3.2.3.2	Bodenplatte	12
3.2.3.3	Keller	12
3.2.3.4	Kriechkeller.....	12
3.2.3.5	Lüftung	12
3.3	Möglichkeiten	13
3.4	Grenzen	14
4	How to start	15
4.1	Öffnen des Programms.....	15
4.2	Allgemeine Informationen zum Start.....	16
4.2.1	Benötigte Erläuterungen zum Projekt	16
4.2.1.1	Allgemein.....	16
4.2.1.2	Objekt	16
4.2.1.3	Baustoffe	17
4.2.1.4	Klima	17
4.3	Menüstruktur	18
4.3.1	TRNSYS Simulation Studio	18
4.3.1.1	Menüleiste	19
4.3.1.2	Toolbox.....	20
4.3.1.3	Toolbar	23
4.3.1.4	Modulaufbau.....	24
4.3.1.5	Output Manager.....	25
4.3.1.6	List file	26
4.3.1.7	Unit dictionary.....	27
4.3.2	Wizard	29
4.3.3	TRNBuild	41
4.3.3.1	Menüleiste	42
4.3.3.2	Projektfenster	62
4.3.3.3	Übersichtsfenster.....	67

Inhaltsverzeichnis

5	Arbeiten mit dem TRNSYS Simulation Studio	72
5.1	Verknüpfungen	73
5.2	Module	75
5.2.1	Berechnung	75
5.2.1.1	Integration	75
5.2.1.2	Equation	75
5.2.1.3	Berechnungshilfe (FORTRAN)	77
5.2.2	Lesen und Schreiben von Daten	79
5.2.2.1	Wetterdaten lesen	79
5.2.2.2	Excel-Daten importieren und exportieren	80
5.2.2.3	Daten-Plotter	82
5.2.2.4	Graphische Ausgabe	82
5.2.3	Weitere	83
5.3	Plug-In	85
6	Eingabebeispiel	86
6.1	Projektbeschreibung	86
6.2	Zeichnungen	88
6.3	Eingabe	95
6.3.1	TRNSYS Simulation Studio	95
6.3.2	TRNBuild	97
6.3.3	Änderungen	110
6.3.3.1	Hinzufügen einer flexiblen innen liegenden Verschattung (Zone 1)	110
6.3.3.2	Hinzufügen einer flexiblen außen liegenden Verschattung (Zone 2)	111
6.3.3.3	Hinzufügen einer festen Verschattung (Zone 3+4)	112
6.3.3.4	Hinzufügen einer natürlichen Belüftung (Zone 1-2)	115
6.3.3.5	Hinzufügen einer mechanischen Lüftung (Zone 3-4)	120
6.3.3.6	Hinzufügen Fußbodenheizung	120
6.3.3.7	Hinzufügen Kühldecke (Zone 3)	121
6.3.3.8	Festlegen der Grenzbedingung für Zone 1	122
6.3.3.9	Festlegen der Grenzbedingung für Zone 3	122
6.3.3.10	Festlegen der Grenzbedingung für Zone 4	124
6.3.3.11	Festlegen der Grenzbedingung für Zone 6	126
7	Ergebnisse der Rechenläufe	127
8	Parameterstudie	135
8.1	Objekt	136
8.2	Verglasung	138
8.2.1	Einfachverglasung	139
8.2.2	Isolierverglasung	141
8.2.3	Wärmeschutzverglasung	143
8.2.4	Wärmeschutzverglasung 2	145
8.2.5	Sonnenschutzverglasung	147
8.2.6	Vergleich	149
8.2.6.1	Zone 1	149
8.2.6.2	Zone 2	151
8.2.6.3	Zone 3	153
8.2.6.4	Zone 4	155

Inhaltsverzeichnis

8.3	Verglasungsfläche	157
8.3.1	10% Verglasung	158
8.3.2	20% Verglasung	160
8.3.3	30% Verglasung	162
8.3.4	40% Verglasung	164
8.3.5	Vergleich.....	166
8.4	Verschattung.....	168
8.4.1	Variante 1	169
8.4.2	Variante 2	171
8.4.3	Variante 3	173
8.4.4	Variante 4	175
8.4.5	Variante 5	177
8.5	Azimutwinkel des Objektes	179
8.5.1	0 Grad.....	180
8.5.2	30 Grad.....	182
8.5.3	45 Grad.....	184
8.5.4	60 Grad.....	186
8.5.5	Vergleich.....	188
8.6	Wärmedurchlasskoeffizienten der Umschließungsflächen.....	189
8.6.1	Mit 10cm Dämmung (WLG040)	190
8.6.2	Mit 15cm Dämmung (WLG040)	192
8.6.3	Mit 20cm Dämmung (WLG040)	194
8.6.4	Ohne Dämmung	196
8.7	Spezifische Wärmespeicherkapazität der Fassade	198
8.7.1	1000 J/(kgK)	199
8.7.2	300 J/(kgK)	200
8.7.3	Vergleich.....	201
Anhang	202
Anhang A	– Vokabeln	203
Anhang B	– Bewertung der Thermische Behaglichkeit	205
Anhang C	– Interne Wärmegewinne	209
Anhang D	– Verschattung infolge von Nachbarbebauung	213
Anhang E	– Lüftverhalten von Gebäudenutzern	215
Anhang F	– 26°C-Grenze und ihre planerischen Auswirkungen	216

1 Thermisch-energetische Gebäudesimulation

1.1 Allgemein

Im Zuge von Änderungen verschiedenster Normungen und Verordnungen gewinnt die Bauphysik im Bereich des Neubaus und Sanierung immer weiter an Bedeutung.

Während der Konzeption ist es die Aufgabe des Planers die Einzelbereiche der Bauphysik (Wärme-, Feuchte-, Schall- und Brandschutzes) im Auge zu behalten, ihre Bezüge zu erkennen und diese richtig zu beurteilen.

Dabei beschäftigt sich die thermische Bauphysik mit Energie- und Stoffströmen die auf ein Gebäude einwirken. Diese thermischen und hygrischen Vorgänge verhalten sich zeitabhängig und können daher nur bedingt durch Handrechnung nachvollzogen werden.

Des Weiteren kann die Raumklimatisierung und technische Gebäudeausrüstung nicht mehr nur als technische Aufgabe gesehen werden. Durch veränderte Anforderungen an Gebäude, infolge der Verteuerung von Energien und Sensibilisierung der Nutzer, ist die Gebäudetechnik ein Teil eines Systems bestehend aus Nutzern, Gebäude, Technik und Planungswissen.

„In die Konzeption und Planung fließen viele Faktoren ein. Gestalterisch, funktionale und ökonomische Aspekte stehen in Wechselwirkung mit energetischen und raumklimatischen Faktoren. Je besser die Gebäudehülle, die Gebäudestruktur und die Speichermasse bei einem gegebenen Außenklima das gewünschte Innenklima gewährleisten können umso geringer sind der erforderliche Aufwand an Gebäudetechnik und der damit verbundene Energieverbrauch. Insofern liegen die größten Energieeinsparpotentiale schon in der Konzept und Entwurfphase, in der Architekt, Klimadesigner und Gebäudetechniker bereits eng zusammen arbeiten sollten, um ein ausgewogenes Gebäudekonzept zu erreichen.“ (Bauphysik Kalender 2004, Ernst & Sohn, D3 Climadesign)

Hierdurch ist es nötig neue Wege zur Einschätzung der Verhaltensweise von Gebäuden einzuschlagen. Eine Möglichkeit im Hinblick auf das wärme- und feuchtetechnische Verhalten von Gebäuden ist die dynamische Gebäude- und Bauteilsimulation.

„Die mathematische Modellierung instationärer Vorgänge erfolgt mit Differentialgleichungen, deren analytische Lösungen immer mit idealisierten Anfangs- und Randbedingungen verbunden sind. Die Ergebnisse analytischer Betrachtungen instationärer Wärmeübertragungsvorgänge sind zwar in der Regel geeignet um den physikalischen Sachverhalt hinreichend genau zu beschreiben, den modernen Planungsanforderungen sind diese zum Teil zeitaufwändigen Methoden indes oftmals nicht mehr gewachsen. Sensitivitätsanalysen, Variantenrechnungen, realitätsgetreue Nachbildung aller Einflussfaktoren, insbesondere der Außenklimakomponenten, und eine auch für den Laien verständliche grafische Präsentation der Berechnungsergebnisse sind mit analytischen Rechenverfahren wenn überhaupt nur begrenzt zu realisieren.“

Um das thermische Verhalten von Gebäuden rechnerisch nachzuvollziehen, werden heutzutage vermehrt numerische Lösungsmodelle verwendet, die im Zuge immer leistungsfähiger werdende Computertechnik auch auf dem PC-Sektor bereits weite Verbreitung gefunden haben. Für diese Art der bauphysikalischen Berechnungen hat sich der Begriff *thermisch-energetische Gebäudesimulation* durchgesetzt, wobei neben thermischen Vorgängen auch hygri-sche, fotometrische und in Ansätzen auch aerodynamische Vorgänge sowie beliebige Massestrombilanzen mit einbezogen werden können.“ (Vorlesungsskripte zur Bauphysik der Fachhochschule Hildesheim – Simulation, Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer)

1.2 Simulationsprogramm TRNSYS

TRNSYS (A Transient Simulation Program) ist ein an der Universität von Wisconsin-Madison (USA) entwickeltes Programm zur Systemsimulation.

Mit Hilfe der dynamischen Betriebssimulation ist es möglich, in der Wirklichkeit ablaufende Vorgänge entsprechend dem verwendeten mathematischen Algorithmus detailgetreu nachzuvollziehen.

Das Programm Paket TRNSYS besitzt verschiedene numerische Routinen zur Lösung partieller Differentialgleichungssysteme. Gerade in der Wärmetechnik sind häufig instationäre Transport- und Speichervorgänge anzutreffen, die sich nur anhand von Differentialgleichungen exakt darstellen lassen. Mit dem „Mathematikprogramm“ TRNSYS ist es möglich derartig verknüpfte Bilanzen zeitschrittweise aufzulösen und somit ein dynamisches Verhalten nachzuempfinden.

Während die ersten Version aus dem Jahre 1979 als typischen Anwendungsfall die Modellierung der Interaktion von aktiven, passiven und hybriden Solarsystemen vorsah, wurden im Laufe der vergangenen Zeit Module entwickelt, mit denen nahezu jedes wärmetechnisches Problem nachvollzogen werden kann (1994: Version 14.1). Die enorme Vielfalt der Anwendungsbereiche ist nicht zuletzt auf die große Verbreitung des Programms zurückzuführen. Weltweit gibt es derzeit über 500 TRNSYS-Anwender, davon 120 im deutschsprachigen Raum. Aufgrund vielfach durchgeführter Studien, in denen die Durchführbarkeit der Simulationen von komplexen Anlagensystemen nachgewiesen ist, werden weltweit weitere Entwicklungen und Erweiterungen zu TRNSYS vorangetrieben. TRNSYS wird deshalb heute als Quasistandard betrachtet, dem ein ähnlich langes Leben prognostiziert werden kann, wie der Programmiersprache FORTRAN (FORTRAN77), in welcher auch TRNSYS geschrieben ist.

Aufgrund der modularen Struktur und der damit verbundenen Transparenz des Programmsystems, bieten sich dem geübten Anwender ungeahnte Möglichkeiten Module abzuändern oder gar, sofern ein mathematischer Algorithmus vorliegt, neu zu erstellen, um somit dem realen Objekt möglichst genau zu entsprechen.

2 Allgemeine Grundlagen

2.1 Normen

DIN 4108 – Teil 2	Abs. 8.4 Thermischer Komfort im Sommer
DIN EN ISO 7730 –	Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bindungen für thermische Behaglichkeit (ISO 7730:2005)
DIN EN ISO 6946 –	Bauteile- Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren (ISO 6946:1996 + Amd 1:2003)
DIN EN ISO 10077-1 –	Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines (ISO/DIS 10077-1:2004)
DIN EN ISO 13791 –	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren (ISO 13791:2004)
DIN EN ISO 13792 –	Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung von Sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Vereinfachtes Berechnungsverfahren (ISO 13792:2005)
DIN EN ISO 13370 –	Wärmeübertragung über das Erdreich – Berechnungsverfahren (ISO 13370:1998)
VDI 6020 –	Anforderung an Rechenverfahren zur Gebäude und Anlagensimulation - Gebäudesimulation

2.2 TRNSYS-Handbuch

Kapitel 1 - Getting Started
Kapitel 2 - Simulation Studio
Kapitel 3 - Component Library Overview
Kapitel 4 - Input-Output-Parameter Reference
Kapitel 5 - Mathematical Reference
Kapitel 6 - Multizone Building
Kapitel 7 - TRNEdit
Kapitel 8 - Programmers Guide
Kapitel 9 - Weather Data

2.3 Sonstiges

- Vorlesungsskript zur Bauphysik Masterstudium – Thermisch-Energetische Gebäudesimulation von Prof. Dr. Ing. Hans-Peter Leimer (HAWK Hildesheim)
- Vorlesungsskript zur Bauphysik Masterstudium – Wärmeschutz von Prof. Dr. Ing. Hans-Peter Leimer (HAWK Hildesheim)
- Vorlesung Bauphysik – Klima, Wärme, Feuchte von Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Häupl (TU Dresden, Institut für Bauklimatik)
- FORTRAN-Programmiersprache z.B. Die FORTRAN-Fibel von Dr. Thomas Kühme und Dr. Peter Witschital, R.Oldenbourg Verlag München Wien
- www.leo.org - Deutsch-Englisches Wörterbuch

3 Grundlagen zum Programm

3.1 Rechenalgorithmen

Wie unter „1.2 Simulationsprogramm TRNSYS“ beschrieben ist TRNSYS ein modular aufgebautes offenes Programmsystem, mit dem physikalische Sachverhalte mit numerischen Methoden im zeitlichen Verlauf d.h. instationär gelöst werden können. Es lassen sich alle technische Vorgänge lösen, die sich durch zeitschrittweise numerische Auflösung von Partiellen Differentialgleichungssystemen beschreiben lassen.

$$C \frac{dy}{dt} + f(y,t) = 0$$

Genauere mathematische Verfahren zur Berechnung können „Kapitel 5- Mathematical Reference“ des TRNSYS-Handbuches und den Normen

DIN EN ISO 13791 – Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren (ISO 13791:2004)

DIN EN ISO 13792 – Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung von Sommerlichen Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik - Vereinfachtes Berechnungsverfahren (ISO 13792:2005)

entnommen werden.

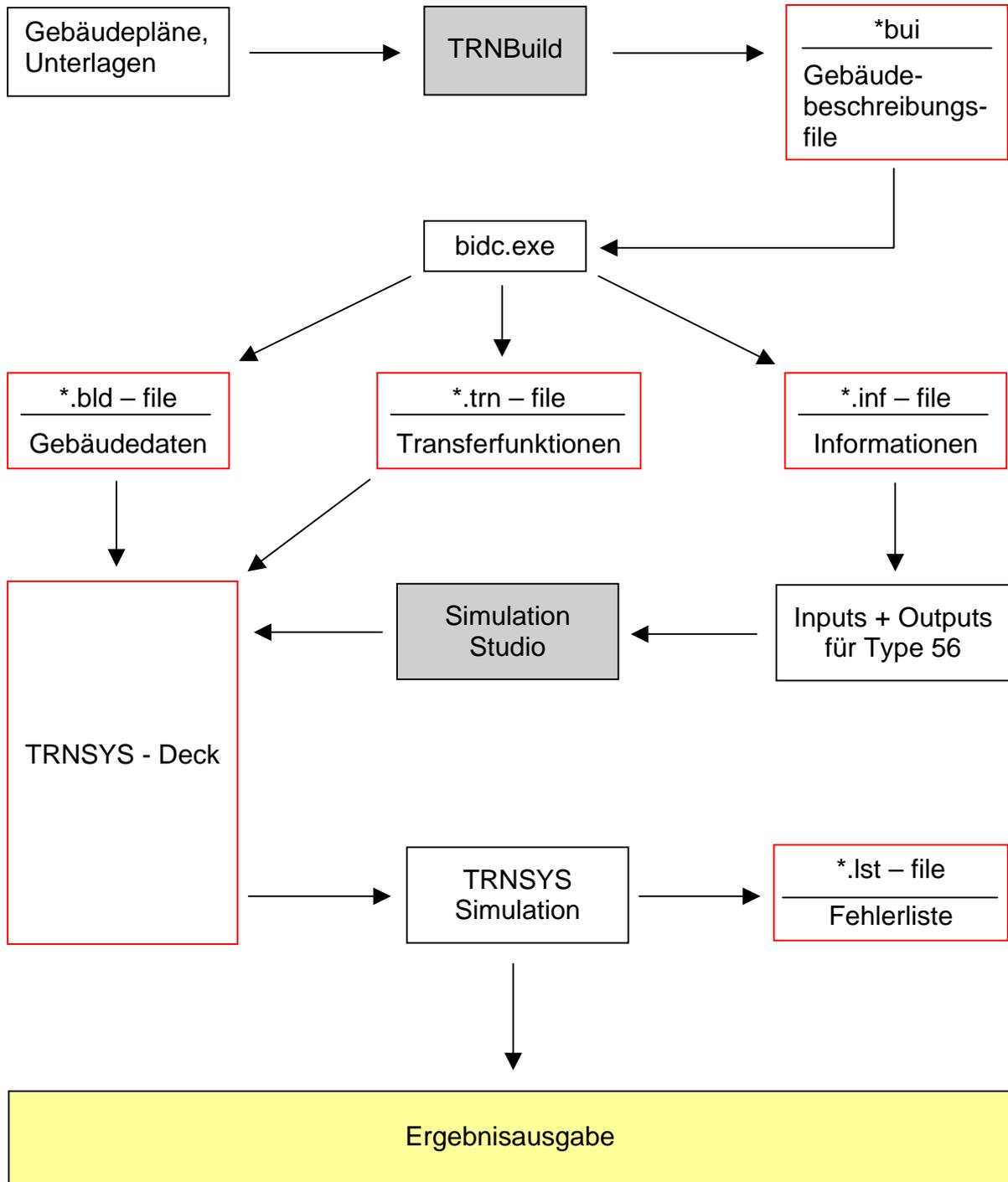
TRNSYS funktioniert durch eine Verkettung von verschiedensten Dateien:

- *.bui Gebäudebeschreibung
- *.inf Informationen
- *.bld Gebäudedaten
- *.trn Transferfunktionen
- *.lst List-File (Fehlerliste)
- *.dck Deck-File (Verknüpfung der einzelnen Dateien).

Das Deck-File stellt das Verbindungsstück zwischen den einzelnen Komponenten dar. Es verknüpft die Dateien mit einander, stellt Fehler fest und veranlasst die Simulation.

Waren in älteren Versionen enorme Programmkenntnisse von Nöten um einen Deck-File zu erstellen, so ermöglicht es das TRNSYS Simulation Studio (siehe Abs. 4.3.1) eine benutzer- und anfangerefreundliche Eingabe über ein graphisches Tableau oder über sog. Wizard-Funktionen (siehe Abs. 4.3.2).

Die Eingabe der Gebäudedaten erfolgt über das Programm TRNBuild (früher: PREBID). Diese Anwendung vereinfacht die Eingabe der Eckdaten eines Gebäudes und erstellt den bui-File.



3.2 Randbedingungen nach DIN 13792

3.2.1 Äußere Bauteile

Äußere Bauteile: Dazu gehören die Bauteile, die die Innen- und Außenumgebung von einander trennen, und andere Bereiche, wie nicht ausgebauten Dachgeschoss, Bodenplatte, Kriechkeller;

Durch die stündlichen Werte von:

- Bemessungs-Außenlufttemperatur
- Bemessungsgesamtstärke der Sonneneinstrahlung bei jeder Ausrichtung
- Temperatur der Luftraumstrahlung
- Lufttemperatur der angrenzenden Bereiche, die nicht unter den gleichen thermischen Bedingungen betrachtet werden können wie der Untersuchungsraum

sind die Randbedingungen für Äußere Bauteile festgelegt.

3.2.2 Innere Bauteile

Innere Bauteile: Dazu gehören vertikale und horizontale Bauteile, die die Innenräume von anderen Räumen trennen, bei denen von gleichen thermischen Bedingungen ausgegangen werden kann.

Bei inneren Bauteilen ist ein adiabates Verhalten angenommen. Die Werte der folgenden Größen sind an den Grenzflächen gleich:

- Die Lufttemperatur
- Die mittlere Strahlungstemperatur
- Die von der Oberfläche absorbierte Sonneneinstrahlung

3.2.3 Spezielle Bauteile

3.2.3.1 Decken unter nicht ausgebautem Dachgeschoss

Das System aus Decke, Luftraum und Dach wird als ein horizontales Bauteil mit eindimensionalem Wärmestrom betrachtet. Der Luftraum wird als Hohlraum betrachtet und nach DIN EN ISO 6946 behandelt.

3.2.3.2 Bodenplatte

Das System aus unterer Geschossdecke und Erdreich wird als ein horizontales Bauteil betrachtet. Der Wärmestrom durch das Bauteil ist die Summe aus monatlichem Mittelwert und variablem Anteil. Der monatliche Mittelwert wird berechnet durch Anwendung der mittleren Innen- und Außentemperatur und (als Konstante und gleichwertig zu monatlichem Mittelwert) des Wärmedurchgangskoeffizienten entsprechend DIN EN ISO 13370. Der variable Anteil wird durch die Annahme eines mittleren Temperaturunterschiedes von 0 berechnet. Die Tiefe des Erdreichs beträgt 0,5m.

3.2.3.3 Keller

Der Keller wird als angrenzender Raum mit unveränderter Temperatur definiert.

3.2.3.4 Kriechkeller

Der Kriechkeller wird als Bodenplatte nach DIN EN ISO 13370 behandelt.

3.2.3.5 Lüftung

Die Lüftungsmenge hängt von der Dichtheit der Umschließungsflächen und vom Öffnen von Tür und Fenster ab. Im Entwurfsstadium wird die Lüftungsmenge als Funktion:

- Der Lage des Gebäudes
- Der Art der Lüftung
- Der Anzahl von Fassaden mit Fenstern beschrieben.

Die Lage wird eingeteilt in:

- Bereich im Zentrum
- Bereich am Stadtrand
- Freie Fläche

Die Art der Lüftung wird auf die Kenngrößen des Zeitlichen Ablaufes des Öffnens und Schließens von Fenstern bezogen und darauf, ob sich Fenster an einer oder an mehreren Fassaden befinden.

3.3 Möglichkeiten

Die thermisch-energetische Gebäudesimulation bietet in Bezug auf eine bauphysikalische Betrachtung eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten.

Wir werden hier kurz auf die häufigsten Anwendungsfälle eingehen.

- Innenraumklima
 - Behaglichkeitsstudie
 - Risiko der inneren Überheizung im Sommerfall
 - Kritische Innenklimaverhältnisse
 - Innenklimaverhältnisse bei unzureichender Kühlleistung
 - Hygienische Behaglichkeit
- Sonnenschutz
 - Auswirkung von Sonnenschutzverglasung
 - Auswirkung von Sonnenschutzvorrichtungen
- Anlagentechnik
 - Überprüfung ob eine natürliche Belüftung ausreichend ist
 - Wahl der Belüftungsart (Luftwechselzahl)
 - Auslegung der Belüftung (Belüftungsöffnungen)
 - Überprüfung der Notwendigkeit von Klimatisierung
 - Vermeidung von Überdimensionierung
 - Dynamische Heiz- und Kühllastberechnung¹
- Objektoptimierung
 - Verringerung der Verglasungsflächen
 - Orientierung der Verglasungsflächen
 - Optimierung von Wärmespeichermassen
 - Temperaturschwankungen von Stahlprofilen zur Bestimmung der Temperaturexpansion
- Weitere
 - Überprüfung von Oberflächenkondensation

¹ Ersetzt nicht die Wärmebedarfberechnung nach DIN 4701 und die Kühllastberechnung nach VDI 2078

3.4 Grenzen

„Trotz der mathematischen Präzision der den Simulationsmodellen zugrunde liegenden Formeln, können auch thermisch-energetische Gebäudesimulationen (TEG) nur Näherungsergebnisse hervorbringen. Vor allem sind die Ergebnisse immer in Verbindung mit den vereinbarten Annahmen und Randbedingungen zu sehen. Die größte Unwägbarkeit stellt dabei wohl das Nutzerverhalten dar. Im Simulationsmodell kann das Nutzerverhalten, wenn auch zeitlich veränderlich, nur starr periodisch und oftmals willkürlich definiert werden. In der Realität passt sich das Nutzerverhalten nach den unterschiedlichsten Gesichtspunkten den Umweltbedingungen an. Auch aus diesem Grund sind nicht die einzelnen Zahlenwerte der Ergebnisse, sondern vielmehr die zu erkennenden Tendenzen und Größenordnungen unterschiedlicher Variantenrechnungen das eigentliche Ergebnis einer Gebäudesimulation.“ (Vorlesungsskripte zur Bauphysik der Fachhochschule Hildesheim – Simulation, Prof. Dr.-Ing. Hans-Peter Leimer)

Eine TEG kann unendlich weit verfeinert und detailliert werden, aufgrund der oben erwähnten Unwägbarkeiten durch z.B. die Gebäudenutzung sollte der Nutzer jedoch genauestens durchdenken welchen Sinn dies für die Beurteilung oder welche Auswirkungen dies auf die Ergebnisse hat. Aus diesen Gründen sollte sich der Anwender vor der Simulation eine genaue Zielsetzung definieren und in diese Richtung operieren. D.h. bei z.B. einer Beurteilung der Raumluftfeuchte auf ein genaueres Simulationsmodell zur Berechnung zurückgreifen welches beispielsweise auch die hygri-sche Adsorption berücksichtigt und andere Parameter vereinfachen.

Der Bauphysiker sollte bei einer TEG immer versuchen eine möglichst realitätsnahe Simulation zu erreichen und alle einwirkenden Faktoren berücksichtigen.

4 How to start

4.1 Öffnen des Programms

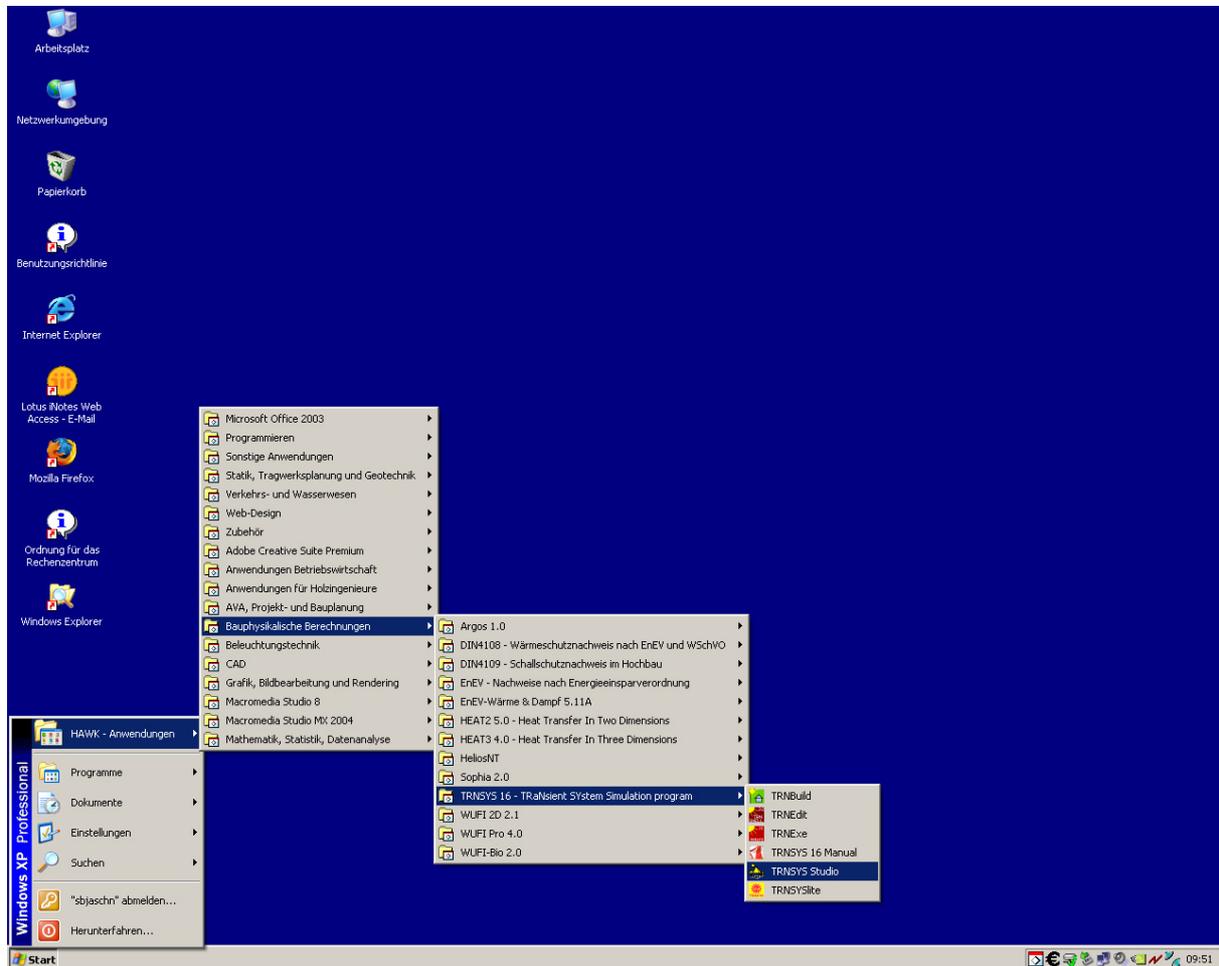


Abbildung 1 Startmenü

Nach der Novell-Verteilung ist das Programm über

- Start
- HAWK – Anwendungen
- Bauphysikalische Berechnungen
- TRNSYS 16 - TRaNsient SYstem Simulation program

zu erreichen. Durch einen Klick mit der linken Maustaste auf „TRNSYS Studio“ startet erneut die Novell-Verteilung und das Programm wird gestartet.

4.2 Allgemeine Informationen zum Start

Während der Arbeit mit TRNSYS ist zu beachten, dass alle Zahlenwerte mit Punkt eingegeben werden, da die Programmiersprache FORTRAN ein Komma als Operator nutzt.

4.2.1 Benötigte Erläuterungen zum Projekt

4.2.1.1 Allgemein

Dichte der Luft [kg/m ³] ²	= 1,204	kg/m ³
Spezifische Wärmespeicherkapazität der Luft ¹ [kJ/(KgK)]	= 1,012	kJ/(KgK)
Stefan-Bolzmann-Konstante ² [kJ/(hm ² K ⁴)]	= 2.041 · 10 ⁻⁷	kJ/(hm ² K ⁴)
Verdampfungswärme von Wasser ² [kJ/kg]	= 2454	kJ/kg
Ungefähre durchschnittliche Oberflächentemperatur [K] ³	= 293,16	k
Wärmeübergangswiderstände der Bauteile [kJ/(hm ² K)]		

4.2.1.2 Objekt

Folgende Informationen sind Zeichnungen und Baubeschreibung zu entnehmen:

- Abmessungen der einzelnen Zonen (Innenmaße) – Länge, Breite, Höhe, Volumen [m]
- Fensteranteile in der Fassade je nach Ausrichtung [%]
- Fenstergrößen – Breite, Höhe [m]
- Azimutwinkel des Objektes [°]
- Höhe über NN [m ü. NN]
- Undichtheiten in der Außenhülle [1/h]
- Nutzung des Objektes (Wohnen, Großraumbüro, Einzelbüro, etc.)
- Anzahl der sich aufhaltenden Personen in den einzelnen Zonen [Pers/m²]
- Aufbau der einzelnen Bauteile (Außenwand, Innenwand, Dach, etc.)
- U-Wert der Fenster Verglasung [kJ/(hm²K)]
- G-Wert der Fenster Verglasung [-]
- U-Wert der Fensterrahmen [kJ/(hm²K)]
- Fensterneigung [°]
- Dachneigung [°]

² Konstanter Wert

³ Etwa 20°C (projektabhängig)

4.2.1.3 Baustoffe

Aus entsprechenden Tabellenwerken (Schneider, Wendehorst, Bauphysik Kalender) können die Werte für:

- Dichte [kg/m^3]
- Wärmespeicherkapazität [$\text{kJ}/(\text{kgK})$]
- Wärmeleitkoeffizient [$\text{kJ}/(\text{hmK})$]

der einzelnen Baustoffe entnommen werden.

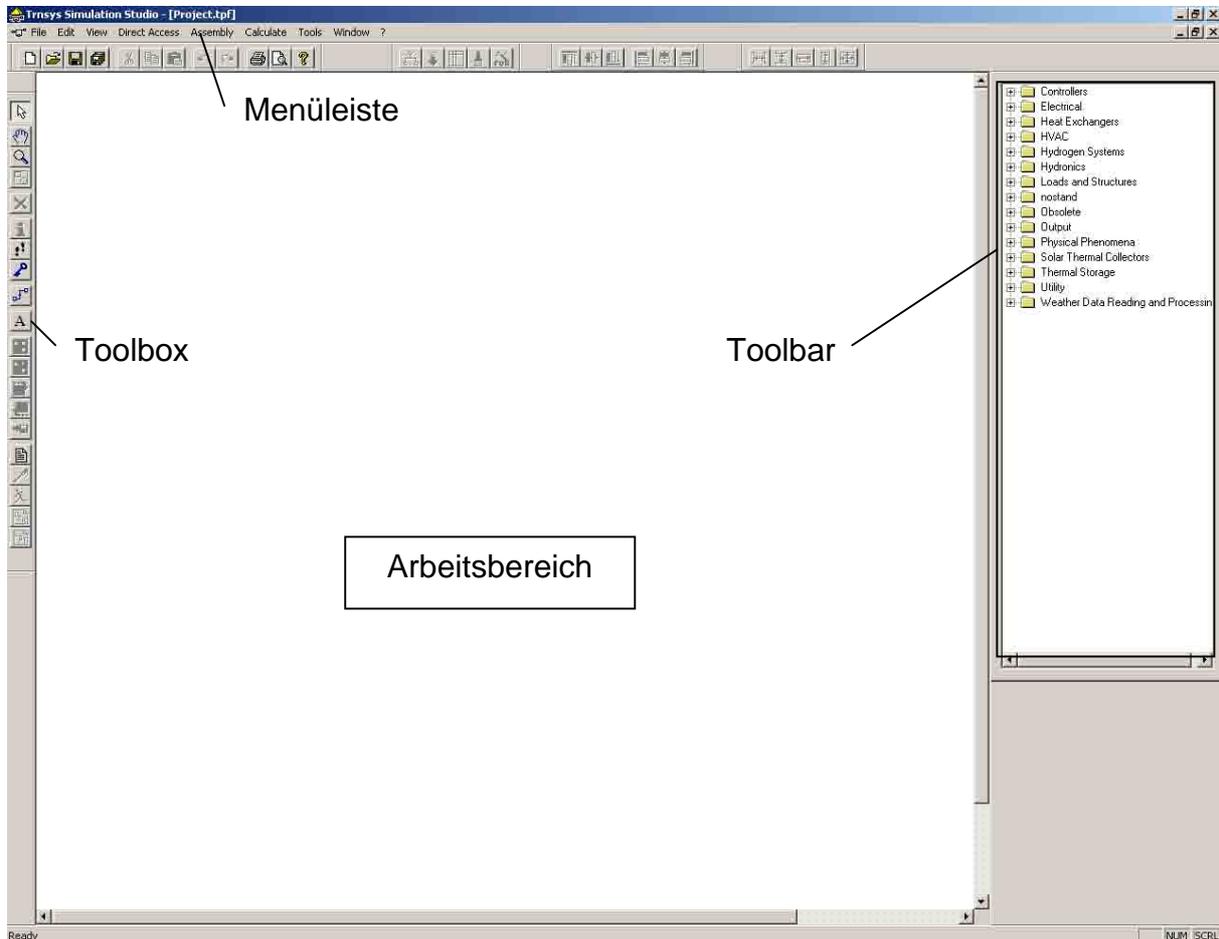
- Schichtdicke [m]
- Absorptionsgrade der Wand innen und außen (je nach Farbe) ³

4.2.1.4 Klima

Benötigt werden stündliche Mittelwerte von Globalstrahlung, direkte und diffuse Strahlung, Außentemperatur, Windgeschwindigkeit, absolute und relative Luftfeuchtigkeit. Diese erforderlichen Wetterdaten können einer Datei entnommen werden, die als sogenanntes Testreferenzjahr (TRY) beim deutschen Wetterdienst in Offenbach erworben werden können. Hierzu muss der Stand- oder Bauort des zu beplanenden Objektes bekannt sein.

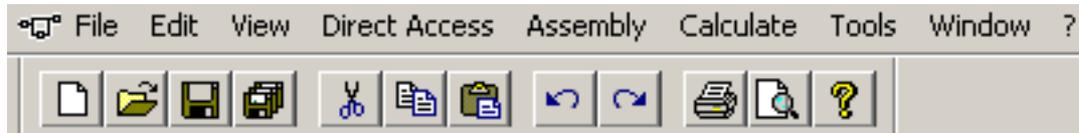
4.3 Menüstruktur

4.3.1 TRNSYS Simulation Studio



Das „TRNSYS Simulation Studio“ ist der Nachfolger des aus TRNSYS15 bekannten IISiBat. Hierbei ist es möglich über eine graphische Eingabe die dck-Datei zu erstellen ohne diese verlassen zu müssen. Das Studio bietet weiterhin die Möglichkeit einen so genannten Wizard (eng.: der Zauberer) für eine vereinfachte Eingabe zu nutzen. Es kann sogar, mit ausreichenden Programmierkenntnissen, ein neuer Wizard nach benutzerspezifischen Bedürfnissen geformt (programmiert) werden.

4.3.1.1 Menüleiste



- Direct Access
 - Refresh Tree
aktualisiert die Toolbar
 - Insert Model
fügt einzelne Type´s hinzu

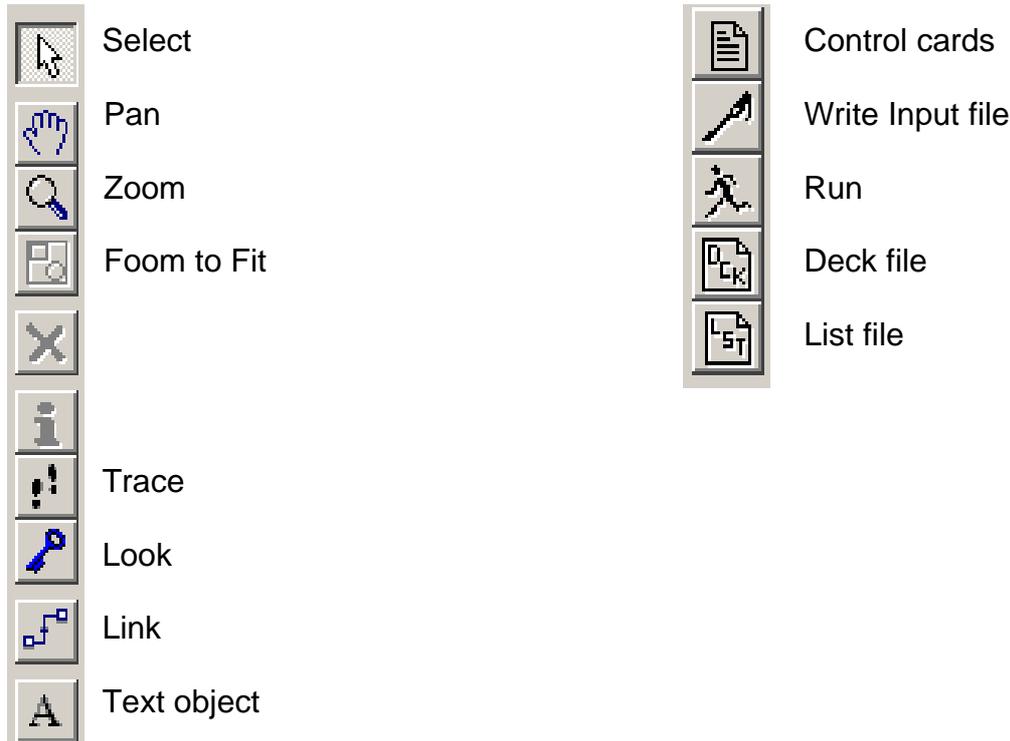
- Assembly
 - Insert new equation
einfügen einer Berechnung
 - Link mode
verbinden von Objekten
 - Add/Remove Trace
siehe Abs. "4.3.1.2 Toolbox"
 - Look/Unlook
siehe Abs. "4.3.1.2 Toolbox"
 - Output Manager
siehe Abs. „4.3.1.5 Output Manager“

 - Control Cards
siehe Abs. "4.3.1.2 Toolbox"
 - Diagram Image
hier kann ein Icon für das aktuelle Projekt ausgewählt werden

 - Add Text
siehe Abs. "4.3.1.2 Toolbox"
 - Long variable names
mehr Zeichen für die Namen in Makros zulassen

- Calculate
 - Create Input File
schreibt die dck-Datei
 - Run Simulation
Simulation wird gestartet
 - Open
 - Input File
Öffnen der dck-Datei
 - List File
Öffnen der Ist-Datei
 - External Files
Öffnen aller externen Dateien
möglich z.B. *.bui

4.3.1.2 Toolbox



Select

Dieses Tool kann man verwenden, wenn man etwas auswählen (Klick mit der linken Maustaste auf das Symbol) oder verschieben (Klicken mit der linken Maustaste auf eines der Symbole, und danach die linke Maustaste gedrückt halten und das Symbol zu seinem neuen Platz verschieben) möchte. Ausserdem gelangt man durch einen Doppelklick auf eines der Symbole oder eine Verknüpfungslinien, zu einem neuen Ansichtsfenster. Hier können die Verknüpfungen, Inputs, Outputs, Parameter usw. eingesehen und gegebenenfalls geändert werden.

Pan

Hiermit kann man, bei gedrückter linker Maustaste, die Bildschirmoberfläche verschieben und ist nicht nur auf waagerechte- bzw. vertikale Verschiebung angewiesen.

Zoom

Mit der Lupe kann man die Bildschirmfläche vergrößern bzw. verkleinern. Durch einmaliges Klicken mit der linken Maustaste auf die Fläche wird der Bereich etwas vergrößert. Man kann jedoch auch mit gedrückter linker Maustaste ein Zoomfenster aufziehen. Der markierte Bereich wird dann auf Bildschirmfläche vergrößert. Zum Verkleinern gilt das selbe wie eben genannt, nur das hierbei die rechte Maustaste verwendet wird.

- Zoom to Fit** Durch einmaliges Klicken auf dieses Symbol wird alles auf dem Bildschirm Dargestellte wieder so herangezoomt, dass die komplette Übersicht zu sehen ist.
Dieses Tool ist sehr sinnvoll bei großen Projekten, da man hier beim Zoomen schnell den Überblick verlieren kann und durch diesen Befehl schnell wieder zur Gesamtdarstellung gelangen kann.
- Trace** Markiert man einzelne Objekte mit dem Trace-Tool (trace, eng.: verfolgen) so wird jeder Zugriff (Parameter, Inputs, Outputs) auf diesen Type registriert und in der Ist-Datei notiert.
- Look** Durch die Aktivierung dieses Tools können die einzelnen Symbole auf dem Bildschirm vor Änderungen geschützt werden.
Hat man den Schlüssel-Tool angeklickt, kann man durch ein weiteres Klicken mit der linken Maustaste auf eines der Symbole dieses für die weitere Bearbeitung sperren.
Neben dem gesperrten Symbol erscheint dann ein kleines Zeichen eines Schlosses.
Man kann danach zwar noch, durch Doppelklicken mit dem „select“ Tool, die Inputs,...usw. einsehen, die Werte jedoch nicht mehr verändern.
- Link** Durch Aktivierung dieses Tools, durch einen Klick mit der linken Maustaste, können nachträgliche Verknüpfungen eingefügt werden.
Hierzu muss man zuerst den Curser auf das Symbol bewegen, von dem die Verknüpfung ausgehen soll.
Um das Symbol herum werden dann rote Markierungspunkte sichtbar. Durch einmaliges Klicken mit der linken Maustaste auf einen dieser roten Punkte ist der Anfangspunkt der neuen Verknüpfung gegeben.
Nun bewegt man den Curser zu dem Symbol mit dem die Verknüpfung erstellt werden soll. Durch ein erneutes Klicken auf einen der roten Markierungspunkte wird automatisch die Verknüpfung erstellt.
- Text object** Durch dieses Tool kann man in die Grafik ein Textfeld einfügen.
Nach der Aktivierung des Tools muss man auf der Bildschirmfläche einmal, durch einen Linksklick, den Einfügepunkt des Textfeldes angeben.
Es wird dann ein Feld geöffnet, in dem man durch einen Doppelklick mit der linken Maustaste einen beliebigen Text eingeben kann.
Durch einen weiteren Linksklick auf die Bildschirmoberfläche verlässt man das Textfeld wieder.
- Ein nachträgliches Verschieben des Feldes erfolgt durch gedrückt halten der linken Maustaste auf dem Textfeld. Man bewegt dieses

dann an den vorgesehenen Platz und lässt die Maustaste wieder los.

Control cards

Wird dieses Tool durch einen Klick mit der linken Maustaste aktiviert öffnet sich ein neues Ansichtsfenster.

Es gibt hier drei Unterpunkte:

„Control Cards“ Hier ist z.B. die Anfangs- und Endzeit der Simulation, sowie dessen Zeitschritte angegeben.

„Projekt“ Hier kann die Studio-Blattgröße eingestellt werden.

„Component Order“ Hier sind die verwendeten Typ's, wie Building, Weather data, Turn aufgelistet und ihren entsprechenden „Unit Numbers“ zugeordnet.

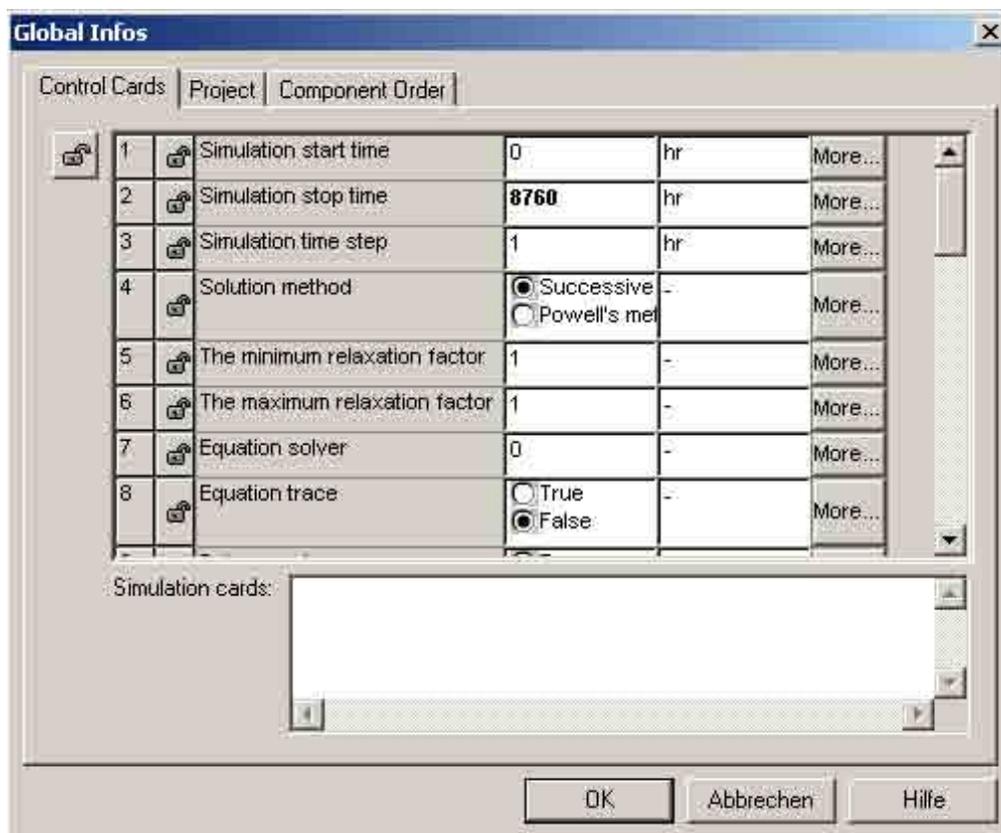


Abbildung 2 Control Cards

Write input file

Klickt man auf dieses Symbol, so wird die dck-Datei erstellt.

Run

Klickt man mit der linken Maustaste auf diesen Tool wird die Berechnung gestartet.

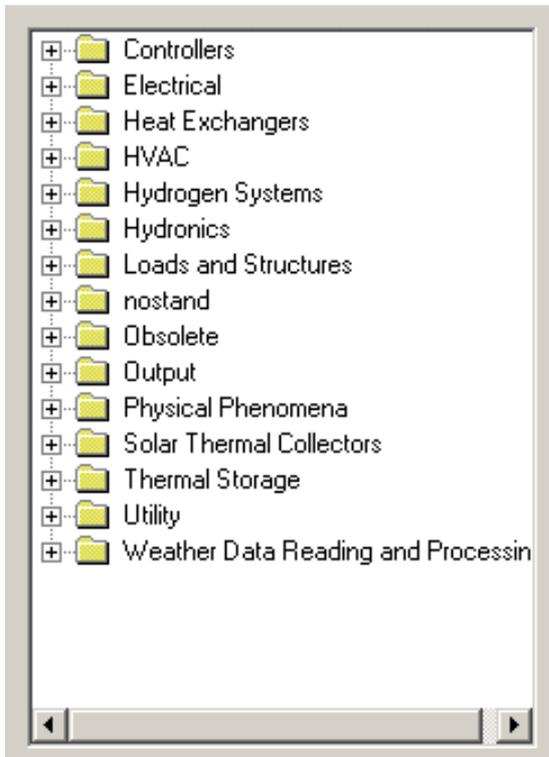
Sind bei der Eingabe Fehler aufgetreten wird man bereits hier darauf hingewiesen und kann die Berechnung erst nach deren Behebung neu starten.

Deck file

Öffnet die dck-Datei zur Ansicht und Bearbeitung

List file Öffnet die Isf-Datei zur Ansicht (siehe 4.3.1.6)

4.3.1.3 Toolbar



Mit Hilfe der Toolbar ist es schnell und einfach möglich per „Drag and Drop“ einzelne Objekte hinzuzufügen. Es werden stets alle verfügbaren Module angezeigt. Sollte man während einer Sitzung in „TRNSYS Simulation Studio“ einen Type neu erstellt bzw. hinzugefügt haben muss über „Refresh Tree“ in der Menüleiste die Toolbar aktualisiert werden (siehe „4.3.1.1 Menüleiste“)

4.3.1.4 Modulaufbau

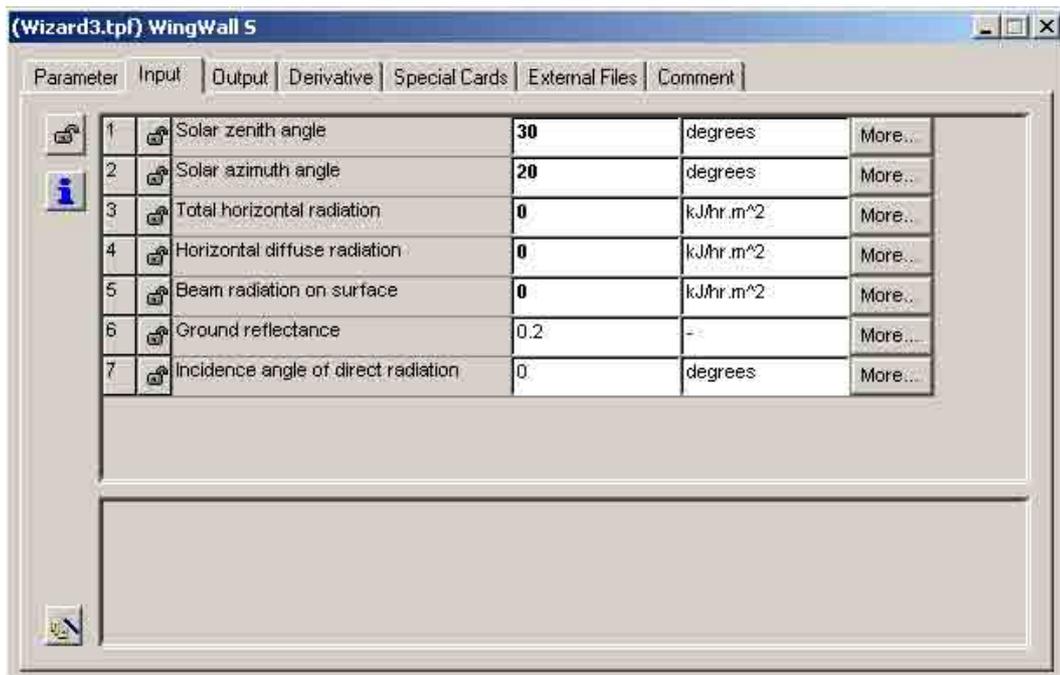


Abbildung 3 Modulaufbau

Die Informationen zu jedem Type können, durch einen Doppelklick auf dieses (im TRNSYS Simulation Studio) eingesehen werden. Jede Komponente ist hierbei identisch aufgebaut und wird über drei Arten von Informationen beschrieben:

- **Parameter:** Hierbei handelt es sich um fixe Größen (Ein Lüfter wird z.B. durch die Parameter max. Luftvolumenstrom, max. Leistung usw. beschrieben).
- **Input:** Die Inputs beschreiben veränderbare Größen. Sie sind abhängig von dem Verhalten anderer Komponenten, die mit diesem Modul verbunden sind (Inputs, die von anderen Komponenten bezogen werden sind dann z.B. die Temperatur der ein-strömenden Luft).
- **Output:** Das Verhalten der Komponente wird über die Outputs beschrieben. Hier wird festgelegt was die Komponente „ausgeben“ kann, was dann wiederum für ein anderes Modul als Input verwendet wird (Als Output könnte hier z.B. die Temperatur der ausströmenden Luft oder der Leistungsbedarf des Lüfters ausgegeben werden).

Des Weiteren kann zwischen weiteren Funktionen gewählt werden:

- **Derivative** (Benötigt wenn man zeitunabhängige Gleichungssysteme hat)
- **Special Cards** (benötigt z.B. beim Drucker um die Anzahl der zu druckenden Outputs festzulegen)
- **External Files** (Man kann hier externe Daten einfügen, die in die Outputs aufgenommen werden, z.B. bui- Dateien)
- **Comment** (Es können hier Kommentare zu dem Modul eingegeben werden)

4.3.1.5 Output Manager

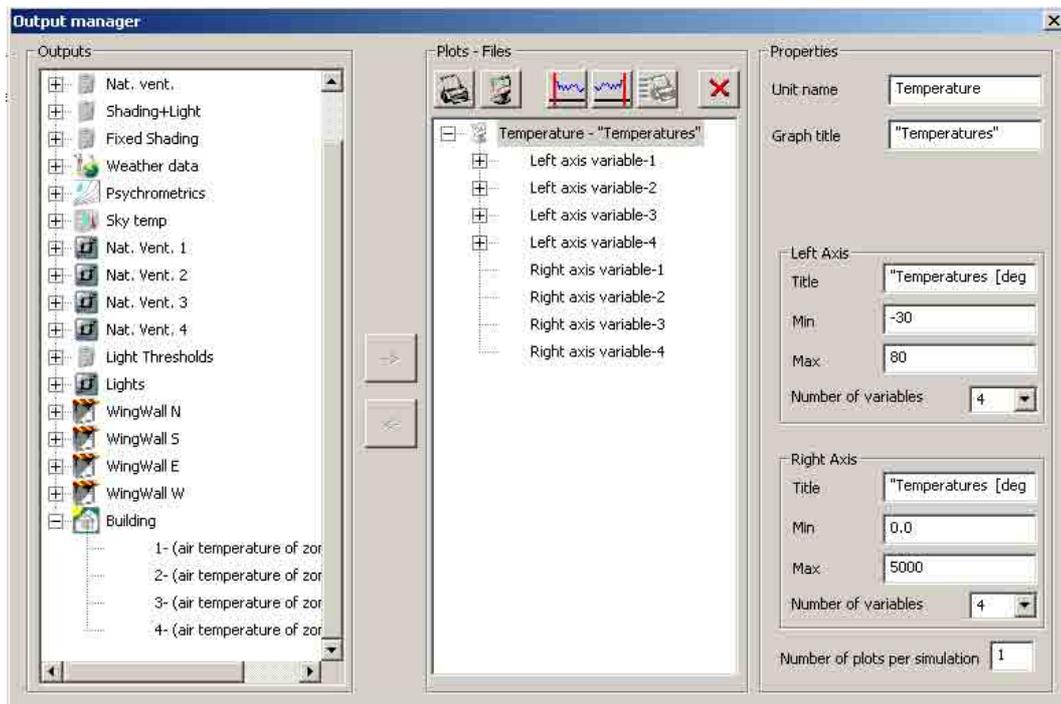


Abbildung 4 Output Manager

Der „Output manager“ ermöglicht es allen Outputs einem Drucker zuzuordnen.

Im „Output Manager“ können im linken Übersichtsfenster alle im TRNSYS- Simulation-Studio verwendeten Komponenten eingesehen werden.

Jeder Output eines Type´s wird darunter aufgelistet.

Im mittleren Bereich können Drucker oder Plotter mit den ersten beiden Symbolen hinzugefügt werden. Klickt man diesen an, muss man als nächstes einen Input bestimmen, der gedruckt werden soll. Diesen Input erhält man (aus den linken Fenster), wenn man einen Output markiert hat und diesen durch die Pfeiltaste hin-zufügt.

Hat man bereits vorher Drucker definiert, werden diese hier ebenfalls aufgelistet.

Im rechten Bereich kann man dann noch Kennwerte für die linke/rechte Achse einstellen (Bezeichnung, Minimum, Maximum).

4.3.1.6 List file

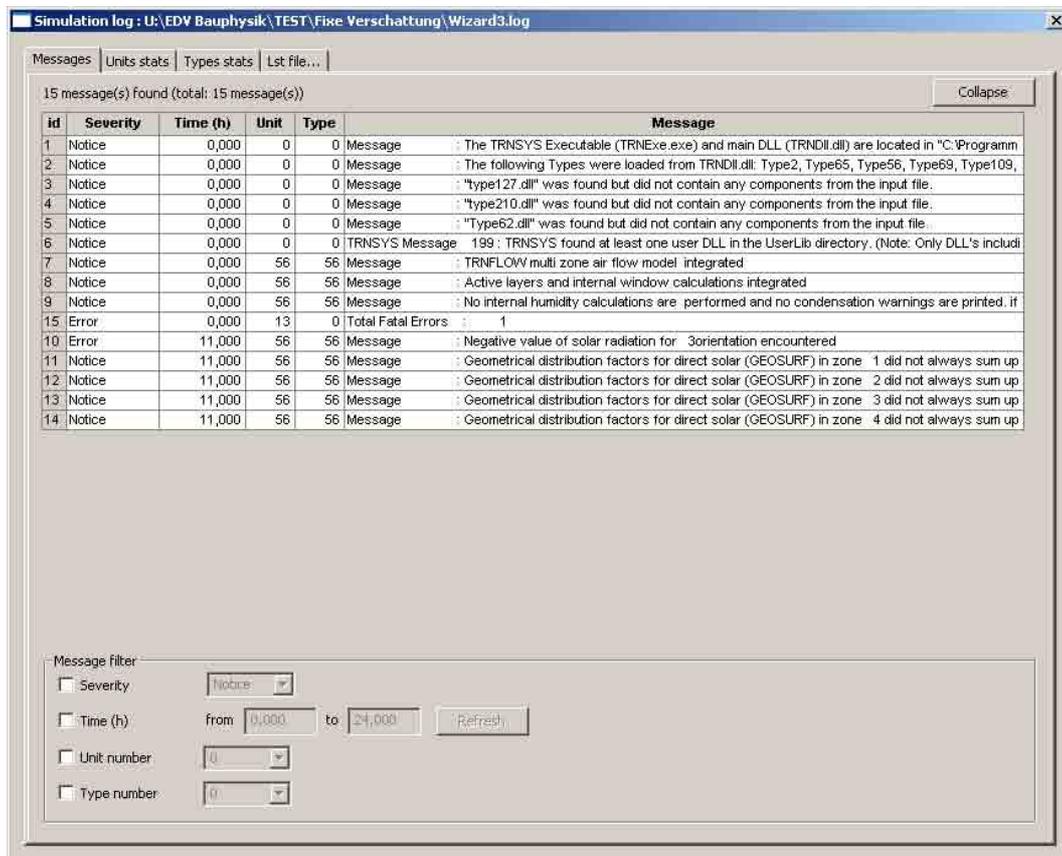


Abbildung 5 List file

Stellt das Programm bei einem Rechenlauf einen Fehler fest, und kann somit diesen nicht durchführen, kann man sich die Fehlermeldung in der „List file“ näher ansehen. Der Fehler wird dort durch „Error“ angezeigt. In der rechten Zeile „Message“ kann man eine Fehlerbeschreibung einsehen.

Die Zeile „Type“ gibt auch gleich an in welchem Bereich man den Fehler suchen muss.

Unter „Units stats“ und „Types stats“ wird die benötigte Zeit der Berechnung aufgeführt. Unter „Lst file“ wird die gleichnamige Datei geöffnet.

4.3.1.7 Unit dictionary

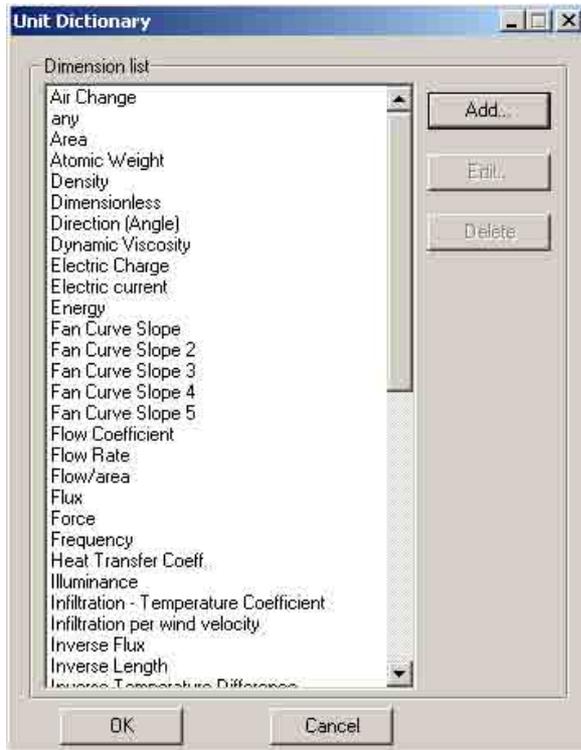


Abbildung 6 Unit Dictionary

Hier sind alle bereits vorhandenen Einheiten aufgelistet.

Unter „Add“ kann der Benutzer weitere Werte eingeben und definieren.

Durch einen Doppelklick auf einen dieser Werte gelangt man zu dessen näherer Beschreibung (s. Abbildung 6 Unit Dictionary).

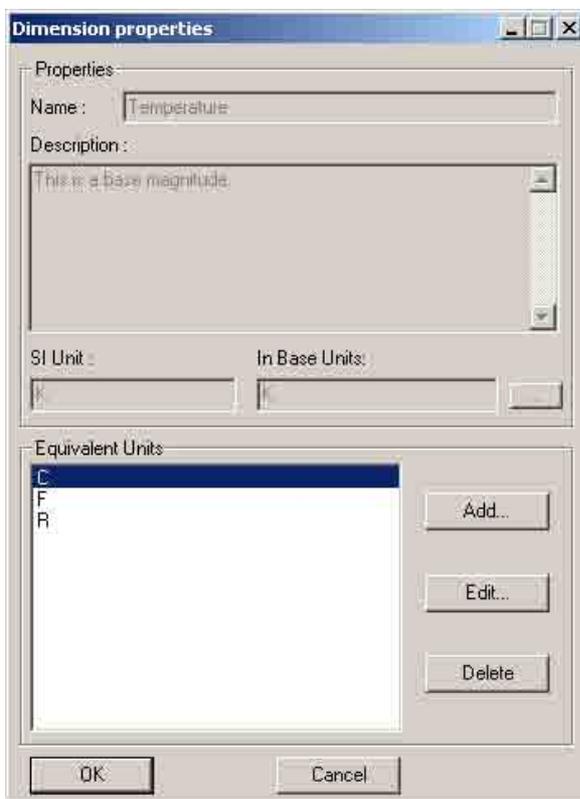


Abbildung 7 Dimension Properties

In diesem Fenster erhält man einige Informationen über den ausgewählten Wert.

Man hat hier die Möglichkeit die „Base Unit“ (Grundeinheit), „SI Unit“ (Symbol für die Einheit) und die „Equivalent Unit“ (gleichwertige Einheiten) festzulegen.

Durch einen Doppelklick auf eine der Einheiten gelangt man zum nächsten Fenster (s. Abbildung 8 Unit).

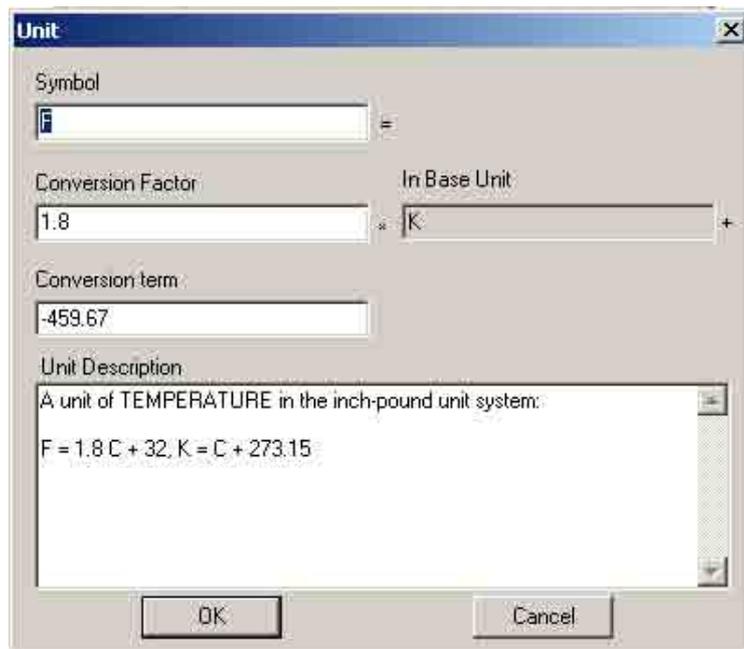


Abbildung 8 Unit

Man kann hier ein Symbol für den Wert festlegen, Umrechnungsfaktoren (Conversion Factor) und eine Beschreibung (Unit Description) eingeben.

4.3.2 Wizard

Durch Klicken auf  öffnet sich im Simulation Studio der Wizard.

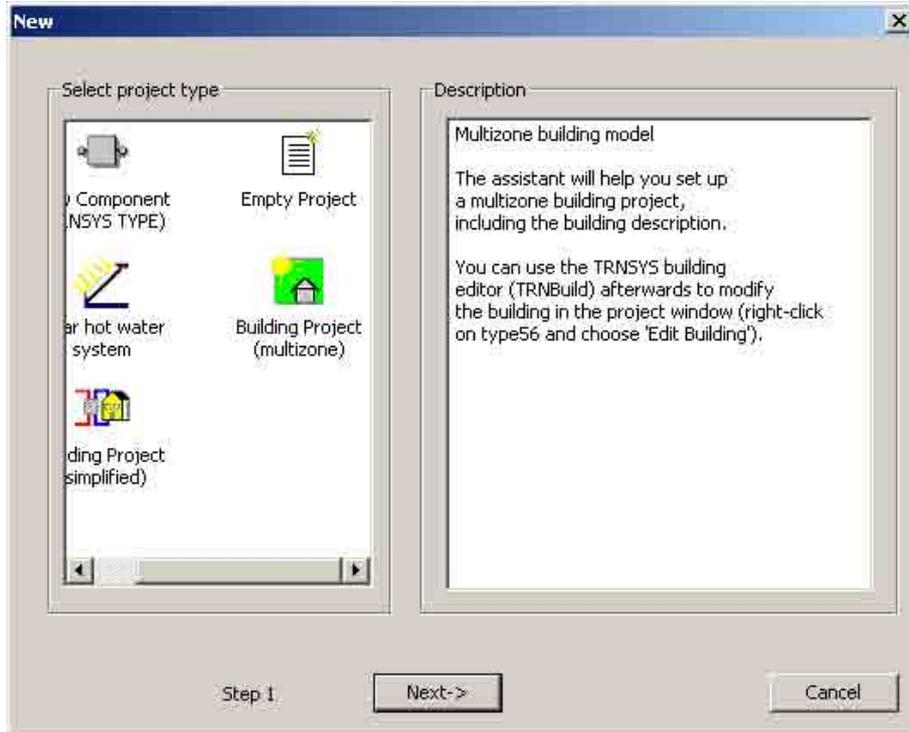


Abbildung 9 Startfenster

Im linken Bereich stehen verschiedenen Berechnungsmodelle zur Auswahl:

- New Component (TRNSYS TYPE)
- Empty Project
- Solar hot water system
- Building Project (multizone)
- Building Project (simplified).

Wird ein Objekt markiert, so wird im rechten Fensterabschnitt eine kurze Erläuterung zu dem entsprechenden Model angezeigt. Über den „Next“-Button wird man nun durch die einzelnen Eingaben des Wizard geleitet.

Im Zuge dieser Hausarbeit werden wir ausschließlich auf das Multizonenmodel eingehen.

Der Wizard dient ausschließlich als Hilfe bei der Erstellung der dck-Datei, jede Eingabe kann zu einem späteren Zeitpunkt geändert oder gar rückgängig gemacht werden.

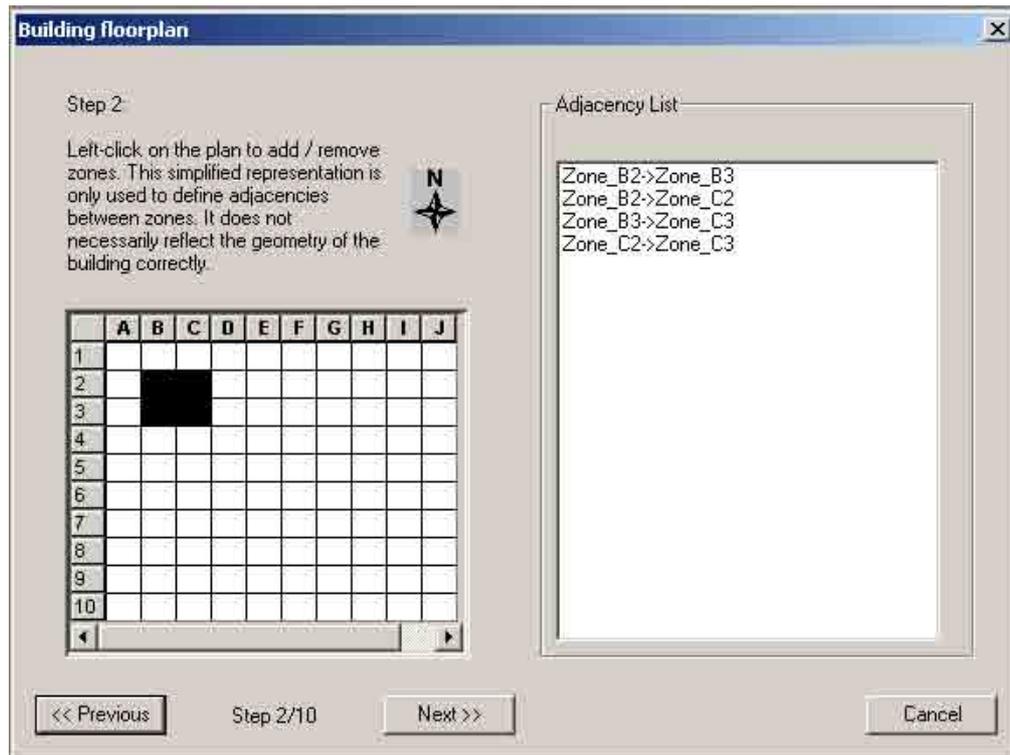


Abbildung 10 Building floorplan – Anordnung der Zonen

Jeder Bereich im Raster stellt eine Zone des Objektes dar. Hierbei ist auf die Ausrichtung (Nord, Ost, Süd, West) der einzelnen Räume und ihre Anordnung (Raum1 grenzt an Raum2,...) zu achten. Die Geometrie und die Abmaße hingegen können noch völlig vernachlässigt werden.

Durch Klicken mit der linken Maustaste auf einen Rasterbereich (z.B. B2) wird dieser aktiviert, ein erneutes Klicken deaktiviert den Bereich.

In TRNBuild ist es später möglich:

- weitere Zonen hinzuzufügen und/oder
- Zonen zu entfernen

Unter „Adjacency List“ (adjacency, eng.: das Angrenzen) wird aufgelistet, welche Zonen aneinandergrenzen.

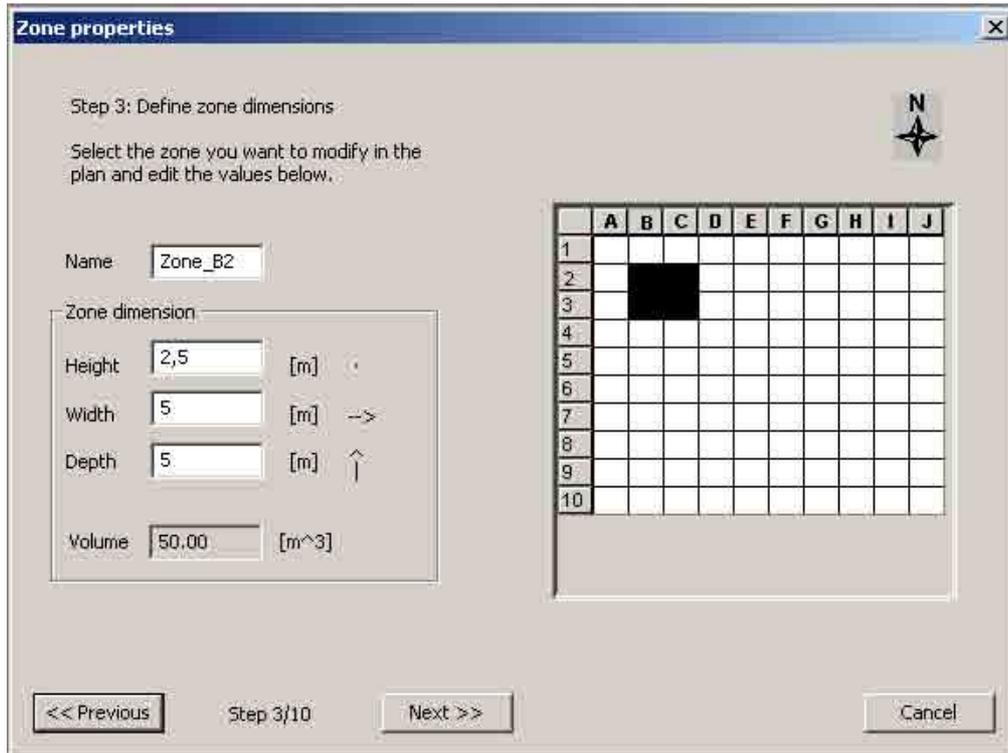


Abbildung 11 Zone properties

Hier können nun grobe Abmessungen (Länge, Breite, Höhe) für die entsprechenden Zonen festgelegt werden.

Klickt man im Rasterbereich auf eine zuvor aktivierte Zone, so werden im linken Bereich des Wizard Felder für die Eingabe freigegeben, das Volumen der Zone wird automatisch berechnet. Dies ist für jede weitere Zone zu wiederholen.

Während der Wizard-Eingabe können lediglich quaderförmige Geometrien eingegeben werden, es ist jedoch möglich nach Fertigstellung der Eingabe in TRNBuild die Abmaße und Form der Zonen zu verfeinern.

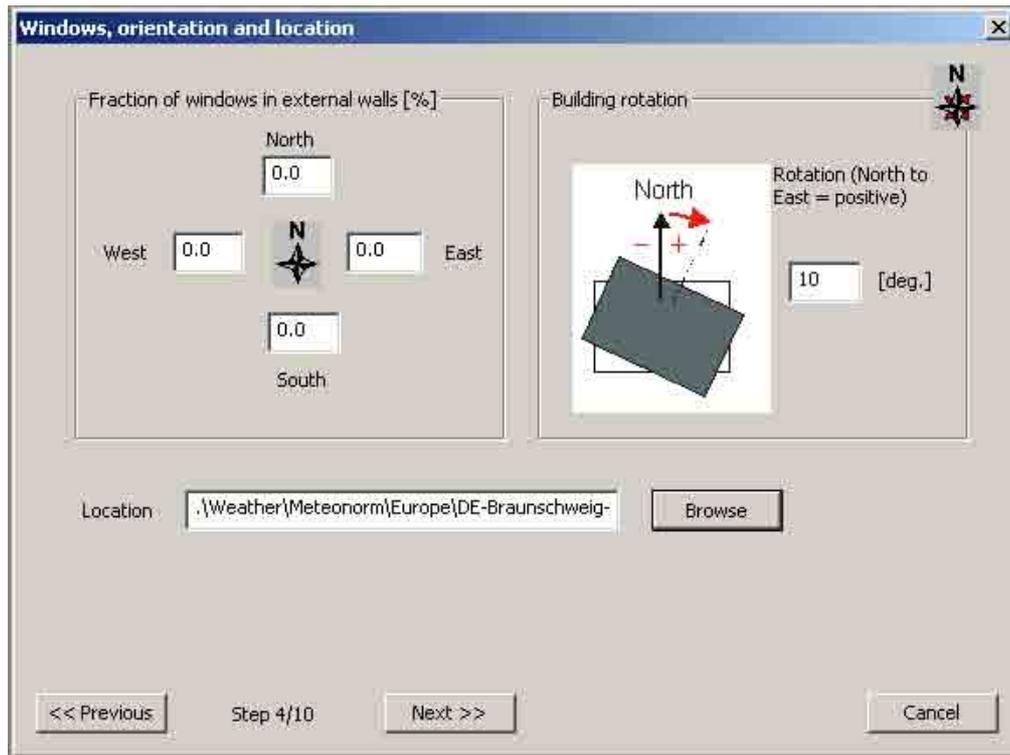


Abbildung 12 Window, orientation and location

Im linken Bereich dieses Eingabefensters können die Fensteranteile in der Fassade den Himmelsorientierungen zugeordnet werden. Die Fensteranteile beziehen sich hierbei auf die lichten Innenmaße des Raumes und der Öffnung.

Im Bereich „Building rotation“ kann ein den Gebäude entsprechender Azimutwinkel eingetragen werden. Die positive Drehrichtung ist durch den Wizard von Norden nach Osten festgelegt.

Unter „Location“ wird die in „4.2.1.4 Klima“ beschriebene Wetterdatei nach dem Standort des Gebäudes ausgewählt.

The screenshot shows the 'Infiltration and ventilation' dialog box. It is divided into three main sections: 'Infiltration (valid for all zones)', 'Mechanical ventilation', and 'Natural ventilation'. The 'Infiltration' section has a 'Leakage' input field set to 0.2 [1/h]. The 'Mechanical ventilation' section is checked and contains 'Ventilation rate (occupied)' (0 [1/h]), 'Humidity of supply air' (50 [%]), 'Ventilation rate (unoccupied)' (0 [1/h]), and 'Supply temperature' (20 [deg. C]). The 'Natural ventilation' section is also checked and contains 'Ventilation rate (building occupied)' (1 [1/h]). A sub-section 'Additional temp. dependent ventilation' is checked and contains 'Ventilation start' (24 [deg. C]), 'Ventilation stop' (23 [deg. C]), and 'Ventilation rate' (3 [1/h]). At the bottom, there are navigation buttons: '<< Previous', 'Step 5/10', 'Next >>', and 'Cancel'.

Abbildung 13 Infiltration and ventilation – Luftwechselrate und Lüftungsanlagen

Im oberen Eingabebereich „Infiltration (valid for all zones)“ kann der Luftwechsel [h^{-1}] bezüglich Undichtheiten der Außenhülle eingegeben werden. Dieser Luftwechsel wird durch Fugen an z.B. Fenstern und Türen hervorgerufen. Der Wizard legt diese Eingabe pauschal für alle Zonen des Objektes fest. Da es keine eindeutige Normung zu Richtwerten gibt müssen hier auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. So gibt die ENEC beispielsweise einen maximalen Luftwechsel von 3 h^{-1} ($=n_{50}$) bei einem Druckunterschied von 50 Pa für Räume ohne raumluftechnische Anlagen vor, spricht jedoch keine Empfehlung für die Luftwechselrate aus. In der DIN EN ISO 13789 - Spezifischer Transmissions-wärmeverlustkoeffizient ist in Absch. 5.1 eine Formel (siehe Abbildung 13) zur Abschätzung der Luftwechselzahl in unbeheizten Räumen sowie eine Tabelle mit „üblichen“ Luftwechselraten (siehe Tabelle 1) gegeben.

Des Weiteren kann zwischen zwei Lüftungsarten gewählt werden – mechanische Lüftung und natürliche Lüftung.

Wird „Mechanical ventilation“ aktiviert, so ist es möglich Luftwechselzahlen [h^{-1}] für eine zusätzliche raumluftechnische Anlage einzugeben – für den genutzten und ungenutzten Zustand (occupied, eng.: bewohnt, belegt). Im rechten Bereich können Zuluftdeckdaten (relative Feuchte [%], Zulufttemperatur [$^{\circ}\text{C}$]) festgelegt werden.

Erfolgt die Lüftung des Objektes jedoch über Fenster, so kann unter „Natural ventilation“ hierfür die Lüftungszahl [h^{-1}] eingegeben werden. Weiterhin ist es möglich das Lüftverhalten der Nutzer/Bewohner festzulegen. Zu diesem Zweck kann „Additional temp. dependent ventilation“ aktiviert werden. So startet eine zusätzliche Lüftung mit der Luftwechselrate von „Ventilation rate“ in einer Zone sobald die Raumlufthtemperatur den Wert von „Ventilation start“ erreicht hat und endet wenn die Temperatur in dem entsprechendem Raum auf den Wert von „Ventilation stop“ gesunken ist.

Tabelle 1 Übliche Lüftwechselrate zwischen unbeheiztem Raum und Außenumgebung (DIN EN ISO 13789 – Tabelle 1)

Nr	Typ der Luftdichtheit	n_{ue} h^{-1}
1	Keine Türen oder Fenster, alle Fugen zwischen Bauteilen sind gut abgedichtet, keine Luftdurchlassöffnungen sind vorgesehen	0
2	Alle Fugen zwischen den Bauteilen sind gut abgedichtet, keine Lüftungsöffnungen sind vorgesehen	0,5
3	Alle Fugen zwischen den Bauteilen sind gut abgedichtet, kleine Lüftungsöffnungen sind vorgesehen	1
4	Wegen einiger örtlicher offener Verbindungen oder ständig offener Lüftungsöffnungen nicht dicht	5
5	Wegen zahlreicher offener Verbindungen oder großer und zahlreicher, ständig offener Lüftungsöffnungen nicht dicht	10

$$n_{ue} = \frac{n_{50}}{20} \quad \text{oder}$$

$$n_{ue} = \frac{A_1}{10 \cdot V_u}$$

mit A_1 : Lüftungsöffnung [cm^3]
 V_u : Volumen des unbeheizten Raums [m^3]

Abbildung 13 Formel zum schätzen der

Tabelle 2 Mindestluftwechselzahlen einzelner Räume (hygienischer Mindestvolumenstrom)
DIN EN 12831 Beiblatt 1 –Tabelle 6

Raumart	n_{min} $[h^{-1}]$
Bewohnbarer Raum (Standartfall)	0,5
Küche $\leq 20m^3$	1,0
Küche $> 20m^3$	0,5
WC oder Badezimmer mit Fenster ^a	1,5
Büroraum	1,0
Besprechungsraum, Schulzimmer	2,0
^a Innenliegende Bäder und Toilettenräume sind mit Lüftungsanlagen zu rechnen	

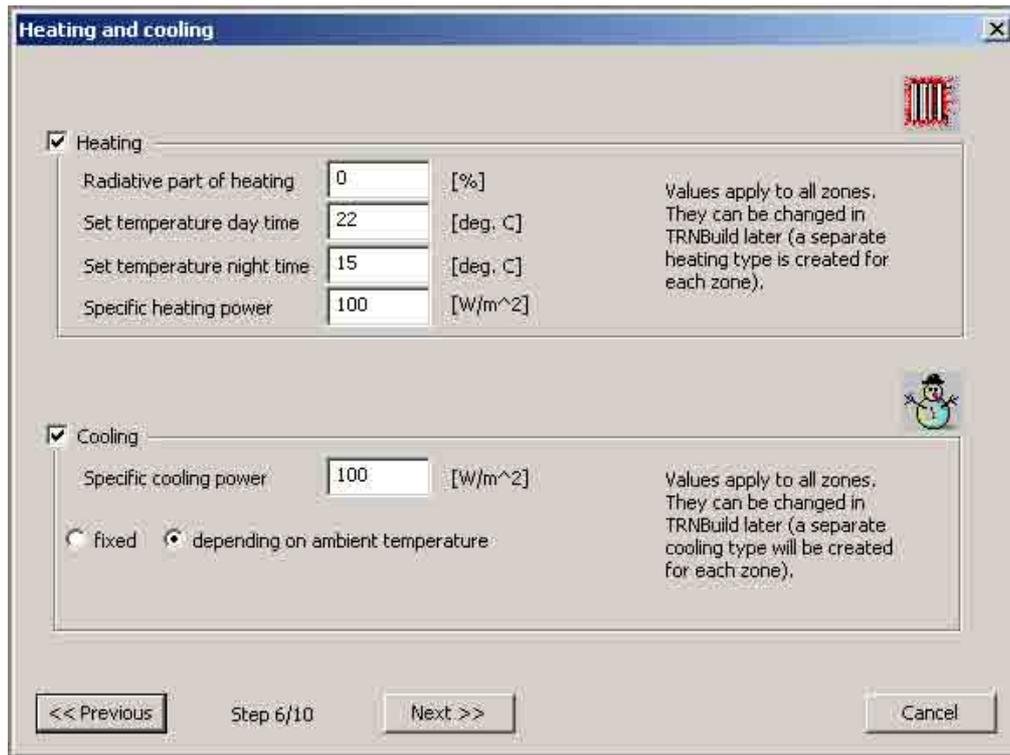


Abbildung 14 Heating und cooling

Hier können nun Leistungsdaten für Heizung und Klimaanlage festgelegt werden.

Aktiviert man den Bereich „Heating“ lassen sich Strahlungsanteil („Radiative part of heating“) und Wärmeleistung der Heizkörper („Specific heating power“) eingeben. Zusätzlich lassen sich unter „set temperatur day time“ und „Set temperatur night time“ das entsprechende Heizniveau für Tag und Nacht festlegen.

Beim Einrichten einer Raumlufkühlung kann die Kühlleistung über „Specific colling power“ eingestellt werden. Es stehen für hier zwei Kühlmodelle zur Verfügung – „fixed“ und „depinging on ambient temperatur“.

Unter „fixed“ lässt sich eine feste Temperatur einstellen, d.h. das die Kühlung ab einer Temperatur von X°C eingeschaltet wird.

Die zweite Möglichkeit („depinging on ambient temperatur“) regelt die Temperatur in einer Zone abhängig von der Außenlufttemperatur mit Hilfe einer mathematischen Formel:

$$T_{cool_ON} = \max \left\{ \min \left\{ 27; \left(\frac{Temp}{3} + \frac{49}{3} \right) \right\} \right\}$$

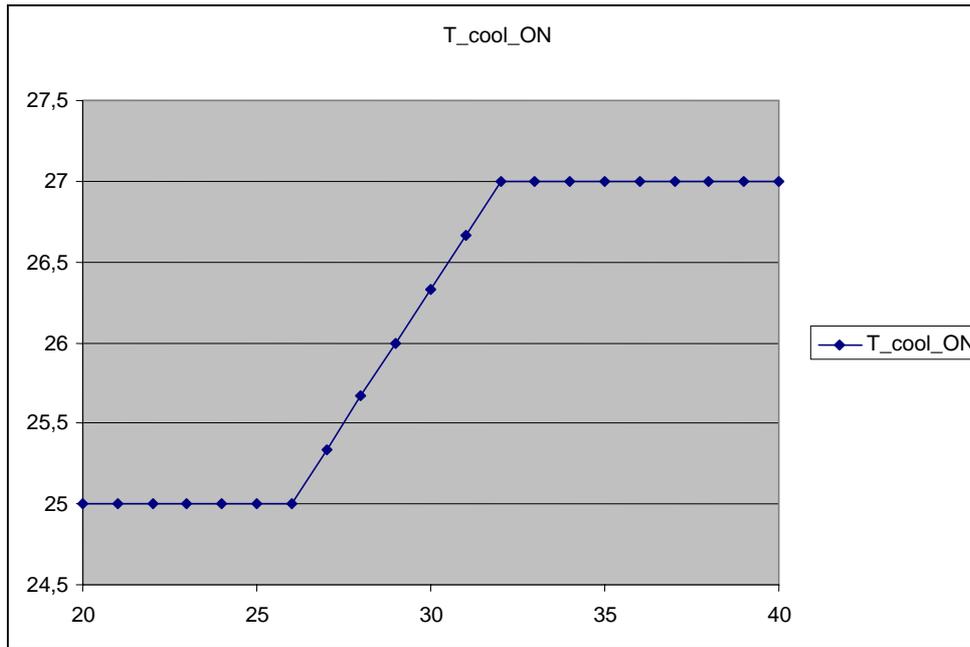


Abbildung 15 Außenluftabhängige Kühltemperatur

So schwankt die Einschalttemperatur für die zusätzliche Kühlung im Sommerfall um 26°C.

Weitere Informationen entnehmen Sie bitte dem Anhang F.

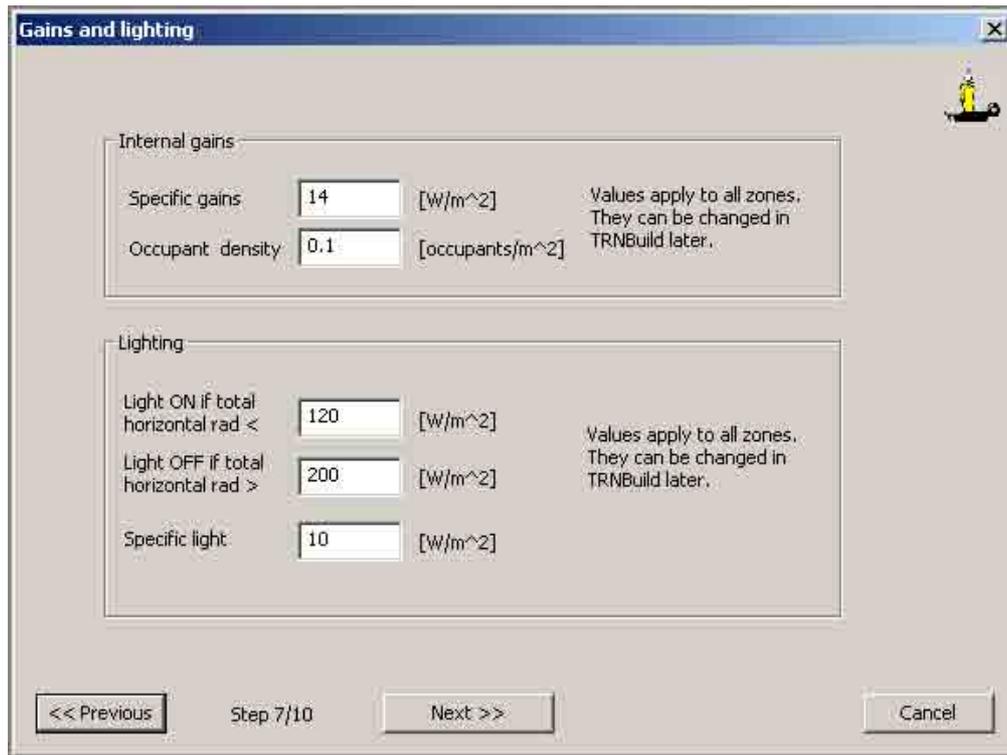


Abbildung 16 Geins and lightning

Im Bereich „Internal gains“ wird auf die internen Wärmegewinne eingegangen. Interne Wärmegewinne können sein:

- Haushaltsgeräte (Toaster, Backofen,...)
- Elektogeräte (Fernseher, Computer,...)
- Personen (je nach Tätigkeit)

Aufgrund der unflexiblen Eingabemöglichkeiten empfehlen wir die Standartwerte im Wizard zu belassen und die eigentlichen Wärmegewinne zu einem späteren Zeitpunkt in TRNBuild (siehe Abs. „4.3.3 TRNBuild“) durchzuführen.

Im unteren Bereich ist es möglich einen Wärmegewinn bezüglich der installierten Beleuchtung zu definieren. Dabei wird der Status der Belichtung (an/aus) an die Gesamtstrahlung (direkt + diffus) gekoppelt.

Der Ansatz der Wärmegewinne infolge der Beleuchtung ist zwar sinnvoll, jedoch ist dabei auf die unterschiedliche Normierung zu achten. Werden die internen Wärmelasten z.B. nach DIN 4108-2 angesetzt, so ist diese Eingabe zu vernachlässigen, da die hier angegebenen Werte bereits Personen, Bürotechnik und Beleuchtung berücksichtigen.

Weite Informationen können dem Anhang C entnommen werden.

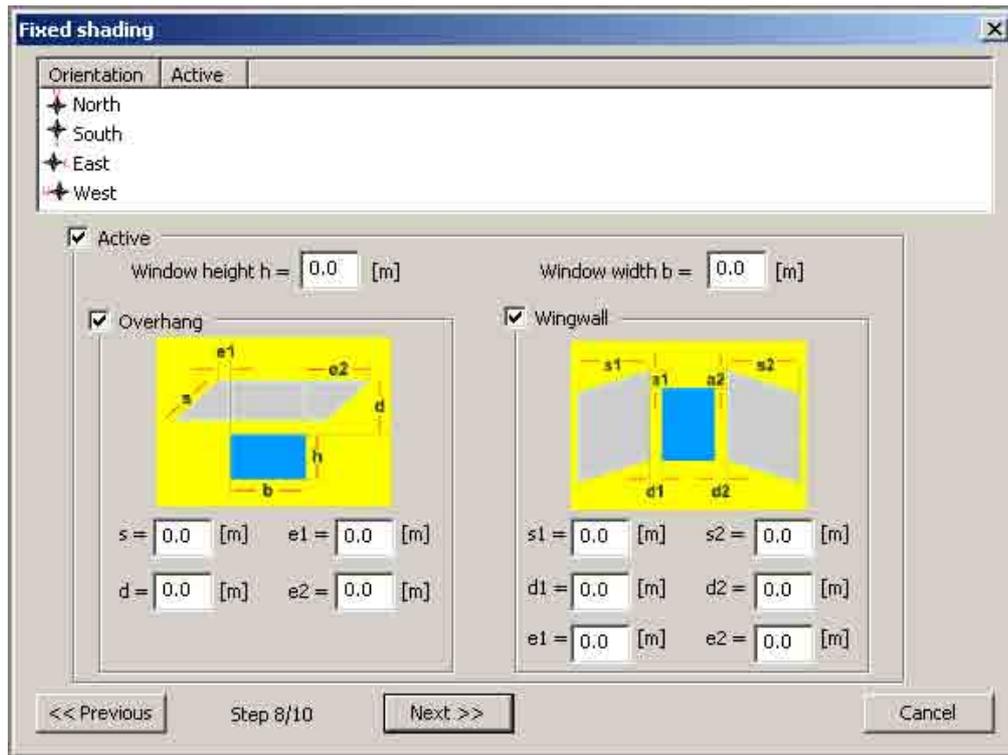


Abbildung 17 Fixed shading

Unter „Fixed shading“ versteht man festliegende starre Verschattungen, wie z.B. Sonnensegel für den sommerlichen Wärmeschutz oder baukonstruktive Verschattungen (z.B. Balkone – „Overhang“, Mauervorsprünge – „Wingwall“).

Durch das markieren einer Himmelsrichtung im oberen Feld des Fensters können Verschattungen je nach Orientierung eingegeben werden. Entfernt man den Haken vor „Active“ so wird die Verschattungen für die entsprechende Himmelsrichtung entfernt. Es kann je nach Orientierung nur ein Fenster eingegeben werden. Sind jedoch verschieden große Fenster oder unterschiedlich große Verschattungen vorhanden muss die Eingabe in TRNBuild verfeinert werden.

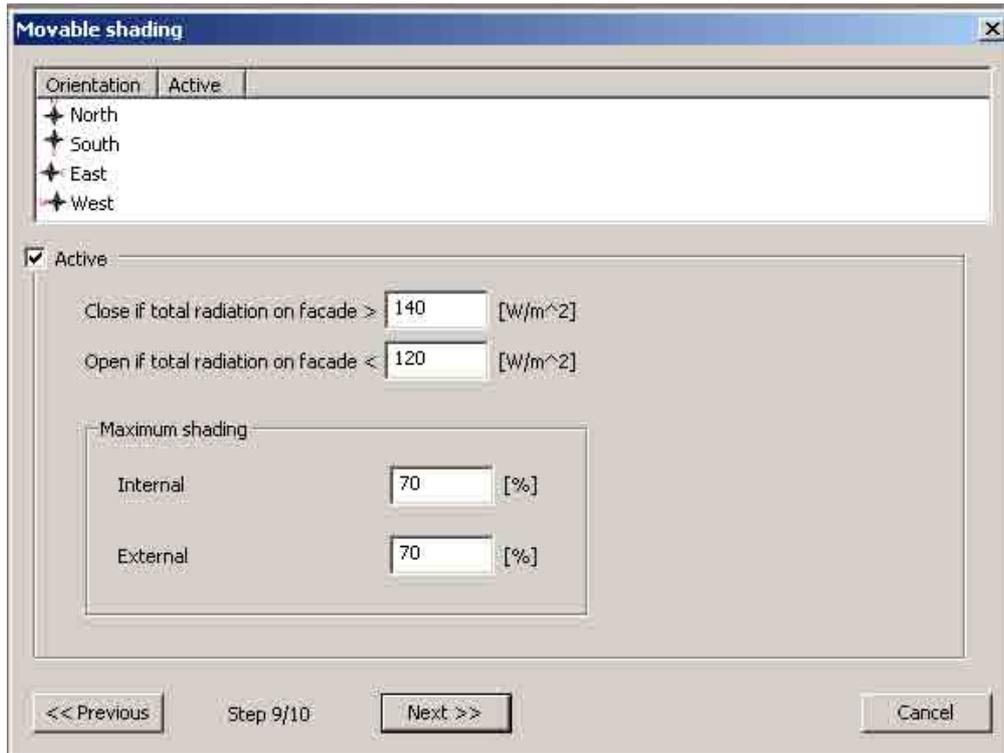


Abbildung 18 Movable shading

Unter „Movable shading“ versteht man Verschattung infolge von z.B. Rollläden, Gardinen, Jalousien und selbst verdunkelnde Glasscheiben.

Auch hier können die Verschattungsmöglichkeiten für alle Himmelsrichtungen, durch markieren dieser im oberen Bereich des Fensters, getrennt eingegeben werden.

Für diese variable Verschattung kann unter „Close if total radiation on facade“ der Wert der Strahlung eingegeben werden, bei dessen Überschreitung der Sonnen-schutz aktiviert bzw. geschlossen werden soll.

Unter „Open if total radiation on facade“ wird dann der Wert benannt, bei dessen Unterschreitung sich dieser wieder öffnet.

Im unteren Bereich „Maximum shading“ können die Durchlässigkeiten in Prozent bezüglich der Verschattung eingegeben werden

- „Internal“ z.B. Gardinen
- „External“ z.B. Rollläden.

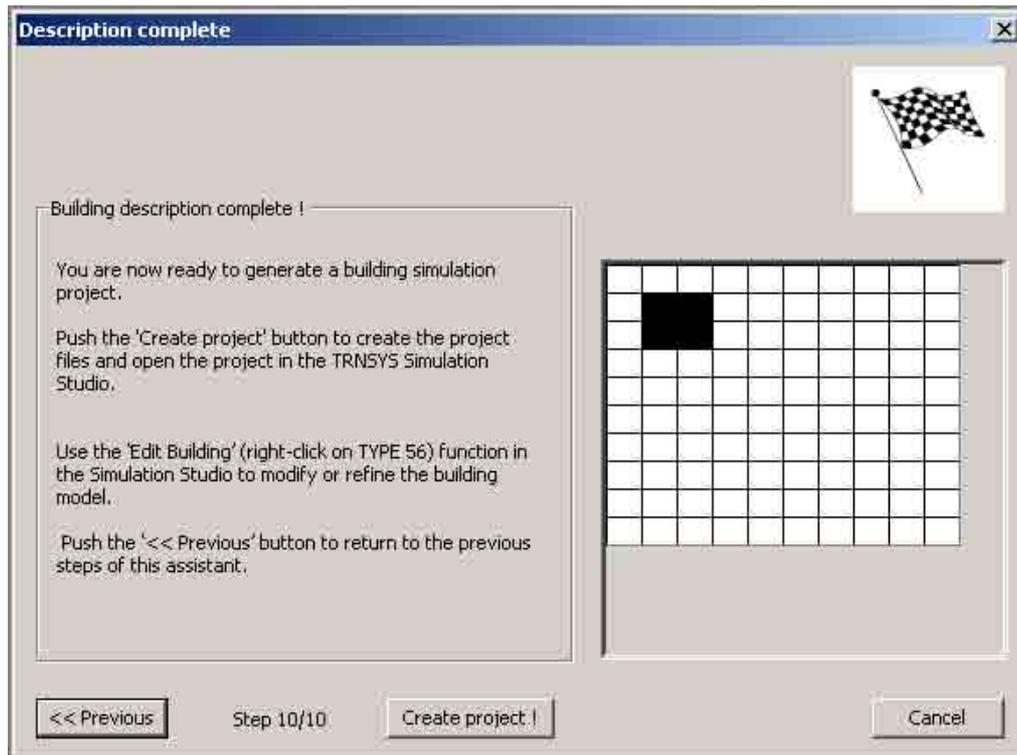


Abbildung 19 Description complete

Mit einem Klick auf „Create project !“ verlassen wir den Wizard und es wird das Projekt im „Trnsys Simulation Studio“ erstellt.

4.3.3 TRNBuild

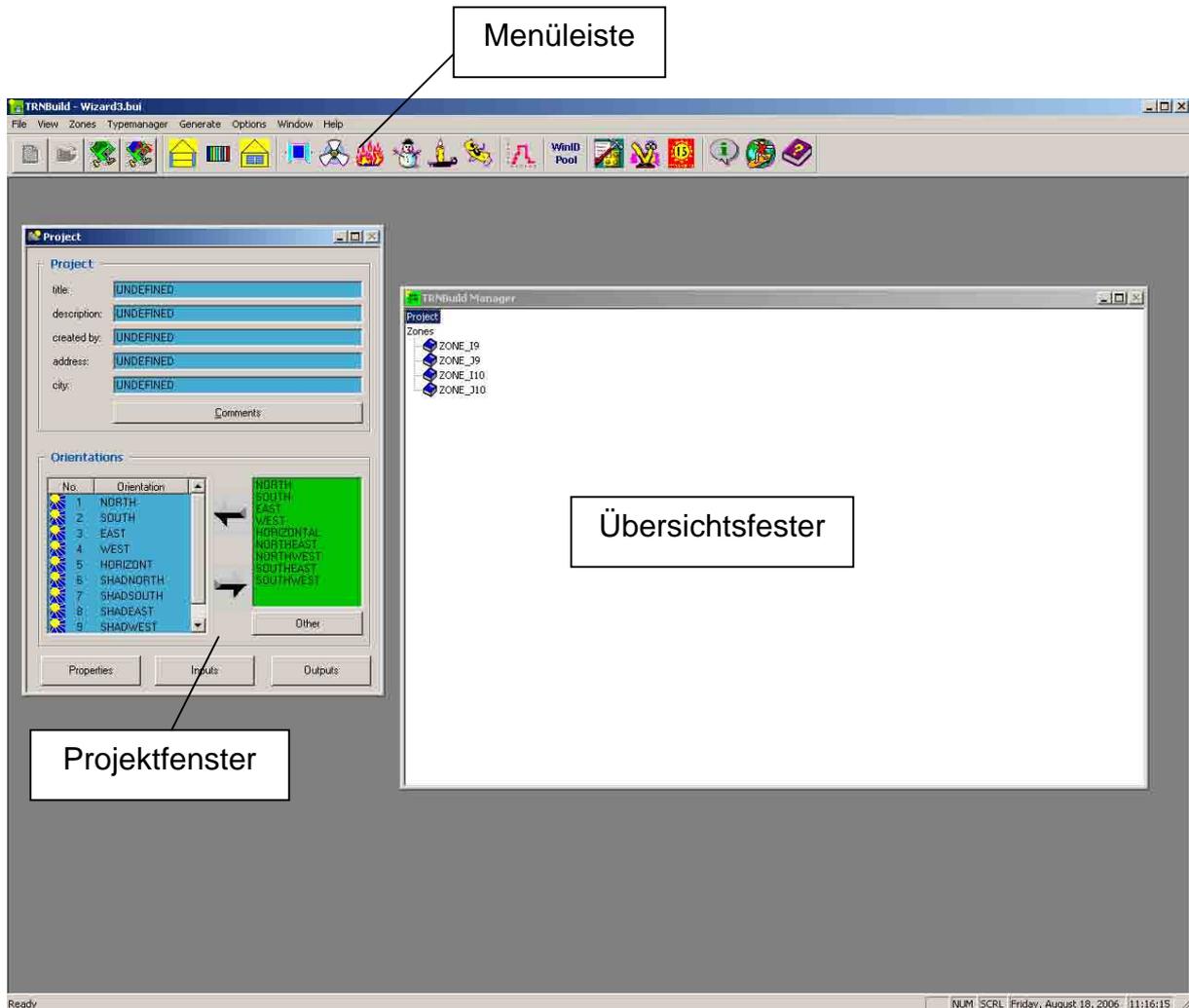


Abbildung 20 TRNBuild – Wizard3.bui

TRNBuild ermöglicht den Benutzer über eine Vielzahl von Menüs eine bui-Datei zu erstellen ohne sich dabei einmal in den Programmcode begeben zu müssen. Im Folgenden finden die Menüs und ihre Aufgabe, Eingabemöglichkeiten kurz Erwähnung.

4.3.3.1 Menüleiste



Speicher
Speichern unter...



- „R“ rename type: Hiermit kann der Name eines Typs umbenannt werden
- „D“ delete type: Hiermit kann man einen Typen löschen
- „C“ copy type: Ein bereits definierter Typ kann kopiert werden
- „N“ new type: Ein neuer Typ kann erstellt werden

Im Folgenden werden die über die Menüleiste möglichen Eingaben beschrieben. Jede dieser Eingaben gilt für jede Zone.



Wall type manager

Klickt man in der Menüleiste auf dieses Symbol wird ein neues Ansichtsfenster geöffnet.

In diesem Bereich kann man Wände, Decken und Fussböden nach den eigenen Bedürfnissen eingeben.

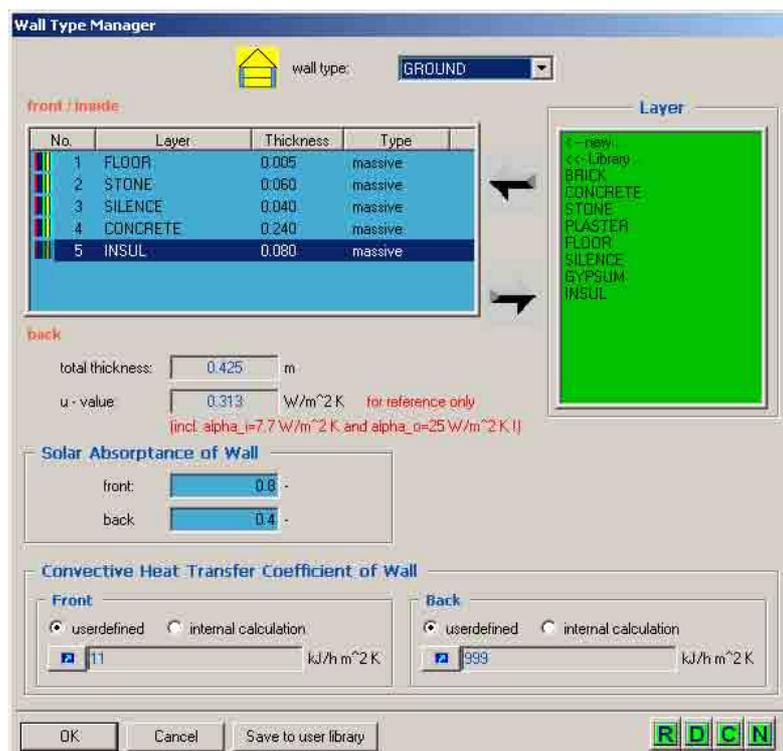


Abbildung 21 Wall Type Manager

Beginnt man hier ein neues Projekt sind noch keine vordefinierten Wände angegeben. Das Ansichtsfenster welches sich öffnet ist noch leer (nicht wie oben gezeigt). Um zu dem oben dargestellten Fenster zu gelangen, muss man rechts unten auf das „N“ („New type“) klicken. Es erfolgt dann die Abfrage, welchen Namen der neue Typ erhalten soll (new type: z.B. Indoor). Durch klicken auf „New“ gelangt man zum gezeigten Ansichtsfenster.

In diesem Fall kann man sich unter „wall type“ seine eigenen benutzerspezifischen Wände, Decken und Fussbodenaufbauten anlegen.

Das Projektfenster enthält ebenfalls noch keine Informationen. Im linken Fenster „Layer“ sollte man dann zunächst auf „Library“ klicken. Hier kann man sich aus den gegebenen Baustoffen seinen Aufbau herausuchen.

Man muss nun erst mal im oberen Bereich eine „Library“ mit dem „Browse“-Button herausuchen um diese zu aktivieren. Danach sucht man sich den benötigten Baustoff heraus und gibt im unteren Bereich die Bauteildicke an. Bestätigt wird die Auswahl mit „OK“.

Der ausgewählte Baustoff erscheint dann im rechten Fenster („Library“). Um diesen dann in das Projektfenster zu übernehmen, markiert man den Baustoff und klickt auf den oberen Pfeil „ADD“. Mit den unteren Pfeil „DEL“ löscht man die Eingabe wieder.

Man sollte während der Eingabe auf die Reihenfolge der Baustoffe achten. Der Bauteilaufbau muss von Innen nach Außen eingegeben werden.

Ist die Eingabe vollständig, wird unter dem Projektfenster automatisch komplette Bauteildicke und deren U-Wert [W/m²K] berechnet.

Unter „Solar Absorptance of wall“ kann man den Solarabsorptionskoeffizient für die Innen- und Aussenfläche eingeben. Dieser Wert gibt an wie viel Prozent der einfallenden kurzwelligigen Sonnenstrahlung von der Oberfläche absorbiert wird. Absorption und Reflektion hängen dabei von der Farbe der Oberfläche ab.

Richtwerte hierfür findet man im TRNSYS- Handbuch „*Multizone Building modeling with Typ 56 and TRNBuild – Seite27*“. Die Tabelle zeigt eine Einteilung von an Gebäuden häufig auftretenden Farben.

Die Tabelle 4 der DIN EN ISO 13791 zeigt hingegen eine grobe Einteilung der Absorptionskoeffizienten nach der Helligkeit der Oberflächenfarbe (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3 Absorptionsgrad für Sonneneinstrahlung von opaken Außenoberflächen

	Hell	Mittel	Dunkel
α_{sr}	0,3	0,6	0,9

Außenflächen	Absorptionsgrad
Dachziegel, Betondachstein, etc.	
raue Oberfläche, dunkel rot	0,75-0,80
feine Oberfläche, dunkel	0,70-0,75
Beton	0,60-0,65
Dachbekleidung	
grün	0,60-0,65
Aluminium	0,40-0,45
hell grau, hell	0,30-0,40
weiß	0,20-0,25
Außenwände	
feine Oberfläche, dunkel	0,70-0,75
raue Oberfläche, mittelhell (gelb)	0,65-0,70
feine Oberfläche, mittelhell (Sandstein, Sichtbeton)	0,60-0,65
raue Oberfläche, weiß	0,30-0,35
feine Oberfläche, weiß	0,25-0,30
Metallische Oberflächen	
verwittertes Zink	0,75-0,80
Aluminium, matt	0,50-0,55
Aluminium, farbig	0,35-0,40
helle und polierte Oberflächen	0,20-0,25

Tabelle 4 Absorptionsgrade nach TRNSYS-Handbuch

Im unteren Bereich kann der „Convective Heat Transfer Coefficient of Wall“ festgelegt werden.

TRNSYS gibt hierfür allgemein gebräuchlichen Werte im Handbuch Kapitel 6 Seite 27/28 vor:

- Inside/Front: 11 kJ/hm²K
- Outside: 64 kJ/hm²K

Die DIN EN ISO 13792 hingegen nennt in Abs. 4.2.2 die folgenden Werte über den inneren und äußeren konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten:

- Inside/Front: 9 kJ/hm²K
- Outside: 28,8 kJ/hm²K

Es ist allerdings auch möglich Wärmeübergangskoeffizienten über „internal calculation“ für jedes Bauteil berechnen zu lassen. Hierbei lässt sich der Wärmeübergangskoeffizient nach der Formel

$$\alpha_{conv} = const \cdot (T_{surf} - T_{air})^{exp}$$

berechnen.

Während der Kalkulation wird auf die zuvor eingegebenen Werte des „Properties“-Fenster (siehe Abs. 4.3.3.2) zurück gegriffen.

Diese Methode ist laut Handbuch jedoch nur für innere Wärmeübergangskoeffizienten zugelassen. Soll beispielsweise eine Außenwand definiert werden, so kann für den inneren Übergangswert die interne Berechnung und für außen ein konstanter Wert gewählt werden.

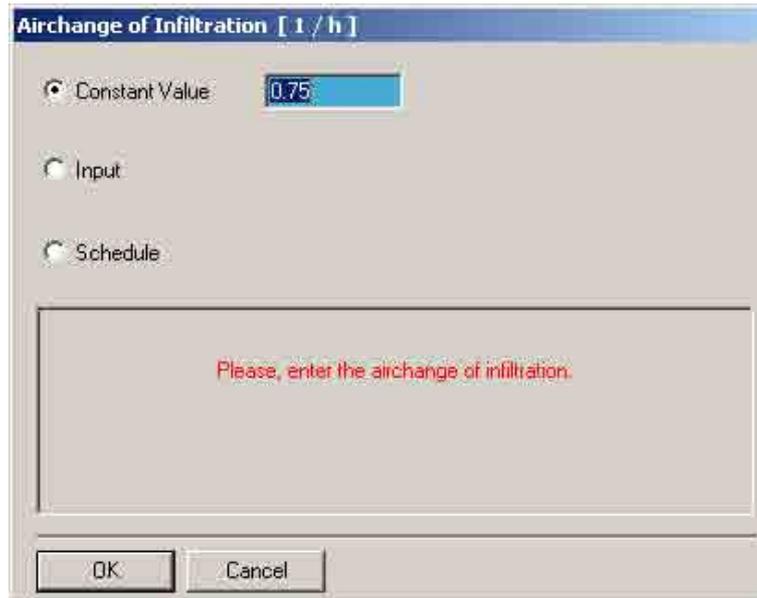


Abbildung 22 Airchange of Infiltration [1/h]

Dieses Fenster erscheint in allen Ansichtsfenstern, wenn man auf  neben einem Eingabefeld klickt.

Zu Beginn ist hier meist immer die „Constant Value“ markiert und die allgemein gebräuchlichen Werte sind eingetragen.

Klickt man auf „Input“ erscheint eine neue Eingabemöglichkeit, um einen Input zu definieren.

Unter „Schedule“ kann man für den gerade ausgewählten Bereich (z.B. Heizung, Kühlung, usw.) einen Zeitplan erstellen.

Man kann hier z.B. definieren an welchen Tagen und um welche Uhrzeit die Heizung in dem Objekt aktiviert werden soll.



Layer typ manager

Durch klicken auf dieses Symbol öffnet sich das nachstehende Ansichtsfenster und man hat die Möglichkeit zwischen 4 Layern (Massive Layer, Massless Layer, Active Layer, Cooled Ceiling) zu wählen.

Man erreicht diese Einstellungsmöglichkeit auch nachträglich. Hierzu muss man im „Wall type manager“ z.B. einen Baustoff aus einer Wanddefinition auswählen und dann im „Library“- Fenster daneben auf „new“ klicken.

Wozu dieses nützlich sein kann, wird in den Erläuterungen zu den einzelnen Layern erläutert.

- Massive Layer



Abbildung 23 Massive Layer

Es ist der meist gebräuchliche Layer und wird deshalb bei der Auswahl der Baustoffe auch diesem gleich zugewiesen.

Man kann hier die Wärmeleitfähigkeit („conductivity“), die spezifische Wärmespeicherkapazität („capacity“) und die Dichte („density“) des Baustoffes definieren.

Die benötigten Werte erhält man aus einschlägigen Nachschlagewerken, wie z.B. „Schneider Bautabellen“, usw.

- Massless Layer

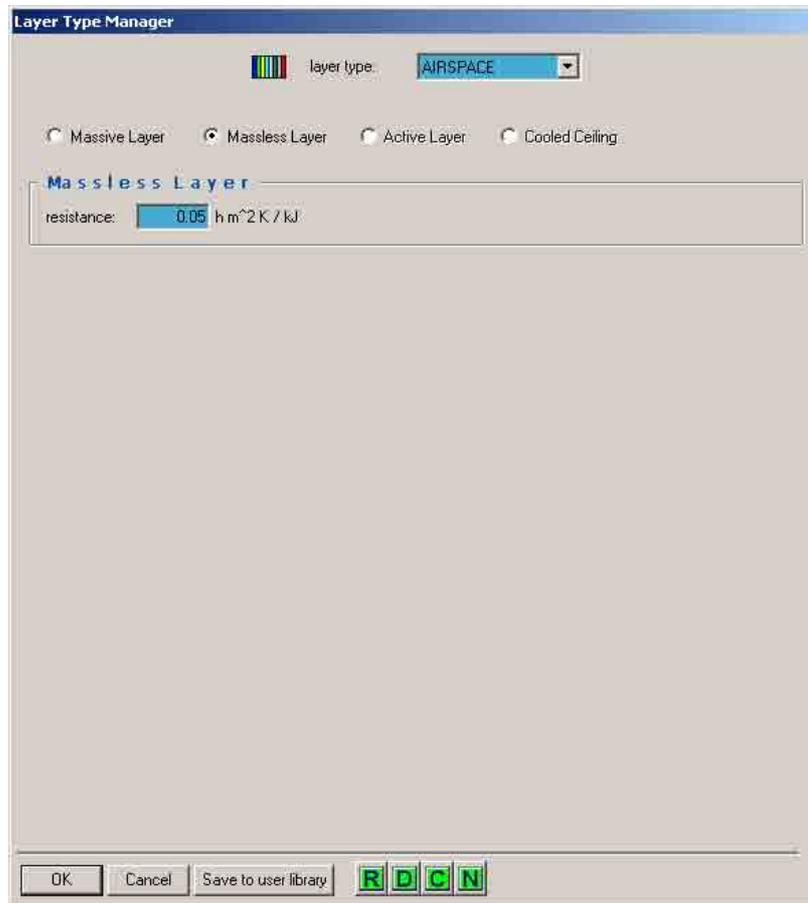


Abbildung 24 Massless Layer

Dieser Layer kann für Bauteile, die eine sehr geringe Bauteildicke haben und bei denen die spezifische Wärmespeicherkapazität daraufhin vernachlässigt werden kann oder Luftschichten verwendet werden.

Man kann hier bei „resistance“ den Wärmedurchgangswiderstand R des Bauteils eintragen.

- Active Layer

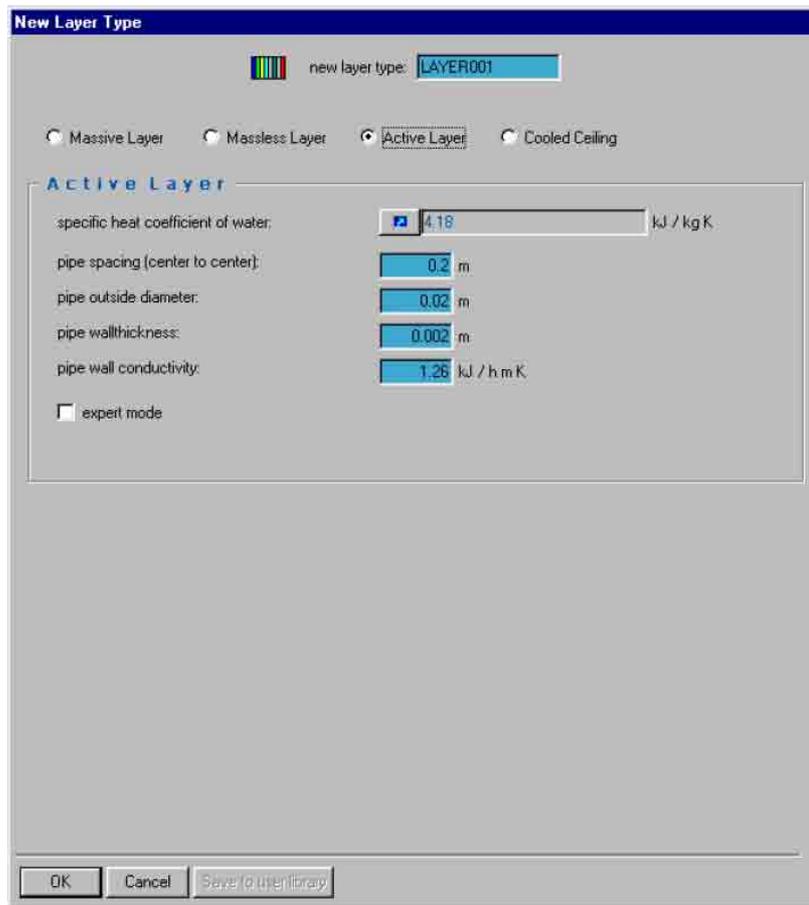


Abbildung 25 Active Layer

Dieser Layer wird verwendet wenn man z.B. eine Heizung oder Kühlung in der Wand, dem Fussboden (Fussbodenheizung) oder der Decke eingeplant hat.

Man hat in diesem Fall mit Wasser gefüllte Rohr, die die Oberflächen der Bauteile beheizen oder kühlen.

Ein Beispiel hierfür findet man im TRNSYS- Handbuch „*Multizone Building modeling with Typ 56 and TRNBuild – Seite34*“.

Man kann hier wieder eine Vielzahl von Eigenschaften festlegen:

- Spezifischer Wärmekoeffizient des Wassers (specific heat coefficient of water)
- Rohrabstand (pipe spacing, center to center)
- Aussenrohrdurchmesser (pipe outside diameter)
- Rohrdicke (pipe wallthickness)
- Wärmeleitfähigkeit des Rohres (pipe wall conductivity)

Unter „expert mode“ kann man den benutzerspezifischen Wärmedurchgangskoeffizienten festlegen.

- Cooled Ceiling

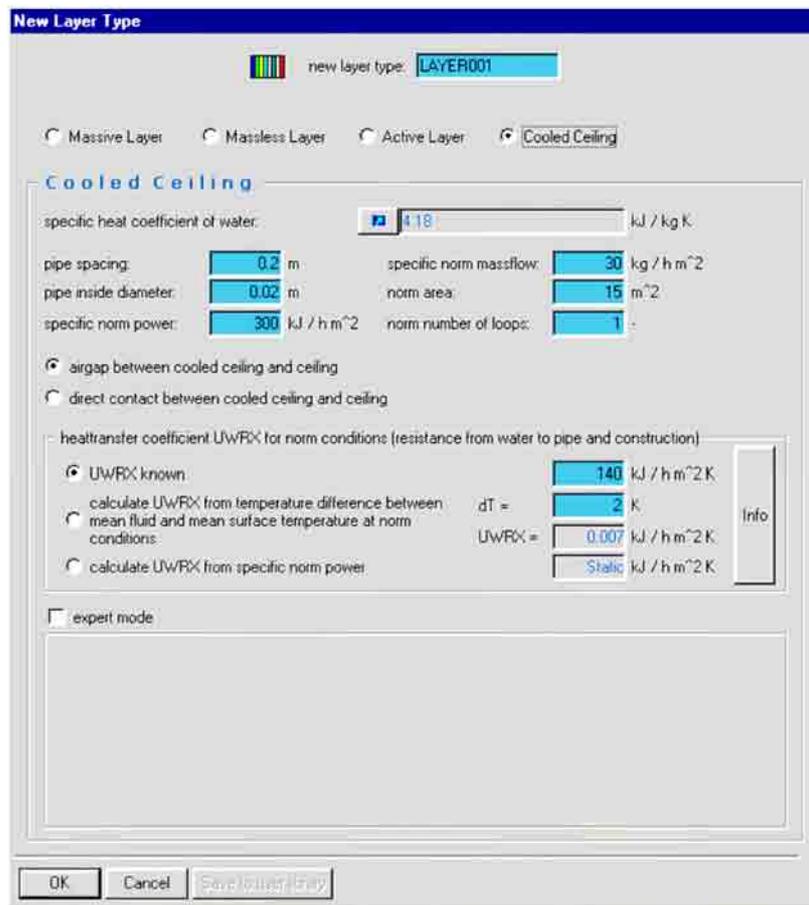


Abbildung 26 Cooled Ceiling

Den „Cooled Ceiling“ kann man verwenden wenn in dem Objekt Kühldecken zum Einsatz kommen.

Der Unterschied zum „Active Layer“ ist hierbei, dass die Kühldecken vom Rest der Konstruktion abgekoppelt sein muss (nicht wie im Bsp. voran, darin enthalten ist).

Dieser Layer muss an erster Stelle einer Deckenbeschreibung stehen, es sei denn es werden angrenzende Wände beschrieben (hierbei kann es auch an letzte Stelle rücken).

Neben den Parametern:

- Spezifischer Wärmekoeffizient des Wassers (specific heat coefficient of water),
- Rohrabstand (pipe spacing, center to center),
- Aussenrohrdurchmesser (pipe outside diameter),

muss die Ausführungsart, nach den Versuchsbedingung der DIN 4715-1, angegeben werden. Hierzu zählen Werte wie:

- Spezifische Normleistung (specific norm power),
- Massenstrom (specific norm massflow),
- Wirkungsbereich (norm area),
- Anzahl der Kühlkreise (norm number of loops).

Nach diesen Eingaben kann man zwischen den Punkten:

- Luftraum zwischen der Kühldecke und der Geschossdecke und
- dem direkten Kontakt der Kühldecke mit der Geschossdecke

wählen.

In dem ersten Fall ist der Luftraum und der Wärmetransport in dem Luftraum Intern und so muss der Luftraum nicht in einem extra Layer definiert werden. So kann der nächste Layer in einer Wanddefinition, nach einer Kühldecke, z.B. ein Betonlayer sein.

Im zweiten Fall des direkten Kontaktes, verpflichtet dieses in dem nächsten Layer eine Dämmschicht vorzusehen. Diese sollte jedoch einen Wärmedurchlasswiderstand von $> 10 \text{ hm}^2\text{K/kJ}$ ($= 2,8 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$) aufweisen.

Bei dem nächsten Punkt „heattransfer coefficient UWRX from norm conditions (resistance from water to pipe and constructions“ kann der Wärmedurchgangswiderstand U_{WRK} eingegeben werden.

Es wird hier unterteilt in:

- „UWRX known“
In diesem Fall kann man den Wert nach folgender Formel berechnen:
 $U_{WRX} = 1 / (R_W + R_R + R_X)$.
- „Calculate UWRX from temperature difference between mean fluid and mean surface temperature at norm conditions“
Der benötigte Wert wird dann von dem Programm berechnet. Man muss hierzu nur die Temperaturdifferenz [K] zwischen der Wassertemperatur und der Oberflächentemperatur eingeben.
- „Calculate UWRX from specific norm power“
Hierbei kann man UWRX, mit einem Näherungswert für allgemein gebräuchliche Kühldecken, der spezifischen Normleistung berechnen lassen, oder diesen als benutzerdefinierten Input eingeben.

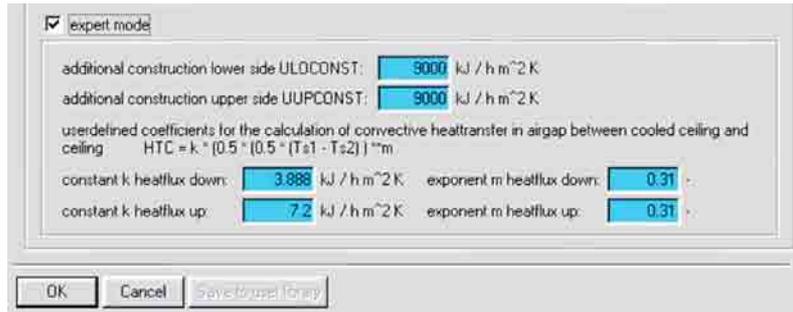


Abbildung 27 expert mode

Wird der „expert mode“ aktiviert, so öffnet sich das oben gezeigte Fenster. Hier kann man Wärmeübergangskoeffizienten für die untere (lower side) und obere (upper side) Fläche der Kühldecke hinzufügen. Ebenso kann ein benutzerspezifischer Wärmeübergangskoeffizient für den Luftraum, mit folgenden Werten, definiert werden (siehe Abs. 4.3.3.2)

- Konstante k für eingeleitete Anfangstemperatur (constant k heatflux down)
- Konstante k für die Rückflusstemperatur (constant k heatflux up)
- Exponent m für eingeleitete Anfangstemperatur (exponent m heatflux down)
- Exponent m für die Rückflusstemperatur (exponent m heatflux up).



Window type manager

Durch klicken auf dieses Symbol in der Menüleiste öffnet sich das folgende Ansichtsfenster.

Beim ersten öffnen dieses Fensters ist dieses noch leer. Zu den Eingabemöglichkeiten gelangt man wenn man auf das „N“ klickt und einen Namen für das Fenster eingegeben hat.

Man hat hier die Möglichkeit verschiedene Fensterdefinitionen festzulegen und diese dann später den entsprechenden Wänden zuzuordnen.

Abbildung 28 Window Type Manager

Im oberen Bereich unter „Glazing“ hat man die Möglichkeit die ID- Nummer eines Glases auszuwählen. Hierzu kann man auf die „Library“ (Klick auf „Lib“) zurück-greifen, in der viele der meistgebräuchlichen Gläser vorzufinden sind.

Der U-Wert und der g-Wert im rechten Bereich werden dann automatisch eingesetzt.

Die Abmessungen des Fensters können bei „For 1 glazing module“ eingegeben werden.

Der „ID spacer“ dient zur Verbesserung der Grenzen des U-Wertes vom Glas. Es kann hier zwischen 5 verschiedene Typen gewählt werden (s.auch nächste Tabelle):

- Spacer ID=0: Hierbei werden alle Parameter, inklusive der Höhe und Breite des Glases, aus der w4-lib.dat eingelesen und eingefügt.
- Spacer ID=1-4: Hierbei muss die Höhe und Breite für ein Modul selber festgelegt werden.

Tabelle 5 Spacer ID

Spacer ID	Description	1. Coefficient	2. Coefficient	3. Coefficient
0	data from w4-lib.dat	-	-	-
1	Aluminium - ASHREA Metallic	2.33	-0.01	0.138
2	Stainless steel (dual seal)	1.03	0.76	0.0085
3	Butyl/Metal (fiberglass etc)	0.82	0.80	0.0022
4	Insulated	0.35	0.83	0.018
5	No spacer	-	-	-

Unter „Frame“ kann man näher auf den Fensterrahmen eingehen. Hier wird der Rahmenanteil im Bezug zum Glasanteil definiert, genauso wie der Absorptionsgrad der sich aus der Farbe des Rahmens ergibt.

Der nächste Bereich umfasst die „Optional Properties of Shading Devices“ (Möglichkeiten zur Eingabe von Werten für die Verschattung).

Im linken Bereich kann man den Wärmewiderstand für den innen (internal devices) und aussen (external devices) liegenden Sonnenschutz eingeben (bei z.B. Rollläden = R der Luftschicht zwischen Fenster und Laden).

Rechts kann man den „Reflection coefficient of Internal Device (REFLISHADE)“ bestimmen, dieser definiert sich nach:

$$REFLISHADE = \frac{\rho}{1 - F_c} \quad \text{mit } \rho = \text{Reflektionsgrad (nach innen) der Verschattung}$$

Der Wert „Fraction of abs. solar radiation to Zone air node (CCISHADE)“ beschreibt den Anteil der absorbierten Strahlung, welcher sofort durch Konvektion in die Luft übergeht. Er ist abhängig von der aktuellen Temperatur, der Art der Verschattung und der Geometrie des Luftvolumens zwischen der Verschattung und des Fensters – insbesondere die Bauteilhöhe der Verschattung und der Abstand zur inneren Glasscheibe. Ist dieser Abstand sehr gering, so dass keine Luftbewegung dazwischen stattfinden kann, wird dieser Wert auf 0 gesetzt.

Typische Werte liegen hier zwischen 0,3-0,6 (s. TRNSYS- Handbuch „*Multizone Building modeling with Typ 56 and TRNBuild – Seite49*“).

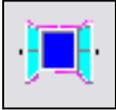
Die Eingabe dieser Werte ist nur relevant, sobald für ein Fenster in einer Zone ein „shad. factor“ eingegeben wird (siehe „4.3.3.3 *Übersichtsfenster*“).

Zuletzt wird der konvektive Wärmedurchgangskoeffizient des gesamten Fensters beschrieben (Convective Heat Transfer Coefficient of Window).

Es wird hier wieder unterteilt in Front (inside) und Back (outside).

Allgemein gebräuchliche Werte sind hier:

- Front = 11 kJ/hm²K
- Back = 64 kJ/hm²K



Infiltration Type Manager

Hier kann man verschiedene natürliche Belüftungsvarianten definieren.



Abbildung 29 Infiltration Type Manager

Unter „Airchange of Infiltration“ kann man den gewünschten Luftwechsel eingeben. Dieser kann als Konstante, als neuer Input oder durch Eingabe eines Zeitplanes definiert werden.



Ventilation Type Manager

In diesem Bereich kann man eine zusätzliche mechanische Lüftung definieren.

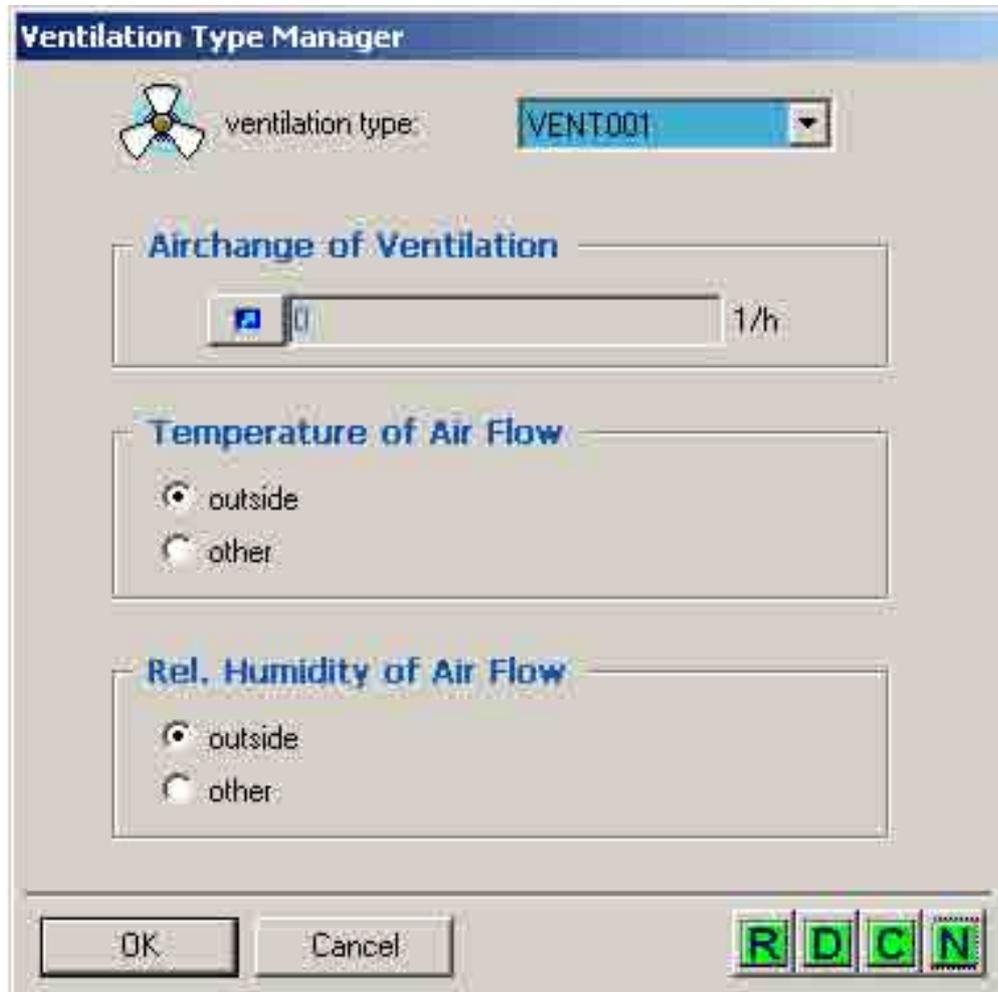


Abbildung 30 Ventilation Type Manager

Wie im vorherigen Beispiel „Infiltration“ kann man hier die gewünschte Luftwechselzahl für die mechanische Lüftung eingeben.

Unter „Temperature of Air Flow“ (Temperatur der Luftmenge) kann man zwischen:

- Outside (Aussentemperatur) und
- Other (Eingabe der Temperatur als Konstante in °C, als neuer Input oder durch Eingabe eines Zeitplans) bestimmen.

Die gleichen Eingabemöglichkeiten hat man auch bei der relativen Feuchte der Luftmenge.



Heating Type Manager

Durch Klicken auf dieses Symbol wird das nachfolgende Ansichtsfenster geöffnet.

Man kann hier die Art der Heizung der Zonen festlegen.

The screenshot shows the 'Heating Type Manager' dialog box. At the top, there is a fire icon and the text 'heating type: HEAT001'. Below this is the 'Room Temperature Control' section with a 'set temperature' field set to 20 °C. The 'Heating Power' section has radio buttons for 'unlimited' (selected) and 'limited', and a 'radiative part' field set to 0 % / 100. The 'Humidification' section has radio buttons for 'off' (selected) and 'on'. At the bottom, there are 'OK' and 'Cancel' buttons, and a row of four green buttons labeled 'R', 'D', 'C', and 'N'.

Abbildung 31 Heating Type Manager

Im oberen Bereich kann man die „Solltemperatur“ für den Raum eingeben. Unter „Heating Power“ (Heizleistung) kann man wählen zwischen:

- Unlimited (unbegrenzt)
- Limited (begrenzt auf eine bestimmte Leistung je Stunde kJ/h)

Ebenfalls kann der Strahlungsanteil festgelegt werden.

Es kann auch eine Befeuchtung (Humidification) ausgewählt werden. Wird hier „on“ gewählt kann der Wert der relativen Feuchte wieder als Konstante, neuer Input oder durch Eingabe eines Zeitplans definiert werden.



Cooling Type Manager

In diesem Bereich kann man eine benötigte Klimaanlage für die einzelnen Zonen einstellen.

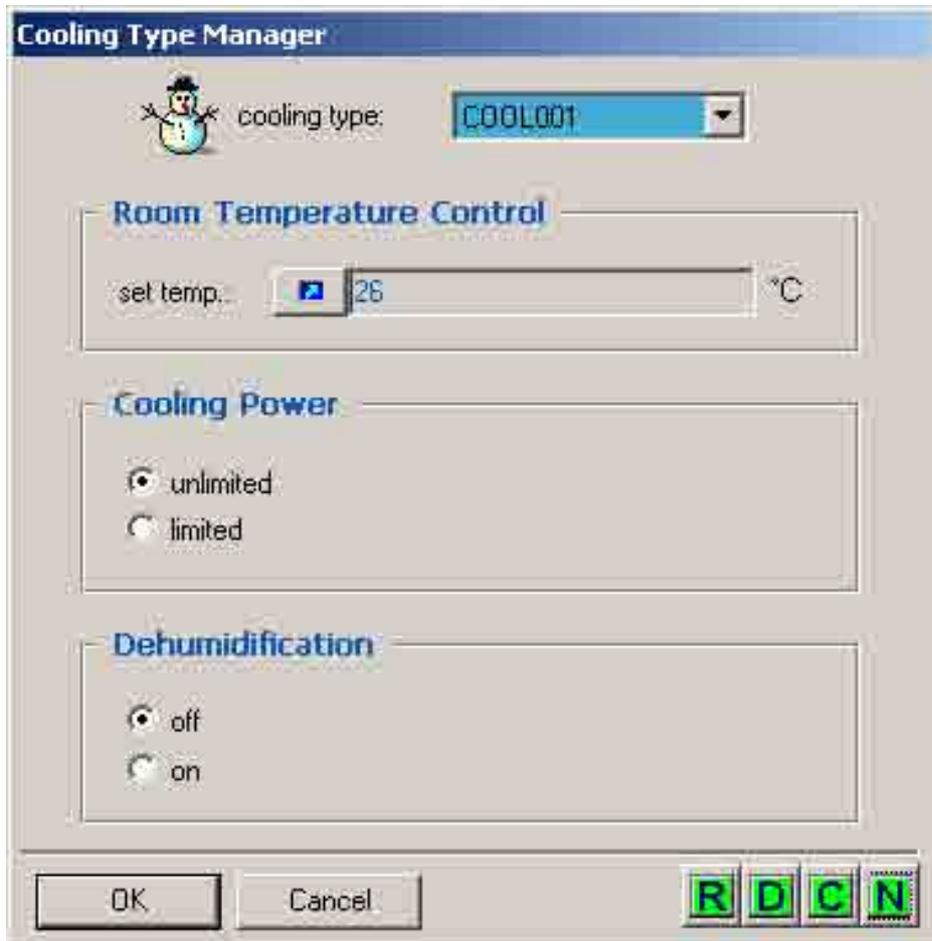


Abbildung 32 Cooling Type Manager

Die Aufteilung entspricht dem der Heizung.

Im oberen Bereich kann man die „Solltemperatur“ für den Raum eingeben.

Unter „Cooling Power“ (Kühlleistung) kann man zwischen den oben genannten Varianten wählen.

Es kann auch eine Entfeuchtung (Dehumidification) ausgewählt werden.

Wird hier „on“ gewählt kann der Wert der relativen Feuchte wieder als Konstante, neuer Input oder durch Eingabe eines Zeitplans definiert werden.



Gain Type Manager

Hier kann man interne Gewinne definieren.

Abbildung 33 Gain Type Manager

Klickt man zum ersten Mal auf dieses Symbol muss erst auf „N“ ein neuer Typ erstellt werden.

Man kann hier z.B. Personen, Beleuchtung, Elektrogegenstände, Heizung usw. einstellen.

Diese verschiedenen Möglichkeiten werden dann alle durch die Strahlungsenergie (radiative power), die Leistung der Konvektion (convective power) und die absolute Feuchtigkeit (abs. humidity) definiert.

Weitere Informationen können dem Anhang C entnommen werden.



Comfort Type Manager

In diesem Bereich kann man die Behaglichkeit in den einzelnen Zonen durch die Eingabe verschiedener Faktoren hinzufügen.

Abbildung 34 Comfort Type Manager

Weitere Informationen zur thermischen Behaglichkeit und Kalkulation von Vergleichswerten können dem Anhang B entnommen werden.



Schedule Type Manager

Die Zeitpläne können hier für jeden Tag der Woche getrennt eingegeben werden.

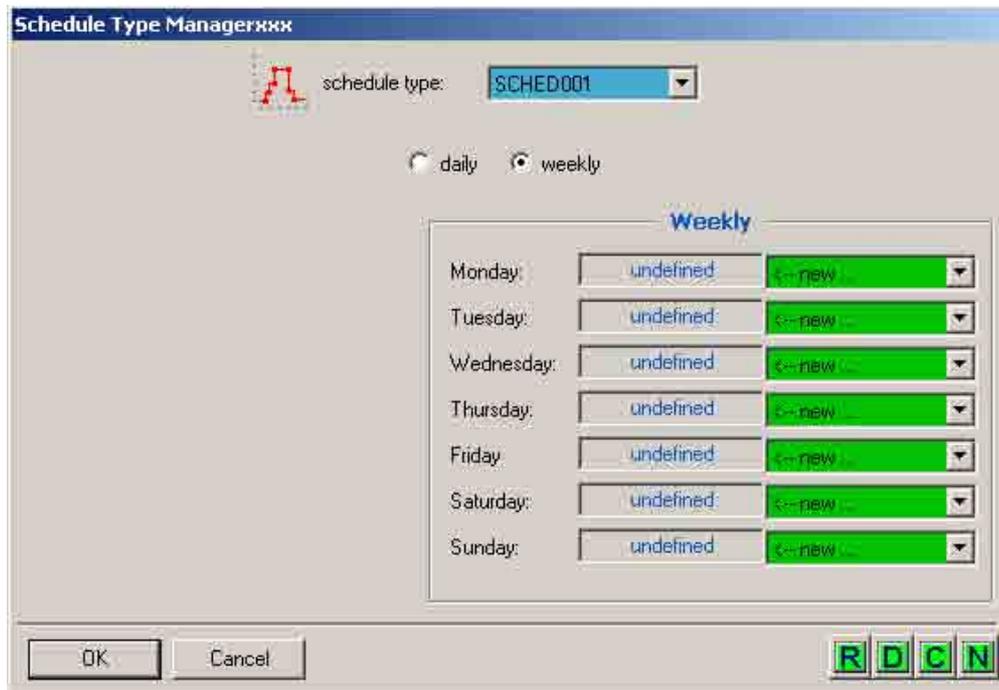


Abbildung 35 Schedule Type Manager

Man hat hier bei jedem Tag die Möglichkeit einen vorgefertigten Zeitplan (Werktags, Wochenende) anzunehmen, durch Klicken auf „Library“ den vorgegebenen Plan zu ändern oder unter „new“ einen neuen zu erstellen.

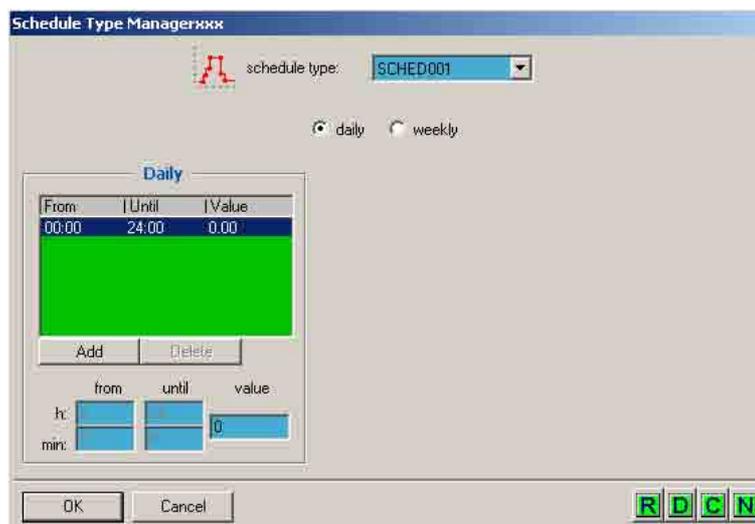


Abbildung 36 Schedule Type Managerxxx

Hier sieht man das Ansichtsfenster, in dem man einen neuen Zeitplan erstellen kann. Man kann zwischen täglich (daily) und wöchentlich (weekly) wählen. Im linken Übersichtsfenster ist bereits ein Wert eingegeben. Um eine weitere Unterteilung vorzunehmen klickt man auf „Add“. Die einzelnen Uhrzeiten kann man per Eingabe im unteren Bereich ändern.



WinID Pool

Man hat hier die Übersicht über alle verwendeten Glasarten. Durch Klicken auf das jeweilige Glas erhält man im unteren Bereich „WinID-Type“ genaue Angaben dazu.

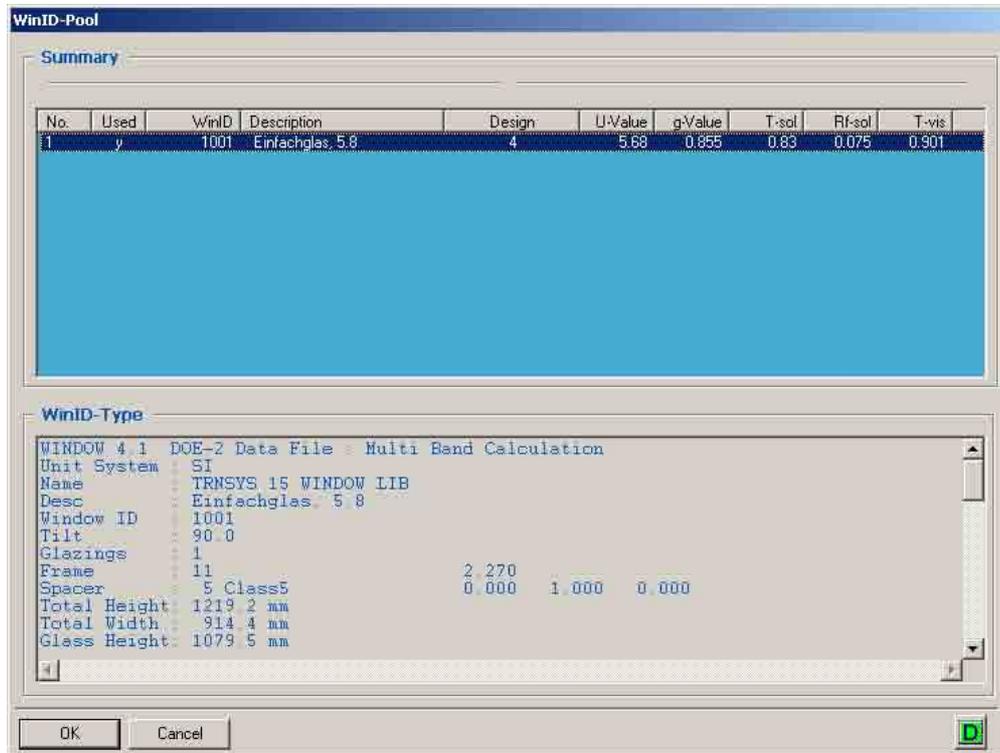
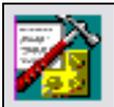


Abbildung 37 WinID-Pool



Edit INF File

Durch Klicken auf dieses Symbol wird die „Inf.-Datei“ geöffnet.



Max. heat load calculation

Zur Kalkulation der max. Wärmebelastung wird hier eine spezielle bui.-Datei erstellt.

Settings for max. heat load calculation

min. ambient temperature: -14 °C

room set temperature: 20 °C

temperature for Boundary Walls: 10 °C

airchange rate: 0.5 1/h

Display Parameter of heating load

unit: kW W

expected maximum heating load: 100

Calculation

Generate TYPE 56 Files

Start Cancel

Abbildung 38 Settings for max. heat load calculation

Hier kann die minimale Raumtemperatur (min. ambient temperatur), die festgelegte Raumtemperatur, die Temperatur für die angrenzenden Wände und die Luftwechselrate eingegeben werden.

Man muss hier im unteren Bereich das Feld „Generate TYPE 56 Files“ aktivieren.

Nach dem Klicken auf „Start“ wird die neue bui.-Datei erstellt, die identisch mit der bisherigen ist, nur hierbei sind alle internen Gewinne ausgeschaltet. Ausserdem ist die mechanische Lüftung und die Kühlung nicht berücksichtigt. Alle Inputs und Zeitpläne für die Heizung und natürliche Lüftung sind zu einen festen Wert zusammengefasst.



Run TRNSYS Input file

Klickt man auf dieses Symbol wrd die Berechnung gestartet und ein neues Fenster öffnet sich.

4.3.3.2 Projektfenster

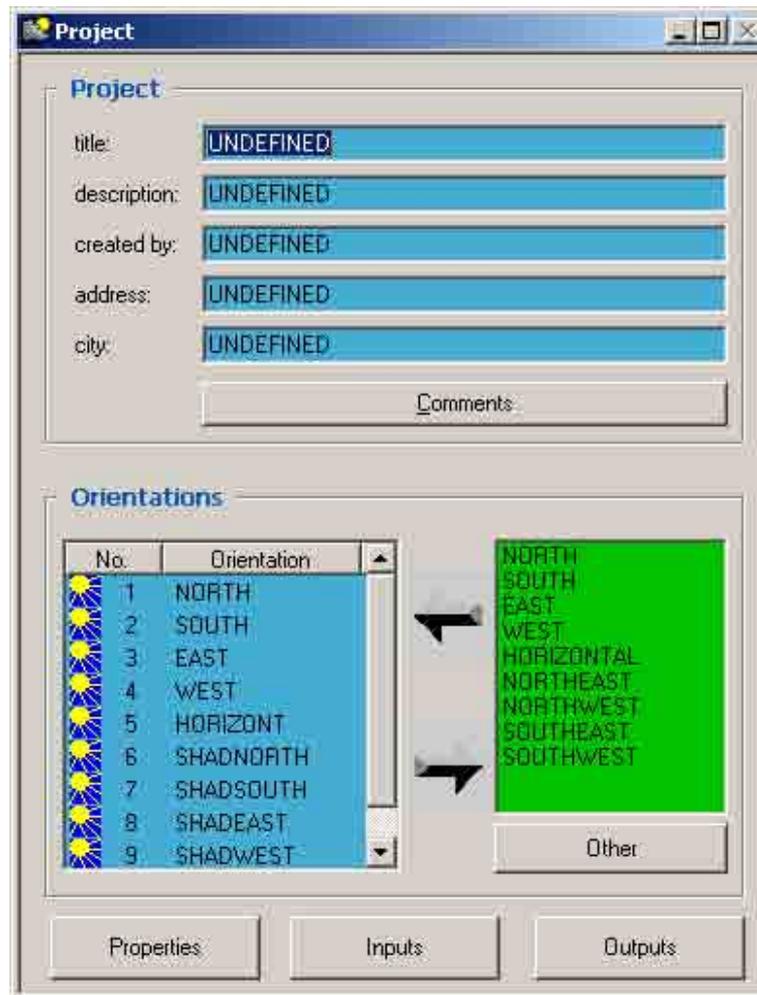


Abbildung 39 Project

In dem Projektfenster kann man im oberen Bereich die Bezeichnung des Objektes eingeben.

Unter „title“ wird die allgemeine Bezeichnung des Objektes (z.B. Neubau eines Einfamilienhauses) eingetragen.

Des weiteren folgt noch die „description“ (genauere Beschreibung der beschriebenen Zone, z.B. Küche), „created by“ (Name des bearbeitenden Büros), „adress“ (Adresse) und „city“ (Stadt).

Klickt man darunter auf „Comments“ kann man einen längeren Text zur Beschreibung des Objektes eingeben.

Unter „Orientations“ können alle vorkommenden Ausrichtungen des Objektes festgelegt werden. Durch die beiden Pfeile „ADD“ und „DEL“ kann eine vordefinierte Himmelsrichtung übernommen bzw. gelöscht werden.

Im unteren Bereich hat man drei weitere Eingabemöglichkeiten:

Im unteren Bereich hat man drei weitere Eingabemöglichkeiten:

- **Properties:**

Abbildung 40 Properties

Im oberen Bereich werden folgende Werte festgelegt (es handelt sich hierbei um konstante Werte, die hier so belassen werden können):

- density of air: Dichte der Luft [kg/m³]
- specific heat of air: Spezifische Wärmespeicherkapazität der Luft [kJ/(kgK)]
- heat of vaporization of water: Verdampfungswärme von Wasser [kJ/kg]
- Stefan Boltzmann Constant: [kJ/(hm²K⁴)]
- Approx. Average surface temp.: Durchschnittliche Oberflächentemperatur [K]

Im unteren Bereich „Parameters for internal calculation of heat tranfer coefficients“ (Parameter für die interne Kalkulation der Wärmeübergangskoeffizienten) werden weitere Werte festgelegt. Diese werden benötigt, wenn dem Nutzer ein Ansatz von konstanten Wärmeübergangskoeffizienten nicht ausreicht (z.B. bei Betrachtung der Oberflächentemperatur). Hierbei wenden die einzelnen Koeffizienten nach $\alpha_{conv} = const \cdot (T_{surf} - T_{air})^{exp}$ berechnet. Im Wärmeschutzskript von Prof. Dr.-Ing. Leimer wird im Abschnitt 3 der Wärmeübergangskoeffizient h_{cv} behandelt.

- **Inputs:**

Hier können zusätzlich benötigte Inputs definiert werden. Dies ist bei vielen Berechnungen nötig (siehe Abs. „6.3 Eingabe“).

- **Outputs:**

Durch klicken auf dieses Symbol öffnet sich zunächst das folgende Ansichtsfenster.

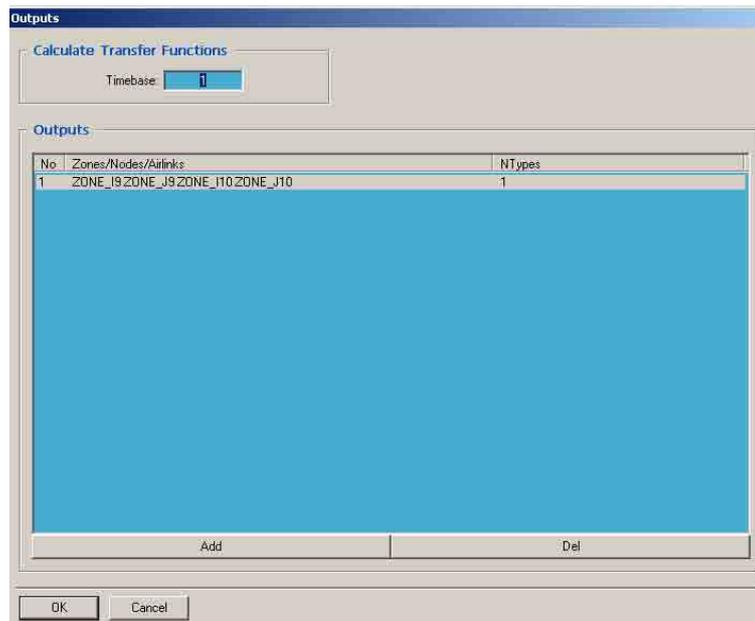


Abbildung 41 Outputs

Hier sind alle bisher ausgewählten „Outputs“ aufgelistet. Um weitere hinzuzufügen kann im unteren Bereich auf „Add“ geklickt werden. So gelangt man in das „Output Data“-Fenster.

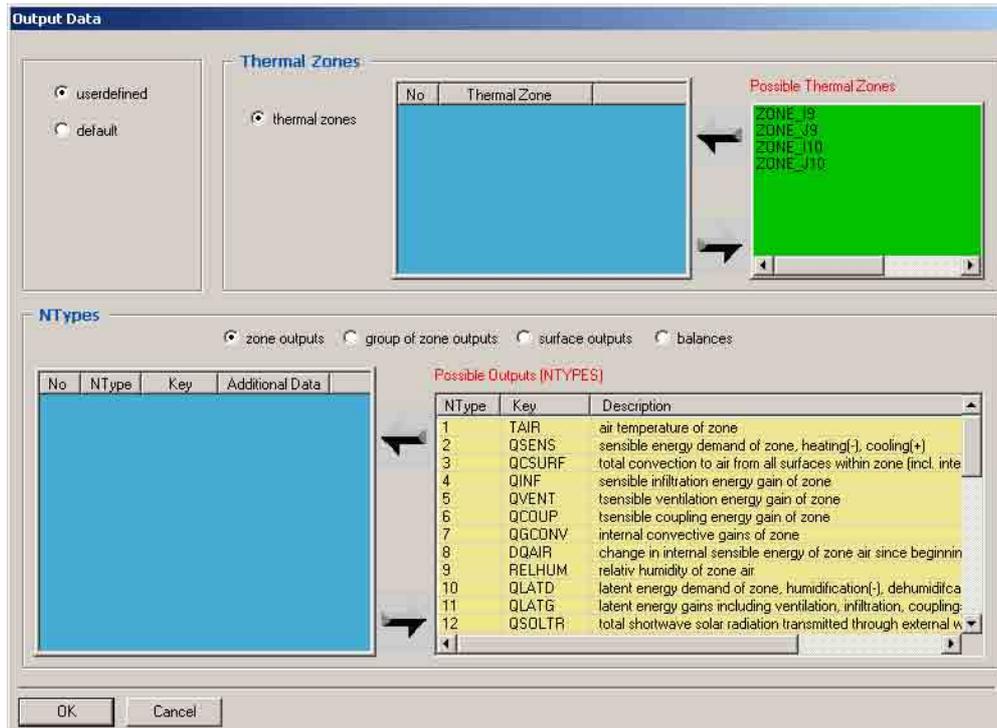


Abbildung 42 Output Data

Im rechten oberen Bereich „Possible Thermal Zones“ sind alle Bereiche aufgeführt, die zuvor definiert wurden sind (z.B. ZONE_I9).

Durch die beiden Pfeile „ADD“ und „DEL“ kann die Zone (oder auch alle Zonen) ausgewählt werden. Auf die ausgewählten Zonen beziehen sich dann die markierten „Outputs“.

Unter „Ntypes“ kann man dann unter den bereits vorgefertigten „Outputs“ wählen. Auch hier hat man wieder die Möglichkeit zwischen 4 verschiedenen Bereichen:

- **zone outputs:** Markiert man diese Variante werden im linken unteren Bereich die möglichen Outputs für die einzelne Zone aufgeführt. Hierunter fällt z.B. die Raumtemperatur oder die relative Feuchtigkeit der Zone.
- **group of zone outputs:** Der „Output“ gilt hier für mehrere Zonen zusammen. Beispiele hierfür sind z.B. der Wärmebedarf für die gesamten Zonen.
- **surface outputs:** Hierbei wird sich auf die „Outputs“ für Oberflächen beschränkt. Darunter fällt u.a. die innere und äußere Oberflächenemperatur.
- **balances:** Zu diesem Bereich gehört z.B. die Energiebilanz für eine Zone oder für Oberflächen.

Durch Markierung einer dieser „Outputs“ und klicken auf den Pfeil „ADD“ wird dieser ausgewählt. Ist dies geschehen müssen weitere Angaben hierzu gemacht werden. Dafür muss man mit einem Doppelklick auf das eben übernommene „Output“ gehen. Es öffnet sich das folgende Ansichtsfenster:

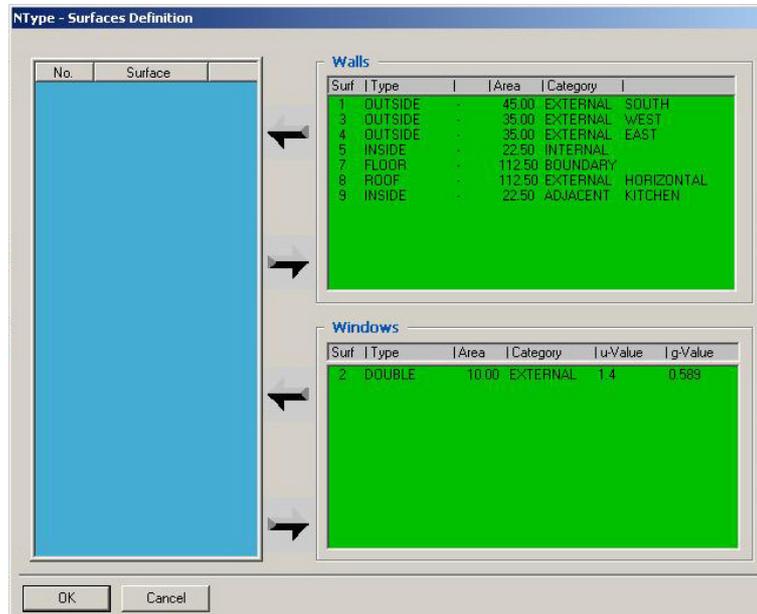


Abbildung 43 Ntype- Surfaces Definition

Hat man z.B. eine Oberflächentemperatur ausgewählt, muss hier noch unter „walls“ eine oder mehrere Wände, oder unter „Window“ ein Fenster ausgewählt werden, von denen die Oberflächentemperatur ausgegeben werden soll.

4.3.3.3 Übersichtsfenster

Über einen Klick auf eine Zone öffnet sich das Eingabefenster der entsprechenden Zone. Hier können die Eigenschaften, Geometrien etc. festgelegt werden.

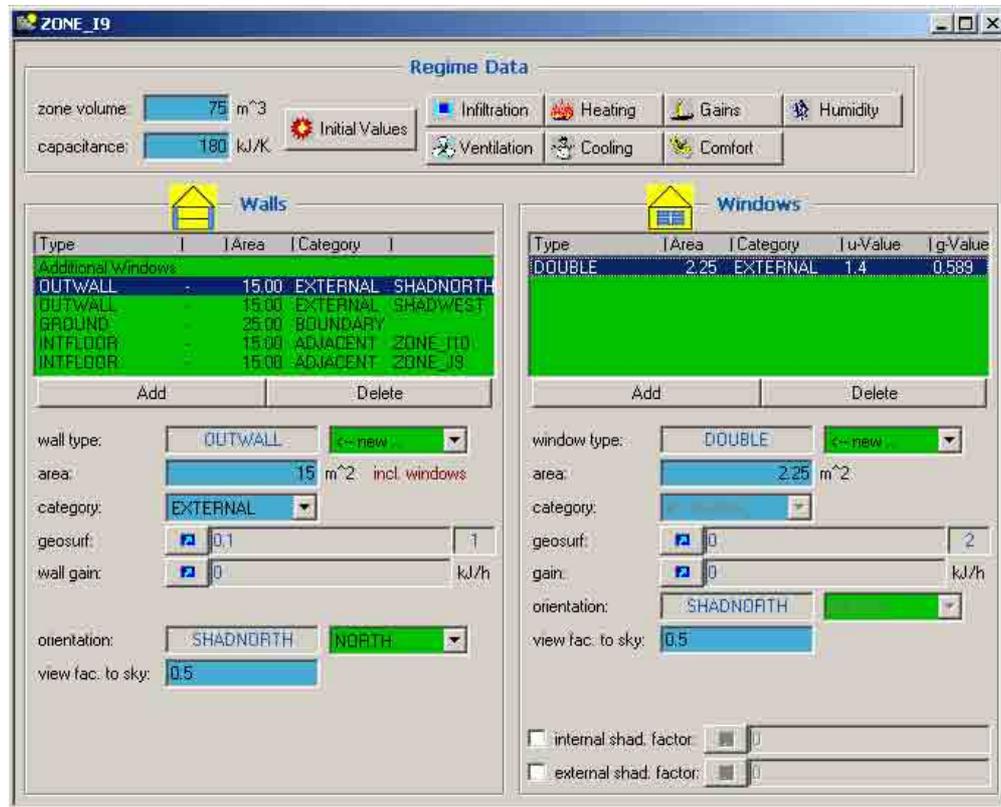


Abbildung 44 Zone

Hier findet man im linken Bereich die Übersicht der Wände die dieser Zone zugeteilt sind.

Über „Add“ bzw. „Delete“ können neue Wände definiert oder gelöscht werden.

Im unteren Bereich sind zuvor festgelegte Werte aufgeführt, wie z.B. der „wall type“ (Aussenwand, Innenwand,...) die „Area“ (Wandfläche in m²) oder die „orientation“ (Himmelsausrichtung).

Der Geosurf-Faktor dient zur Verteilung der in eine Zone einfallenden Direktstrahlung auf die raumbegrenzenden Bauteile. Die Summe aller Faktoren einer Zone darf nicht größer als 1 sein, ist die Summe 0, so wird die Strahlung gleichmäßig auf die Flächen verteilt.

Nach DIN EN ISO 13791 Abs. 7.3.5 Anhang G kann für

- Fußboden $fd=0,5$
- Decke $fd=0,1$
- Wände $fd=0,4$ (Summe aller Wände)

angesetzt werden. Hierbei ist jedoch auf die Geometrie der Zone zu achten und gegebenenfalls die Gewichtung der Wände anders zu verteilen.

Der „view factor to sky“ ist ein Verhältniswert zur Berücksichtigung des Winkels der Sonneneinstrahlung. FSKY für Gebäude ohne Nachbarbebauung:

- Vertikale Flächen 0,5
- Horizontale Flächen 1,0
- Schräge Flächen $FSKY = \left(\frac{1 + \cos \beta}{2} \right)$

Im rechten Eingabefeld wird angezeigt ob in der rechts markierten Wand ein Fenster beschrieben ist.

Über „Add“ bzw. „Delete“ können in der im linken Bereich markierten Wand neue Fenster hinzugefügt oder gelöscht werden.

Der „internal shad. factor“ und „external shad. factor“ dienen zur Erläuterung von inneren und äußeren Verschattungen (z.B. Gardinen, Rollläden), sie definiert sich nach $ISHADE=1-F_c$ (F_c nach DIN 4108-2). Wird einer der beiden Faktoren aktiviert, bezieht TRNSYS die „Optional Properties of Shading Devices“ in weitere Berechnungen ein (siehe Abs.4.3.3.1).

Im oberen Bereich können die Eigenschaften (Heizung, Kühlung,...) zonenspezifisch eingegeben werden.

▪ Gains

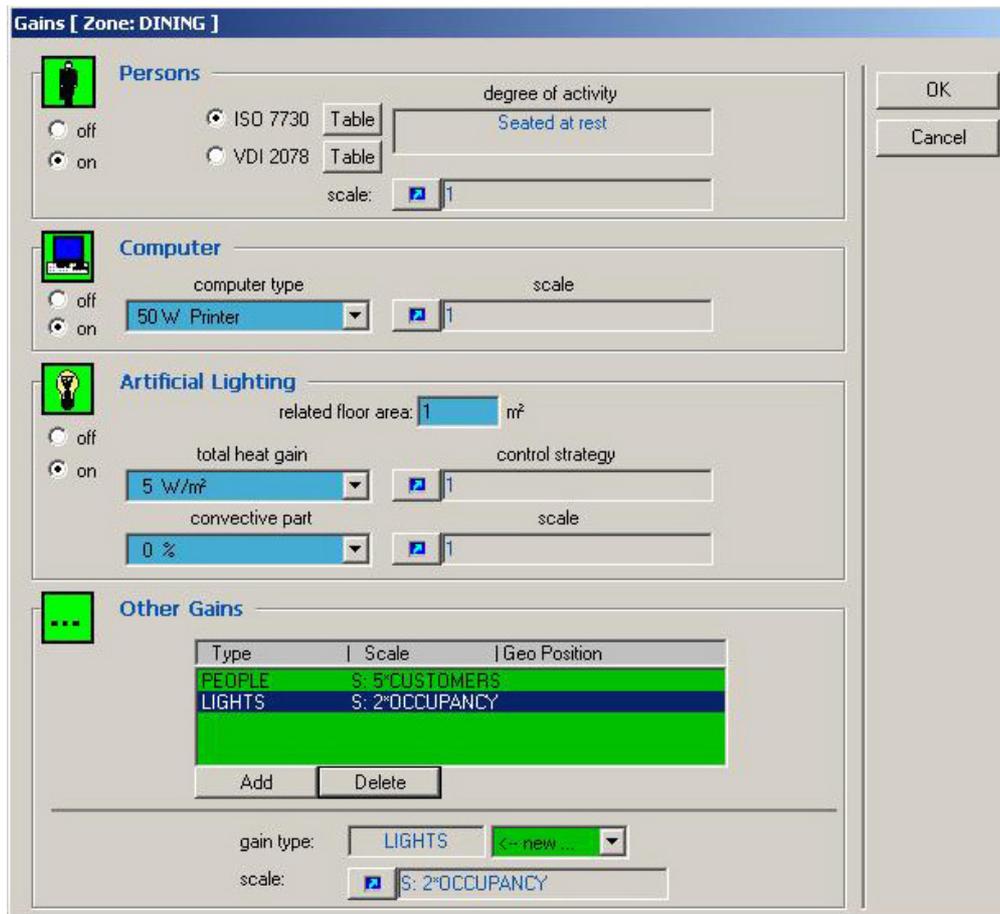


Abbildung 45 Gains [Zone:xxx]

In diesem Bereich kann man nochmals genauer auf die „gains“ (internen Gewinne) eingehen und definieren woraus sie sich ergeben.

Bei den Personen kann man zw. DIN ISO 7730 und VDI 2078 wählen. Klickt man auf „Table“ gelangt man zur Auswahl [z.B. „Seated at rest“ (ausschließlich sitzend)].

Bei den Computern kann man zwischen dem Typen (PC mit Monitor, Drucker,...) unterscheiden.

Unter „Artificial Lighting“ (künstliche Belichtung) kann die betroffene Grundfläche („related floor area“), und der totale Wärmegewinn eingegeben werden.

Im unteren Bereich könne dann noch weitere Gewinne definiert werden.

Informationen und Handhabung von internen Wärmelasten können dem Anhang C entnommen werden.

▪ **Humidity**

Zur Berechnung der Raumlufffeuchte stehen zwei verschiedenen Verfahren zur Auswahl – das vereinfachte Verfahren und ein Verfahren mit Berücksichtigung der Feuchtespeicherung.

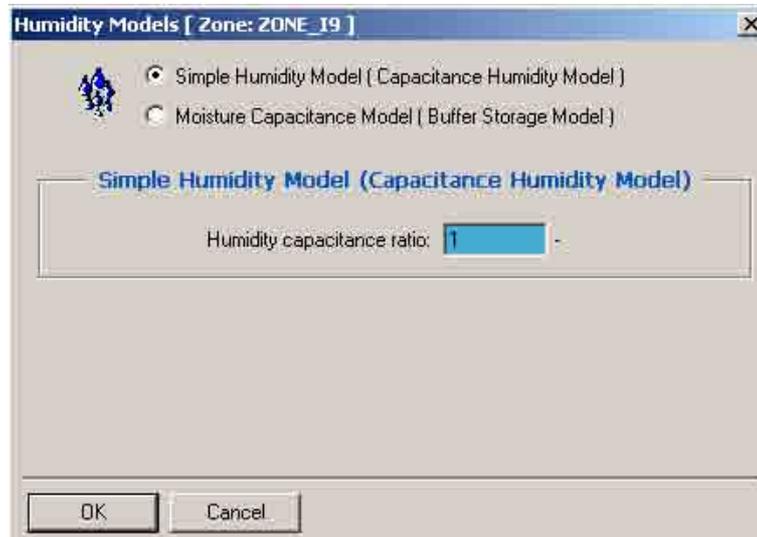


Abbildung 46 Humidity Models 1

Das vereinfachte Verfahren findet Anwendung bei Behaglichkeitsuntersuchungen. Hierbei wird die Speicherung der Feuchte mit

- 1 - keine Speicherung
 - ⋮
 - 10 - volle Speicherung
- definiert.

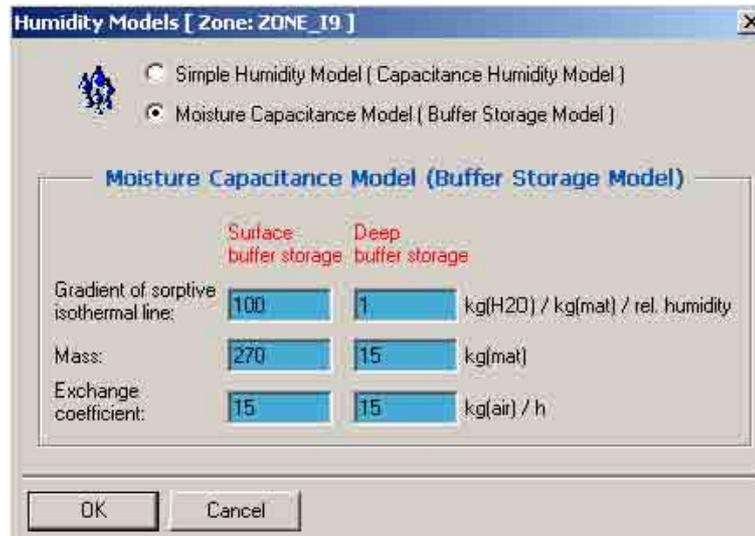


Abbildung 47 Humidity Modells 2

Mit Hilfe des „Moisture Capacitance Model“ ermöglicht eine genauere Beschreibung der Dynamik der Feuchte. Hierbei wird der Feuchtetransport in einem Bauteil durch die Definition von Oberflächen- und Tiefenspeicher aufgeteilt. Der Anwender muss hierfür drei Parameter für jeden der einzelnen Speicherfunktionen eingeben:

- Sorptionsisothermensteigung
- Baustoffmasse
- Austauschkoefizient der Raum (Surface)/Oberfläche(Deep).

Zunächst müssen den Oberflächen- und Tiefenspeicher die entsprechenden Baustoffe zugeordnet werden. Diese Zuordnung hängt stark von dem Zeitraum ab, innerhalb dessen die Feuchtespeicherung der Wände durch die Oberflächen- und Tiefenspeicher simuliert werden soll. Die Kombination der beiden Feuchtespeicher wurde für die Simulation von Feuchteschwankungen konzipiert, die sich innerhalb von Stunden bis zu einer Woche abspielen. Für saisonale Schwankungen können die Speicher zwar ebenfalls entsprechend definiert werden, es liegen allerdings noch keine Meßdaten zur Überprüfung einer solchen Simulation vor. Darüber hinaus zeigen die Simulationen, dass zur Dynamik der Raumfeuchte in der Größenordnung von Wochen und länger im wesentlichen die Undichtigkeit der zu beschreibenden Räume beiträgt.

Somit werden wir uns hier auf das vereinfachte Feuchtemodel beschränken, da die im Zuge dieses Handbuchs durchgeführten Simulationen über deutlich längere Zeiträume verlaufen und um nicht zu erzielende Genauigkeit vorzuteuschen.

Weitere Informationen zum Feuchtespeichermodell können jedoch dem TRNSYS-Handbuch im Kapitel 6 ab Seite 101 entnommen werden.

5 Arbeiten mit dem TRNSYS Simulation Studio

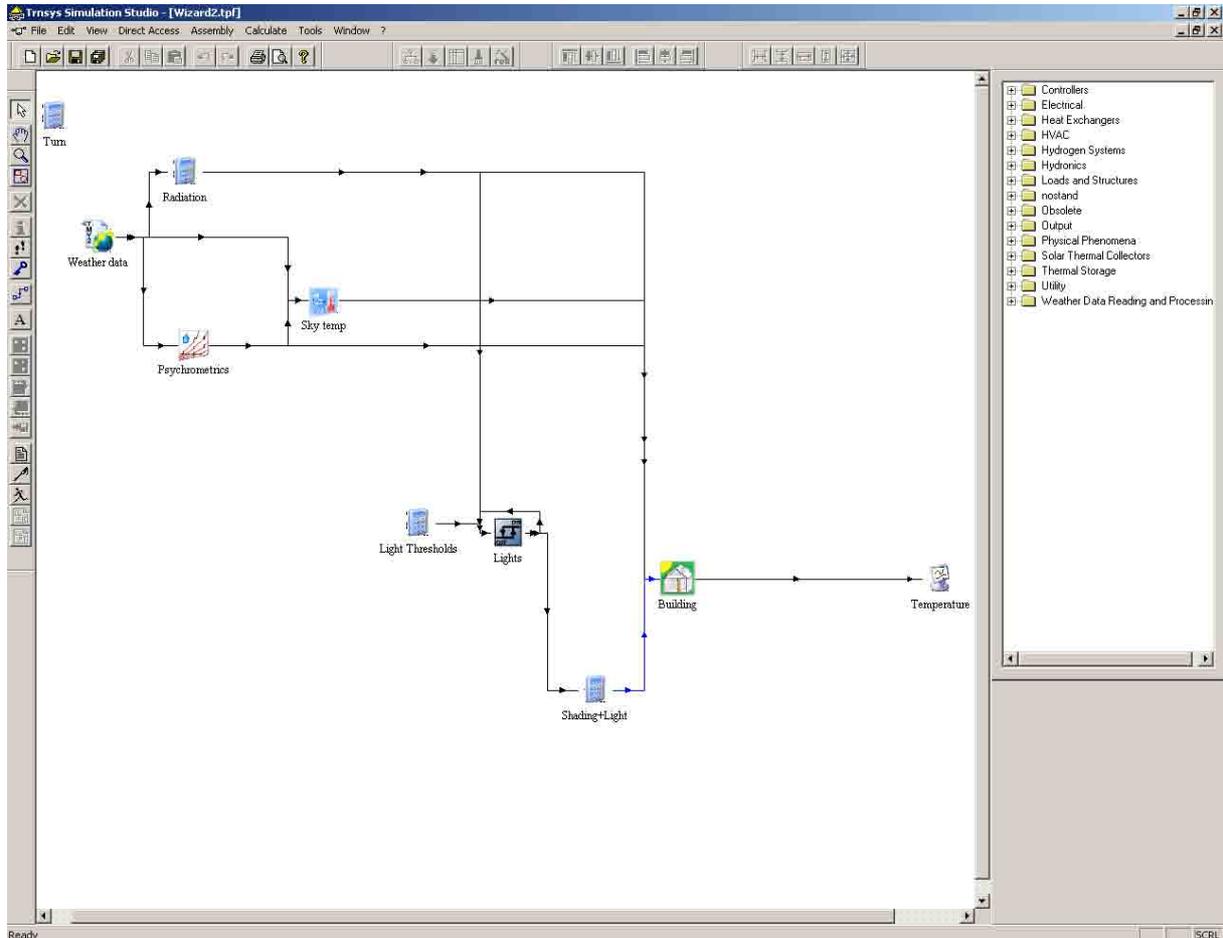


Abbildung 48 Studioübersicht

Nach Beendigung des Wizard aus Abs. 4.3.2 wird, wie auf Seite 40 beschrieben das Projekt im Studio erstellt. Im Folgenden werden wir uns mit den wichtigsten „TRNSYS-TYPE´s“ und dem Erstellen und Bearbeiten von Verknüfungen im „TRNSYS Simulation Studio“ befassen

5.1 Verknüpfungen

Zur Erstellung einer neuen Verknüpfung, muss man zunächst wie in „4.3.1.2Toolbox“ unter „Link“ beschrieben vorgehen.

Diese Verknüpfung ist jedoch noch keinem Input/Output der jeweiligen Module zugeordnet (sichtbar an der noch blauen Verknüpfungslinie).

Durch einen Doppelklick auf die Verbindung öffnet sich das nachstehende Ansichtsfenster.

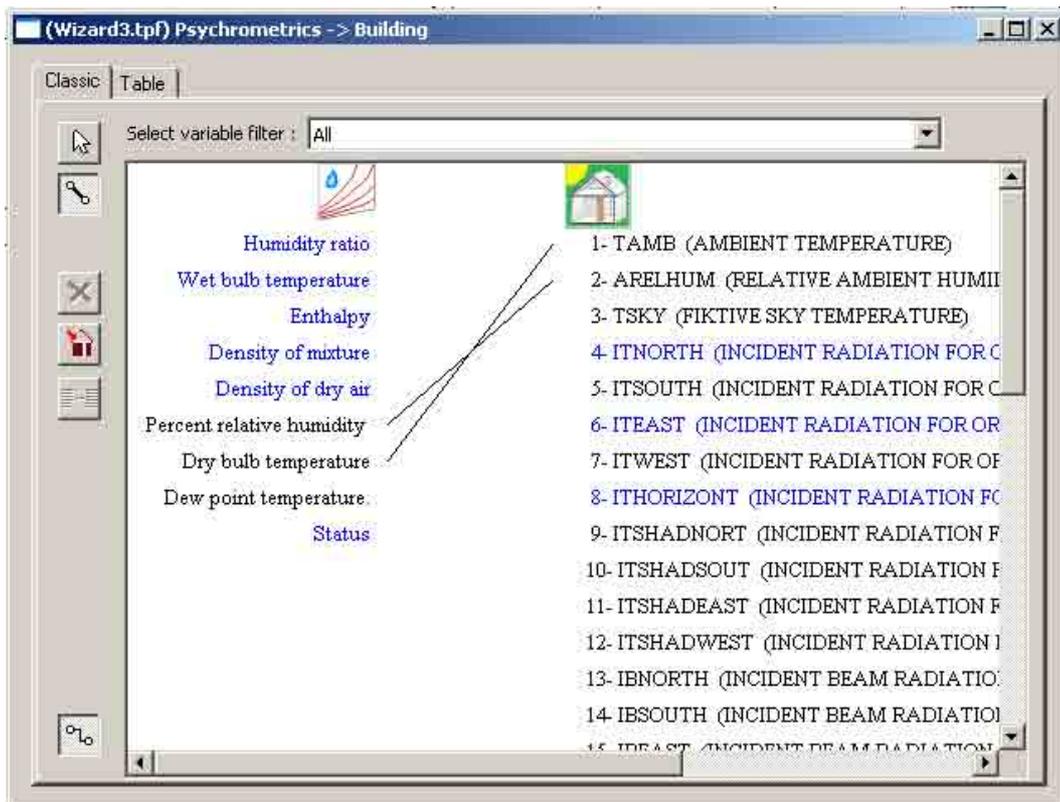


Abbildung 49 Verknüpfungen - Classic

Classic:

Hier kann man durch das Symbol „Connect mode“ eine Verknüpfung zwischen dem gewünschten Output, des Moduls auf der linken Seite, und dem Input des anderen Moduls erstellen.

Durch die unterschiedliche Färbung der Schrift (blau= noch nicht verknüpft, schwarz= bereits mit einem anderen Modul verknüpft) kann man erkennen, welche Werte für die neue Verknüpfung noch zur Verfügung stehen.

Durch markieren einer Verbindung mit der Pfeiltaste und anschließendem Klicken auf „Delete the selected connection“ kann die Verknüpfung rückgängig gemacht werden.

Durch Doppelklicken auf die Module wird wieder das Fenster des Modulaufbaues geöffnet (s. Abbildung 3 Modulaufbau).

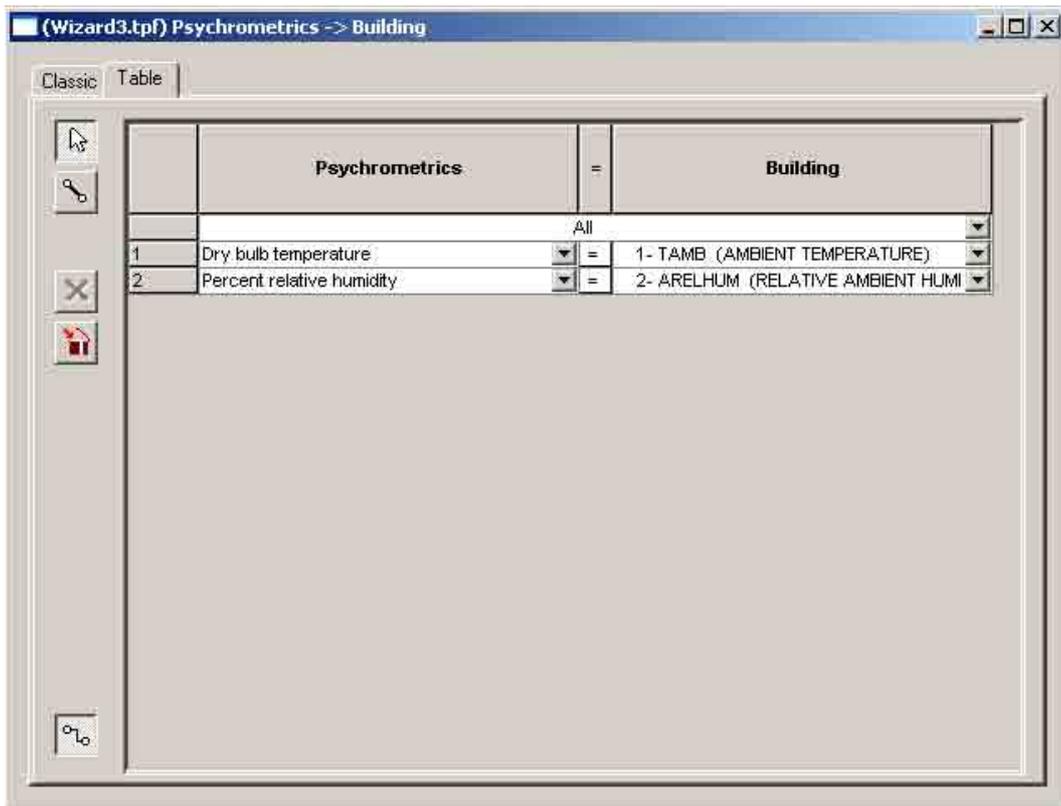


Abbildung 50 Verknüpfungen - Table

Table:

In diesem Bereich ist die zuvor grafisch dargestellte Verknüpfung als Tabelle aufgelistet.

Der Benutzer kann auch hier die Verbindungen ändern bzw. neue hinzufügen.

Durch das Symbol „Delete all the connections“ werden alle Verknüpfungen gelöscht.

5.2 Module

5.2.1 Berechnung

5.2.1.1 Integration



TYPE 24

(S. 4-800 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Ulitlity → Intergators → Quantily → Integrator

Dieses Modul ermöglicht es dem Nutzer einen oder mehrere Inputs über eine bestimmte Zeit zu integrieren.



TYPE 55

(S. 4-797 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Ulitlity → Intergators → Periodic Integrator

Mit Hilfe dieses Moduls können Statistiken über einen oder mehrere Werte erstellt werden. Als Outputs werden dabei:

- Anzahl
- arithmetisches Mittel
- Standartabweichung
- Summe der Quadrate
- Streuung
- Minimum
- Zeitpunkt des Minimum
- Maximum
- Zeitpunkt des Maximum

ausgegeben.

5.2.1.2 Equation



Durch das Hinzufügen (siehe Seite 19) von Berechnungen kann der User das dck-File nach seinen Bedürfnissen frei gestallten. Er kann dieses Modul z.B. zum Umrechnen oder Umbenennen von Zahlenwerten nutzen. Dies sorgt für eine bessere Übersicht und vereinfacht die weitere Arbeit im „TRNSYS Simulation Studio“ ungemein.

Die Hauptaufgabe dieser Anwendung jedoch ist die Berechnung von mathematischen Formeln. Die Eingabe erfolgt über ein Fenster (siehe Abbildung 51 Equation).

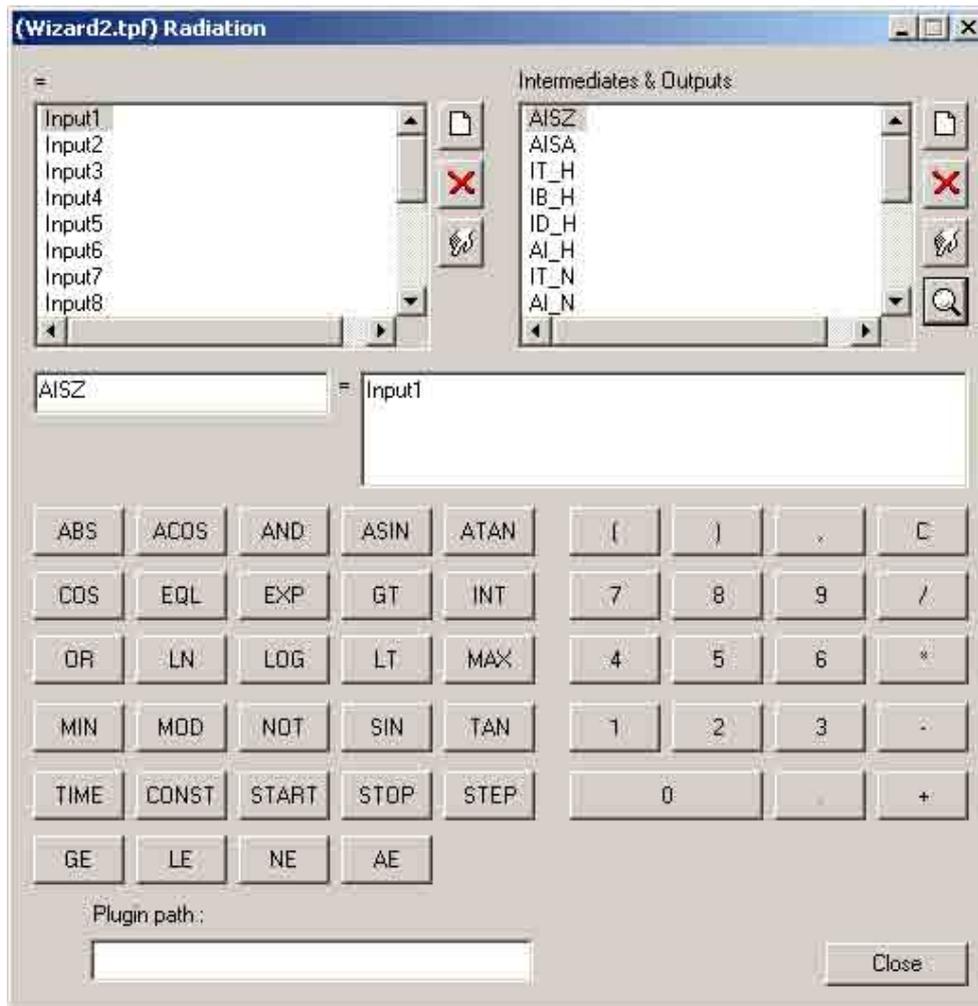


Abbildung 51 Equation

Dieses Fenster öffnet sich durch einen Doppelklick auf das Modul.

Im linken Bereich sind die Inputs aufgeführt, die sich durch die Verknüpfung mit anderen Modulen ergeben haben.

Im rechten Fenster werden die erzeugten Outputs aufgelistet. Durch einen Doppelklick auf einen Output können nach Abs. 5.2.1.3 mathematische Zusammenhänge bzw. Berechnungen definiert werden. Abbildung 51 zeigt eine durch den Wizard automatisch erzeugte Berechnung. Im Beispiel werden die vorherige Bezeichnungen der Inputs in eine Abkürzung umgewandelt.

5.2.1.3 Berechnungshilfe (FORTRAN)

Arithmetische Operatoren

$x^{**}y$	x^y	Exponentiation
$x*y$	$x \cdot y$	Multiplikation
x/y	$\frac{x}{y}$	Division
$x+y$	$x + y$	Addition
$x-y$	$x - y$	Subtraktion

Funktionen

ABS(X)	$ x $	Betrag
DIM(X,Y)	$x - y$ für $x > y$ 0 für $x \leq y$	Positive Differenz
MAX(X,Y,...)		Maximum
MIN(X,Y,...)		Minimum
MOD(X,Y)	$x - \left(\frac{x}{y}\right) \cdot y$	Divisionsrest

Vergleichsoperatoren

EQL(X,Y)	$x = y$	gleich
NE(X,Y)	$x \neq y$	ungleich
LT(X,Y)	$x < y$	kleiner
LE(X,Y)	$x \leq y$	kleiner gleich
GT(X,Y)	$x > y$	größer
GE(X,Y)	$x \geq y$	größer gleich

Ein Vergleichsausdruck gibt den Wert „wahr“ oder „falsch“ zurück (binär heißt dies 1 oder 0).

Mathematische Funktionen

ACOS(X)	$\arccos(x)$	Arcus Cosinus
ASIN(X)	$\arcsin(x)$	Arcus Sinus
ATAN(X)	$\arctan(x)$	Arcus Tangens
ATAN2(X,Y)	$\arctan\left(\frac{x}{y}\right)$	Arcus Tangens
COS(X)	$\cos(x)$	Cosinuns
COSH(X)	$\cosh(x)$	Cosinus Hyperbolicus
EXP(X)	e^x	Exponentialfunktion
LOG(X)	$\ln(x)$	Natürlicher Logarithmus
LOG10(X)	$\log(x)$	Dekadischer Logarithmus
SIN(X)	$\sin(x)$	Sinus
SINH(X)	$\sinh(x)$	Sinus Hyperbolicus
SQRT(X)	\sqrt{x}	Quadratwurzel
TAN(X)	$\tan(x)$	Tangens
TANH(X)	$\tanh(x)$	Tangens Hyperbolicus

5.2.2 Lesen und Schreiben von Daten

5.2.2.1 Wetterdaten lesen

Je nachdem in welcher Form Wetterdaten vorliegen müssen unterschiedliche Verfahren angewendet werden um diese lesen zu können. Wir werden hier zwei mögliche Varianten erläutern (TYPE109-TMY2 und TYPE9g).



TYPE 109-TMY2

(S. 4-815 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)
Toolbar: Weather Data Reading and Processing → Standard Format
→ TMY2

Die mitgelieferten Datensätze von TRNSYS16 (*.tm2) können durch dieses Modul eingelesen werden. Dieses Modul rechnet die einfallende Strahlung der Sonne automatisch auf die Einzelflächen um. Hierzu ist es lediglich nötig die Anzahl der einzelnen Orientierungen und ihre Azimutwinkel in den Parametern festzulegen. Dies trifft auf alle TYPE109 zu.



TYPE 9g

(S. 4-709 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)
Toolbar: Utility → Data Reader → Generic Data Files → Expert Mode
→ Specified Format

Wetterdatensätze (Testreferenzjahre) die hingegen beim Deutschen Wetterdienst erworben wurden müssen über diesen TYPE eingelesen werden. Die Globalstrahlung wird allerdings nicht wie in TYPE109 automatisch auf die einzelnen Flächen umgerechnet. Es ist nötig das ein TYPE16 (siehe Abs. „5.2.3 *Weitere*“) angefügt wird.

Zu den entsprechenden Datensätzen werden Datenformate mitgeliefert. Diese Formate müssen vor der Simulation im Register „Special Cards“ (siehe „4.3.1.4 *Modulaufbau*“) hinterlegt werden.

5.2.2.2 Excel-Daten importieren und exportieren



TYPE 62

(S. 4-702 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Utility → Calling External Programs → Excel

Mit Hilfe diesem Tools ist es möglich Daten aus einer Excel-Tabelle in TRNSYS zu lesen und in eine Excel-Tabelle zu schreiben. Maximal können zehn Zahlenwerte gelesen und geschrieben werden. Die einzelnen Zellen in Excel müssen hierfür benannt (Inp1...Inp10; Out1...Out10) sein. Wird Strg+F3 in einer geöffneten Excel-Tabelle gedrückt so öffnet sich das Fenster „Namen definieren“. Hier können dann die Namen für die einzelnen Zellen festgelegt werden.

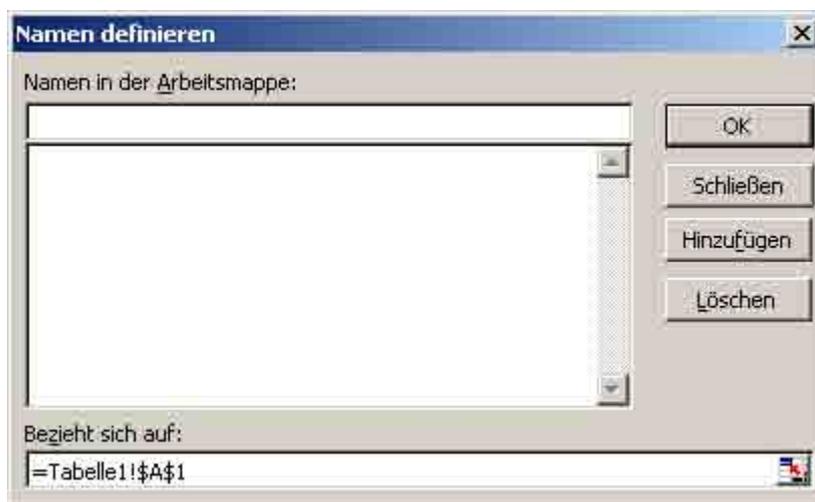


Abbildung 52 Namen definieren

Hierbei ist zu beachten, dass TRNSYS die Zellen Out1...Out10 liest und in die Zellen Inp1...Inp10 schreibt.

Bevor jedoch Daten geschrieben/gelesen werden können muss dem Excel-Arbeitsblatt ein Makro (siehe nächste Seite) angefügt werden. In Excel kann dies unter

- Extras
- Makro
- Visual Basic-Editor

eingegeben werden.

Durch Erweiterung des VBA-Makros kann die maximale Anzahl der Datensätze erhöht werden.

```
Sub TRNSYS(Optional Input1 As Variant, _
Optional Input2 As Variant, _
Optional Input3 As Variant, _
Optional Input4 As Variant, _
Optional Input5 As Variant, _
Optional Input6 As Variant, _
Optional Input7 As Variant, _
Optional Input8 As Variant, _
Optional Input9 As Variant, _
Optional Input10 As Variant)
With Names
If Not IsMissing(Input1) Then: .Item("Inp1").RefersToRange = Input1: Else: GoTo GoOn
If Not IsMissing(Input2) Then: .Item("Inp2").RefersToRange = Input2: Else: GoTo GoOn
If Not IsMissing(Input3) Then: .Item("Inp3").RefersToRange = Input3: Else: GoTo GoOn
If Not IsMissing(Input4) Then: .Item("Inp4").RefersToRange = Input4: Else: GoTo GoOn
If Not IsMissing(Input5) Then: .Item("Inp5").RefersToRange = Input5: Else: GoTo GoOn
If Not IsMissing(Input6) Then: .Item("Inp6").RefersToRange = Input6: Else: GoTo GoOn
If Not IsMissing(Input7) Then: .Item("Inp7").RefersToRange = Input7: Else: GoTo GoOn
If Not IsMissing(Input8) Then: .Item("Inp8").RefersToRange = Input8: Else: GoTo GoOn
If Not IsMissing(Input9) Then: .Item("Inp9").RefersToRange = Input9: Else: GoTo GoOn
If Not IsMissing(Input10) Then: .Item("Inp10").RefersToRange = Input10: Else: GoTo GoOn
End With
GoOn:
End Sub
```

Abbildung 53 Excelmakro

5.2.2.3 Daten-Plotter



TYPE 25a

(S. 4-359 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Output → Printer → TRNSYS-Supplied Units

Diese Komponente wird genutzt um ausgewählte Kennwerte in festgelegten Zeitintervallen auszugeben.

Die gewünschten Ergebnisse können herkömmlich verlinkt oder vereinfacht ausgewählt werden.

Die vereinfachte Auswahl erfolgt dabei über das „Variablen-Fenster“ eines anderen Moduls (z.B. Integrator). Hier können die auszugebenden Daten unter „Output“ markiert werden (siehe Abbildung 54). Es wird automatisch ein „System Printer“ mit den entsprechenden Ausgaben verknüpft.

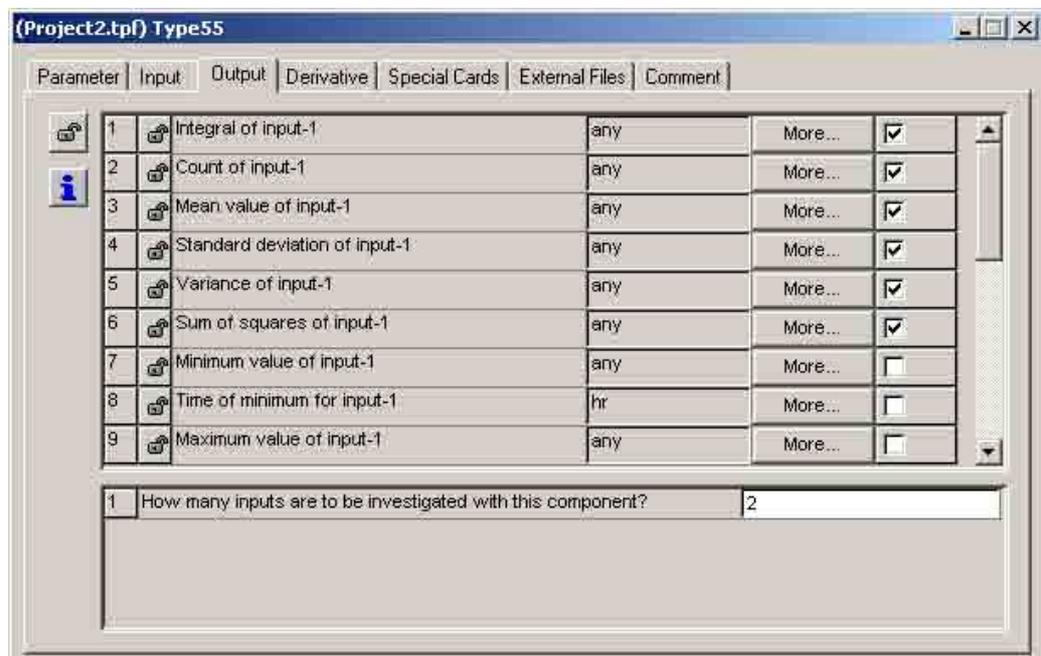


Abbildung 54 Auswahl von auszugebenden Daten über das „Variablen-Fenster“

5.2.2.4 Graphische Ausgabe



TYPE 65

(S. 4-351 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Output → Online Plotter → Online Plotter With File

Das TYPE65a wird verwendet um die Simulationgrafik, mit ausgewählten Kennwerten, auszugeben.

Dies ist das gebräuchlichste Ausgabewerkzeug im „Simulation Studio“, da die Ergebnisse zum einen graphisch ausgegeben werden und zugleich unter „External Files“ eine Ausgabedatei erstellt werden kann.

5.2.3 Weitere



TYPE 2d

(S. 4-23 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Controllers → Differential Controller w_Hysteresis
→ generic → Solver 0

Dieses Modul kann dazu genutzt werden etwas ein/aus-zuschalten. Dazu werden bestimmte Grenzen in den Parametern festgelegt. Der Controller sendet 0 (aus) oder 1 (ein). Es ist hierzu zu beachten, dass der Output mit dem eigenen Input „Input control function“ verknüpft wird.



TYPE 14

(S. 4-785 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Utility → Forcing Functions

Ist es nötig, z.B. Interne Wärmegewinne (Lüftung, etc.), durch eine Funktion zu beschreiben, so kann auf diese Tool zurückgegriffen werden. Durch diese Module ist es möglich Werte zeitabhängig zu gestalten.



TYPE 16

(S. 4-321 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Physical Phenomena → Radiation Processor

Mit Hilfe dieses Type's können die Strahlungsdaten auf die Flächenorientierungen umgerechnet werden. Diese Komponente wird ausschließlich bei Simulationen benötigt, in denen nicht auf die von TRNSYS standardisierten Wetterdatensätze zurückgegriffen werden kann, da dieser Rechenvorgang in TYPE109 bereits implementiert ist.

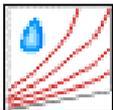


TYPE 28

(S. 4-365 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Output → Simulation Summary → Results to External Files

Das TYPE28 tabelliert seinen Input und summiert den entsprechenden Wert über einen bestimmten Zeitraum auf. Ist der Zeitintervall auf 24h festgelegt erhält man für jeden einzelnen Tag einen Ergebniswert.



TYPE 33

(S. 4-404 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)

Toolbar: Physical Phenomena → Thermodynamic Properties
→ Psychrometrics

Modul 33 wird dazu genutzt Kennwerte der Luft, wie z.B. relative Luftfeuchtigkeit, absolute Feuchte, Enthalpie, zu bestimmen. Je nach verfügbaren Informationen über die Luft kann unter verschiedenen Modulen gewählt werden.



TYPE 34

(S. 4-247 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)
Toolbar: Loads and Structures → Overhang and Wingwall Shading

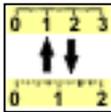
Dieses Modul berechnet die Verschattungswirkung starrer Elemente (z.B. konstruktive Verschattungen = Balkon) bezüglich der direkten Strahlungskomponente und lässt diese in weitere Berechnungen mit TYPE56 einfließen.



TYPE 56a

(S. 4-244 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)
Toolbar: Loads and Structures → Multi-Zone Building
→ With Standard Output Files

TYPE56 ist das Grundelement jeder multizonalen thermisch-energetischen Gebäudesimulation und bildet das Verbindungsstück von dck- zum bui-File. Dieses Modul erzeugt die zuvor in TRNBuild ausgewählten Outputs und leitet diese Ergebnisse weiter.



TYPE 57

(S. 4-802 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)
Toolbar: Utility → Unit Conversion Routine

Müssen einzelne Ergebnisse oder vorhandene Wetterdaten in andere Einheiten umgerechnet werden kann dieses Werkzeug genutzt werden. Der Vorteil liegt darin, dass Umrechnungsfaktoren oder –formeln durch das „Unit dictionary“ bereits bekannt sind und nicht erst in eine weitere „Equation“ eingegeben werden müssen.



TYPE 69

(S. 4-402 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)
Toolbar: Physical Phenomena → Sky Temperature

Das „Sky Temperatur“-Modul errechnet die effektive Temperatur des Himmelskörpers. Diese wird benötigt um den langwelligen Strahlungsaustausch mit der Atmosphäre zu ermitteln.



TYPE 77

(S. 4-402 TRNSYS Handbuch „*Input - Output – Parameter Reference*“)
Toolbar: Physical Phenomena → Simple Ground Temperature Model

Mit Hilfe von Wetterdaten und Bodenkennwerten berechnet dieses Tool die Temperatur des Bodens in einer beliebigen Tiefe. Diese kann dann z.B. bei der Berechnung von Zonen im Kellergeschoss als Temperatur der Außenoberfläche dienen.

5.3 Plug-In

Ein Plug-In erweitert vorhandene Software zur individuellen Anpassung an die Anforderungen des Users. Plug-Ins können ein Programm um bestimmte Funktionen erweitern. Vorteile von Plug-Ins sind, dass der Entwickler nicht komplett neue Software-Pakete entwickeln muss, sondern bei Bedarf neue Plug-Ins als Ergänzung anbieten kann.

Im Simulation Studio können Plug-Ins überall dort geladen werden, wenn im Variablen-Fenster eines Typs das Symbol  erscheint. Hierdurch können Eingaben vereinfacht werden.

Standardmäßig stehen dem Nutzer nach der Installation zwei Plug-Ins zur Verfügung:

- Type 34 – Overhang and Wingwall Shading
- Type 14 – Forcing Functions.

Eine „Equation“ erlaubt es einen Texteditor zur Bearbeitung einer Berechnung zu laden. Trägt der User in Feld „Plugin path“ die Zeile `C:\WINDOWS\notepad.exe` ein, erscheint das Plug-In-Symbol über welches nun der Texteditor gestartet werden kann.

Desweiteren ist es möglich jedem beliebigen Modul über die Eigenschaften (Register „Description“) ein Plug-In zuzuweisen und mit ausreichenden Programmierkenntnissen neue Plug-Ins zu erstellen.

Detaillierte Informationen hierzu können dem TRNSYS-Handbuch Kapitel 2 – Simulation Studio entnommen werden.

6 Eingabebeispiel

Das Eingabebeispiel soll zur Hilfe dienen und möglichst viele Variationen und Eingabemöglichkeiten abdecken. Daher wird der Wizard in unserem Beispiel nur zum anlegen eines Projektes genutzt. Es wird erläutert, wie nachträglich in ein bestehendes Projekt einzelne Parameter, z.B. Verschattung, eingefügt werden kann und welche Änderungen im Studio und TRNBuild von Nöten sind.

6.1 Projektbeschreibung

Zum besseren Verständnis mit dem Umgang der unterschiedlichen Eingabemöglichkeiten, wird in den nächsten Schritten ein einfaches Beispiel behandelt.

Wir haben hierfür ein quadratisches Gebäude mit 4 verschiedenen Zonen ausgewählt.

Die Rohbau- Innenmaße der Zonen betragen jeweils 5,00m und haben eine lichte Höhe von 3,00m. Bei der Eingabe der Geometrien ist darauf zu achten, dass auch hier die lichten Maße eingegeben werden (5,00m – 2x Putz = 4,97m)

Die Aussenwände sind genau zu den 4 Himmelsrichtungen ausgerichtet. In jeder Aussenwand einer Zone befindet sich ein Fenster mit den Abmessungen 1,50m x 1,50m.

Der Aufbau der Wände (aussen- und innen) ist in jeder Zone identisch (siehe Details).

Als Standort für das Objekt haben wir uns für Braunschweig entschieden, dabei steht das Objekt auf einer Höhe von 75,00 m.ü.NN.

Die vier Zonen unterscheiden sich wie folgt voneinander:

Zone 1 (Raum-Nr. 01):

Diese Zone grenzt an einen Kellerraum, der beheizt ist, und hat als oberen Abschluss ein Flachdach. Die Kellerdecke wird als Boundery definiert.

Das westliche Fenster erhält eine innen liegende Flexible Verschattung.

Zone 2 (Raum-Nr. 02):

Auch hier haben wir eine Unterkellerung, die in diesem Fall jedoch nicht beheizt ist.

Es kommt hier ein Pultdach zum Einsatz, so dass der Raum hier keine Zwischendecke erhält, sondern bis in den Dachraum hinauf reicht.

Das Fenster auf der Ostseite erhält hier eine flexible außen liegende Verschattung.

Zur Bestimmung der Temperatur des Erdreiches, wird das Typ 77 verwendet.

Zone 3 (Raum-Nr. 03)

Diese Zone grenzt mit einer Bodenplatte an das Erdreich.
Auch hier wird ein Pultdach vorgesehen, bei dem jedoch eine Zwischendecke eingezogen wird. Diese wird als Kühldecke ausgebildet.
Zur Bestimmung der Temperatur des Erdreiches unter der Bodenplatte wird wieder DIN 13770 verwendet.
Das südliche Fenster erhält eine feste, horizontale Verschattung.

Zone 4 (Raum-Nr. 04):

Wie Zone 3 grenzt auch dieser Bereich mit einer Bodenplatte an das Erdreich.
Es kommt wieder ein Flachdach zum Einsatz.
Die feste, senkrechte Verschattung betrifft das südlich ausgerichtete Fenster.
Zur Bestimmung der Temperatur des Erdreiches unter der Bodenplatte wird die monatliche Mitteltemperatur der Aussenluft angesetzt.

Zone 5 + Zone 6:

Kellerräume unter Zone 1 und 2. Zone 5 muss nicht weiter beschrieben werden, da die Randbedingungen über die Boundary-Funktion an Zone 1 übergeben werden.

Interne Wärmegewinne werden in jeder der Zonen nach DIN 4108-2 angesetzt.

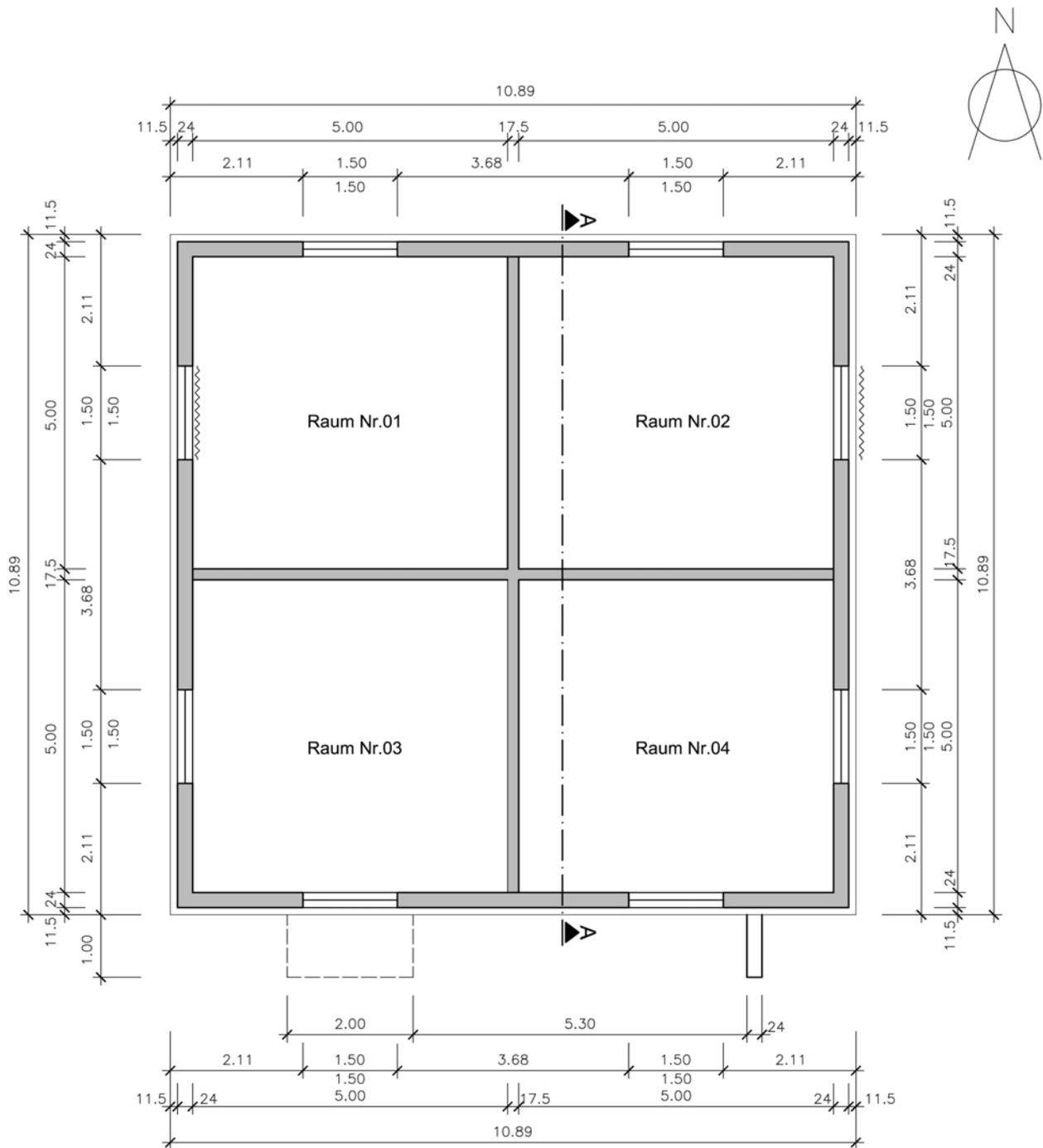
Um den Wärmeübergang auf das Erdreich zu beschreiben werden drei verschiedenen Verfahren vorgestellt (siehe Abs. 6.3.3.8-6.3.3.11):

- Type77
- DIN EN ISO 13370 -
- mittlere Monatstemperatur.

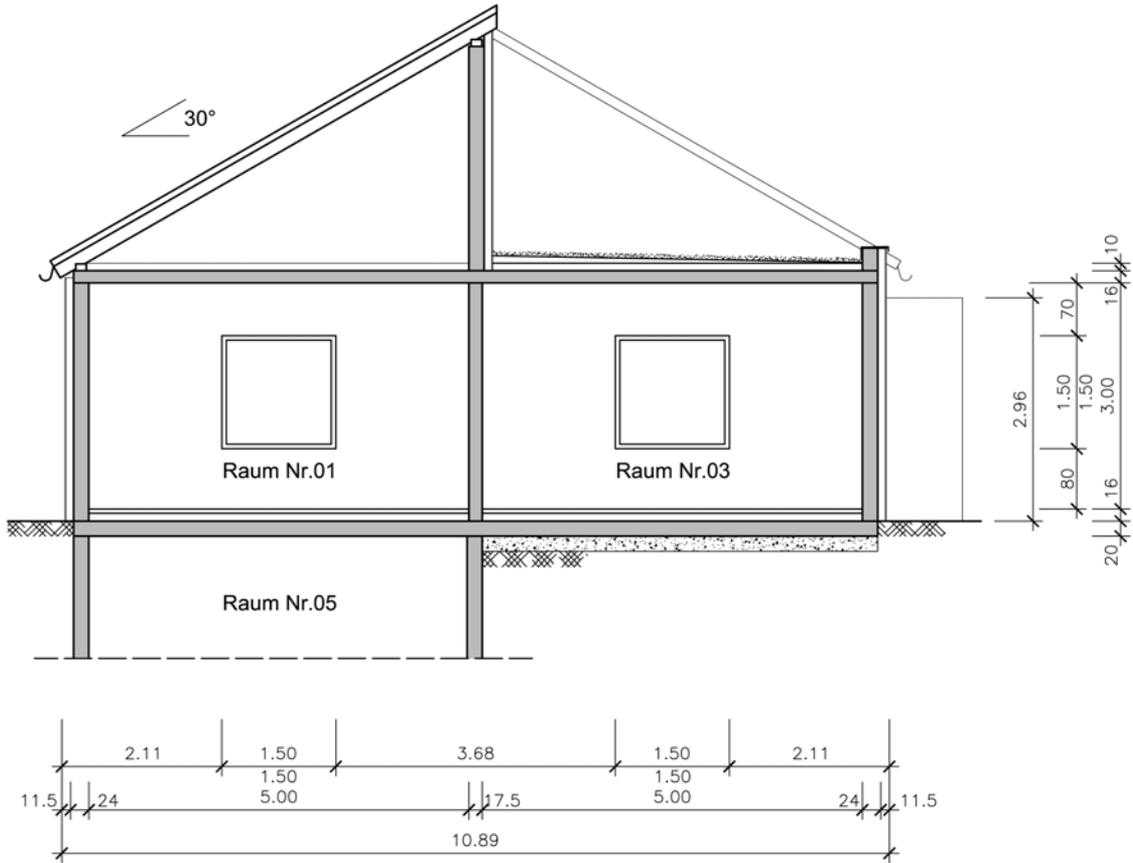
Für das Erdreich werden Werte für tonigen Sand angenommen.

6.2 Zeichnungen

Handbuch zu TRNSYS16
6 – Eingabebeispiel

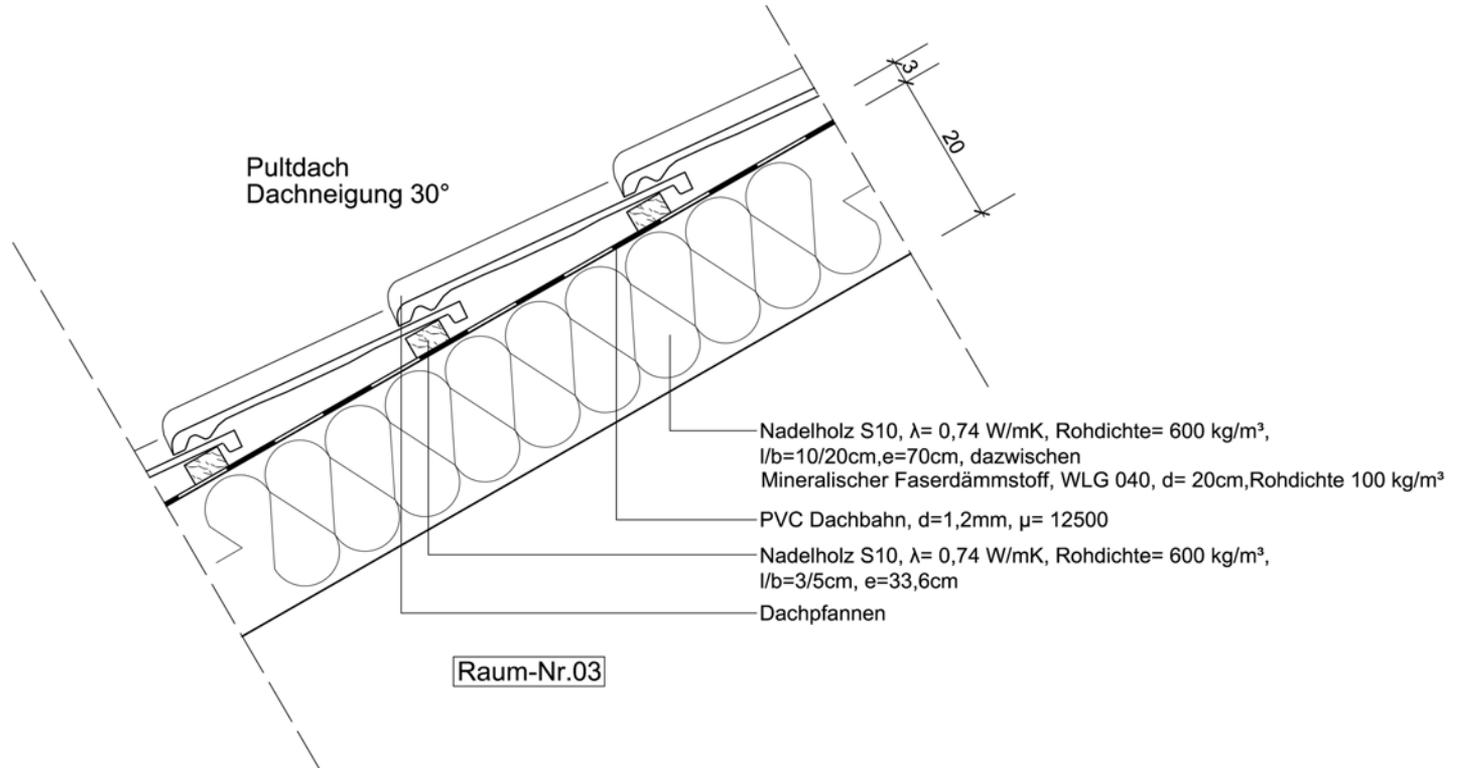


Handbuch zu TRNSYS16
6 – Eingabebeispiel

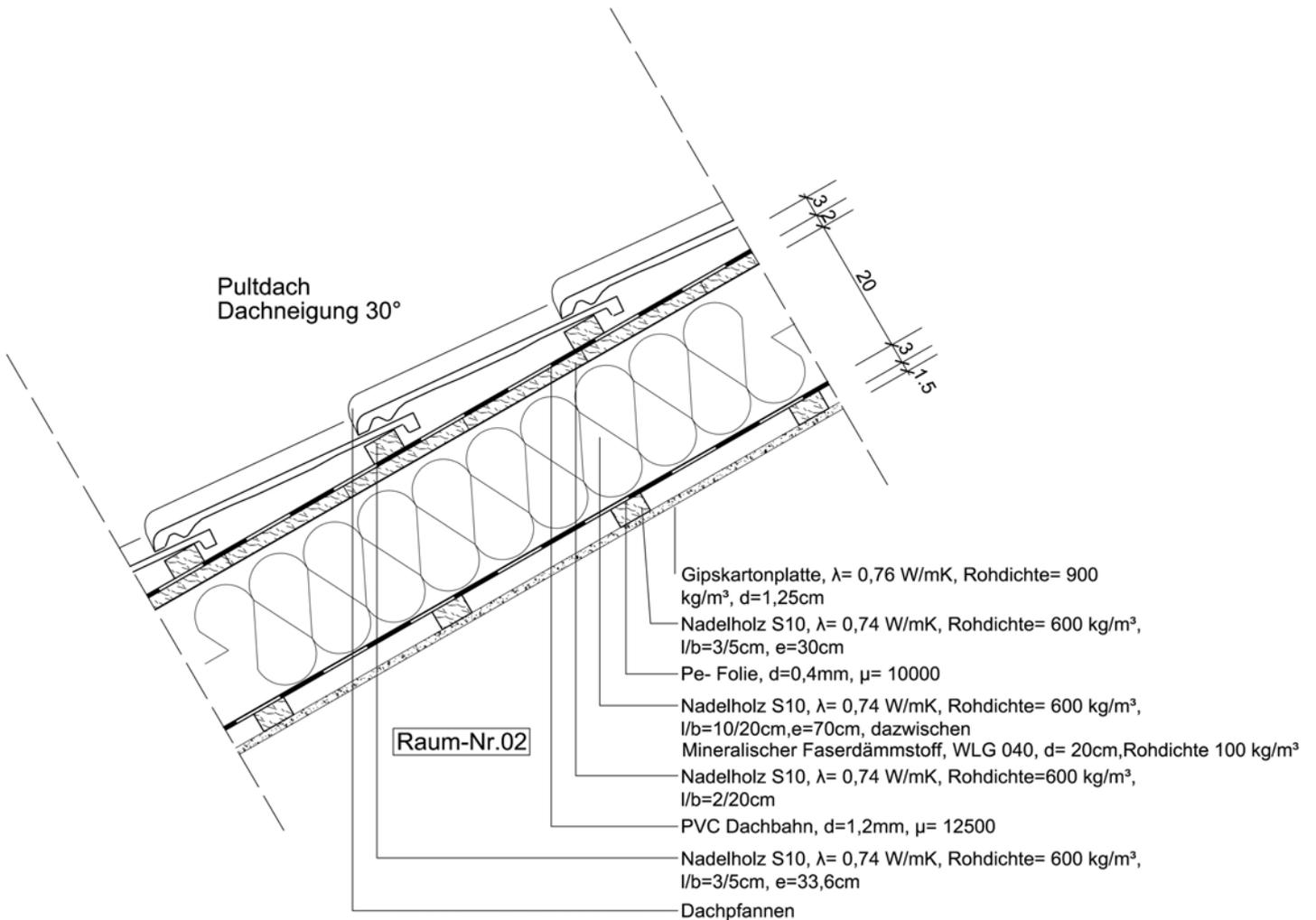


Handbuch zu TRNSYS16
6 – Eingabebeispiel

Pultdach
Dachneigung 30°

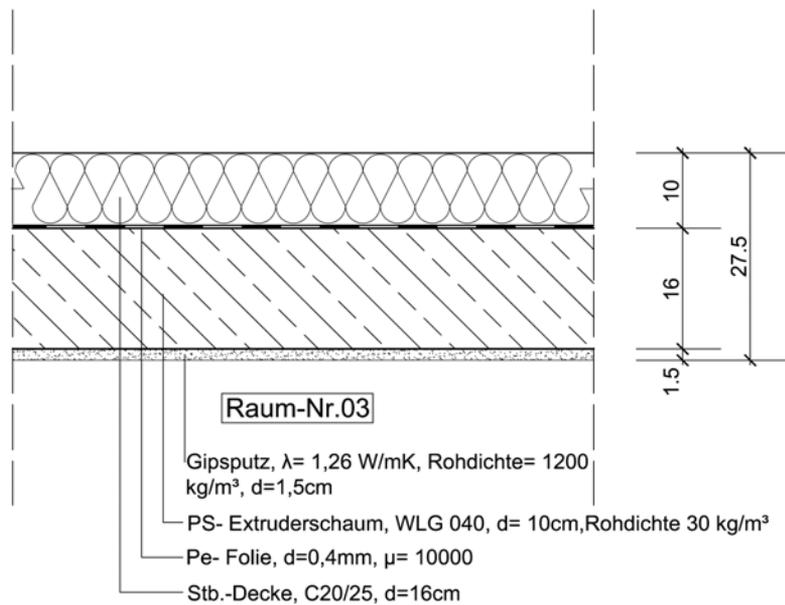
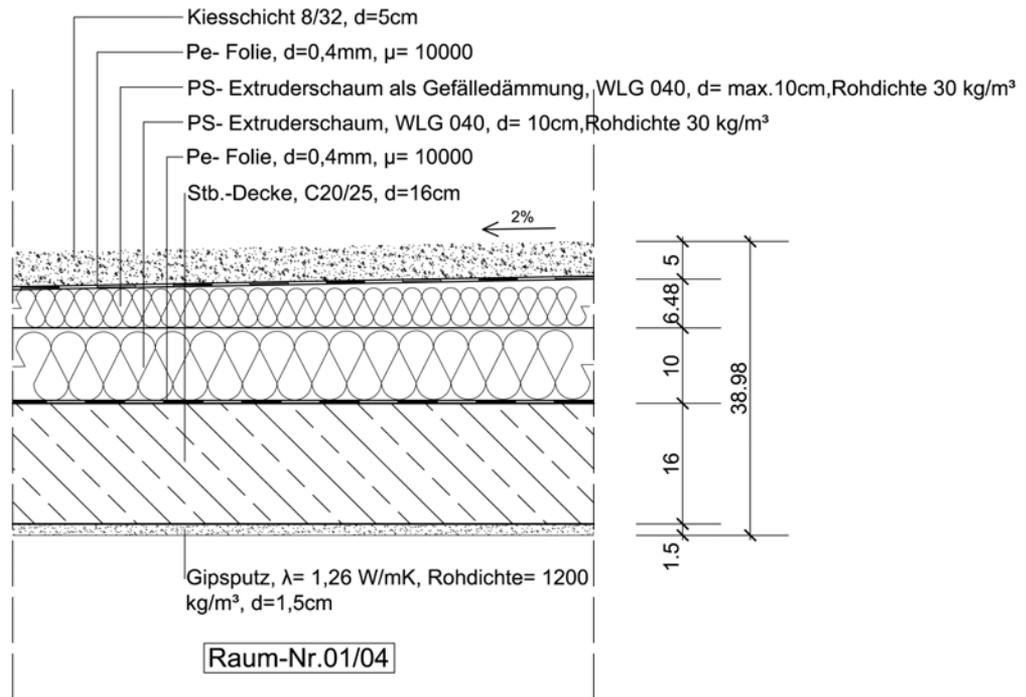


Pultdach
Dachneigung 30°



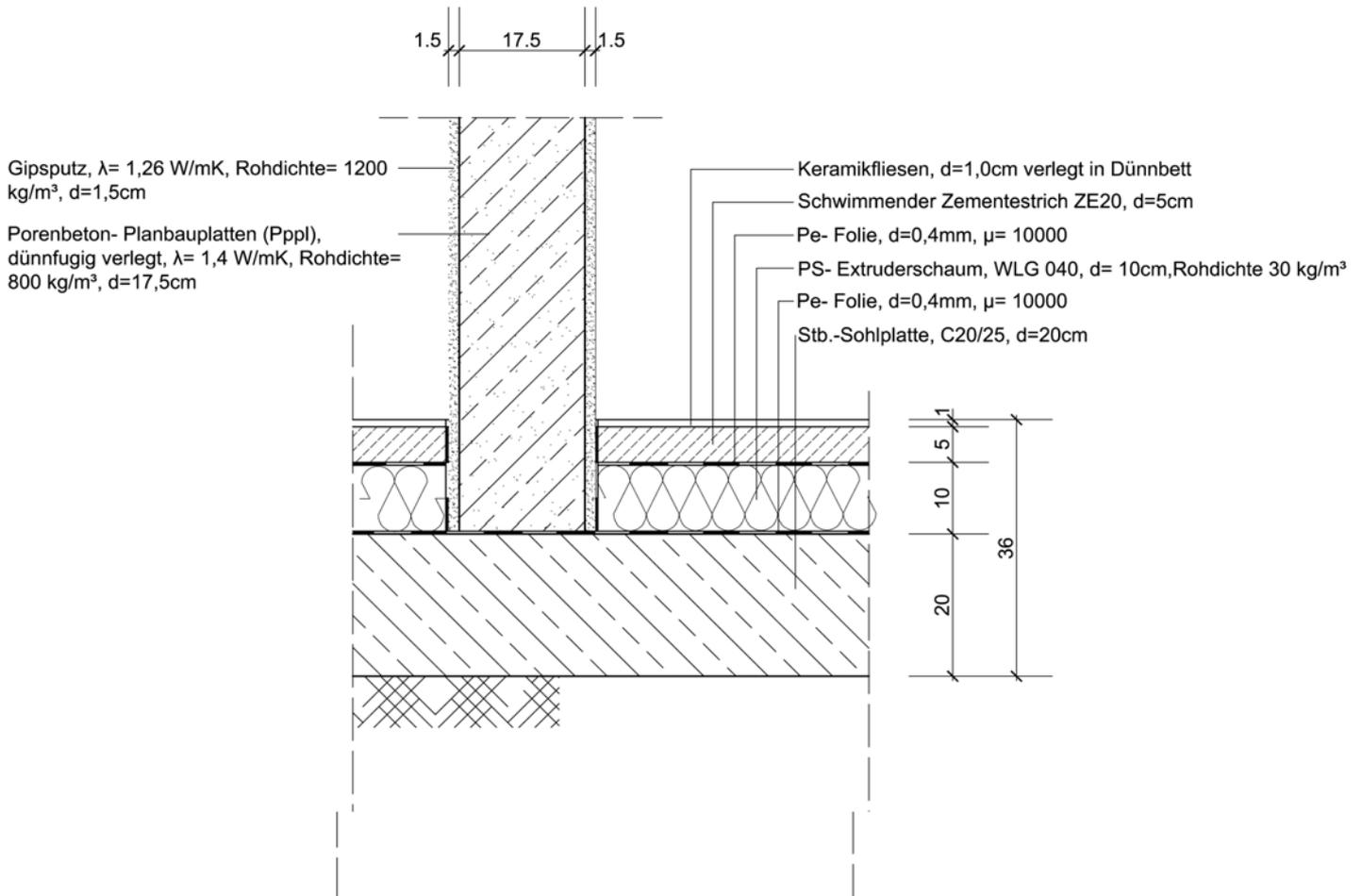
Handbuch zu TRNSYS16

6 – Eingabebeispiel



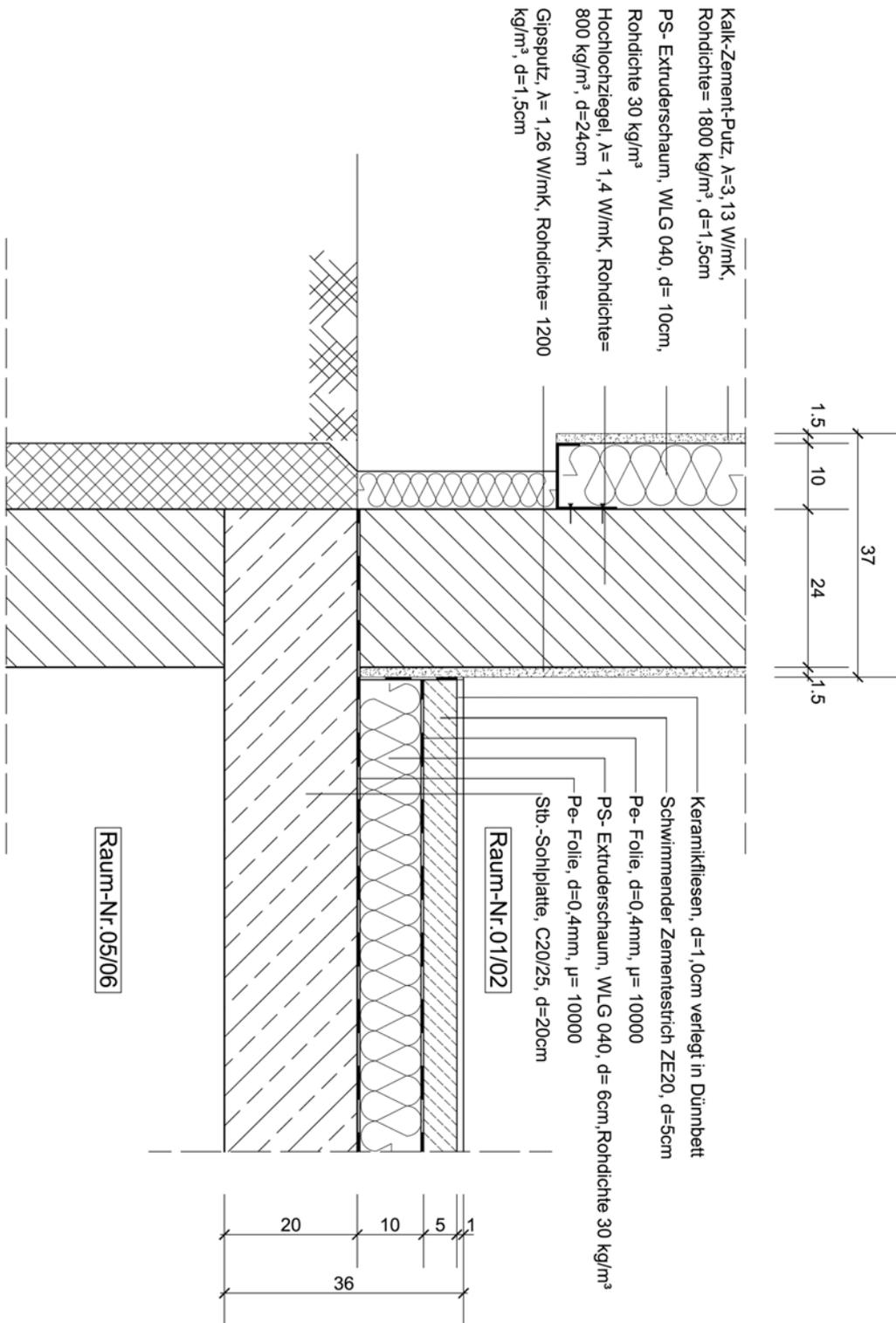
Handbuch zu TRNSYS16

6 – Eingabebeispiel



Handbuch zu TRNSYS16

6 – Eingabebeispiel



6.3 Eingabe

6.3.1 TRNSYS Simulation Studio

- **Wizard**

Wie unter 6 beschrieben wird der Wizard im Zuge dieses Beispiels nur zum generieren eines Projektes genutzt. Es werden die 4 Zonen im Erdgeschoss angelegt und ungefähre Abmaße und Fensterflächenanteile eingetragen.

Azimutwinkel	=	0°	
Wetterdatensatz	=	DE-Braunschweig-103460.tm2	
Infiltration	=	0,3 1/h	(nach DIN 4108-2)
Mechanical Vebtilation	=	nein	
Natural Ventilation	=	nein	
Heating	=	nein	
Cooling	=	nein	
Internal gains	=	spätere Bearbeitung	
Lightning (Specific light)	=	0 W/m ²	(da nach DIN 4108-2)
Fixed Shading	=	nein	
Movable Shading	=	nein	

▪ **Studio**

TYPE	Name	Register	Option	Wert
69	Sky Temperatur	Parameter	height over sea level	75,00m
109	Weather data	Input	How many surfaces are to be evaluated by this Type109?	6
109	Weather data	Input	Slope of Surface5	30
109	Weather data	Input	Slope of Surface6	30

Um die neu definierten Oberflächen in die Berechnung mit einzubeziehen müssen folgende Verknüpfungen im Simulation Studio hinzugefügt werden:

Type	Output		Type	Input
Equation - Turn	AA_N	nach	109	10
Equation - Turn	AA_S	nach	109	12
109	42	nach	56 ⁴	ITPULT_N
109	43	nach	56 ⁴	IBPULT_N
109	47	nach	56 ⁴	AIPULT_N
109	48	nach	56 ⁴	ITPULT_S
109	49	nach	56 ⁴	IBPULT_S
109	53	nach	56 ⁴	AIPULT_S

⁴ Um die Verlinkung mit Type56 vornehmen zu können müssen zunächst in TRNBuild neue Orientierungen eingefügt werden (siehe Abs. 6.3.2 – Orientations) und der bui-File neu geladen werden

6.3.2 TRNBuild

- **Project-Fenster**

- **Orientations**

Im Project-Fenster ist es möglich über den „Other“-Button zusätzliche Orientierungen für z.B. Steildächer anzulegen. Hier müssen für die Pultdächer im Eingabebeispiel zwei Flächenorientierungen hinzugefügt werden. Wir haben diese mit

- PULT_N und
- PULT_S

benannt.

- **Inputs**

Bereits definierte Inputs:

CCON_NAT_1	Kontrolleroutput für natürliche Belüftung (Zone1)
CCON_NAT_2	Kontrolleroutput für natürliche Belüftung (Zone2)
CCON_NAT_3	Kontrolleroutput für natürliche Belüftung (Zone3)
CCON_NAT_4	Kontrolleroutput für natürliche Belüftung (Zone4)
T_COOL_ON	Kontrolleroutput für mechanische Kühlung
S_NORTH	Kontrolleroutput für flexible Verschattung
S_SOUTH	Kontrolleroutput für flexible Verschattung
S_EAST	Kontrolleroutput für flexible Verschattung
S_WEST	Kontrolleroutput für flexible Verschattung
BRIGHT	Kontrolleroutput für Wärmegewinne aus Licht

Hinzugefügte Inputs:

MTEMP	Monatsmitteltemperatur
TYPE77	Output TYPE 77
AWKTEMP	arithmetisches Mittel aus MTEMP und TYPE77

- **Outputs**

ZONE_A1, ZONE_B1, ZONE_B2, ZONE_A2 → NType 1

▪ **Übersichtsfenster**

Zone A1 entspricht Zone 1
 Zone B1 " Zone 2
 Zone B2 " Zone 4
 Zone A2 " Zone 3

Über die Menüleiste muss zunächst die Zone 6 hinzugefügt werden.

- Zones
- Add Zone
- New zone name = Zone 6

Der Spitzboden über Zone 3 wird hier nicht als zusätzliche Zone behandelt. Dient der Dachraum nur zur Beschreibung von Randbedingungen so kann nach DIN EN ISO 6946 Abs. 5.4 verfahren werden. Es wäre jedoch denkbar eine weitere Zone für unbeheizte Dachräume zu definieren. Welches Verfahren zur Anwendung kommt hängt von der Aufgabenstellung ab.

▪ **Wall type manager**

Die vordefinierten Wand-/Bauteilaufbauten wurden entsprechend der Zeichnungen und Gebäudedaten geändert:

OUTWALL:

No	Layer	Thickness	Type
1	GIPSPUTZ_0	0,015	massive
2	LEICHT_HLZ	0,240	massive
3	POLYSTYROL	0,100	massive
4	KALKZEMENT	0,015	massive

Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,3	9,0	28,8

INTWALL:

No	Layer	Thickness	Type
1	GIPSPUTZ_0	0,015	massive
2	LEICHTBETON	0,175	massive
3	GIPSPUTZ_0	0,015	massive

Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,3	9	28,8

GROUND:

No	Layer	Thickness	Type
1	FLIESEN	0,010	massive
2	ZEMENTMOERTEL	0,050	massive
3	POLYSTYROL	0,100	massive
4	CONCRETE	0,200	massive

Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,9	9	999

INTFLOOR:

No	Layer	Thickness	Type
1	FLIESEN	0,010	massive
2	ZEMENTMOERTEL	0,050	massive
3	POLYSTYROL	0,100	massive
4	CONCRETE	0,200	massive
5	GIPSPUTZ_0	0,015	massive

Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,3	9	9

ROOF:

No	Layer	Thickness	Type
1	GIPSPUTZ_0	0,015	massive
2	CONCRETE	0,160	massive
3	POLYSTYROL	0,100	massive
4	DIN EN ISO 6946 ⁵	(R=0,72 hm ² K/kJ)	massless

Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,3	9	28,8

⁵ Abs. 5.4 Wärmedurchlasswiderstand unbeheizten Räumen Tabelle 3
(hier für den Spitzboden über Zone 3)

Außerdem wurden weitere Bauteile hinzugefügt:

Flachdach:

No	Layer	Thickness	Type
1	GIPSPUTZ_0	0,015	massive
2	CONCRETE	0,160	massive
3	POLYSTYROL	0,100	massive
4	POLYSTYROL ⁶	(R=0,347 hm ² K/kJ)	massless
5	SAND_KIES_	0,050	massive

Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,4	9,0	28,8

PULT1 SPARREN:

No	Layer	Thickness	Type
1	GIPSKARTON	0,013	massive
2	LOTRECHT_2	-	massless
3	FICHTE_KIE	0,200	massive
4	FICHTE_KIE	0,020	massive

Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,75	9,0	28,8

PULT1 GEFACH:

No	Layer	Thickness	Type
1	GIPSKARTON	0,013	massive
2	LOTRECHT_2	-	massless
3	MINERALD04	0,200	massive
4	FICHTE_KIE	0,020	massive

Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,75	9	28,8

⁶ Bei einer Gefälledämmung wird nicht das arithmetische Mittel der Dicke, sondern das energetische Mittel des maximalen und minimalen Wärmedurchlasswiderstandes angesetzt.

PULT2 SPARREN:

No	Layer	Thickness	Type
1	FICHTE_KIE	0,200	massive
Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,4	0,75	9,0	28,8

PULT2 GEFACH:

No	Layer	Thickness	Type
1	MINERALD04	0,200	massive
Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,4	0,75	9,0	28,8

AWKELLER:

No	Layer	Thickness	Type
1	GIPSPUTZ_0	0,015	massive
2	LEICHT_HLZ	0,240	massive
3	POLYSTYROL	0,100	massive
Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,9	9,0	999

▪ **Window type manager**

DOUBLE:

Galzing			
ID Number	2001		
Slope of window	90		
ID Spacer	Data from w4-lib.dat		
Frame			
Area Frame/Window	0,15		
Solar absorptance	0,6		
u-value	8,17		
Optional Properties of Shading Devices			
Additional Thermal Resistance		Reflection Coefficient of Internal Device	
internal Device	0	towards window	0,5
external Device	0	towards zone	0,5
Fraction of abs. Solar radiation to Zone Air Node (CCISHADE)			0,5
Convective Heat Transfer Coefficient of Window (Glazing+Frame)			
front		back	
9,0		28,8	

▪ **Gain type manager**

Nach DIN 4108-2 sind für die inneren Wärmelasten aus Beleuchtung, Technik und Nutzern ein mittlerer Wert von 144W/(m²d) anzusetzen. Bezogen auf eine Fläche von 24,70m² und einer täglichen Arbeitszeit von 10h ergibt sich somit ein Wert von 1280,45 kJ/h. Die Wärmelast wurde wie folgt in seine Komponenten zerlegt:

- 25% Strahlungsanteil
- 75% konvektiver Anteil

Für diese Werte wurde ein neuer „gain type“ eingerichtet. Der Wert der absoluten Feuchte (abs. humidity) wurde hierbei auf 0 gesetzt.

▪ **Schedule type manager**

Die vom Wizard voreingestellten zeitlichen Verläufe im „Schedule type manager“ sind für eine zeitabhängige Betrachtung im Zuge dieses Beispiels völlig ausreichend. Daher werden hier keine weiteren Änderungen vorgenommen.

DAYNIGHT	Unterscheidung Tag und Nacht
LIGHT	Verlauf der Beleuchtungszeiten über eine Woche
SETOFF	ein/aus-Verlauf für z.B. Gebäudetechnik
USE	Verlauf der Arbeitszeit über eine Woche
WEEKEND	Nutzungszeiten am Wochenende
WORKDAY	Arbeitszeiten je Arbeitstag
WORKLIGHT	Unterscheidung zu Arbeitszeit für Beleuchtung

▪ **Zone 1**

Bauteil	AW-Nord	AW-West
wall type	OUTWALL	OUTWALL
area	14,83	14,83
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0,1	0,1
wall gain	0	0
orientation	NORTH	WEST
view fac. to sky	0,5	0,5
Fenster		
window type	DOUBLE	INNEN
area	2,25	2,25
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0	0
gains	0	0
orientation	NORTH	WEST
view fac. To sky	0,5	0,5
internal shad. factor	-	-
external shad. factor	-	-

Bauteil	Flachdach
wall type	FLACHDACH
area	24,7
category	EXTERNAL
geosurf	0,1
wall gain	0
orientation	HORIZONTAL
view fac. to sky	1,0

Bauteil	IW-Zone3	IW-Zone2
wall type	INTWALL	INTWALL
area	14,84	14,84
category	ADJACENT	ADJACENT
geosurf	0,1	0,1
wall gain	0	0
coupling air flow	0	0
adjac. To zone	ZONE_A2	ZONE_B1
front/back	front	front

Bauteil	Geschossdecke (KELLER)
wall type	INTFLOOR
area	24,7
category	BOUNDARY
geosurf	0,5
wall gain	0
coupling air flow	0
coupl. rel. humi.	0
boundary temp.	userdefined: 20

▪ **Zone 2**

Bauteil	AW-Nord	AW-Ost
wall type	OUTWALL	OUTWALL
area	14,83	21,53
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0,1	0,1
wall gain	0	0
orientation	NORTH	EAST
view fac. to sky	0,5	0,5
Fenster		
window type	DOUBLE	AUSSEN
area	2,25	2,25
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0	0
gains	0	0
orientation	NORTH	EAST
view fac. To sky	0,5	0,5
internal shad. factor	-	-
external shad. factor	-	-

Bauteil	AW-Süd	AW-West
wall type	OUTWALL	OUTWALL
area	15,72	7,70
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0	0
wall gain	0	0
orientation	SOUTH	WEST
view fac. to sky	0,5	0,5

Bauteil	Pulldach	
wall type	PULT1SPARREN	PULT1GEFACH
area	3,57	24,96
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0,01	0,09
wall gain	0	0
orientation	PULT_N	PULT_N
view fac. to sky	0,93	0,93

Bauteil	IW-Zone1	IW-Zone4
wall type	INTWALL	INTWALL
area	14,84	14,84
category	ADJACENT	ADJACENT
geosurf	0,1	0,1
wall gain	0	0
coupling air flow	0	0
adjac. To zone	ZONE_A1	ZONE_B2
front/back	back	back

Handbuch zu TRNSYS16
6 – Eingabebeispiel

Bauteil	Geschossdecke (KELLER)
wall type	INTFLOOR
area	24,7
category	ADJACENT
geosurf	0,5
wall gain	0
coupling air flow	0
adjac. to zone	ZONE_6
front/back	front

▪ **Zone 3**

Bauteil	AW-Süd	AW-West
wall type	OUTWALL	OUTWALL
area	14,83	14,83
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0,1	0,1
wall gain	0	0
orientation	SOUTH	WEST
view fac. to sky	0,5	0,5
Fenster		
window type	DOUBLE	DOUBLE
area	2,25	2,25
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0	0
gains	0	0
orientation	SOUTH	WEST
view fac. To sky	0,5	0,5
internal shad. Factor	-	-
external shad. factor	-	-

Bauteil	Geschossdecke
wall type	ROOF
area	24,7
category	EXTERNAL
geosurf	0,1
gains	0
orientation	PULT_S
view fac. to sky	0,93

Bauteil	IW-Zone3	IW-Zone2
wall type	INTWALL	INTWALL
area	14,84	14,84
category	ADJACENT	ADJACENT
geosurf	0,1	0,1
wall gain	0	0
coupling air flow	0	0
adjac. To zone	ZONE_A1	ZONE_B2
front/back	back	back

Bauteil	Sohlplatte
wall type	GROUND
area	24,7
category	EXTERNAL
geosurf	0,5
wall gain	0
orientation	HORIZONTAL
view fac. to sky	0

▪ **Zone 4**

Bauteil	AW-Süd	AW-Ost
wall type	OUTWALL	OUTWALL
area	14,83	14,83
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0,1	0,1
wall gain	0	0
orientation	SOUTH	EAST
view fac. to sky	0,5	0,5
Fenster		
window type	DOUBLE	DOUBLE
area	2,25	2,25
category	EXTERNAL	EXTERNAL
geosurf	0	0
gains	0	0
orientation	SOUTH	EAST
view fac. To sky	0,5	0,5
internal shad. factor	-	-
external shad. factor	-	-

Bauteil	Flachdach
wall type	FLACHDACH
area	24,7
category	EXTERNAL
geosurf	0,1
wall gain	0
orientation	HORIZONTAL
view fac. to sky	1,0

Bauteil	IW-Zone3	IW-Zone2
wall type	INTWALL	INTWALL
area	14,84	14,84
category	ADJACENT	ADJACENT
geosurf	0,1	0,1
wall gain	0	0
coupling air flow	0	0
adjac. To zone	ZONE_B1	ZONE_A2
front/back	front	front

Bauteil	Sohlplatte
wall type	GROUND
area	24,7
category	BOUNDARY
geosurf	0,5
wall gain	0
coupling air flow	0
coupl. rel. humi.	0
boundary temp.	userdefined: MTEMP

▪ **Zone 6**

Bauteil	AW-Nord	AW-Ost
wall type	AWKELLER	AWKELLER
area	14,83	14,83
category	BOUNDARY	BOUNDARY
geosurf	0	0
wall gain	0	0
coupling air flow	0	0
coupl. rel. humi.	0	0
boundary temp.	userdefined: AWKTEMP	userdefined: AWKTEMP
Bauteil	AW-Süd	
wall type	AWKELLER	
area	14,83	
category	BOUNDARY	
geodurf	0	
wall gain	0	
coupling air flow	0	
coupl. rel. humi.	0	
boundary temp.	userdefined: AWKTEMP	
Bauteil	IW-Zone5	
wall type	INTWALL	
area	14,84	
category	BOUNDARY	
geosurf	0	
wall gain	0	
coupling air flow	0	
coupl. rel. humi.	0	
boundary temp.	userdefined: 20	
Bauteil	Geschossdecke	
wall type	INTFLOOR	
area	24,7	
category	ADJACENT	
geosurf	0	
wall gain	0	
coupling air flow	0	
adjac. to zone	ZONE_B1	
front/back	back	

Handbuch zu TRNSYS16
6 – Eingabebeispiel

Bauteil	Sohlplatte
wall type	GROUND
area	24,7
category	BOUNDARY
geosurf	0
wall gain	0
coupling air flow	0
coupl. rel. humi.	0
boundary temp.	userdefined: TYPE77

6.3.3 Änderungen

6.3.3.1 Hinzufügen einer flexiblen innen liegenden Verschattung (Zone 1)

Um eine flexible Verschattung an einem Fenster einzurichten muss zunächst im „window type manager“ ein neuer Window-Type eingerichtet werden.

Hierfür wurde der Type „DOUBLE“ kopiert und das Duplikat mit „INNEN“ benannt. Es müssen nun im window-type einige Änderungen vorgenommen werden.

INNEN:

$\tau = \text{Transmission}$

$\alpha = \text{Absorption}$

$\rho = \text{Reflektion}$

$\tau + \alpha + \rho = 1,0$

$$ISHADE = 1 - \tau = 1 - F_c = 1 - 0,75 = 0,25$$

$$REFLISHADE = \frac{\rho}{ISHADE} = \frac{0,125}{0,25} = 0,5$$

Galzing			
ID Number	2001		
Slope of window	90		
ID Spacer	data from w4-lib.dat		
Frame			
Area Frame/Window	0,15		
Solar absorptance	0,6		
u-value	8,17		
Optional Properties of Shading Devices			
Additional Thermal Resistance		Reflection Coefficient of Internal Device	
internal Device	0	towards window	0,5*S_WEST
external Device	0	towards zone	0,5*S_WEST
Fraction of abs. Solar radiation to Zone Air Node (CCISHADE)			0,45*S_WEST
Convective Heat Transfer Coefficient of Window (Glazing+Frame)			
front		back	
9,0		28,8	

Damit TRNSYS während der Simulation auf die eingetragenen Rechenwerte zurückgreift, muss in der gewünschten Zone für das entsprechende Fenster die Einstellung „internal shad. factor“ aktiviert werden. Hier ist nun der Zahlenwert „ISHADE“ einzutragen. Der „internal shad. factor“ kann nun zeitabhängig über eine Schedule oder strahlungsabhängig über einen Controller konfiguriert werden.

Für eine strahlungsabhängige Konfiguration kann ISHADE(Zahlenwert)*BRIGHT(Input) eingetragen werden, da bereits durch den Wizard ein solcher Zusammenhang dem Studio eingefügt wurde.

6.3.3.2 Hinzufügen einer flexiblen außen liegenden Verschattung (Zone 2)

Die Vorgehensweise bei einer außen liegenden Verschattung ist ähnlich der in Abs. 6.3.3.1 beschriebenen Methode. Lediglich der Name unterscheidet sich, um Verwechslungen auszuschließen. Die Kopie wurde hierbei in „AUSSEN“ umbenannt.

AUSSEN:

$\tau = \text{Transmission}$

$\alpha = \text{Absorption}$

$\rho = \text{Reflektion}$

$\tau + \alpha + \rho = 1,0$

$$ISHADE = 1 - \tau = 1 - F_c = 1 - 0,3 = 0,7$$

$$REFLISHADE = \frac{\rho}{ISHADE} = \frac{0,4}{0,7} = 0,57$$

Galzing			
ID Number	2001		
Slope of window	90		
ID Spacer	data from w4-lib.dat		
Frame			
Area Frame/Window	0,15		
Solar absorptance	0,6		
u-value	8,17		
Optional Properties of Shading Devices			
Additional Thermal Resistance		Reflection Coefficient of Internal Device	
internal Device	0	towards window	0,57*S_EAST
external Device	0	towards zone	0,57*S_EAST
Fraction of abs. Solar radiation to Zone Air Node (CCISHADE)			0,45*S_EAST
Convective Heat Transfer Coefficient of Window (Glazing+Frame)			
front		back	
9,0		28,8	

In diesem Fall muss hingegen einer inneren flexiblen Verschattung in der entsprechenden Zone das Feld „external shad. factor“ aktiviert werden.

Je nach Ausführung der Verschattung kann es sinnvoll sein unter „Additional Thermal Resistance“ ein ΔR für eine stehende Luftschicht zu berücksichtigen. Dies ist der Fall wenn z.B. ein außenliegender Rollladen nahezu dicht schließt.

6.3.3.3 Hinzufügen einer festen Verschattung (Zone 3+4)

Um eine feststehende Verschattung bei der Simulation zu berücksichtigen sind einige Änderungen im TRNSYS Simulation Studio sowie in TRNBuild nötig.

Zunächst muss das TYPE34 (Overhang and Wingwall) dem Arbeitsbereich des Studios hinzugefügt werden. Für jede Verschattungsvariante (horizontal und vertikal) sowie für jede Himmelsrichtung ist jeweils ein Type34 einzufügen. Da in unserem Fall an zwei verschiedenen Fenstern zwei verschiedenen Verschattungstypen zum Einsatz kommen müssen wir demnach zweimal das „Overhang and Winwall“-Modul einfügen. Sie wurden nach ihrer Orientierung sowie ihres Typs benannt:

- SUED_H für eine horizontale Verschattung (Overhang) auf der Südseite
- SUED_V für eine vertikale Verschattung (Wingwall) auf der Südseite.

Über ein Plug-In im Variablen-Fenster gelangt man in ein weiteres Eingabefenster, ähnlich dem des Wizards auf Seite 38. Hier können nun die Abmaße des Sonnenschutzes eingerichtet werden.

Für unser Beispiel:

SUED_H		SUED_V	
h	1,50	h	1,50
b	1,50	b	1,50
s	1,00	s1	-
d	0,50	s2	1,00
e1	0,25	d1	-
e2	0,25	d2	0,35
		a1	-
		a2	0,50

Des Weiteren ist es nötig im Type109 eine neue Oberfläche für die Verschattungsfläche einzurichten. Hier ist die gleiche Anzahl von Surface's einzurichten, wie im Studio Verschattungsmodul eingefügt wurden.

Über „Edit Building“ im Kontextmenü von Type56 müssen in TRNBuild für jeden Verschattungsmodul ein weiterer Input definiert werden. In den entsprechenden Zonen (3+4) muss der soeben erstellte Input für das verschattete Fenster als „external shad. factor“ eingerichtet werden.

Hiernach ist die bui-File in TRNBuild zu speichern und im Variablen-Fenster (Simulation Studio) von Type56 unter „External File“ neu zu laden.

Nun ist es möglich die Verknüpfungen der Module im Simulation Studio zu erstellen. Folgende Verlinkungen wurden zusätzlich eingerichtet:

- für SUED_H:

Type	Output		Input
Equation - Radiation	AISZ	mit	1
Equation - Radiation	AISA	mit	2
Equation - Radiation	IT_H	mit	3
Equation - Radiation	ID_H	mit	4
109	beam radiation on tilted surface ⁷	mit	5
109	angle of incidence for tilted surface ⁷	mit	7

- für SUED_V:

Type	Output		Link mit Input
Equation - Radiation	AISZ	mit	1
Equation - Radiation	AISA	mit	2
Equation - Radiation	IT_H	mit	3
Equation - Radiation	ID_H	mit	4
109	beam radiation on tilted surface ¹	mit	5
109	angle of incidence for tilted surface ¹	mit	7

- für TYPE56:

Type	Output		Link mit Input
34 – SUED_H	11	mit	SHAD_FAC_H
34 – SUED_V	11	mit	SHAD_FAC_V

⁷ Outputs für die zwei zuvor neu definierten Oberflächenorientierungen

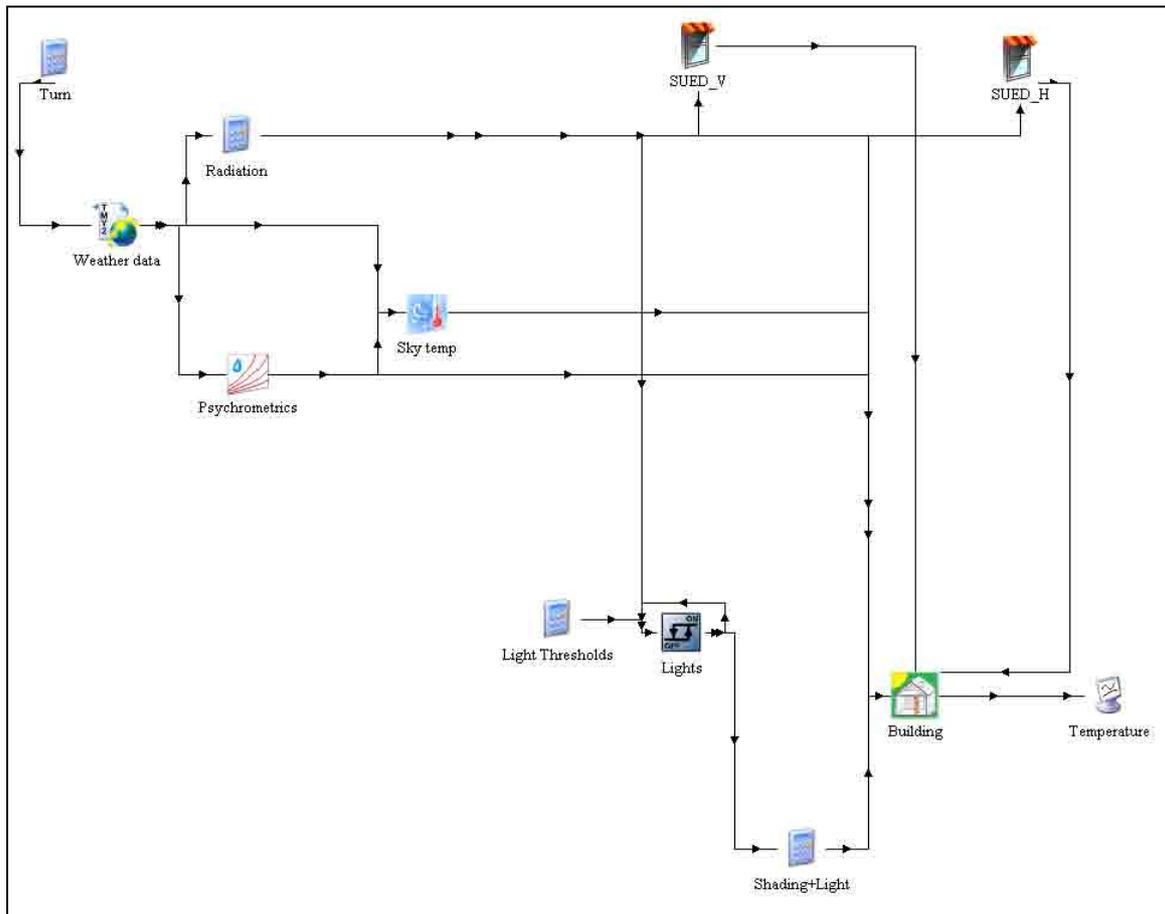


Abbildung 55 Verschattung

6.3.3.4 Hinzufügen einer natürlichen Belüftung (Zone 1-2)

Eine natürliche Belüftung kann zeit- oder temperaturabhängig eingerichtet werden. Wir werden hier die Eingabe einer temperaturabhängig natürlichen Lüftung erläutern, da eine zeitabhängige Steuerung über den „Schedule Manager“ in TRNBuild schnell und einfach einzurichten ist.

Zunächst ist zu überprüfen, ob in TRNBuild folgende Inputs zur Verfügung stehen:

- CCONT_NAT_1
- CCONT_NAT_2
- CCONT_NAT_3
- CCONT_NAT_4
- ⋮
- CCONT_NAT_n (mit n= Anzahl der Zonen).

Diese werden üblicherweise vom Wizard in TRNBuild eingefügt. Sollte der Nutzer jedoch ein Projekt manuell im Simulation Studio erstellt haben, so ist es nötig für jede Zone einen Input zu definieren.

Nun kann unter „Ventilation Type Manager“ die gewünschte Luftwechselrate für die Belüftung eingerichtet werden. Hierzu nutzen wir die vordefinierten „Ventilation Type“ VENTZONE1 und VENTZONE2.

Für unser Beispiel:

	VENTZONE1	VENTZONE2
Airchange of Ventilation	Input: $2.5 \cdot \text{CCONT_NAT_1} + 0.5$	Input: $2.5 \cdot \text{CCONT_NAT_2} + 0.5$
Temperature of Air Flow	outside	outside
Rel. Humidity of Air Flow	outside	outside

Somit ist die Luftwechselrate 0,5 1/h solange CCONT_NAT_1 gleich 0 ist und erhöht sich auf 3,0 1/h wenn der Controller (siehe unten) auf „ON“ geschaltet ist.

Nun müssen die Ventilationstypen den einzelnen Zonen zugewiesen werden. Dies erfolgt in der Zone über den Button „Ventilation“. Hier muss zunächst über „ADD“ ein Type hinzugefügt werden. Ist ein Type vorhanden kann, über das Auswahlménü im unteren Bereich des Fensters, dem Type die entsprechende Definition (hier: VENTZONE1 und VENTZONE2) zugewiesen werden.

Es ist zwingend erforderlich das bui-File abzuspeichern und wie unter 6.3.3.3 beschrieben im Studio neu zu laden.

Jetzt kann für die Zonen, für die eine natürliche Belüftung vorgesehen ist, eine temperaturabhängige Steuerung in das Simulation Studio integriert werden. Dies erfolgt über den Controller-Type 2d. Es ist für jede relevante Zone ein eigener Controller vorzusehen. Wir haben diese mir NAT_1 und NAT_2 (NAT_n; mit n=Zonennummer) benannt.

Nachfolgend sind alle Verknüpfungen aufgelistet die aufgrund der Belüftungssteuerung nötig sind:

Type	Output		Type	Input
56	TAIR 1	nach	2d	1
56	TAIR 2	nach	2d	1
2d	1	nach	2d	4
2d	1	nach	2d	4
2d	1	nach	56	CCONT_NAT_1
2d	1	nach	56	CCONT_NAT_2

Im Variablen-Fenster der Controller können nun die Randbedingungen für die Steuerung der Belüftung festgelegt werden. Hier zu sind im Register „Input“ folgende Einstellungsmöglichkeiten vorhanden:

- Upper Input value Raumlufttemperatur
- Lower Input value wird zur Berechnung von ΔK benötigt
- Monitoring value Überprüfungstemperatur
- Input control function Status
- Upper dead band Regeltemperatur
- Lower dead band Regeltemperatur.

Die „Input control function“ wird benötigt um den Status von TYPE2d abzufragen. Für die Funktionsweise des Controllers ist es nötig zu wissen, ob er zu vor auf OFF (0) oder ON (1) geschaltet war.

„Upper Input value“ - „Lower Input value“= ΔK

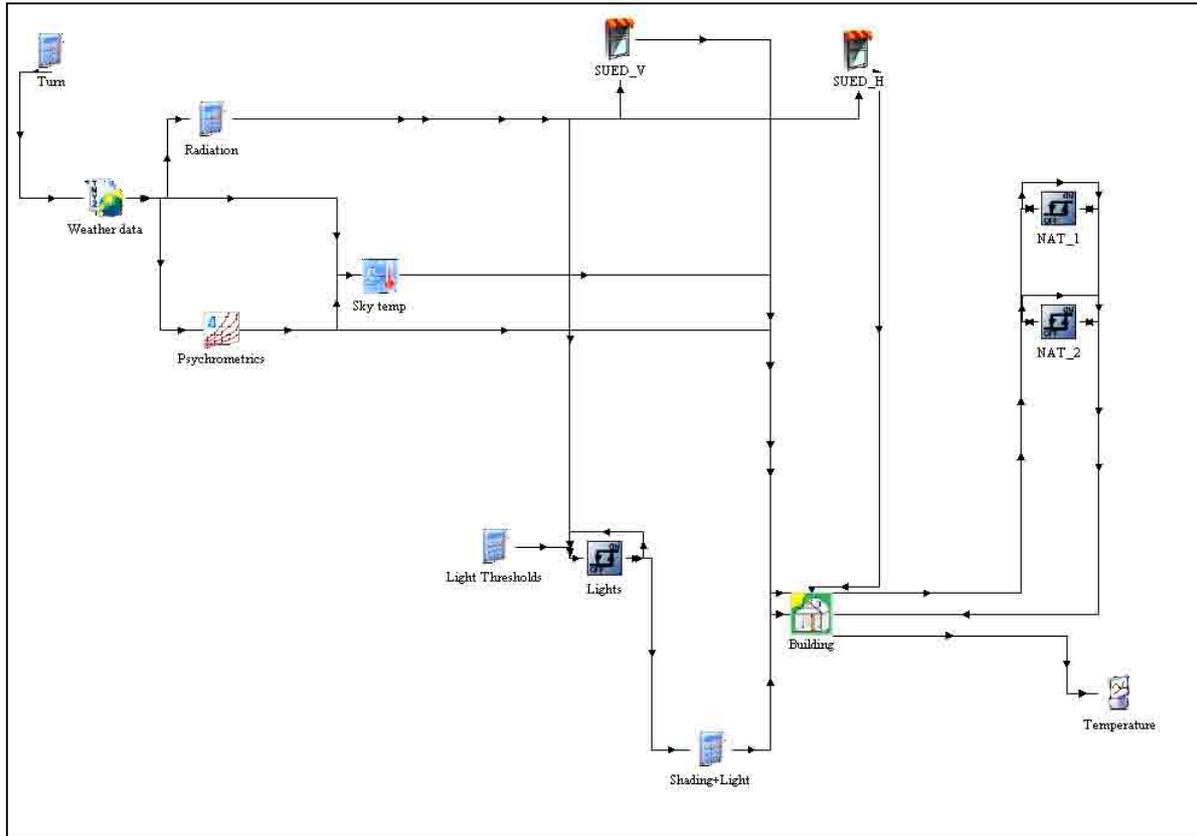
Ist $\Delta K >$ „Upper dead band“ und ist der Statut zuvor OFF, schaltet sich der Controller an. Die Funktion behält den Wert 1 bis der Wert von ΔK unter den Wert von „Lower dead band“ fällt. Die „Monitoring value“-Funktion wird zur Überprüfung der Grenztemperatur (Parameter 2: „High limit cut-out“) benötigt. Wird die Cut-Out-Temperatur überschritten, schaltet sich der Controller automatisch wieder auf den Status „OFF“.

Konfiguration für unser Beispiel:

Input	Wert
Upper Input value	20
Lower Input value	0
Monitoring value	0
Input control function	0
Upper dead band	25
Lower dead band	21

Die natürliche Belüftung steigt somit auf 3,0 1/h wenn eine Raumlufttemperatur in der Zone von 25°C überschritten ist und wird erst wieder auf 0,5 1/h minimiert wenn eine Temperatur von 21°C unterschritten wird.

Handbuch zu TRNSYS16 6 – Eingabebeispiel



Problem hierbei kann es sein, dass die Temperatur innerhalb der Zonen im Sommer an einigen Tagen trotz Lüftung auch nach 18Uhr noch nicht unter 21°C gesunken ist. Da die natürliche Belüftung jedoch in den meisten Fällen über eine Fensteröffnung funktioniert werden die Fenster nach Arbeitszeitende geschlossen. Dieses Problem kann dazu führen, die Zeit zusätzlich zu berücksichtigen.

Hier zeigen wir eine Möglichkeit zur Realisierung im TRNSYS Simulation Studio.

Zu Beginn ist es nötig eine weitere Berechnung zwischen TYPE2d und TYPE56 einzufügen. In der „Equation“ ist für jede natürlich belüftete Zone ein Input und ein Output zu erstellen. Des Weiteren wird ein Input „TIME“ erzeugt. Die Verknüpfungen lauten nun wie folgt:

Type	Output		Type	Input
56	TAIR 1	nach	2d	1
56	TAIR 2	nach	2d	1
2d	1	nach	2d	4
2d	1	nach	2d	4
2d	1	nach	Equation	Input1
2d	1	nach	Equation	Input2
Equation	CCOUNT_NAT_1		56	CCOUNT_NAT_1
Equation	CCOUNT_NAT_2		56	CCOUNT_NAT_2

Zur Berechnung werden die Formeln

- $CCOUNT_NAT_1 = Input1 * Time$
- $CCOUNT_NAT_2 = Input2 * Time$

eingetragen.

Um die Arbeitszeit zu beschreiben können TYPE14h und TYPE41c verwendet werden. Hier ist es möglich wie im „Schedule Manager“ von TRNBuild einen zeitlichen Verlauf darzustellen.

Wir haben jeweils für die Arbeitszeit an Wochentagen sowie für die Arbeitszeit am Wochenende ein Schedule-Modul (WORKDAY, WEEKEND) in das Simulation Studio eingefügt und folgende Werte festgelegt:

WORKDAY	Wert	WEEKEND	Wert
0-8 Uhr	0	0-24 Uhr	0
8-18 Uhr	1		
18-24 Uhr	0		

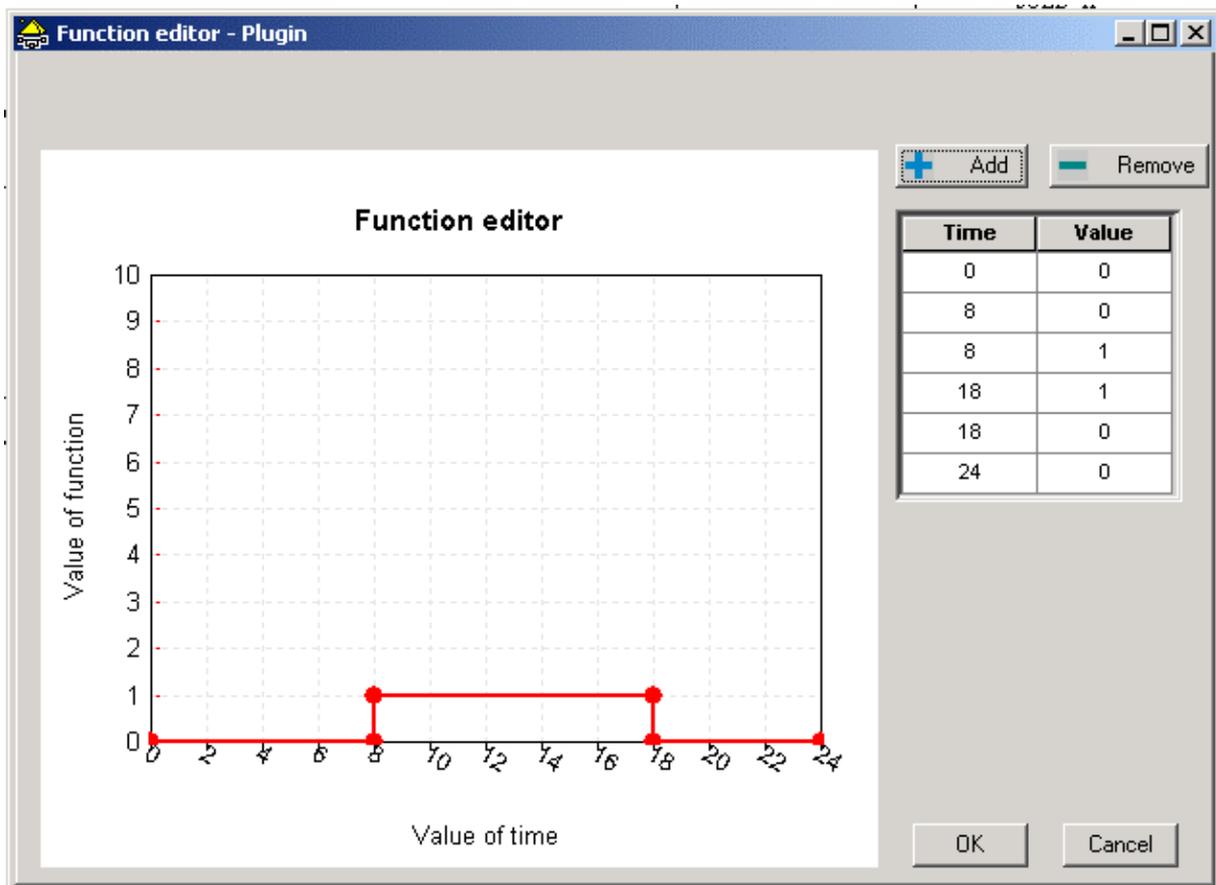


Abbildung 57 Forcing Function

Der wöchentliche Arbeitszeitverlauf lässt sich nun mit Hilfe einer Verknüpfung zum TYPE41c abbilden.

TYPE	Output		TYPE	Input
14h WORKDAY	1	nach	41c	1
14h WORKDAY	1	nach	41c	2
14h WORKDAY	1	nach	41c	3
14h WORKDAY	1	nach	41c	4
14h WORKDAY	1	nach	41c	5
14h WEEKEND	1	nach	41c	6
14h WEEKEND	1	nach	41c	7

Nun ist es möglich den Output des TYPE41c mit dem Wert „TIME“ der zuvor eingefügten Berechnung zu verlinken. Somit kann eine natürliche Belüftung der Zonen nur während der Anwesenheit der Nutzer erfolgen.

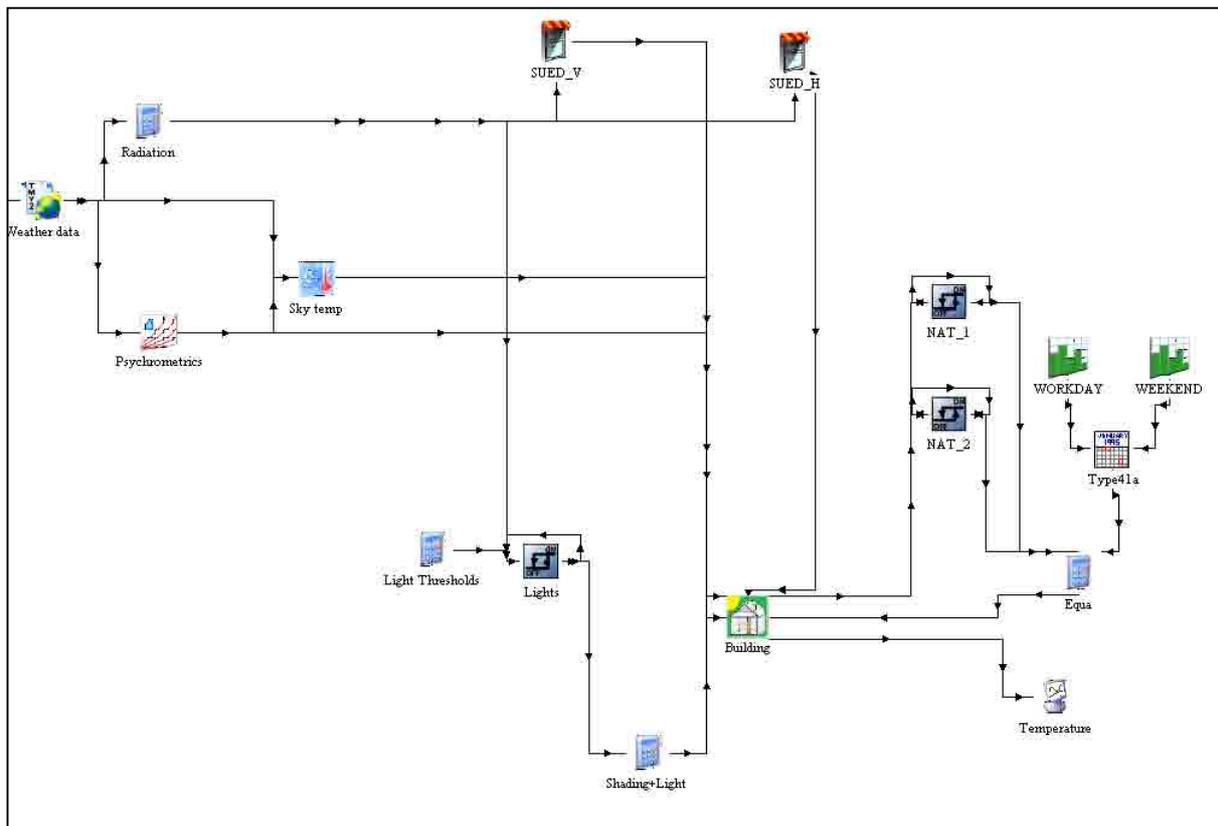


Abbildung 58 temperaturabhängige natürliche Belüftung mit zeitlicher Überwachung

6.3.3.5 Hinzufügen einer mechanischen Lüftung (Zone 3-4)

Eine mechanische Belüftung kann an Raumlufttemperatur, relativer Feuchte, Arbeitszeit uvm. gekoppelt sein. Der Bezug zu temischen und hygrischen Eigenschaften der Zone kann wie unter 6.3.3.4 beschrieben gelöst werden. Hier möchten wir jedoch eine zeitabhängige Konfiguration erläutern.

Hierzu sind ausschließlich Änderungen in TRNBUild nötig.

Zu Beginn muss im „Ventilation Type Manager“ die mechanische Lüftung über die Eingabemöglichkeiten beschrieben werden. Hierfür nutzen wird den durch den Wizard erstellten Ventilationstypen „VENTMECH“, ggf. muss ein neuer „Ventilation type“ eingerichtet werden.

In unserem Beispiel:

	VENTMECH
Airchange of Ventilation	Schedule: 1*USE+0
Temperature of Air Flow	other: 20°C
Rel. Humidity of Air Flow	other: 50%r.H.

„USE“ ist ein vom Wizard vordefinierter Wochenverlauf der Arbeitszeit im „Schedule Manager“. Für unser Beispiel ist diese Zeitabhängigkeit völlig ausreichen, der Verlauf kann jedoch problemlos geändert werden.

Nun muss der Ventilationstyp den einzelnen Zonen zugewiesen werden. Dies erfolgt in der Zone über den Button „Ventilation“. Hier muss zunächst über „ADD“ ein Type hinzugefügt werden. Ist ein Type vorhanden kann, über das Auswahlmenü im unteren Bereich des Fensters, dem Type die entsprechende Definition (hier: VENTMECH) zugewiesen werden.

6.3.3.6 Hinzufügen Fußbodenheizung

Sind Daten vom Haustechniker bezüglich einer Fußbodenheizung vorhanden kann es nötig sein, dass man nachträglich einen Wärmegewinn definiert.

Die Änderungen hierfür sind ausschließlich in TRNBuild vorzunehmen.

In der entsprechenden Zone können hierzu die Eigenschaften des Fußbodens geändert werden. Unter „wall gain“ kann für jedes beliebige Bauteil ein Wärmegewinn eingegeben werden.

Gibt der Haustechniker einen Heizwert der Fußbodenheizung von z.B. 120 W/m² für einen Raum von 24,7 m² vor, so ist der Wert für die Wärmegewinne aus der Fußbodenheizung gleich 10670,4 kJ/h (24,7m² · 120W/m² · 3,6= 10670,4 kJ/h).

Die Fußbodenheizung kann nun zeit- („Schedule Manager“ oder Type14h) oder/und temperaturabhängig (Type2d) gesteuert werden.

Sinnvoller jedoch ist es mit Hilfe des NTYPE32 (siehe Abs. „**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**“) einen Input zu definieren, der der Energie entspricht, welche benötigt wird um eine bestimmte Temperatur in einer Zone zu halten.

Ebenso wird bei einer Wandheizung verfahren.

6.3.3.7 Hinzufügen Kühldecke (Zone 3)

Sind Daten vom Haustechniker bezüglich einer Kühldecke vorhanden kann es nötig sein, dass man nachträglich eine Kühlleistung in einer Zone definiert.

Dies erfolgt ausschließlich in TRNBuild.

Über den „Wall Type Manager“ muss man sich zunächst das entsprechende Bauteil auswählen (hier: ROOF). Im Schichtenaufbau kann nun markiert werden an welcher Position eine Kühldecke eingefügt werden soll. Da eine Kühldecke außen angebracht wird, kann es bei nachträglicher Bearbeitung eines Bauteils nötig sein die äußere Schicht zu löschen und erneut an die gewünschte Position einzufügen.

Im Bereich „Layer“ des „Wall Type Managers“ kann über „new“ ein einzelnes Layer dem Bauteil hinzugefügt werden. Im folgenden Fenster ist nun „Cooled Ceiling“ zu aktivieren.

Nun können Produktdaten und einzelne Parameter eingegeben werden. Um die Eingabe dem Bauphysiker zu vereinfachen empfehlen wir für die Angabe von U_{wrx} „calculate UWRX from specific norm power“ zu aktivieren, da keine weiteren Berechnungen von Nöten sind. Weitere Informationen zum U_{wrx} können über den INFO-Button abgerufen werden.

Einstellungen für das Eingabebeispiel:

Pipe spacing	0,20 m	Specific norm massflow	30 kg/(hm ²)
Pipe inside diameter	0,02 m	Norm area	24,7 m ²
Specific norm power	300 kJ/(hm ²)	Norm number ob loops	1

6.3.3.8 Festlegen der Grenzbedingung für Zone 1

Die Randbedingungen für Zone 1 werden durch eine Boundary-Funktion beschrieben. Hierbei liegt die Raumlufttemperatur in der Zone 5 durch beheizen im ganzen Jahr bei 20°C.

6.3.3.9 Festlegen der Grenzbedingung für Zone 3

Hier werden wir einen gesamt Wärmedurchlasskoeffizient nach DIN EN ISO 13770 für die Sohlplatte berechnen. Es handelt sich in unserem Beispiel um eine quadratische Bodenplatte auf Erdreich ohne Randdämmung.

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P} = \frac{118,48}{0,5 \cdot 43,54} = \underline{5,44m}$$

mit B' : charakteristisches Maß der Bodenplatte
 A : Fläche der Bodenplatte
 P : Umfang der Bodenplatte

$$d_t = \omega + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}) = 0,355 + 1,75 \cdot \left(0,17 + \frac{0,10}{0,04} + 0,00 \right) = \underline{5,03m}$$

mit ω : Gesamtdicke der Umfassungswände
 λ : Wärmeleitfähigkeit des ungefrorenem Erdreichs
 $R_{si}; R_{se}$: Wärmeübergangswiderstände
 R_f : Berücksichtigung von Dämmung in der Bodenplatte

$$U = U_o = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_t} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot B'}{d_t} + 1 \right) = \frac{2 \cdot 1,75}{\pi \cdot 5,44 + 5,03} \cdot \ln \left(\frac{\pi \cdot 5,44}{5,03} + 1 \right) = \underline{\underline{1,522 \frac{W}{m^2 K}}}$$

Die verwendeten Formel gelten nur für die oben genannten Randbedingungen der Platte.

Nun muss unter TRNBuild im „Wall Type Manager“ ein neuer Type erstellt oder der Type „GROUND“ kopiert und verändert werden. Wir haben diesen mit „GROUND2“ benannt.

GROUND2:

No	Layer	Thickness	Type
1	FLIESEN	0,010	massive
2	ZEMENTMOERTEL	0,050	massive
3	POLYSTYROL	0,100	massive
4	CONCRETE	0,200	massive
5	ISO13770 ⁸	R=0,18	massless

Solar Absorptance of Wall		Convective Heat Transfer Coefficient of Wall	
Front	Back	Front	Back
0,3	0,9	28,8	999

Nach Erstellen des neuen Wall-Type's muss lediglich in der entsprechenden Zone (hier: Zone 3) für die Sohlplatte der Type „GROUND2“ ausgewählt werden.

⁸ Wärmedurchlasswiderstand $R=1/U=1/(1,522 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})\cdot 3,6)$

6.3.3.10 Festlegen der Grenzbedingung für Zone 4

Zone 4 wird mit Hilfe der Boundary-Funktion in TRNBuild beschrieben. Hierzu nutzen wir die mittlere Monatstemperatur der Außenluft um die Temperatur des Erdreichs zu definieren.

Um die mittlere Monatstemperatur verwenden zu können sind allerdings einpaar Umwege nötig.

Zunächst ist eine manuelle Analyse der Wetterdaten erforderlich. Es müssen für jeden der Monate (Handrechnung, Excel, Type55 oder ähnliches) das Mittel der Außenlufttemperatur ausgerechnet werden. Werden die TRNSYS-Wetterdaten (*.tm2) für die Simulation genutzt so muss der aktuelle Monat während der Simulation ständig ermittelt werden (bei TRY ist dies nicht nötig, da diese einen Output für den aktuellen Monat (Output3) besitzen). Wir nutzen hierfür den Type14h. Der Type14 ist auf 20 Datensätze beschränkt und kann somit nicht das ganze Jahr abbilden, daher haben wir uns entschieden zwei Module des Type14h (JAN-JUN, JUL-DEZ) einzufügen. Es wurde über den Plug-In-Button die folgenden Verläufe eingetragen:

JAN-JUN		JUL-DEZ	
Zeit	Wert	Zeit	Wert
0	1	0	0
744	1	4344	0
744	2	4344	7
1416	2	5088	7
1416	3	5088	8
2160	3	5832	8
2160	4	5832	9
2880	4	6552	9
2880	5	6552	10
3624	5	7296	10
3624	6	7296	11
4344	6	8016	11
4344	0	8016	12
8760	0	8760	12

Nun wird eine Berechnung mit dem Name MTEMP benötigt, die wir in das Simulation Studio einfügen müssen. ERSTHALB und ZWEIHALB stellen hierbei den Input für JAN-JUN und JUL-DEZ dar.

Berechnung

MON = ERSTHALB+ZWEIHALB
 M1 = EQL(MON,1)*0,5
 M2 = EQL(MON,2)*1,1
 M3 = EQL(MON,3)*3,7
 M4 = EQL(MON,4)*7,3
 M5 = EQL(MON,5)*12,2
 M6 = EQL(MON,6)*15,5
 M7 = EQL(MON,7)*16,8
 M8 = EQL(MON,8)*16,6
 M9 = EQL(MON,9)*13,5
 M10 = EQL(MON,10)*9,7
 M11 = EQL(MON,11)*5,1
 M12 = EQL(MON,12)*1,9
 MTEMP = M1+M2+M3+M4+M5+M6+M7+M8+M9+M10+M11+M12

Der Zahlenwert hinter dem EQL-Vergleich (z.B. 0,5 bei M1) in den Berechnungen von M1 bis M12 ist der zuvor errechnete Monatsmittelwert (M1=Januar, M2=Februar,...) der Außenlufttemperatur. MTEMP ergibt dann die mittlere Monatstemperatur des aktuellen Monats.

Nun muss das Ergebnis nur noch mit dem Type56 verlinkt werden:

TYPE	Output		TYPE	Input
Equation - MTEMP	MTEMP	nach	56	MTEMP

6.3.3.11 Festlegen der Grenzbedingung für Zone 6

Um die Randbedingungen für Zone6 festzulegen nutzen wir in diesem Fall ein TRNSYS-eigenes Modul – das Type77.

Das Type77 berechnet eine Temperatur im Erdreich in beliebiger Tiefe. Hierzu werden die mittlere Jahrestemperatur der Außenluft, maximale Außenlufttemperatur, Tag an dem die geringste Außenlufttemperatur gemessen wurde, Wärmeleitfähigkeit des Bodens, Dichte des Bodens und die spezifische Wärmespeichermenge des Bodens benötigt. Um die Informationen über das Wetter zu erhalten ist eine manuelle Ermittlung erforderlich.

In das Variablenfenster von Type77 werden folgende ermittelte Werte eingetragen:

Parameter	Wert	Einheit
Number of temperature nodes	1	-
Mean surface temperature	8,78	°C
Amplitude of surface temperature ⁹	22,69	K
Time shift ¹⁰	14	d
Soil thermal conductivity ¹¹	6,30	kJ/(hmK)
Soil density	2300,0	Kg/m ³
Soil specific heat ¹¹	1,087	kJ/(kgK)
Depth at point	2,70	m

Somit errechnet uns das Modul die Temperatur des Erdreichs bei einer Tiefe von 2,70m (Output1). Diese Temperatur wird direkt über den Input „TYPE77“ des Type56 als Boundary-Temperatur der Sohlplatte genutzt.

Da sich die Temperatur im Erdreich mit zunehmender Tiefe verändert werden wir die errechnete Temperatur jedoch nicht für die Kelleraußenwände nutzen. Es wird das arithmetische Mittel der Außenlufttemperatur und dem Output1 des Type77 errechnet. Hierzu wird eine weitere Berechnung in den Arbeitsbereich des Studio's eingefügt. Diese Berechnung wird mit TYPE77 benannt.

Berechnung

$$AWKTEMP = (TYPE77+ATEMP)/2$$

Nun können folgende Verknüpfungen erstellt werden:

TYPE	Output		TYPE	Input
109	1	nach	Equation – TYPE77	ATEMP
77	1	nach	Equation – TYPE77	TYPE77
Equation – TYPE77	AWKTEMP	nach	56	AWKTEMP

⁹ Amplitude of surface temperatur = maximale Außenlufttemperatur – mittlere Außenlufttemperatur

¹⁰ Tag an dem die geringste Außenlufttemperatur des Jahres gemessen wurde

¹¹ DIN EN ISO 13770 Tabelle 1 oder Anhang G - Wärmetechnische Eigenschaften des Erdreichs

7 Ergebnisse der Rechenläufe

Zur weiteren Bearbeitung und Auswertung der Ergebnisse bietet es sich an, sämtliche Daten in txt-Dateien zu speichern. Da der vom Wizard erzeugte Online-Plotter (Type65d) allerdings lediglich über eine graphische Ausgabe (siehe Abb.59) verfügt muss dieser ersetzt werden.

Hierfür kann z.B. das Type 65a verwendet werden. Durch löschen des Online-Plotter-Moduls gehen alle vorhandenen Verknüpfungen im Simulation Studio zur Ausgabe verloren und müssen neu erstellt werden. Im Variablen-Fenster des Plotters lässt sich nun unter „External Files“ der Speicherort und Name für die Ausgabedatei festlegen (hier: ergebnisse.txt). Wird kein Name eingetragen werden keinerlei Daten exportiert.

Der Online-Plotter und das Multizone-Type erzeugen somit vier Dateien.

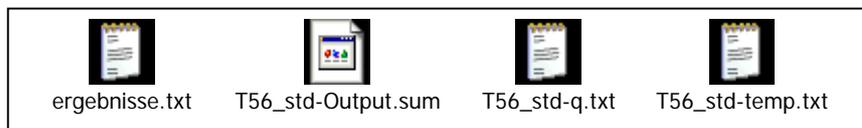


Abbildung 58 Ausgabedateien

Die Datei „T56_std-temp.txt“ wird vom Type56 erstellt und beinhaltet stündliche Werte der Außenlufttemperatur, Raumlufttemperatur und operative Temperatur in jeder Zone.

Ebenso wird „T56_std-q.txt“ vom Multizone-Modul erzeugt. Die Datei enthält stündliche Angaben zu Außenlufttemperatur und verbrauchten Wärmemengen zum kühlen und heizen.

„T56_std-Out.sum“ hingegen besitzt eine monatliche Energiebilanz der einzelnen Zonen sowie des gesamten Objektes. Es werden Energiegewinne bzw. –verluste bezüglich des Heizens, Kühlens, Lüftens, mechanischer Ventilation, solarer Sonneneinstrahlung und interne Wärmegewinnen. Sie lässt sich problemlos mit dem Windows-Editor öffnen.

Die Benennung der Datei kann bereits vor der Berechnung geändert werden. Hierzu müssen lediglich im Variablen-Fenster unter dem Register „External Files“ die vordefinierten Namen geändert werden.

Für die Ergebnisausgabe werden die in Tabelle 6 - Tabelle 8 aufgelisteten Kürzel verwendet.

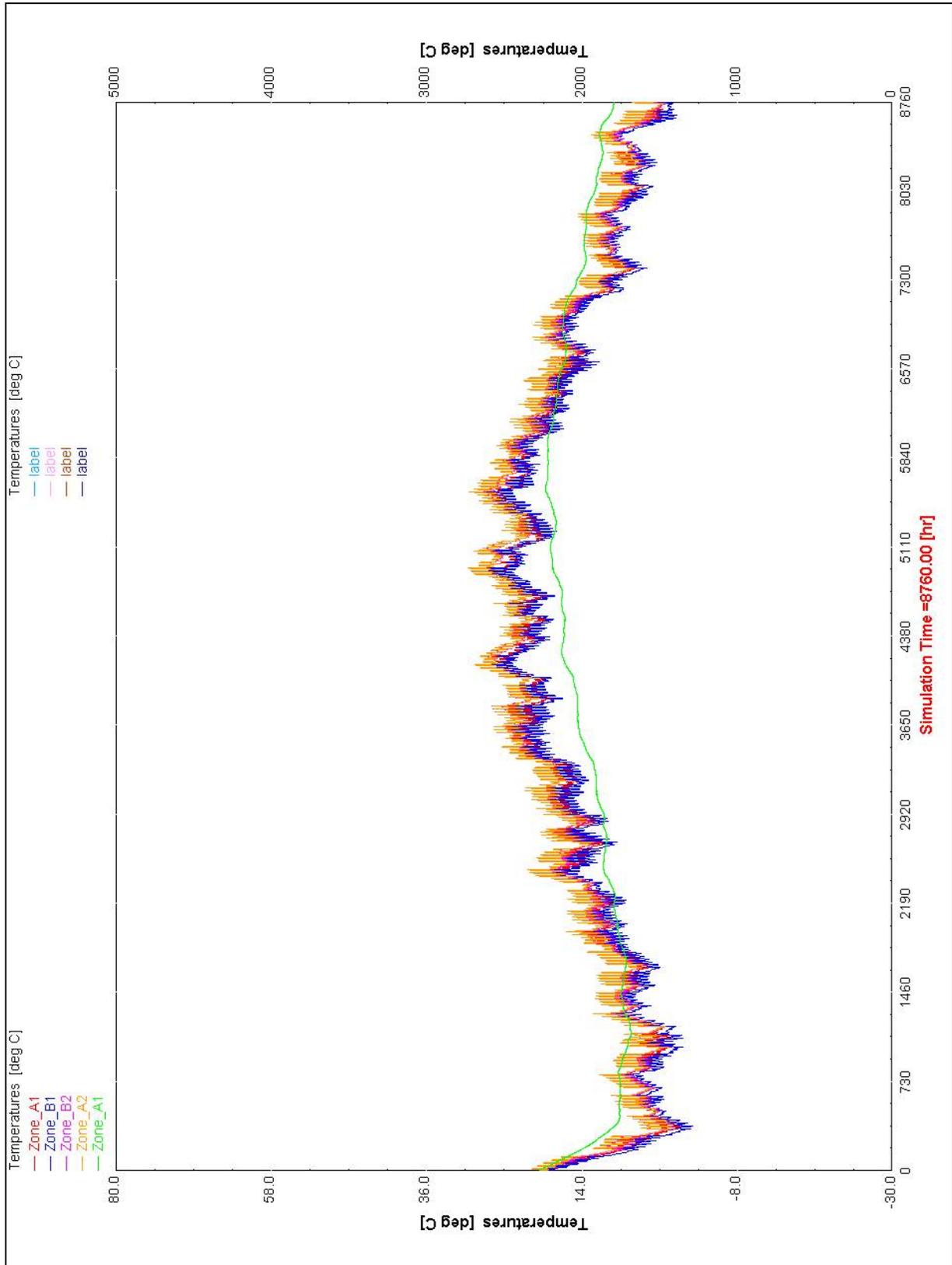


Abbildung 59 graphische Ergebnisausgabe des Online-Plotter

Die Dateien können problemlos in Microsoft Excel oder andere Tabellenkalkulationsprogramme importiert werden.

Hier möchte ich kurz auf den Import mit Excel eingehen.

Nach dem starten von Excel kann über die herkömmlichen „Öffnen“-Funktion jede der zuvor genannten Dateien eingefügt werden. Im „Öffnen“-Fenster (siehe Abbildung 60) ist lediglich darauf zu achten, dass unter Dateityp „Alle Dateien (*.*)“ eingestellt ist. Hier kann nun die gewünschte Datei ausgewählt und die Auswahl mit „Öffnen“ bestätigt werden.

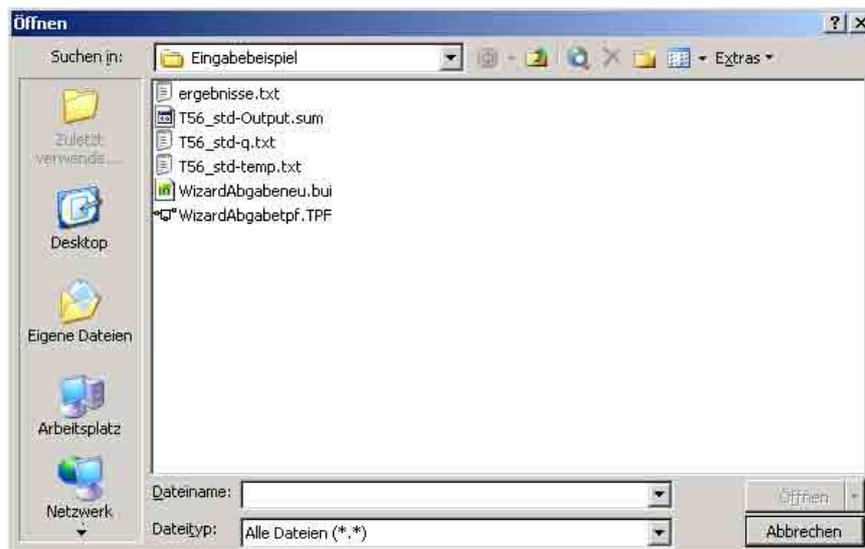


Abbildung 60 „Öffnen“-Fenster

Hiernach wird der Nutzer automatisch in den sog. Textkonvertierungs-Assistenten geleitet. Die ersten beiden Schritte (siehe Abbildung 61 Abbildung 62) können problemlos mit „Weiter“ bestätigt werden.

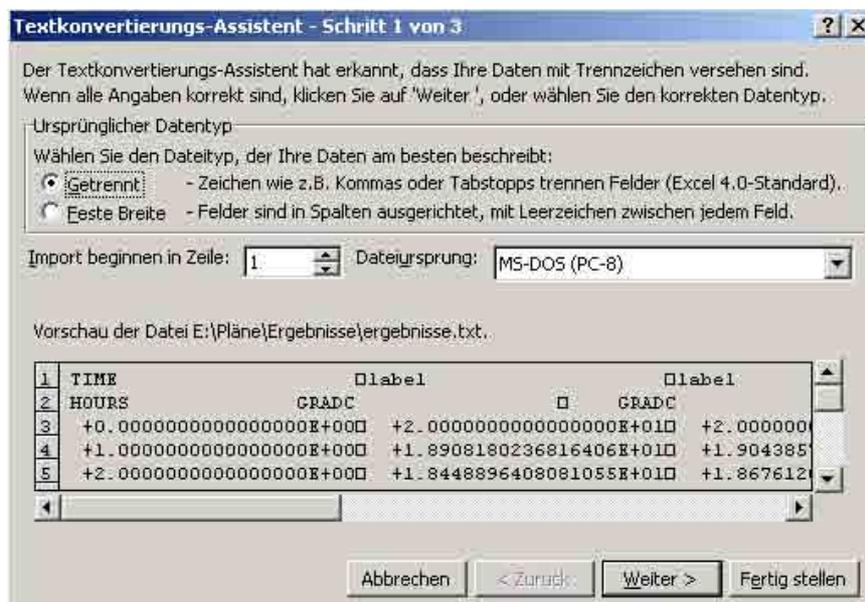


Abbildung 61 Schritt 1 - Importieren

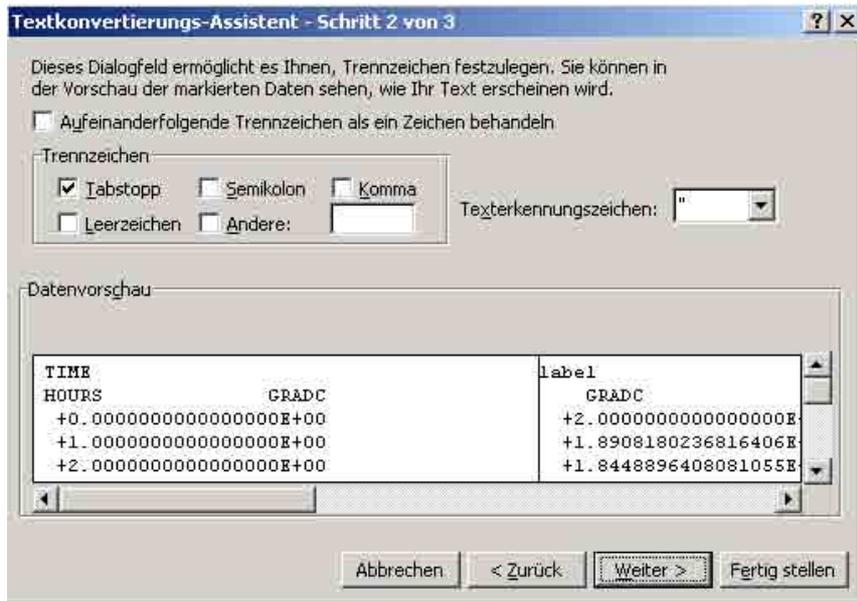


Abbildung 62 Schritt 2 - Importieren

Im dritten Schritt hingegen ist eine kleine Änderung vorzunehmen. Da TRNSYS, wie schon bekannt, mit dem Punkt als Dezimaltrennzeichen arbeitet muss hier über den „Weiter“-Button im linken oberen Bereich als Dezimaltrennzeichen der Punkt eingestellt werden (siehe Abbildung 64).

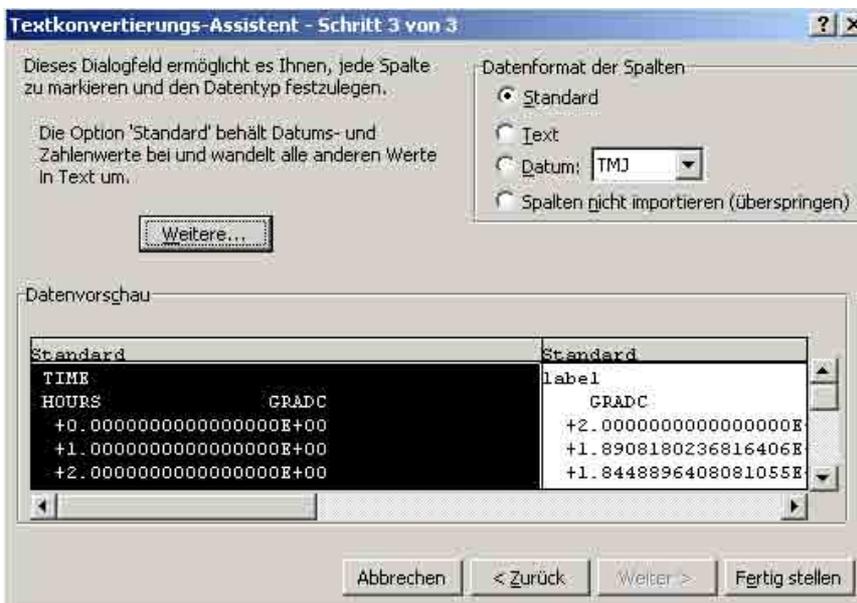


Abbildung 63 Schritt 3 - Importieren



Abbildung 64 Schritt 4 - Importieren

Nun gelangen wir in die vertraute Excel-Oberfläche. Da die Zahlen nun im 10^x-Format angezeigt werden sollte vor der Bearbeitung die Formatierung der Zellen wie unter Abbildung 65 gezeigt erfolgen.

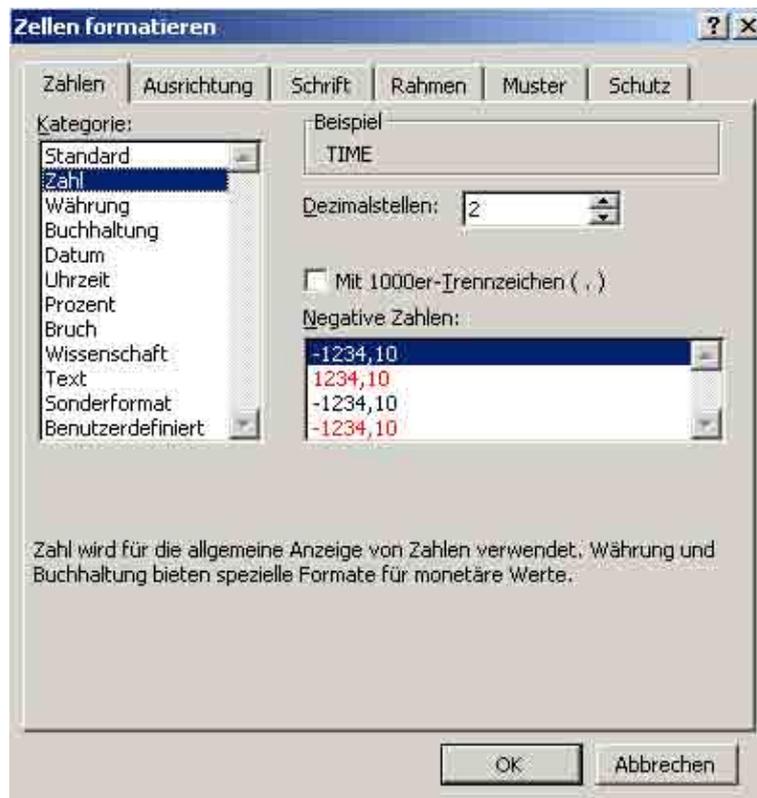


Abbildung 65 Zellenformatierung

Handbuch zu TRNSYS16
7 – Ergebnisse der Rechenläufe

NTYPE	Label	Description
1	TAIR	air temperature of zone [°C]
2	QSENS	sensible energy demand, heating(-), cooling(+) [kJ/hr]
3	QCSURF	total convection to air from all surfaces within zone incl. internal shading [kJ/hr]
4	QINF	sensible infiltration energy gain of zone [kJ/hr]
5	QVENT	sensible ventilation energy gain of zone[kJ/hr]
6	QCOUP	sensible coupling gains of zone [kJ/hr]
7	QGCONV	internal convective gains of zone [kJ/hr]
8	DQAIR	sensible change in internal energy of air in zone since the beginning of the simulation [kJ/hr]
9	RELHUM	relative humidity of zone air [%]
10	QLATD	latent energy demand of zone [kJ/hr]
11	QLATG	latent energy gains of zone including ventilation, infiltration, coupling, internal latent gains and vapor adsorption in walls [kJ/hr]
12	QSOLTR	total shortwave solar radiation transmitted through external windows of zone [kJ/hr]
13	QGRAD	internal radiative gains of zone [kJ/hr]
14	QTABSI	total radiation absorbed (or transmitted) at all inside surf. of zone (includes solar gains, radiative heat, internal radiative gains and wallgains) [kJ/hr]
15	QTABSO	total radiation absorbed at all outside surf. of zone [kJ/hr]
16	QTCOMO	total convective and longwave rad. gains (Tsky) to outside surf. [kJ/hr]
23	TSTAR	star node temperature of zone [°C]
24	TMSURF	weighted mean surface temperature of zone [°C]
25	TOP	operative zone temperature [°C]
26	QVAPW	heat of vapor adsorption in walls of zone [kJ/hr]
27	QUA	static UA-transmission losses (UA*dT) of zone [kJ/hr]
28		value of schedule
29	ABSHUM	absolute humidity of zone air [kgwater / kgdry_air]
30	QHEAT	sensible heating demand of zone (positive values) [kJ/hr]
31	QCOOL	sensible cooling demand of zone (positive values) [kJ/hr]
56	QSEC	secondary heat flux of all windows of zone [kJ/hr]
62	PMV	predicted mean vote (PMV) value of zone [-]
63	PPD	predicted percentage of dissatisfied persons (PPD) value of zone [%]
69	QTSGL	total solar rad. absorbed on all panes of all windows of a zone [kJ/hr]
70	QTSISH	total solar absorbed on internal shading device of all windows of a zone [kJ/hr]
71	QTSOFR	total solar rad. absorbed on outside of the frame of ext. window [kJ/hr]
72	QTSIFR	total solar rad. absorbed on inside of the frame of all ext. window and both sides of all adjacent windows of a zone [kJ/hr]
73	QTSOUT	total solar transmission to outside through external window of a zone[kJ/hr]
74	QTSPAS	total solar radiation passing the glass surface of external windows [kJ/hr]
75	QTSABS	total solar rad. absorbed at all inside surfaces of a zone [kJ/hr]
76	QTWG	total wallgains on inside surfaces of a zone [kJ/hr]
77	QTSKY	total longwave rad. losses to sky of outside surfaces of a zone [kJ/hr]
78	QRHEAT	radiative energy rate of sensible heating demand of a zone [kJ/hr]

Tabelle 6 Zone Outputs

Handbuch zu TRNSYS16
7 – Ergebnisse der Rechenläufe

NTYPE	Label	Description
17	TSI	inside surface temperature [°C]
18	TSO	outside surface temperature [°C]
19	QCOMI	energy from inside surf. incl. conv. to air and longwave radiation to other surfaces. [kJ/hr]
20	QCOMO	energy to outside surf. incl. conv. to air and longwave radiation to other surfaces or Tsky. [kJ/hr]
21	QABSI	radiation absorbed (or transmitted) at inside surf. [kJ/hr] (includes solar gains, radiative heat, internal radiative gains and wallgains, except longwave radiation exchange with other walls)
22	QABSO	radiation absorbed at outside surf. [kJ/hr] (includes solar gains, radiative heat, internal radiative gains and wallgains, except longwave radiation exchange with other walls or Tsky)
48	ICOND	condensation flag (0 or 1) for inside surfaces [-]
49	OCOND	condensation flag (0 or 1) for outside surfaces [-]
50	UWIN	U-value of glazing and frame [kJ/ hr m ² K]
51	GWIN	g-value (solar heat gain coeff.) of glazing only [-]
52	TIGLS	inside surface temperature of the glazing [°C]
53	TOGLS	outside surface temperature of the glazing [°C]
54	TIFRM	inside surface temperature of the frame [°C]
55	TOFRM	outside surface temperature of the frame [°C]
57	TALM	node temperature of active layer [°C]
58	TOFL	fluid outlet temperature of active layer [kJ/hr] Type 56 user's manual
59	QALFL	energy input by fluid of active layer to zone [kJ/hr]
60	QALE	energy input by gains of active layer to zone [kJ/hr]
61	QALTL	total energy input by fluid&gains of active layer to zone [kJ/hr]
64	QSGL	solar rad. absorbed on all panes of window [kJ/hr]
65	QSISH	solar rad. absorbed on internal shading device of window [kJ/hr]
66	QSOFR	solar rad. absorbed on outside of ext. window frame [kJ/hr]
67	QSIFR	solar rad. absorbed on inside frame and both sides of adjacent windows [kJ/hr]
68	QSOUT	solar transmission to outside through external window [kJ/hr]
79	QSIAB	solar (direct & diffuse) rad. absorbed at inside surface [kJ/hr]
80	QIBAB	solar direct rad. absorbed at inside surface [kJ/hr]
81	QIDAB	solar diffuse rad. being absorbed at inside surface [kJ/hr]
82	QWG	wall gain on inside surface of wall or window [kJ/hr]
83	QSKY	longwave rad. losses to sky of external surface [kJ/hr]
84	QRGAB	internal rad gains absorbed on inside surface [kJ/hr]
85	QRHEA	rad. energy rate of sens. heating demand absorbed on inside surf [kJ/hr]

Tabelle 7 Surface Outputs

Handbuch zu TRNSYS16
7 – Ergebnisse der Rechenläufe

NTYPE	Label	Description
32	SQHEAT	sum of sensible heating demand for specified zones (positive) [kJ/hr]
33	SQCOOL	sum of sensible cooling demand for specified zones (positive) [kJ/hr]
34	SQCSURF	sum of surf. conv. gains of specified zones [kJ/hr]
35	SQINF	sum of sensible infiltration gains of specified zones [kJ/hr]
36	SQVENT	sum of sensible ventilation gains of specified zones [kJ/hr]
37	SQCOUP	sum of sensible coupling gains of specified zones [kJ/hr]
38	SQGCONV	sum of int. conv. gains of specified zones [kJ/hr]
39	SDQAIR	sum of changes in internal energy of air in specified zones [kJ/hr] (since the beginning of the simulation)
40	SQLATD	sum of latent energy demand of specified zones [kJ/hr] humidification(-), dehumidification (+)
41	SQLATG	sum of latent energy gains of specified zones including ventilation, infiltration, coupling and vapor adsorption in walls [kJ/hr]
42	SQSOLT	sum of shortwave solar radiation transmitted through windows of specified zones (but not kept 100 % in zone) [kJ/hr]
43	SGQRAD	sum of internal radiative gains of specified zones [kJ/hr]
44	SQABSI	total rad. absorbed (or transmitted) at inside surf. of specified zones (includes solar gains, rad. heat, int. rad. and wallgains) [kJ/hr]
45	SQABSO	total rad. absorbed at outside surf. of specified zones (incl. solar gains, rad. heat, int. rad. and wallgains, but not l-wave with Tsky) [kJ/hr]
46	SQUA	sum of static transmission losses ($UA \cdot dT$) of specified zones [kJ/hr]
47	SQVAPW	sum of heat of vapor adsorption in walls of specified zones [kJ/hr]

Tabelle 8 Outputs for Groups of Zones

8 Parameterstudie

In der Parameterstudie untersuchen wir die Auswirkungen von baulichen Änderungen auf die Raumlufthtemperatur, operative Temperatur sowie solare Wärmegegewinne.

Folgende Einflussgrößen wurden variiert:

- Verglasung
 - 1-fach Verglasung
 - Isolierverglasung
 - Wärmeschutzverglasung
 - Sonnenschutzverglasung
- Verschattung
 - Horizontal 0°
 - Horizontal 30°
 - Vertikal rechts des Fensters
 - Vertikal links des Fensters
 - Vertikal beidseitig des Fensters
- Azimutwinkel
 - 0°
 - 30°
 - 60°
- Wärmedurchlasskoeffizienten der Außenwand und des Flachdachs
 - Keine Dämmung
 - 10cm Polystyrol
 - 20cm Polystyrol
- Spezifische Wärmespeicherkapazität der inneren Wandschale (Außenwand)
 - 1000 J/(kgK)
 - 300 J/(kgK).

Es werden jeweils nur die angegebenen Parameter variiert.

8.1 Objekt

Um die Beurteilung der Ergebnisse auf eine Himmelsrichtung beschränken zu können wurden vier Räume mit nur einer entsprechenden Außenwand und die Innenwände diagonal und möglichst adiabatisch eingegeben.

Flachdach:

No	Layer	Thickness	Type
1	Beton	0,200	massive
2	Polystyrol WLG040	0,100	massive

Außenwand:

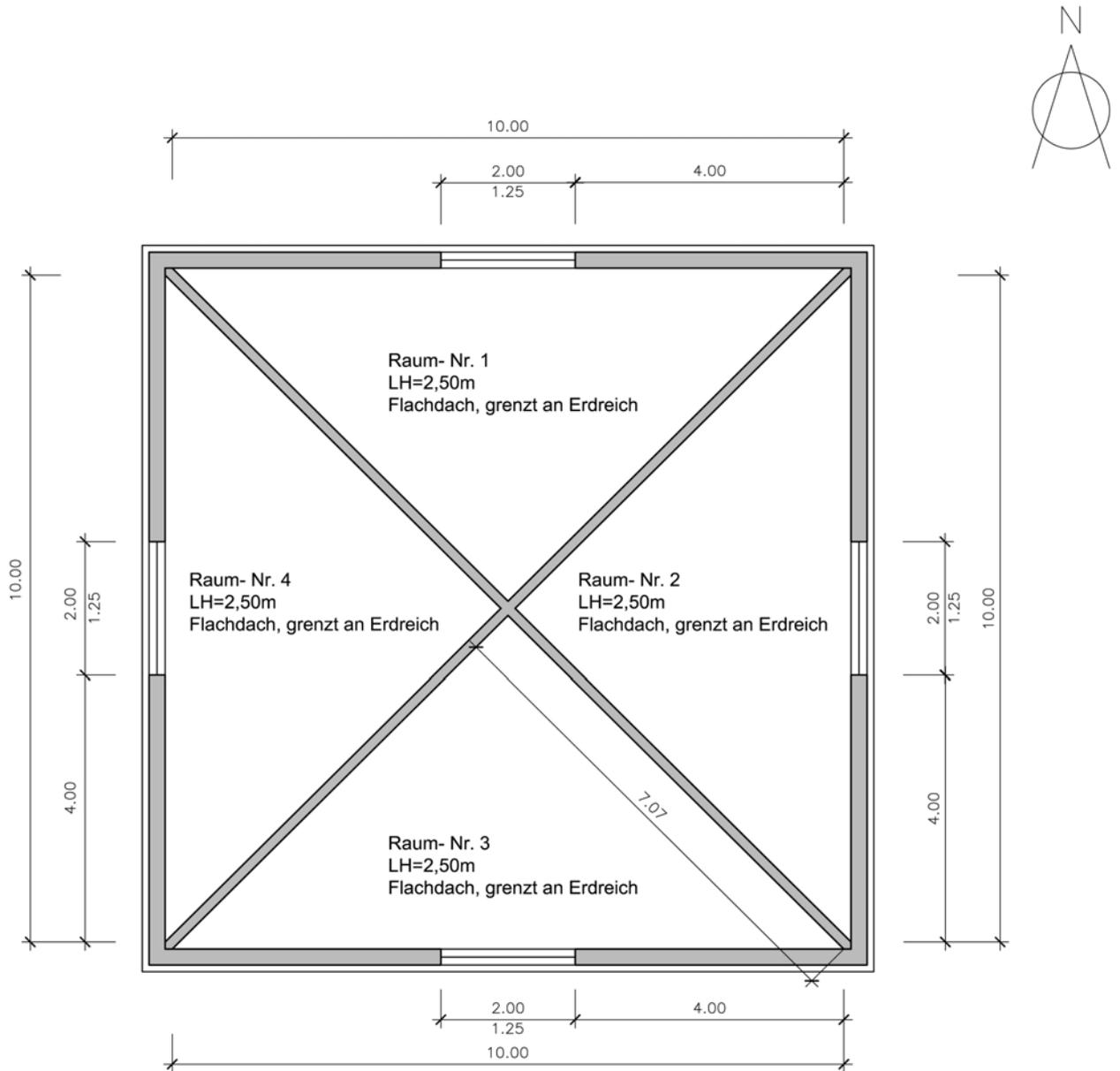
No	Layer	Thickness	Type
1	Vollziegel	0,240	massive
2	Polystyrol WLG040	0,100	massive
3	Zementputz	0,020	massive

Innenwand:

No	Layer	Thickness	Type
1	Beton	0,080	massive
2	Layer004	R=999 m ² K/W	massless
3	Beton	0,070	Massive

Fußboden:

No	Layer	Thickness	Type
1	Zementestrich	0,050	Massive
2	Polystyrol WLG040	0,100	Massive
3	Beton	0,200	massive



8.2 Verglasung

Während dieser Betrachtung wird die Verglasung als Parameter variiert. Dabei wird

- 1-fach Verglasung
- Isolierverglasung
- Wärmeschutzverglasung
- Und Sonnenschutzverglasung

unterschieden.

Eigenschaften der Verglasung:

	1-fach	Isolier	WSV	WSV2	SSV
WinID	1001	1002	2305	2004	3003
U-Wert [W/(m ² K)]	5,68	2,83	1,27	1,40	1,26
g-Wert [-]	0,855	0,755	0,624	0,622	0,212

8.2.1 Einfachverglasung

Tabelle 9 Solare Energieerträge in kWh bei 1-fach Verglasung

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	13,10	21,61	62,84	22,49
FEB	21,22	41,81	92,36	38,52
MAR	39,46	71,86	117,40	71,92
APR	52,52	103,80	133,00	103,50
MAY	75,58	140,50	138,90	140,50
JUN	82,14	144,90	125,00	138,20
JUL	79,03	136,70	129,20	140,30
AUG	63,44	121,50	143,30	126,90
SEP	42,26	89,05	138,50	87,14
OCT	27,76	54,76	109,90	54,45
NOV	14,61	26,58	71,12	24,83
DEC	9,44	16,95	48,96	14,69
SUM	520,60	970,10	1311,00	963,50

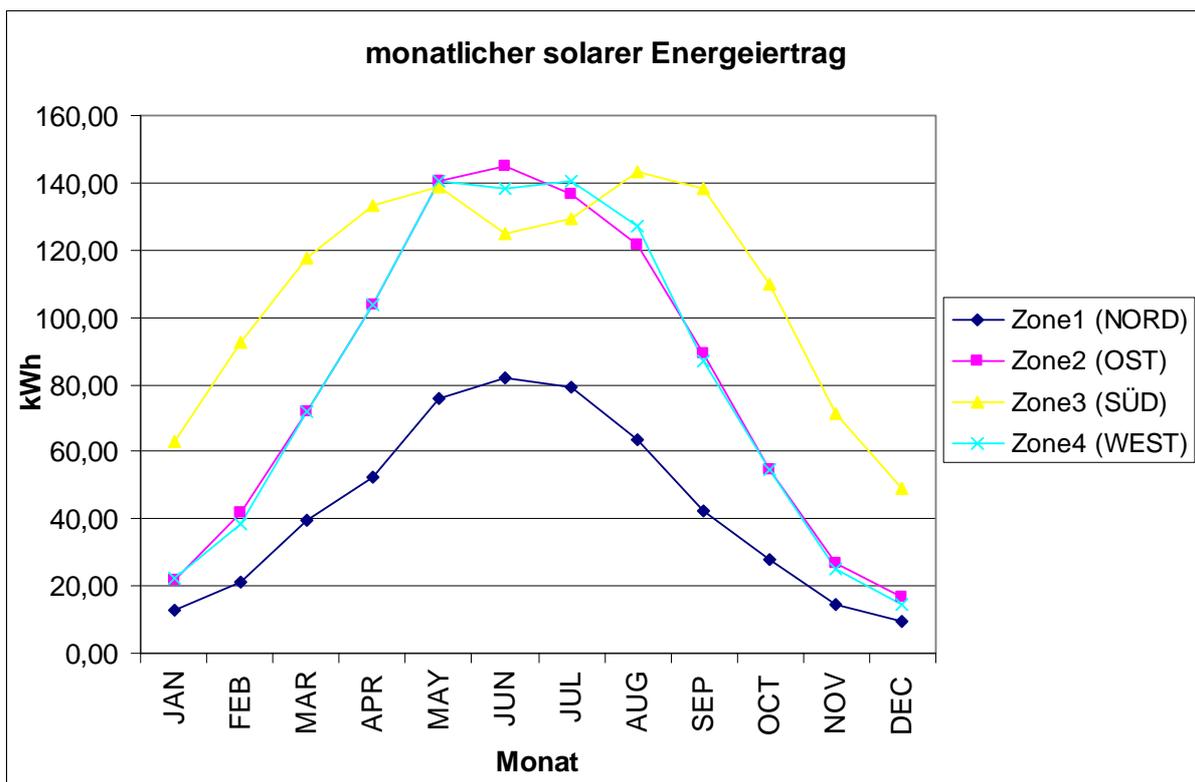


Abbildung 66 Diagramm zu Tabelle 9

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 10 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit Einfachverglasung

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-9,23	-0,77	-4,17	-8,94	-0,14	-3,73	-6,79	3,09	-1,50	-8,72	-0,34	-3,70
FEB	-7,77	0,79	-3,36	-6,30	2,01	-2,20	-3,44	6,46	0,90	-6,66	1,94	-2,32
MAR	-3,18	4,79	0,54	-2,50	6,56	2,30	-0,73	10,74	4,87	-1,97	6,42	2,29
APR	2,10	10,37	6,01	4,77	13,50	8,92	6,67	16,90	10,77	4,10	14,08	8,80
MAI	4,84	16,32	10,72	6,71	20,34	14,03	7,79	19,86	14,28	7,14	21,13	14,07
JUN	12,09	20,88	15,99	15,66	25,64	19,95	14,68	24,09	18,84	16,02	25,02	19,65
JUL	14,06	20,71	17,17	15,72	25,91	20,13	15,17	25,52	19,61	15,69	26,72	20,08
AUG	13,73	20,51	16,87	15,55	25,09	20,06	15,94	28,25	21,18	16,23	26,58	20,56
SEP	8,73	17,43	12,84	11,27	20,97	15,51	13,76	22,43	17,84	11,37	20,36	15,39
OKT	2,98	10,64	7,46	3,39	14,18	9,41	4,51	21,19	12,99	3,55	14,20	9,37
NOV	-1,95	3,76	1,68	-1,15	4,72	2,33	0,29	10,08	4,52	-1,40	4,75	2,24
DEZ	-6,28	2,29	-1,72	-5,83	2,63	-1,23	-4,22	5,70	0,83	-6,03	2,39	-1,35

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-9,24	-0,77	-4,13	-8,95	-0,15	-3,68	-6,79	3,09	-1,44	-8,72	-0,33	-3,65
FEB	-7,77	0,79	-3,31	-6,30	2,02	-2,13	-3,44	6,45	0,97	-6,66	1,96	-2,27
MAR	-3,18	4,80	0,61	-2,50	6,64	2,40	-0,74	10,73	4,97	-1,97	6,50	2,38
APR	2,09	10,38	6,04	4,75	13,50	8,95	6,66	16,90	10,77	4,10	14,07	8,85
MAI	5,56	16,32	10,92	7,39	20,33	14,28	8,62	19,86	14,49	7,54	21,12	14,31
JUN	12,09	20,89	16,02	15,66	25,65	19,93	14,68	24,09	18,82	16,01	25,03	19,62
JUL	14,05	20,72	17,23	15,72	25,91	20,21	15,17	25,52	19,72	15,69	26,72	20,21
AUG	13,72	20,52	16,80	15,55	25,09	20,00	15,93	28,25	21,13	16,22	26,60	20,47
SEP	7,84	17,42	12,66	11,04	20,98	15,33	13,75	22,43	17,73	10,83	20,35	15,21
OKT	2,39	10,64	7,34	2,85	14,18	9,23	4,15	21,18	12,73	2,86	14,21	9,19
NOV	-2,14	3,76	1,58	-1,38	4,72	2,24	0,29	10,07	4,49	-1,40	4,76	2,15
DEZ	-6,28	2,29	-1,72	-5,84	2,62	-1,24	-4,22	5,70	0,77	-6,03	2,40	-1,36

8.2.2 Isolierverglasung

Tabelle 11 Solare Energieerträge in kWh bei Isolierverglasung

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	10,33	16,76	51,04	17,44
FEB	16,73	32,78	74,46	30,17
MAR	31,11	56,80	93,05	56,78
APR	41,32	82,10	103,80	82,13
MAY	58,99	111,40	107,00	111,50
JUN	64,02	114,90	95,63	109,70
JUL	61,68	108,40	99,29	111,30
AUG	49,78	96,25	111,30	100,70
SEP	33,32	70,44	109,50	68,90
OCT	21,89	43,18	88,05	42,83
NOV	11,52	20,65	57,67	19,34
DEC	7,44	13,06	39,83	11,41
SUM	408,10	766,70	1031,00	762,30

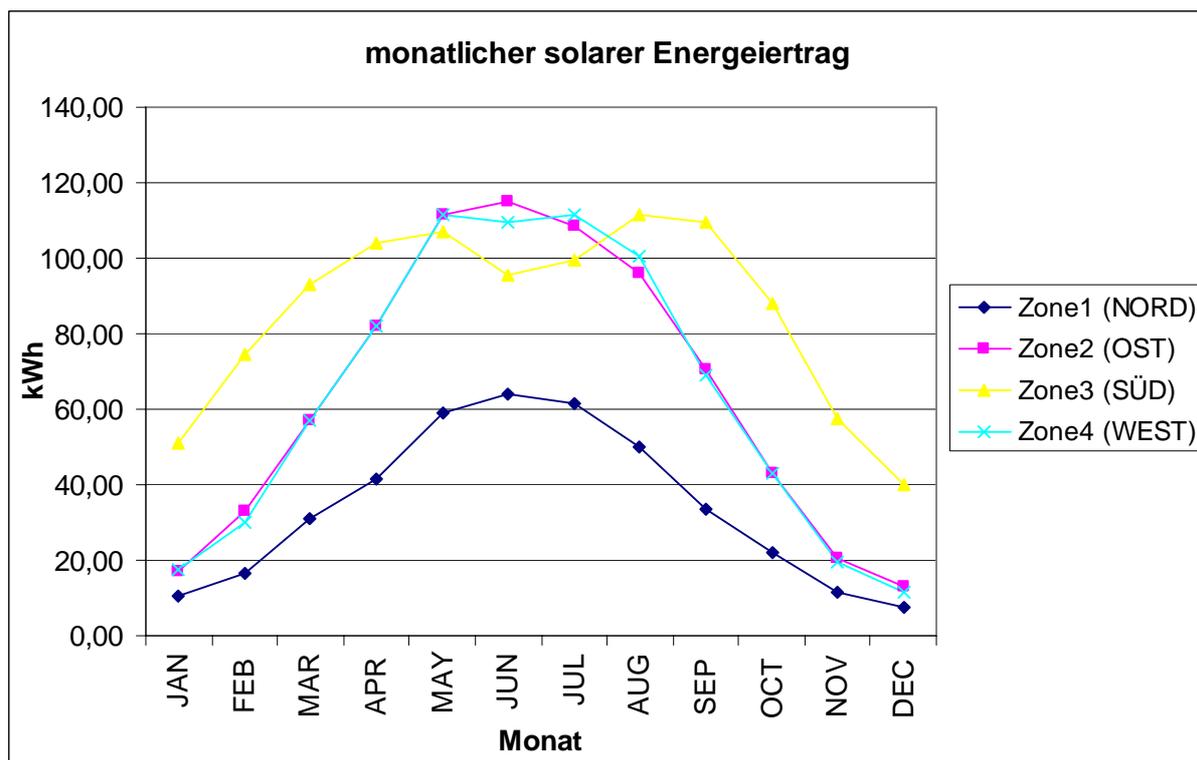


Abbildung 67 Diagramm zu Tabelle 11

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 12 Raumluf- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit Isolierverglasung

MONAT	Raumluf-temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,56	-1,41	-4,39	-8,24	-0,82	-3,94	-5,86	2,50	-1,48	-8,03	-1,00	-3,91
FEB	-7,39	0,02	-3,64	-5,86	1,39	-2,41	-2,62	5,74	1,08	-6,20	1,06	-2,53
MAR	-2,98	4,24	0,23	-2,13	6,26	2,15	0,01	10,32	5,04	-1,60	6,15	2,13
APR	2,27	9,54	5,90	5,13	12,99	9,09	7,40	16,39	11,13	4,51	13,49	8,95
MAI	5,08	15,64	10,49	7,44	20,34	14,17	8,68	19,42	14,40	7,92	20,85	14,24
JUN	12,43	20,39	15,89	16,61	25,48	20,30	15,28	23,44	18,86	16,98	24,69	19,93
JUL	14,60	20,15	17,20	16,52	25,53	20,45	15,85	24,87	19,66	16,46	26,34	20,28
AUG	14,24	19,96	16,98	16,63	24,71	20,48	16,89	27,54	21,46	17,15	26,13	20,97
SEP	9,06	17,24	13,02	11,87	21,02	15,95	14,59	22,67	18,37	11,90	20,58	15,78
OKT	3,43	10,10	7,48	3,90	13,69	9,66	5,34	20,87	13,66	4,07	13,58	9,56
NOV	-1,41	3,49	1,65	-0,55	4,12	2,35	1,25	9,81	4,81	-0,79	4,31	2,27
DEZ	-5,75	1,53	-1,78	-5,29	1,88	-1,24	-3,34	5,91	1,17	-5,49	1,68	-1,37

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,56	-1,41	-4,36	-8,24	-0,82	-3,90	-5,86	2,50	-1,43	-8,03	-1,00	-3,87
FEB	-7,39	0,02	-3,59	-5,86	1,39	-2,34	-2,63	5,73	1,16	-6,21	1,06	-2,48
MAR	-2,98	4,24	0,31	-2,13	6,52	2,26	0,01	10,34	5,14	-1,60	6,39	2,23
APR	2,27	9,54	5,94	5,12	13,00	9,13	7,40	16,38	11,15	4,51	13,48	9,01
MAI	5,64	15,64	10,69	7,92	20,34	14,42	9,30	19,47	14,59	8,15	20,84	14,47
JUN	12,43	20,40	15,94	16,61	25,48	20,30	15,28	23,45	18,86	16,98	24,70	19,91
JUL	14,59	20,15	17,26	16,52	25,53	20,53	15,84	24,88	19,77	16,45	26,34	20,40
AUG	14,24	19,96	16,92	16,64	24,71	20,41	16,89	27,55	21,43	17,15	26,14	20,88
SEP	8,34	17,23	12,85	11,72	21,02	15,78	14,59	22,67	18,27	11,47	20,57	15,60
OKT	2,81	10,11	7,36	3,42	13,69	9,48	5,03	20,86	13,40	3,40	13,59	9,39
NOV	-1,70	3,20	1,55	-0,88	4,11	2,26	1,25	9,80	4,78	-0,91	4,31	2,17
DEZ	-5,75	1,52	-1,78	-5,29	1,88	-1,26	-3,35	5,91	1,11	-5,49	1,68	-1,38

8.2.3 Wärmeschutzverglasung

Tabelle 13 Solare Energieerträge in kWh bei Wärmeschutzverglasung

MONAT	Zone 1		Zone 3	Zone 4
JAN	6,73	10,86	33,55	11,30
FEB	10,90	21,29	48,71	19,60
MAR	20,27	37,03	60,56	37,00
APR	26,92	53,54	67,30	53,61
MAY	38,36	72,70	69,11	72,75
JUN	41,60	74,87	61,70	71,53
JUL	40,10	70,67	64,13	72,61
AUG	32,41	62,79	72,05	65,77
SEP	21,71	45,93	71,17	44,92
OCT	14,26	28,11	57,43	27,86
NOV	7,51	13,38	37,88	12,55
DEC	4,85	8,45	26,23	7,40
SUM	265,60	499,60	669,80	496,90

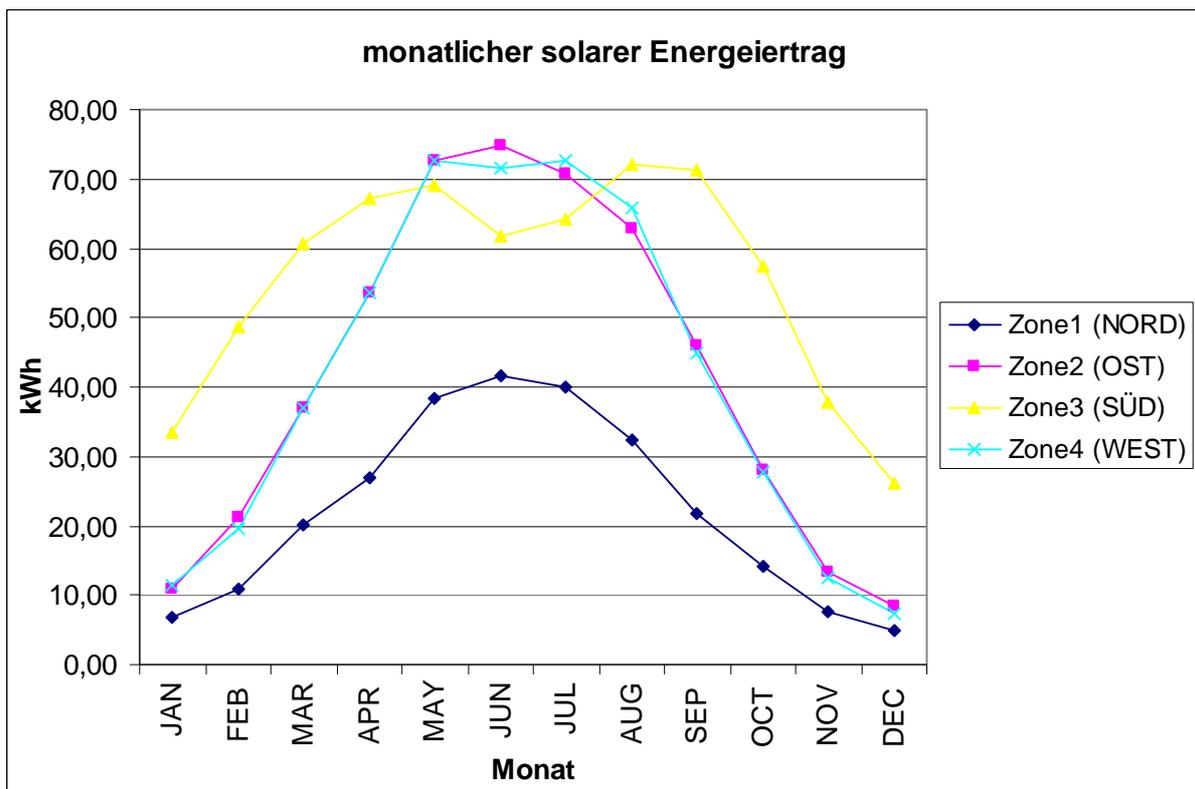


Abbildung 68 Diagramm zu Tabelle 13

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 14 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit Wärmeschutzverglasung mit $U= 1,27 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,36	-1,73	-4,59	-8,05	-1,19	-4,16	-5,86	1,46	-1,83	-7,87	-1,36	-4,14
FEB	-7,39	-0,59	-3,95	-5,94	0,75	-2,78	-2,72	4,57	0,54	-6,26	0,44	-2,90
MAR	-3,09	3,62	-0,18	-2,23	5,59	1,66	-0,09	9,12	4,42	-1,75	5,49	1,63
APR	2,01	8,66	5,46	4,73	12,02	8,48	6,96	15,08	10,46	4,18	12,37	8,33
MAI	4,84	14,90	9,93	7,22	19,67	13,46	8,46	18,78	13,75	7,64	20,04	13,53
JUN	12,40	19,76	15,57	16,61	24,71	19,91	15,35	22,80	18,56	16,98	23,95	19,58
JUL	14,74	19,68	17,02	16,74	24,76	20,21	16,09	24,11	19,45	16,69	25,45	20,05
AUG	14,41	19,43	16,88	17,03	23,97	20,33	17,10	26,51	21,25	17,34	25,29	20,83
SEP	9,22	17,02	13,07	12,03	20,69	15,99	14,81	22,40	18,31	12,05	20,47	15,86
OKT	3,64	9,78	7,46	4,17	13,17	9,66	5,75	19,84	13,57	4,40	13,11	9,58
NOV	-1,32	3,63	1,56	-0,48	4,25	2,25	1,61	8,84	4,59	-0,67	4,37	2,17
DEZ	-5,58	1,06	-1,89	-5,14	1,41	-1,37	-3,31	5,26	0,97	-5,33	1,23	-1,48

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,36	-1,73	-4,56	-8,05	-1,19	-4,13	-5,86	1,46	-1,78	-7,87	-1,35	-4,10
FEB	-7,39	-0,58	-3,90	-5,94	0,75	-2,71	-2,73	4,56	0,61	-6,26	0,44	-2,84
MAR	-3,09	3,63	-0,09	-2,23	5,95	1,76	-0,09	9,13	4,53	-1,75	5,85	1,74
APR	2,01	8,67	5,50	4,73	12,04	8,53	6,96	15,08	10,49	4,18	12,39	8,39
MAI	5,32	14,90	10,13	7,61	19,67	13,71	8,97	18,87	13,95	7,82	20,04	13,76
JUN	12,40	19,76	15,63	16,60	24,71	19,93	15,35	22,81	18,57	16,98	23,96	19,58
JUL	14,74	19,68	17,07	16,74	24,77	20,28	16,08	24,11	19,55	16,69	25,45	20,16
AUG	14,41	19,43	16,82	17,03	23,97	20,26	17,10	26,51	21,22	17,34	25,31	20,75
SEP	8,57	17,02	12,90	11,85	20,69	15,82	14,81	22,40	18,21	11,63	20,47	15,68
OKT	3,03	9,78	7,34	3,72	13,17	9,49	5,42	19,83	13,33	3,70	13,12	9,40
NOV	-1,59	2,99	1,45	-0,79	3,70	2,15	1,62	8,84	4,55	-0,84	3,93	2,07
DEZ	-5,58	1,06	-1,90	-5,14	1,41	-1,38	-3,31	5,26	0,91	-5,33	1,23	-1,50

8.2.4 Wärmeschutzverglasung 2

Tabelle 15 Energieerträge in kWh bei Sonnenschutzverglasung

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	6,73	10,86	33,55	11,30
FEB	10,90	21,29	48,71	19,60
MAR	20,27	37,03	60,56	37,00
APR	26,92	53,54	67,30	53,61
MAY	38,36	72,70	69,11	72,75
JUN	41,60	74,87	61,70	71,53
JUL	40,10	70,67	64,13	72,61
AUG	32,41	62,79	72,05	65,77
SEP	21,71	45,93	71,17	44,92
OCT	14,26	28,11	57,43	27,86
NOV	7,51	13,38	37,88	12,55
DEC	4,85	8,45	26,23	7,40
SUM	265,60	499,60	669,80	496,90

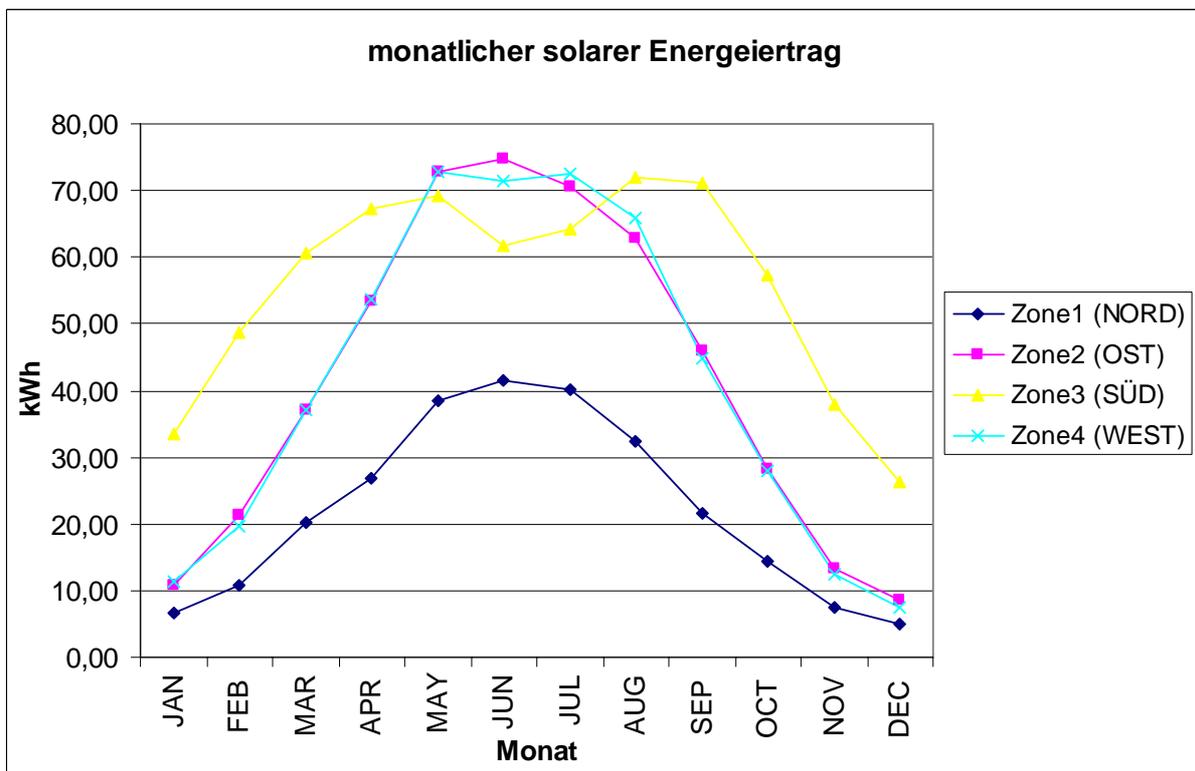


Abbildung 69 Diagramm zu Tabelle 15

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 16 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit Wärmeschutzverglasung mit $U= 1,40 \text{ W/(m}^2\text{K)}$

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,58	-8,06	-1,17	-4,15	-5,88	1,46	-1,84	-7,89	-1,34	-4,13
FEB	-7,40	-0,56	-3,94	-5,98	0,75	-2,79	-2,77	4,55	0,51	-6,29	0,46	-2,90
MAR	-3,10	3,64	-0,17	-2,25	5,58	1,65	-0,14	9,07	4,38	-1,77	5,48	1,62
APR	2,00	8,69	5,46	4,70	12,02	8,46	6,90	15,05	10,40	4,15	12,38	8,31
MAI	4,83	14,92	9,94	7,17	19,63	13,43	8,39	18,74	13,71	7,60	20,02	13,51
JUN	12,38	19,78	15,57	16,54	24,69	19,87	15,28	22,78	18,51	16,92	23,95	19,55
JUL	14,72	19,69	17,02	16,69	24,73	20,18	16,03	24,08	19,41	16,66	25,45	20,04
AUG	14,39	19,46	16,88	16,99	23,96	20,30	17,04	26,47	21,19	17,31	25,30	20,81
SEP	9,20	17,04	13,07	11,99	20,67	15,96	14,74	22,34	18,24	12,02	20,45	15,84
OKT	3,63	9,79	7,46	4,14	13,15	9,64	5,69	19,77	13,50	4,38	13,11	9,56
NOV	-1,33	3,61	1,56	-0,50	4,22	2,24	1,57	8,82	4,56	-0,69	4,35	2,16
DEZ	-5,60	1,09	-1,89	-5,16	1,43	-1,37	-3,35	5,21	0,94	-5,35	1,25	-1,49

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,55	-8,06	-1,18	-4,11	-5,88	1,45	-1,79	-7,89	-1,34	-4,09
FEB	-7,40	-0,56	-3,89	-5,98	0,75	-2,72	-2,77	4,54	0,58	-6,29	0,45	-2,84
MAR	-3,10	3,64	-0,09	-2,25	5,93	1,75	-0,14	9,09	4,49	-1,77	5,84	1,73
APR	2,00	8,69	5,50	4,70	12,03	8,51	6,90	15,04	10,43	4,15	12,39	8,38
MAI	5,31	14,92	10,14	7,58	19,64	13,67	8,91	18,83	13,90	7,79	20,03	13,74
JUN	12,37	19,78	15,62	16,53	24,69	19,89	15,28	22,79	18,53	16,92	23,96	19,55
JUL	14,72	19,70	17,07	16,69	24,75	20,25	16,03	24,08	19,50	16,66	25,45	20,15
AUG	14,38	19,46	16,82	16,98	23,96	20,23	17,03	26,48	21,16	17,31	25,32	20,73
SEP	8,55	17,03	12,90	11,80	20,67	15,79	14,74	22,34	18,14	11,59	20,46	15,66
OKT	3,01	9,80	7,34	3,69	13,16	9,46	5,36	19,76	13,26	3,68	13,12	9,39
NOV	-1,61	2,97	1,45	-0,81	3,70	2,14	1,57	8,81	4,51	-0,86	3,91	2,06
DEZ	-5,60	1,08	-1,90	-5,16	1,43	-1,39	-3,35	5,21	0,88	-5,35	1,25	-1,50

8.2.5 Sonnenschutzverglasung

Tabelle 17 Solare Energieerträge in kWh bei Sonnenschutzverglasung

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
	1,99	3,21	9,95	3,34
FEB	3,23	6,29	14,43	5,79
MAR	6,00	10,96	17,90	10,95
APR	7,97	15,84	19,86	15,87
MAY	11,34	21,51	20,40	21,53
JUN	12,30	22,15	18,22	21,17
JUL	11,86	20,91	18,94	21,49
AUG	9,59	18,58	21,26	19,46
SEP	6,43	13,59	21,02	13,29
OCT	4,22	8,31	16,99	8,24
NOV	2,22	3,95	11,23	3,71
DEC	1,44	2,49	7,78	2,19
SUM	78,58	147,80	198,00	147,00

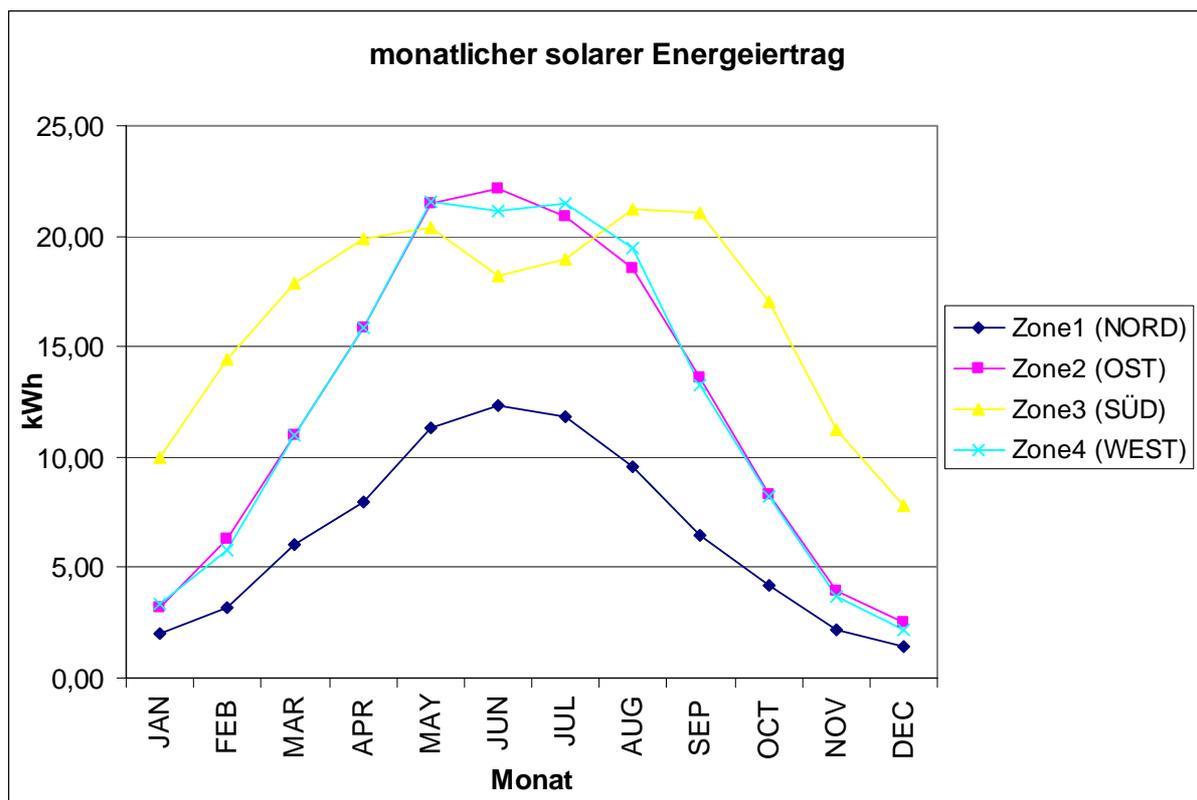


Abbildung 70 Diagramm zu Tabelle 17

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 18 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit Sonnenschutzverglasung

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,68	-1,94	-4,90	-8,53	-1,68	-4,69	-7,36	-0,09	-3,42	-8,44	-1,75	-4,68
FEB	-8,00	-1,41	-4,60	-7,31	-0,78	-4,04	-5,29	0,47	-2,44	-7,43	-0,90	-4,08
MAR	-3,95	2,17	-1,30	-3,52	3,08	-0,41	-2,48	4,29	0,93	-3,29	3,02	-0,41
APR	0,60	6,94	3,81	2,07	8,32	5,25	3,16	9,71	6,24	1,71	8,53	5,17
MAI	3,22	12,36	7,68	4,38	14,35	9,37	5,03	14,06	9,58	4,54	14,53	9,33
JUN	9,91	16,70	12,85	11,93	18,91	14,91	11,37	18,18	14,35	11,93	18,29	14,60
JUL	12,47	16,99	14,50	13,43	19,04	16,00	13,15	18,92	15,70	13,20	19,28	15,74
AUG	12,23	17,13	14,67	13,64	19,23	16,30	13,56	20,44	16,80	13,43	19,69	16,34
SEP	7,94	15,15	11,52	9,33	16,70	12,90	11,04	17,64	14,03	9,32	16,37	12,68
OKT	2,97	8,62	6,43	3,25	10,04	7,48	4,00	13,10	9,34	3,22	9,98	7,36
NOV	-1,75	2,93	1,02	-1,35	3,22	1,35	0,16	4,85	2,46	-1,40	3,18	1,29
DEZ	-5,84	0,77	-2,22	-5,62	0,92	-1,96	-4,74	1,52	-0,85	-5,71	0,86	-2,01

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,68	-1,94	-4,89	-8,53	-1,68	-4,67	-7,36	-0,11	-3,40	-8,44	-1,75	-4,66
FEB	-8,00	-1,41	-4,57	-7,31	-0,78	-4,00	-5,29	0,47	-2,38	-7,43	-0,90	-4,03
MAR	-3,95	2,17	-1,22	-3,52	3,08	-0,33	-2,48	4,51	1,02	-3,29	3,05	-0,33
APR	0,60	6,94	3,84	2,07	8,32	5,29	3,17	9,71	6,27	1,70	8,52	5,21
MAI	3,68	12,37	7,87	4,79	14,35	9,57	5,48	14,06	9,76	4,85	14,54	9,52
JUN	9,91	16,70	12,91	11,93	18,91	14,95	11,37	18,18	14,39	11,93	18,30	14,63
JUL	12,47	16,99	14,55	13,43	19,04	16,06	13,15	18,91	15,78	13,20	19,29	15,82
AUG	12,23	17,14	14,63	13,64	19,23	16,25	13,56	20,44	16,77	13,43	19,71	16,29
SEP	7,25	15,15	11,36	8,81	16,70	12,74	10,99	17,65	13,91	8,65	16,38	12,52
OKT	2,28	8,62	6,33	2,61	10,04	7,35	3,47	13,10	9,18	2,55	9,98	7,23
NOV	-2,00	2,24	0,92	-1,60	2,61	1,25	0,11	4,86	2,39	-1,65	2,57	1,20
DEZ	-5,84	0,77	-2,22	-5,62	0,93	-1,97	-4,74	1,52	-0,88	-5,71	0,86	-2,02

8.2.6 Vergleich

8.2.6.1 Zone 1

Tabelle 19 Solarer Energieertrag in Zone 1 [kWh]

Verglasung	1-fach	Isolier	WSV	WSV2	SSV
g-Wert	0,855	0,755	0,624	0,622	0,212
JAN	13,10	10,33	6,73	6,73	1,99
FEB	21,22	16,73	10,90	10,90	3,23
MAR	39,46	31,11	20,27	20,27	6,00
APR	52,52	41,32	26,92	26,92	7,97
MAY	75,58	58,99	38,36	38,36	11,34
JUN	82,14	64,02	41,60	41,60	12,30
JUL	79,03	61,68	40,10	40,10	11,86
AUG	63,44	49,78	32,41	32,41	9,59
SEP	42,26	33,32	21,71	21,71	6,43
OCT	27,76	21,89	14,26	14,26	4,22
NOV	14,61	11,52	7,51	7,51	2,22
DEC	9,44	7,44	4,85	4,85	1,44
SUM	520,60	408,10	265,60	265,60	78,58

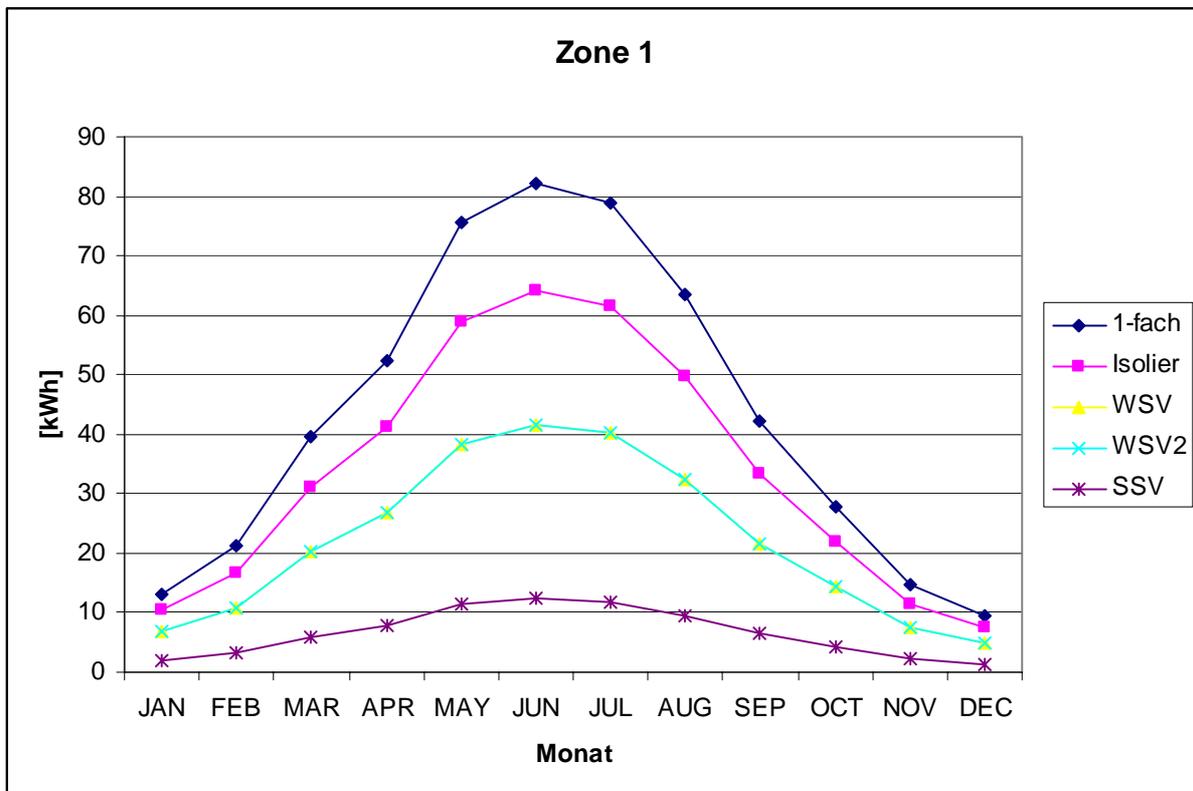


Abbildung 71 Diagramm zu Tabelle 19

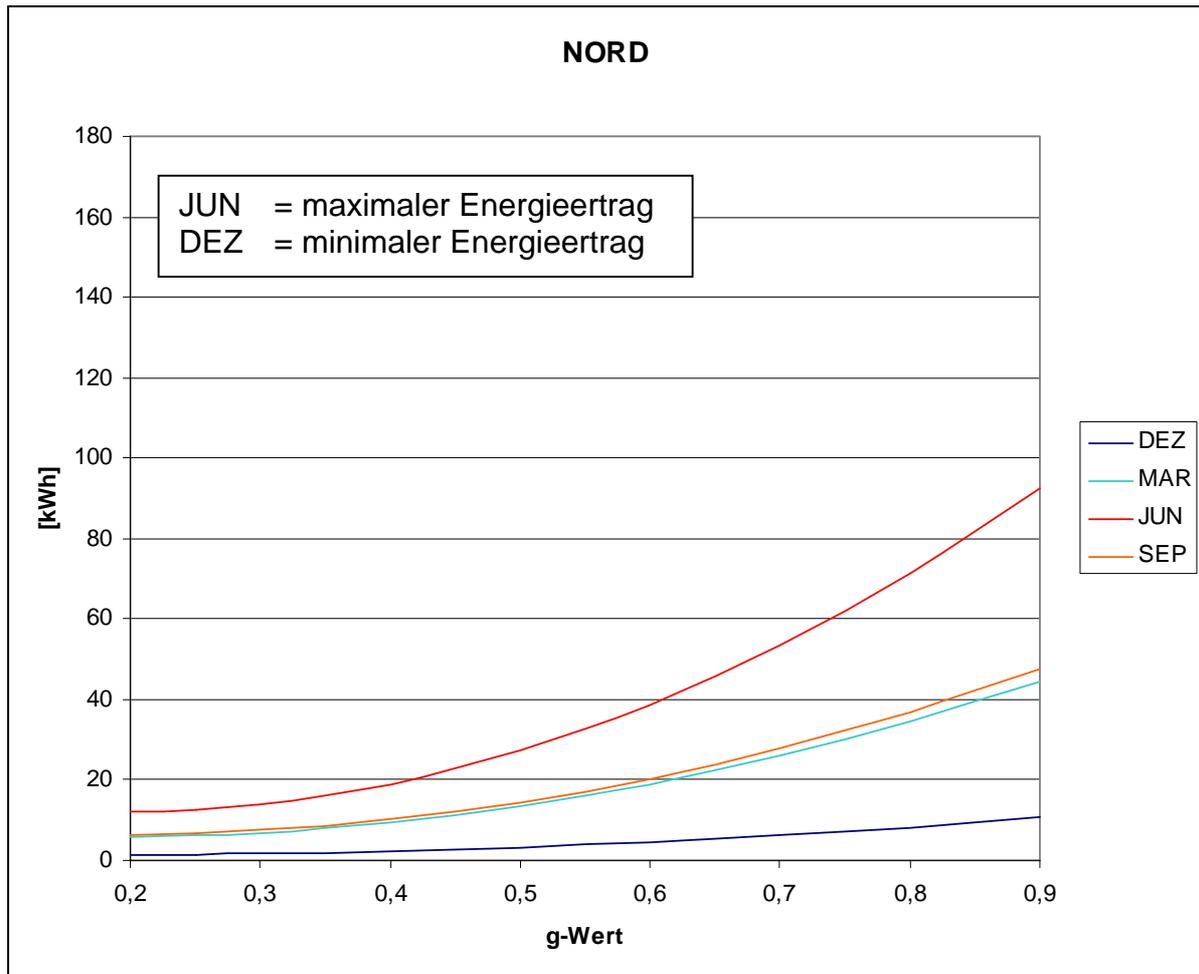


Abbildung 72 Solare Energieerträge in kWh zu g-Werten der Verglasung bezogen auf die Strahlungsintensität (Standort Braunschweig)

8.2.6.2 Zone 2

Tabelle 20 Solare Energieerträge in Zone 2 [kWh]

Verglasung	1-fach	Isolier	WSV	WSV2	SSV
g-Wert	0,855	0,755	0,624	0,622	0,212
JAN	21,61	16,76	10,86	10,86	3,21
FEB	41,81	32,78	21,29	21,29	6,29
MAR	71,86	56,80	37,03	37,03	10,96
APR	103,80	82,10	53,54	53,54	15,84
MAY	140,50	111,40	72,70	72,70	21,51
JUN	144,90	114,90	74,87	74,87	22,15
JUL	136,70	108,40	70,67	70,67	20,91
AUG	121,50	96,25	62,79	62,79	18,58
SEP	89,05	70,44	45,93	45,93	13,59
OCT	54,76	43,18	28,11	28,11	8,31
NOV	26,58	20,65	13,38	13,38	3,95
DEC	16,95	13,06	8,45	8,45	2,49
SUM	970,10	766,70	499,60	499,60	147,80

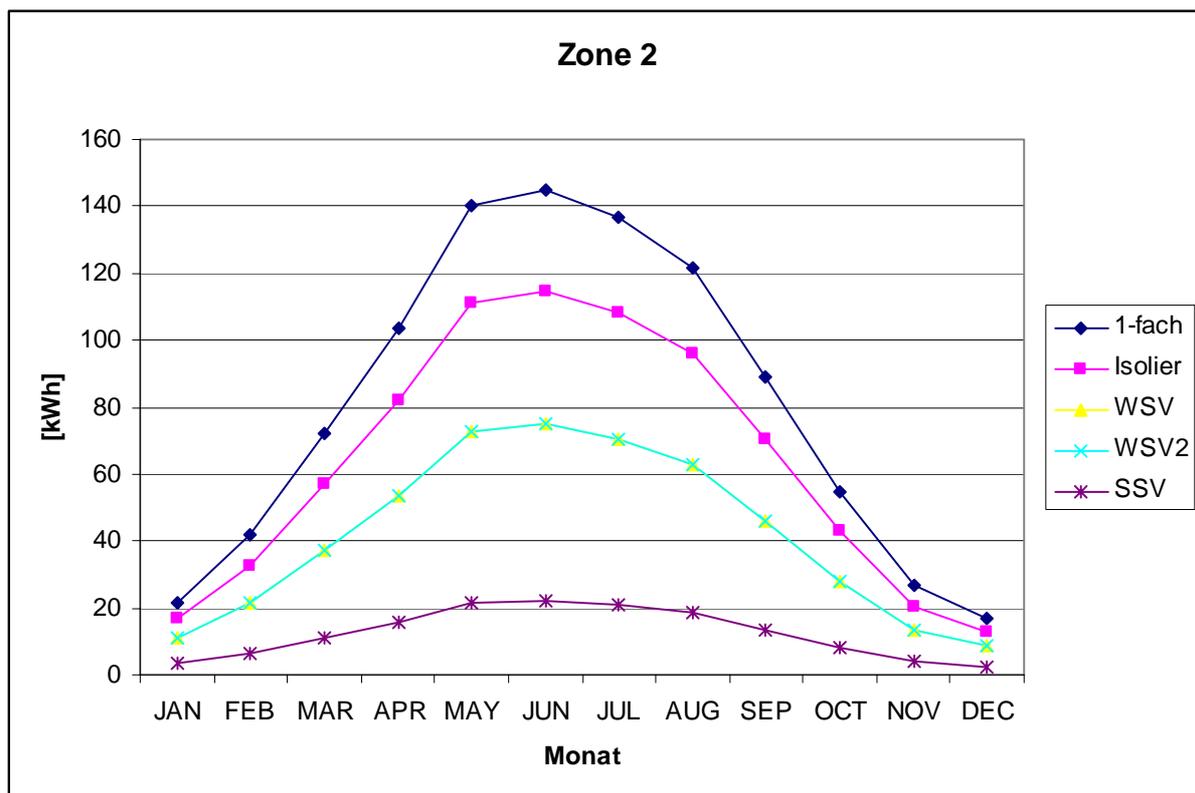


Abbildung 73 Diagramm zu Tabelle 20

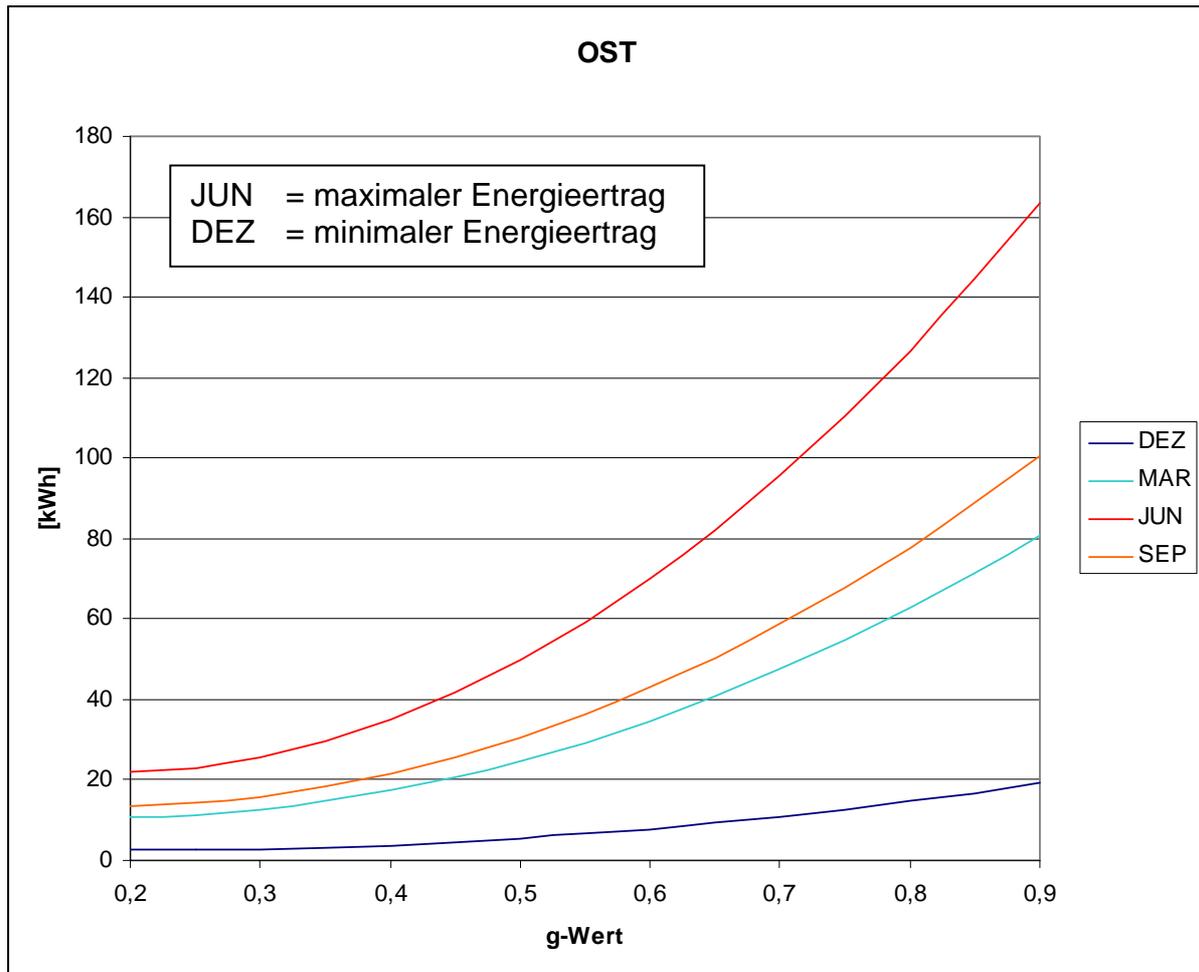


Abbildung 74 Solare Energieerträge in kWh zu g-Werten der Verglasung bezogen auf die Strahlungsintensität (Standort Braunschweig)

8.2.6.3 Zone 3

Tabelle 21 Solare Energieerträge in Zone 3 [kWh]

Verglasung	1-fach		WSV	WSV2	SSV
g-Wert	0,855	0,755	0,624	0,622	0,212
JAN	62,84	51,04	33,55	33,55	9,95
FEB	92,36	74,46	48,71	48,71	14,43
MAR	117,40	93,05	60,56	60,56	17,90
APR	133,00	103,80	67,30	67,30	19,86
MAY	138,90	107,00	69,11	69,11	20,40
JUN	125,00	95,63	61,70	61,70	18,22
JUL	129,20	99,29	64,13	64,13	18,94
AUG	143,30	111,30	72,05	72,05	21,26
SEP	138,50	109,50	71,17	71,17	21,02
OCT	109,90	88,05	57,43	57,43	16,99
NOV	71,12	57,67	37,88	37,88	11,23
DEC	48,96	39,83	26,23	26,23	7,78
SUM	1311,00	1031,00	669,80	669,80	198,00

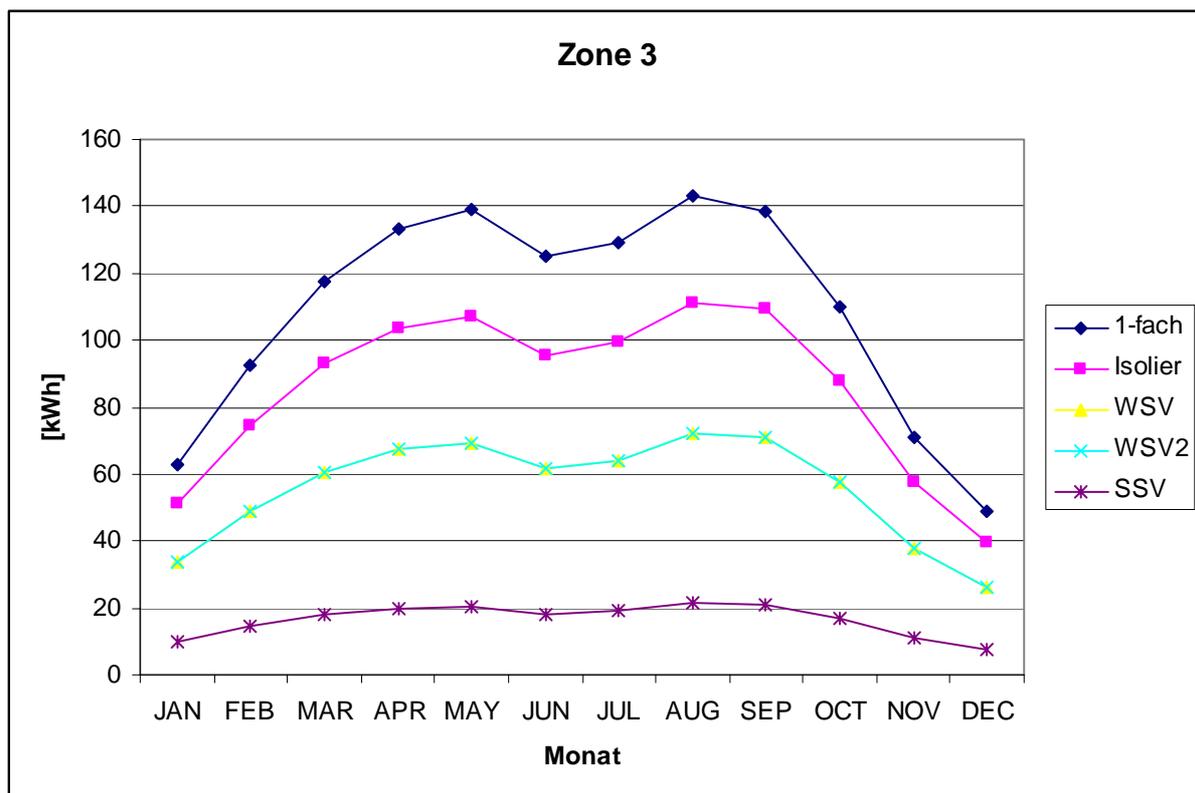


Abbildung 75 Diagramm zu Tabelle 21

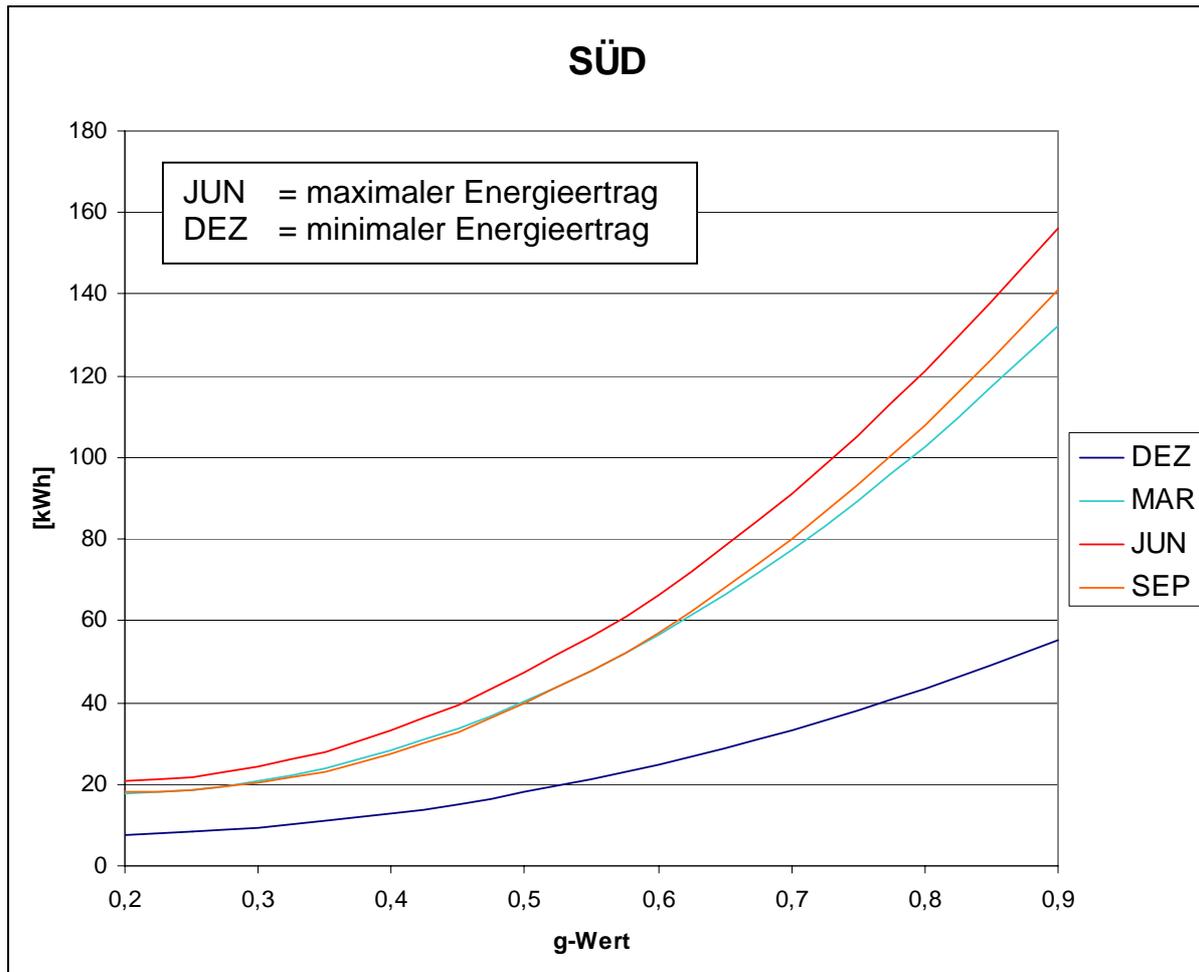


Abbildung 76 Solare Energieerträge in kWh zu g-Werten der Verglasung bezogen auf die Strahlungsintensität (Standort Braunschweig)

8.2.6.4 Zone 4

Tabelle 22 Solare Energieerträge in Zone 4 [kWh]

Verglasung	1-fach	Isolier	WSV	WSV2	SSV
g-Wert	0,855	0,755	0,624	0,622	0,212
JAN	22,49	17,44	11,30	11,30	3,34
FEB	38,52	30,17	19,60	19,60	5,79
MAR	71,92	56,78	37,00	37,00	10,95
APR	103,50	82,13	53,61	53,61	15,87
MAY	140,50	111,50	72,75	72,75	21,53
JUN	138,20	109,70	71,53	71,53	21,17
JUL	140,30	111,30	72,61	72,61	21,49
AUG	126,90	100,70	65,77	65,77	19,46
SEP	87,14	68,90	44,92	44,92	13,29
OCT	54,45	42,83	27,86	27,86	8,24
NOV	24,83	19,34	12,55	12,55	3,71
DEC	14,69	11,41	7,40	7,40	2,19
SUM	963,50	762,30	496,90	496,90	147,00

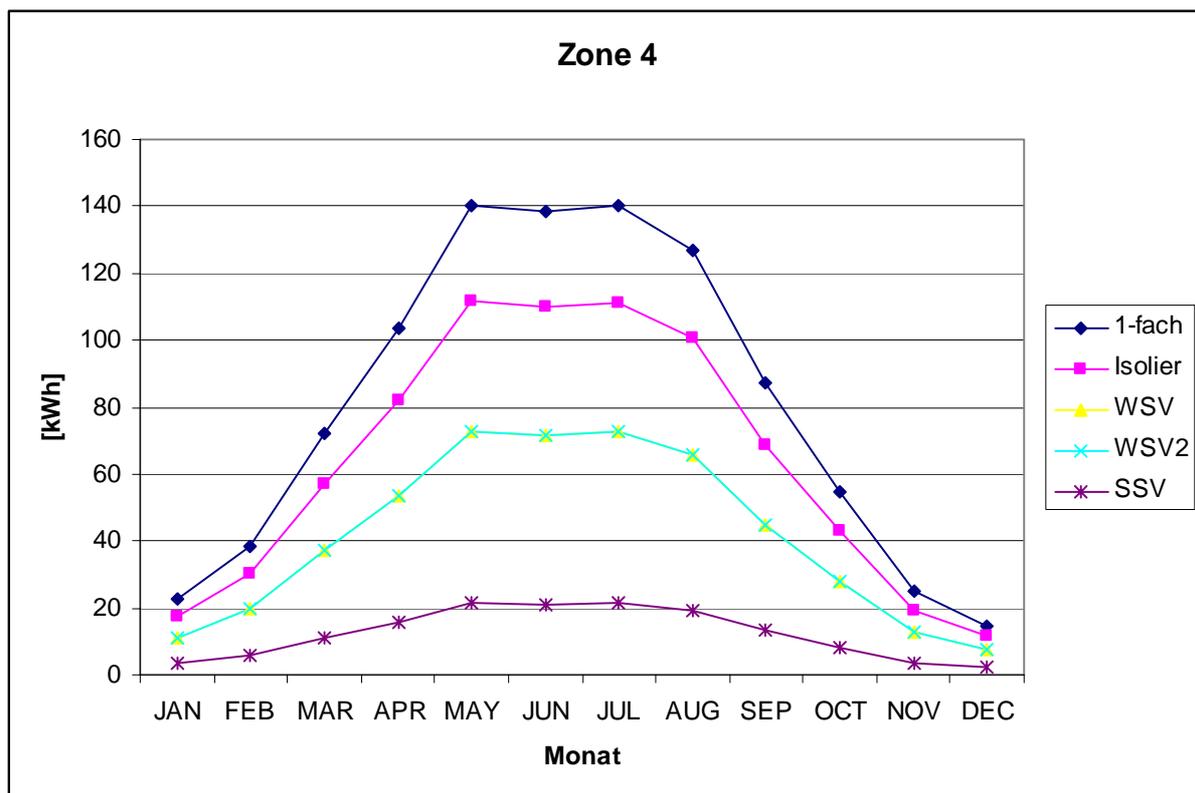


Abbildung 77 Diagramm zu Tabelle 22

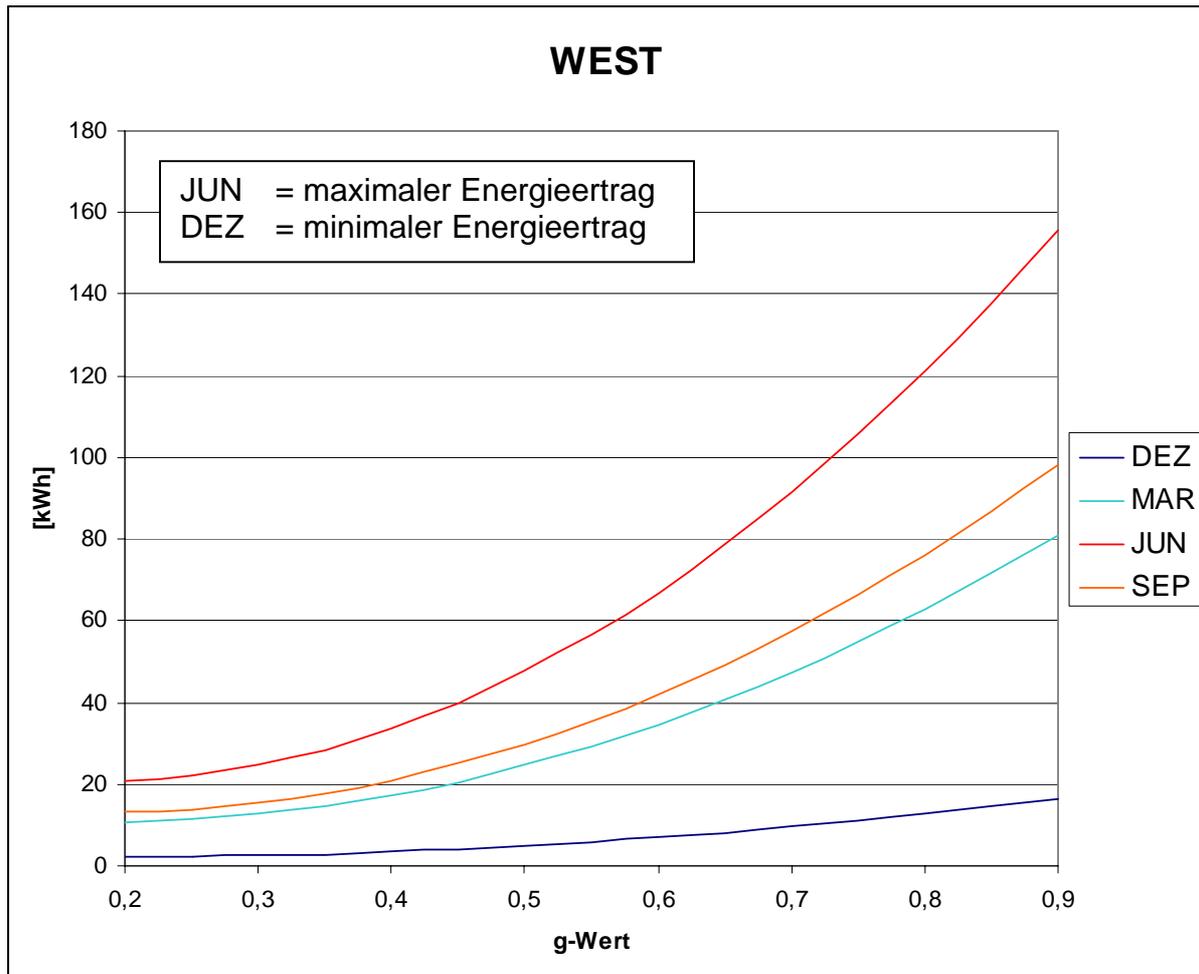


Abbildung 78 Solare Energieerträge in kWh zu g-Werten der Verglasung bezogen auf die Strahlungsintensität (Standort Braunschweig)

8.3 Verglasungsfläche

In diesem Abschnitt wird der Einfluss der Größe der Verglasungsflächen auf die Raumlufttemperatur überprüft. Hierbei werden folgende Fensterflächenanteile unterschieden:

Verglasungsfläche	10%	20%	30%	40%
Fensterfläche	2,5m ²	5,0m ²	7,5m ²	10,0m ²
Verglasung ¹²	WSV2	WSV2	WSV2	WSV2

¹² Verglasungstypen siehe Abs. 8.2

8.3.1 10% Verglasung

Tabelle 23 Solare Energieerträge in kWh bei 10 % Verglasungsfläche

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	6,73	10,86	33,55	11,30
FEB	10,90	21,29	21,29	19,60
MAR	20,27	37,03	60,56	37,00
APR	26,92	53,54	53,54	53,61
MAY	38,36	72,70	69,11	72,75
JUN	41,60	74,87	74,87	71,53
JUL	40,10	70,67	64,13	72,61
AUG	32,41	62,79	62,79	65,77
SEP	21,71	45,93	71,17	44,92
OCT	14,26	28,11	28,11	27,86
NOV	7,51	13,38	37,88	12,55
DEC	4,85	8,45	8,45	7,40
	265,60	499,60	669,80	496,90

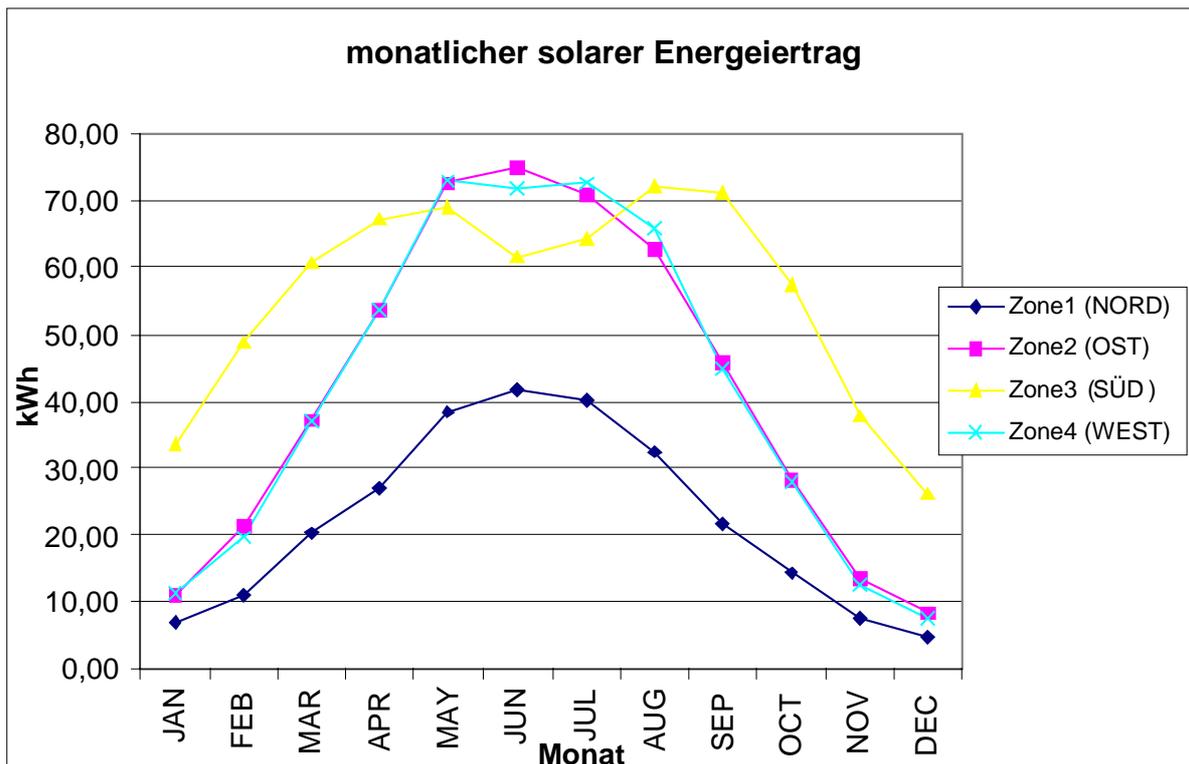


Abbildung 79 Diagramm zu Tabelle 19

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 24 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit 10% Verglasungsfläche

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,58	-8,06	-1,17	-4,15	-5,88	1,46	-1,84	-7,89	-1,34	-4,13
FEB	-7,40	-0,56	-3,94	-5,98	0,75	-2,79	-2,77	4,55	0,51	-6,29	0,46	-2,90
MAR	-3,10	3,64	-0,17	-2,25	5,58	1,65	-0,14	9,07	4,38	-1,77	5,48	1,62
APR	2,00	8,69	5,46	4,70	12,02	8,46	6,90	15,05	10,40	4,15	12,38	8,31
MAI	4,83	14,92	9,94	7,17	19,63	13,43	8,39	18,74	13,71	7,60	20,02	13,51
JUN	12,38	19,78	15,57	16,54	24,69	19,87	15,28	22,78	18,51	16,92	23,95	19,55
JUL	14,72	19,69	17,02	16,69	24,73	20,18	16,03	24,08	19,41	16,66	25,45	20,04
AUG	14,39	19,46	16,88	16,99	23,96	20,30	17,04	26,47	21,19	17,31	25,30	20,81
SEP	9,20	17,04	13,07	11,99	20,67	15,96	14,74	22,34	18,24	12,02	20,45	15,84
OKT	3,63	9,79	7,46	4,14	13,15	9,64	5,69	19,77	13,50	4,38	13,11	9,56
NOV	-1,33	3,61	1,56	-0,50	4,22	2,24	1,57	8,82	4,56	-0,69	4,35	2,16
DEZ	-5,60	1,09	-1,89	-5,16	1,43	-1,37	-3,35	5,21	0,94	-5,35	1,25	-1,49

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,55	-8,06	-1,18	-4,11	-5,88	1,45	-1,79	-7,89	-1,34	-4,09
FEB	-7,40	-0,56	-3,89	-5,98	0,75	-2,72	-2,77	4,54	0,58	-6,29	0,45	-2,84
MAR	-3,10	3,64	-0,09	-2,25	5,93	1,75	-0,14	9,09	4,49	-1,77	5,84	1,73
APR	2,00	8,69	5,50	4,70	12,03	8,51	6,90	15,04	10,43	4,15	12,39	8,38
MAI	5,31	14,92	10,14	7,58	19,64	13,67	8,91	18,83	13,90	7,79	20,03	13,74
EUN	12,37	19,78	15,62	16,53	24,69	19,89	15,28	22,79	18,53	16,92	23,96	19,55
EUL	14,72	19,70	17,07	16,69	24,75	20,25	16,03	24,08	19,50	16,66	25,45	20,15
AUG	14,38	19,46	16,82	16,98	23,96	20,23	17,03	26,48	21,16	17,31	25,32	20,73
SEP	8,55	17,03	12,90	11,80	20,67	15,79	14,74	22,34	18,14	11,59	20,46	15,66
OKT	3,01	9,80	7,34	3,69	13,16	9,46	5,36	19,76	13,26	3,68	13,12	9,39
NOV	-1,61	2,97	1,45	-0,81	3,70	2,14	1,57	8,81	4,51	-0,86	3,91	2,06
DEZ	-5,60	1,08	-1,90	-5,16	1,43	-1,39	-3,35	5,21	0,88	-5,35	1,25	-1,50

8.3.2 20% Verglasung

Tabelle 25 Solare Energieerträge in kWh bei 20 % Verglasungsfläche

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	13,46	21,73	67,10	22,60
FEB	21,81	42,59	42,59	39,20
MAR	40,55	74,06	121,10	74,00
APR	53,84	107,10	107,10	107,20
MAY	76,72	145,40	138,20	145,50
JUN	83,20	149,70	149,70	143,10
JUL	80,20	141,30	128,30	145,20
AUG	64,82	125,60	125,60	131,50
SEP	43,42	91,86	142,30	89,84
OCT	28,53	56,23	56,23	55,72
NOV	15,01	26,76	75,77	25,10
DEC	9,70	16,90	16,90	14,80
SUM	531,30	999,30	1340,00	993,80

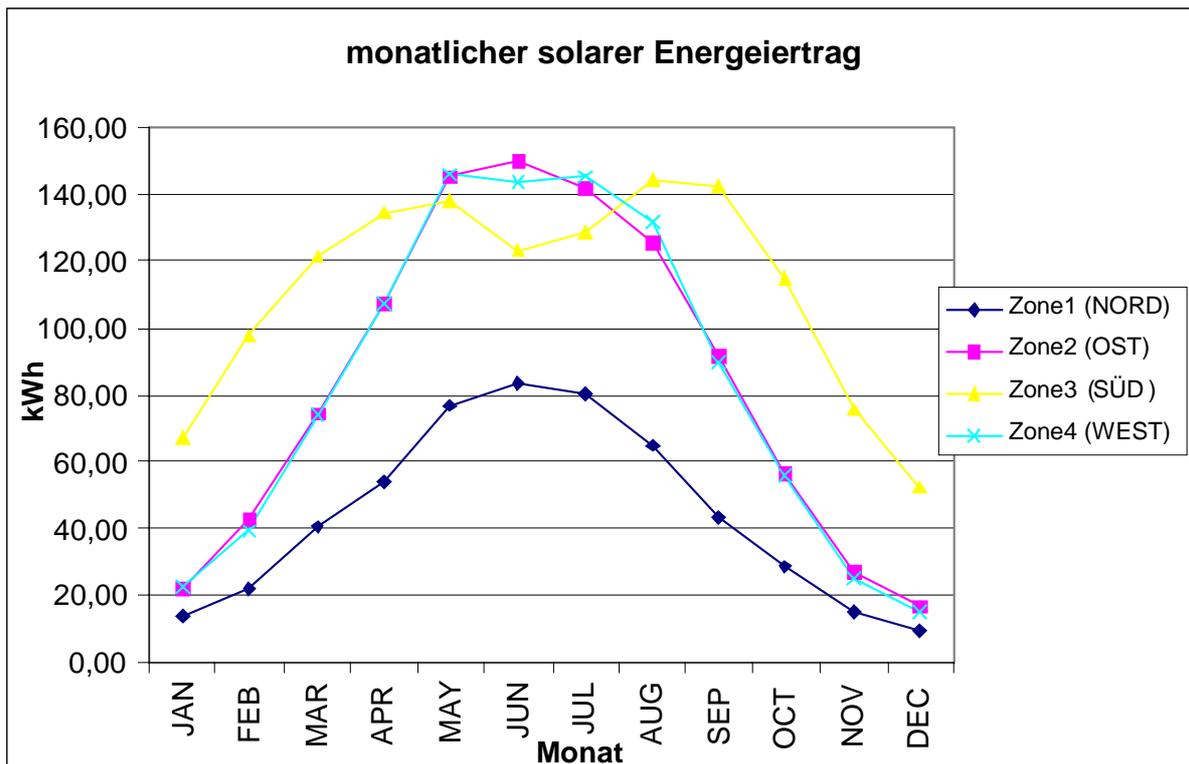


Abbildung 80 Diagramm zu Tabelle 22

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 26 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit 20% Verglasungsfläche

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,52	-0,98	-4,04	-7,99	0,07	-3,30	-4,41	7,53	0,38	-7,67	-0,29	-3,27
FEB	-6,94	1,20	-2,90	-4,56	3,35	-0,97	-0,55	11,18	4,37	-5,11	3,75	-1,17
MAR	-2,16	6,10	1,53	-0,93	9,52	4,51	2,24	16,94	8,86	-0,05	9,76	4,50
APR	3,70	11,71	7,70	7,60	17,98	12,41	10,81	22,85	15,50	7,01	18,61	12,42
MAI	6,64	18,74	12,98	9,88	26,49	18,50	11,72	25,02	18,82	10,85	27,10	18,61
JUN	14,94	23,93	18,87	20,92	31,98	25,43	19,35	29,24	23,51	21,27	31,18	25,14
JUL	16,75	23,37	19,87	19,60	32,38	24,87	18,69	31,37	23,82	19,69	33,74	24,83
AUG	16,31	22,56	19,24	19,32	30,40	24,67	19,97	35,01	26,33	20,60	32,60	25,53
SEP	10,21	19,23	14,52	14,39	25,52	19,07	17,87	28,39	22,91	14,47	24,95	18,85
OKT	3,88	11,51	8,52	4,56	17,64	11,87	6,64	29,03	18,00	4,85	17,59	11,78
NOV	-1,22	4,08	2,14	0,03	5,59	3,22	2,04	14,78	6,98	-0,29	6,07	3,08
DEZ	-5,72	2,03	-1,49	-5,01	2,60	-0,68	-2,65	10,79	2,99	-5,32	2,23	-0,87

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,52	-0,98	-3,99	-7,99	0,06	-3,25	-4,41	7,56	0,47	-7,68	-0,28	-3,21
FEB	-6,94	1,21	-2,84	-4,56	3,35	-0,88	-0,55	11,20	4,46	-5,11	3,78	-1,10
MAR	-2,16	6,11	1,63	-0,93	9,83	4,64	2,24	16,98	8,99	-0,05	9,83	4,62
APR	3,70	11,71	7,74	7,59	17,98	12,46	11,14	22,84	15,51	7,01	18,64	12,50
MAI	7,30	18,75	13,20	10,43	26,50	18,80	12,52	25,23	19,04	10,97	27,13	18,89
JUN	14,93	23,94	18,91	20,90	31,98	25,40	19,35	29,23	23,48	20,87	31,21	25,08
JUL	16,74	23,37	19,93	19,61	32,39	24,96	18,68	31,38	23,95	19,68	33,73	24,99
AUG	16,30	22,57	19,16	19,31	30,40	24,59	19,97	35,02	26,28	20,60	32,61	25,41
SEP	9,44	19,22	14,33	14,39	25,52	18,89	17,87	28,39	22,86	14,39	24,97	18,67
OKT	3,35	11,51	8,38	4,14	17,65	11,64	6,49	29,01	17,65	4,25	17,60	11,56
NOV	-1,49	3,95	2,03	-0,26	5,60	3,12	2,04	14,80	6,98	-0,29	6,09	2,99
DEZ	-5,73	2,03	-1,50	-5,01	2,59	-0,70	-2,65	10,78	2,89	-5,32	2,24	-0,89

8.3.3 30% Verglasung

Tabelle 27 Solare Energieerträge in kWh bei 30 % Verglasungsfläche

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	20,18	32,59	100,70	33,90
FEB	32,71	63,88	146,10	58,79
MAR	60,82	111,10	181,70	111,00
APR	80,76	160,60	201,90	160,80
MAY	115,10	218,10	207,30	218,30
JUN	124,80	224,60	185,10	214,60
JUL	120,30	212,00	192,40	217,80
AUG	97,23	188,40	216,10	197,30
SEP	65,13	137,80	213,50	134,80
OCT	42,79	84,34	172,30	83,58
NOV	22,52	40,14	113,70	37,65
DEC	14,55	25,35	78,70	22,20
SUM	796,90	1499,00	2010,00	1491,00

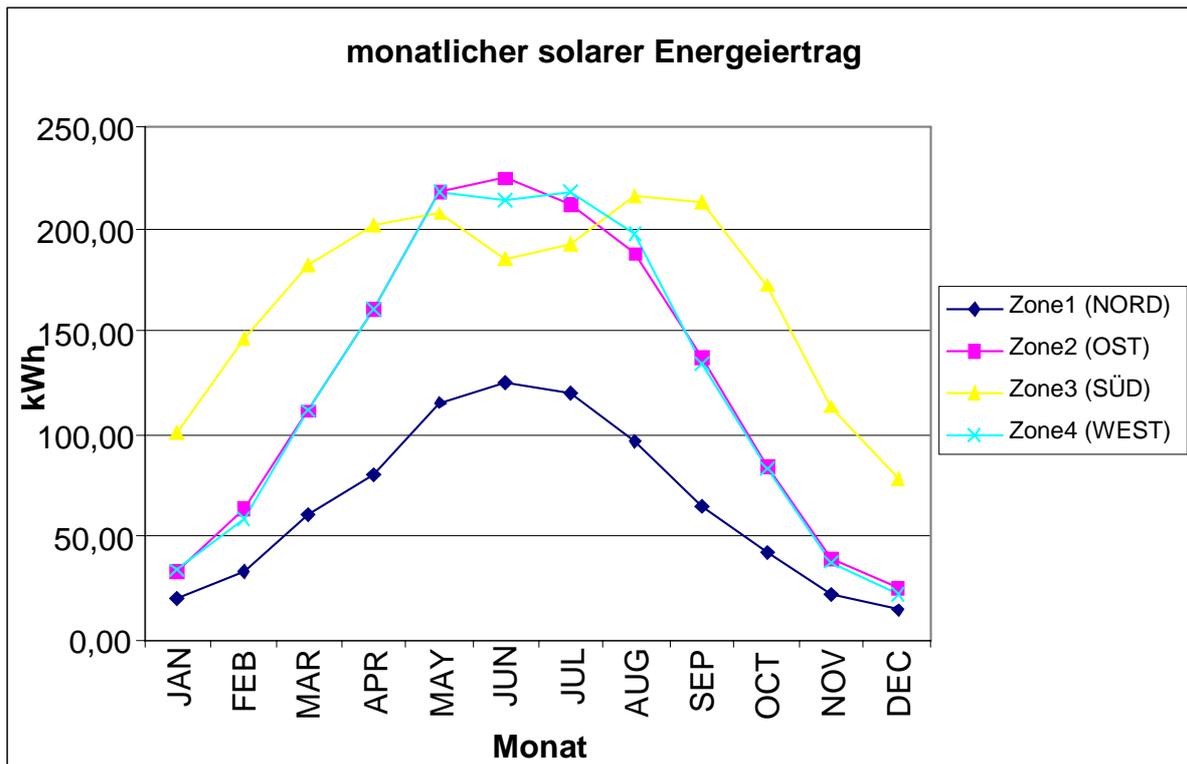


Abbildung 81 Diagramm zu Tabelle 27

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 28 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit 30% Verglasungsfläche

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,72	-0,26	-3,57	-8,10	1,30	-2,61	-3,43	13,14	2,21	-7,61	0,88	-2,55
FEB	-6,67	2,69	-2,06	-3,62	5,75	0,47	0,84	16,86	7,31	-4,29	6,96	0,19
MAR	-1,54	8,07	2,85	-0,14	13,41	6,71	3,66	23,65	12,26	1,08	13,90	6,71
APR	4,85	14,12	9,34	9,66	23,26	15,59	12,95	29,56	19,25	8,90	23,94	15,40
MAI	7,83	21,79	15,25	11,72	32,16	22,42	13,70	30,21	22,60	12,68	33,31	22,55
JUN	16,64	27,14	21,25	23,67	38,10	29,69	21,78	34,44	26,99	22,89	37,50	29,06
JUL	17,89	26,29	21,93	21,35	38,60	28,30	20,15	37,19	26,96	21,44	40,48	28,29
AUG	17,53	25,00	20,94	20,55	35,58	27,80	21,57	42,12	29,98	22,26	38,81	28,85
SEP	10,98	20,93	15,61	16,12	29,25	21,31	19,37	35,00	26,15	15,91	28,34	21,08
OKT	3,95	12,92	9,29	4,62	21,37	13,43	6,91	36,63	21,02	4,95	21,45	13,37
NOV	-1,33	4,95	2,59	0,26	7,28	3,99	2,09	20,21	8,96	-0,14	8,05	3,79
DEZ	-5,93	2,86	-1,21	-4,98	3,58	-0,18	-2,61	15,73	4,49	-5,38	3,06	-0,42

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,72	-0,13	-3,51	-8,11	1,28	-2,54	-3,43	13,17	2,33	-7,61	0,92	-2,47
FEB	-6,67	2,69	-2,00	-3,63	5,76	0,58	0,84	16,91	7,42	-4,28	7,00	0,27
MAR	-1,54	8,07	2,95	-0,15	13,41	6,86	3,66	23,69	12,41	1,08	13,92	6,85
APR	4,85	14,12	9,38	9,77	23,26	15,62	12,94	29,54	19,25	8,90	23,97	15,47
MAI	8,67	21,81	15,49	12,47	32,18	22,77	14,84	30,22	22,86	12,80	33,30	22,87
JUN	16,63	27,15	21,28	22,87	38,10	29,61	21,77	34,45	26,92	22,20	37,50	28,94
JUL	17,89	26,29	22,00	21,34	38,61	28,41	20,15	37,20	27,13	21,43	40,47	28,50
AUG	17,53	25,01	20,85	20,53	35,57	27,70	21,57	42,13	29,91	22,26	38,82	28,69
SEP	10,08	20,93	15,41	16,12	29,25	21,13	19,36	35,03	26,15	15,91	28,38	20,90
OKT	3,50	12,92	9,14	4,37	21,37	13,16	6,91	36,60	20,59	4,53	21,47	13,10
NOV	-1,51	4,96	2,48	0,05	7,31	3,89	2,09	20,25	9,00	-0,15	8,07	3,70
DEZ	-5,93	2,86	-1,21	-4,98	3,57	-0,20	-2,61	15,71	4,36	-5,38	3,06	-0,45

8.3.4 40% Verglasung

Tabelle 29 Solare Energieerträge in kWh bei 40 % Verglasungsfläche

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	26,91	43,45	134,20	45,20
FEB	43,62	85,17	194,90	78,39
MAR	81,10	148,10	242,20	148,00
APR	107,70	214,20	269,20	214,40
MAY	153,40	290,80	276,40	291,00
JUN	166,40	299,50	246,80	286,10
JUL	160,40	282,70	256,50	290,40
AUG	129,60	251,20	288,20	263,10
SEP	86,84	183,70	284,70	179,70
OCT	57,05	112,50	229,70	111,40
NOV	30,03	53,52	151,50	50,20
DEC	19,40	33,80	104,90	29,60
SUM	1063,00	1999,00	2679,00	1988,00

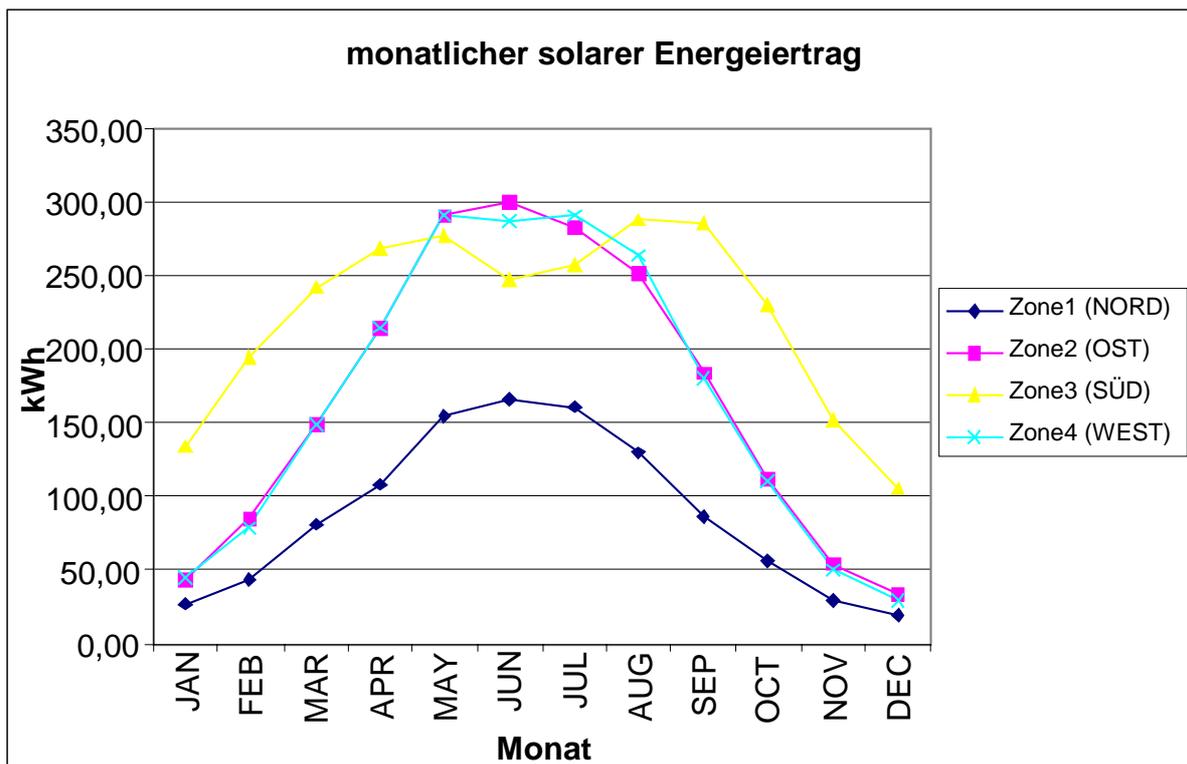


Abbildung 82 Diagramm zu Tabelle 29

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 30 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit 40% Verglasungsfläche

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,98	0,43	-3,17	-8,29	2,51	-2,02	-2,80	18,29	3,69	-7,65	2,57	-1,94
FEB	-6,54	3,91	-1,40	-3,27	8,24	1,62	1,63	21,97	9,58	-4,04	9,88	1,27
MAR	-1,17	9,66	3,87	0,27	16,89	8,41	4,33	29,28	14,75	1,75	17,54	8,42
APR	5,59	16,22	10,62	10,96	27,62	17,91	13,42	35,33	21,93	10,16	29,18	17,67
MAI	8,64	24,43	17,06	12,62	36,94	25,35	14,71	34,57	25,44	13,65	38,46	25,41
JUN	17,79	29,75	23,10	24,27	43,02	32,65	23,12	39,09	29,61	23,44	43,51	31,94
JUL	18,74	28,79	23,59	22,65	44,21	31,02	21,23	42,19	29,48	22,66	46,17	31,04
AUG	18,24	27,01	22,23	21,16	39,63	30,12	22,40	47,86	32,67	23,13	44,25	31,35
SEP	11,37	22,37	16,42	17,08	32,51	23,03	19,68	41,33	28,73	16,73	31,08	22,75
OKT	3,91	14,10	9,82	4,55	24,55	14,53	6,80	43,13	23,12	4,86	24,77	14,47
NOV	-1,57	5,86	2,92	0,27	8,73	4,57	1,89	24,97	10,45	-0,22	9,82	4,32
DEZ	-6,18	3,58	-1,00	-5,06	4,43	0,19	-2,73	20,01	5,56	-5,65	3,93	-0,11

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,98	0,74	-3,10	-8,30	2,49	-1,94	-2,80	18,33	3,83	-7,65	2,59	-1,84
FEB	-6,54	3,91	-1,33	-3,27	8,25	1,73	1,61	22,03	9,69	-4,04	9,93	1,36
MAR	-1,17	9,67	3,98	0,26	16,91	8,59	4,33	29,33	14,92	1,76	17,55	8,57
APR	5,59	16,22	10,65	11,25	27,62	17,93	13,42	35,30	21,91	10,17	29,21	17,74
MAI	9,70	24,45	17,31	13,67	36,96	25,75	16,34	34,58	25,72	13,87	38,44	25,78
JUN	17,78	29,76	23,11	23,60	43,01	32,53	22,75	39,10	29,50	22,90	43,50	31,78
JUL	18,73	28,80	23,67	22,64	44,21	31,14	21,22	42,20	29,68	22,64	46,15	31,29
AUG	18,23	27,02	22,13	21,14	39,63	30,01	22,40	47,87	32,59	23,13	44,26	31,17
SEP	10,39	22,39	16,20	17,07	32,50	22,85	19,67	41,36	28,76	16,74	31,14	22,57
OKT	3,53	14,10	9,67	4,48	24,55	14,23	6,80	43,08	22,62	4,58	24,79	14,16
NOV	-1,64	5,86	2,80	0,17	8,77	4,47	1,89	25,02	10,53	-0,22	9,83	4,23
DEZ	-6,18	3,59	-1,00	-5,06	4,41	0,17	-2,74	19,99	5,40	-5,65	3,91	-0,13

8.3.5 Vergleich

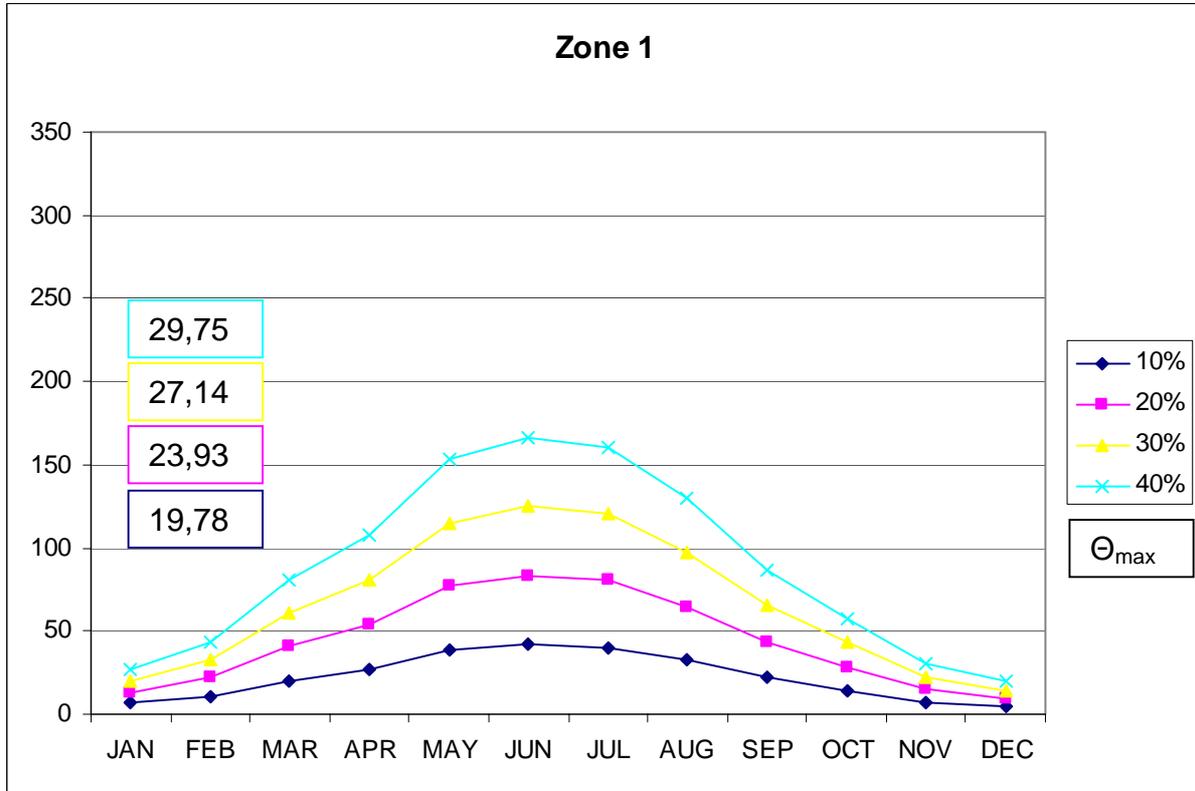


Abbildung 83 Vergleich der Auswirkungen der Fensterflächenanteile in Zone 1

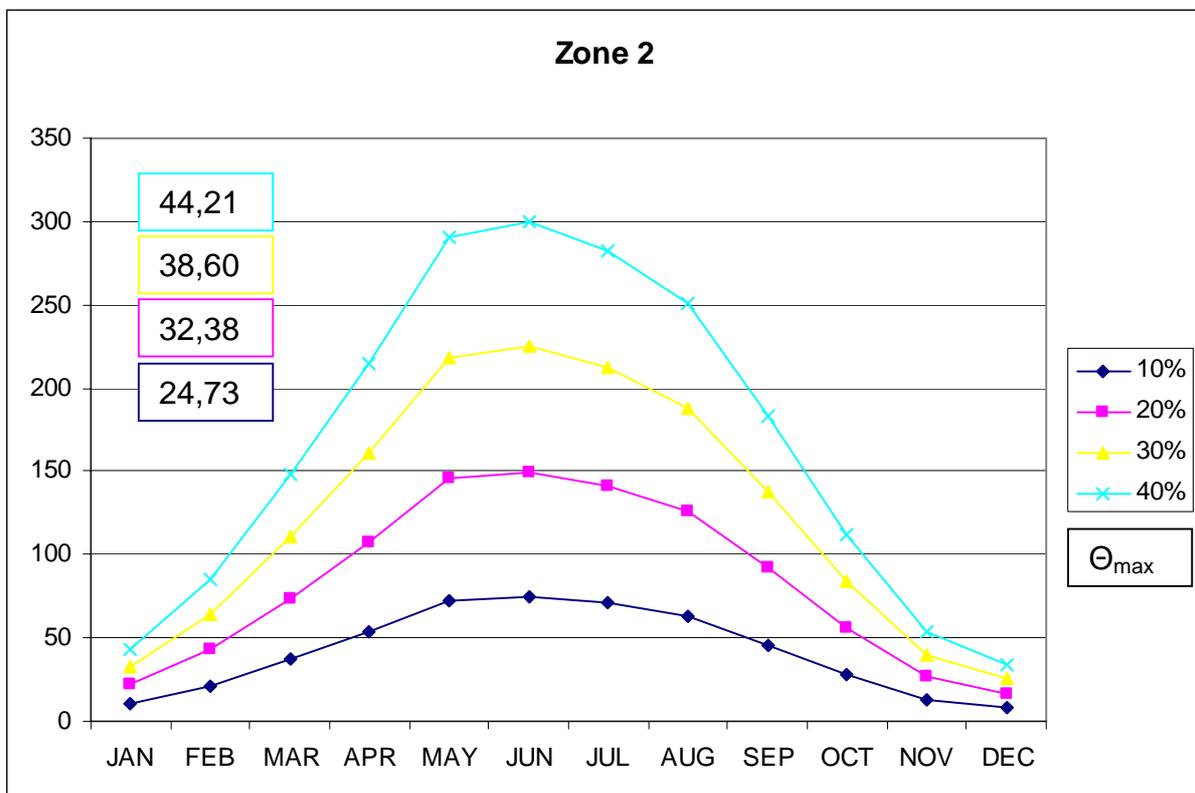


Abbildung 84 Vergleich der Auswirkungen der Fensterflächenanteile in Zone 2

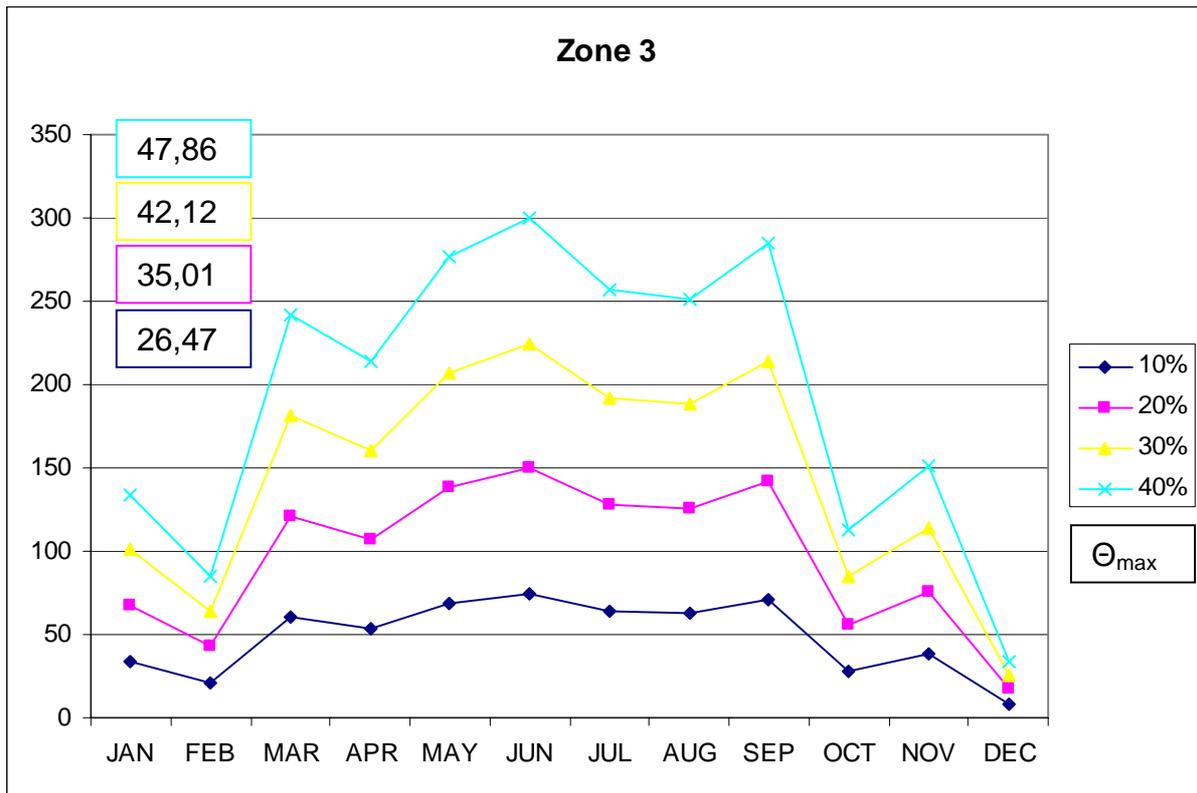


Abbildung 85 Vergleich der Auswirkungen der Fensterflächenanteile in Zone 3

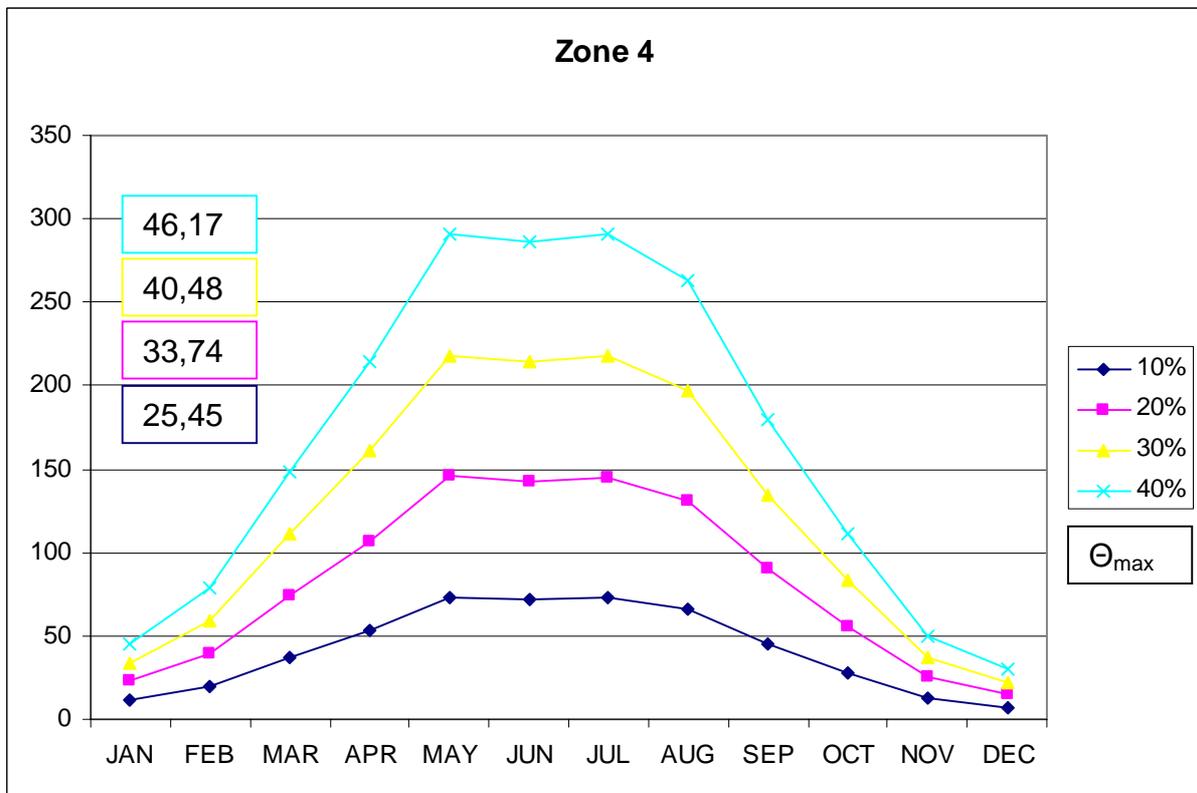


Abbildung 86 Vergleich der Auswirkungen der Fensterflächenanteile in Zone 4

8.4 Verschattung

In diesem Kapitel werden die Eigenschaften einer außenliegenden Verschattung variiert. Dabei werden beide Verschattungsarten (Überhang und seitliche Verschattung) in die Betrachtung mit einbezogen.

Eigenschaften der Verschattung:

	Variante 1	Variante 2	Variante 3	Variante 4	Variante 5
Typ	Horizontal (Overhang)	Horizontal (Overhang)	Vertikal (Wingwall)	Vertikal (Wingwall)	Vertikal (Wingwall)
Winkel zur Horizontalen	0°	30°	90°	90°	90°
Attribut	-	-	rechtseitig	linkseitig	beidseitig

Alle Verschattungsvarianten stehen 1,00m von der Fassade ab, besitzen einen Abstand zum Fenster von 0,30m und stehen 0,30m in die entsprechende Richtung über.

8.4.1 Variante 1

Tabelle 31 Energieerträge in kWh mit horizontaler Verschattung (Neigung= 0°)

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	4,79	8,06	26,30	8,39
FEB	7,73	15,74	36,87	14,56
MAR	13,36	25,36	40,25	25,18
APR	15,45	30,65	36,12	31,44
MAY	17,99	33,94	28,86	33,02
JUN	18,81	31,43	25,05	30,44
JUL	18,58	31,31	26,98	32,03
AUG	17,48	34,01	35,44	36,07
SEP	13,87	30,17	45,07	29,86
OCT	9,86	20,34	41,38	20,15
NOV	5,41	10,00	29,42	9,30
DEC	3,46	6,28	20,56	5,43
SUM	146,80	277,30	392,30	275,90

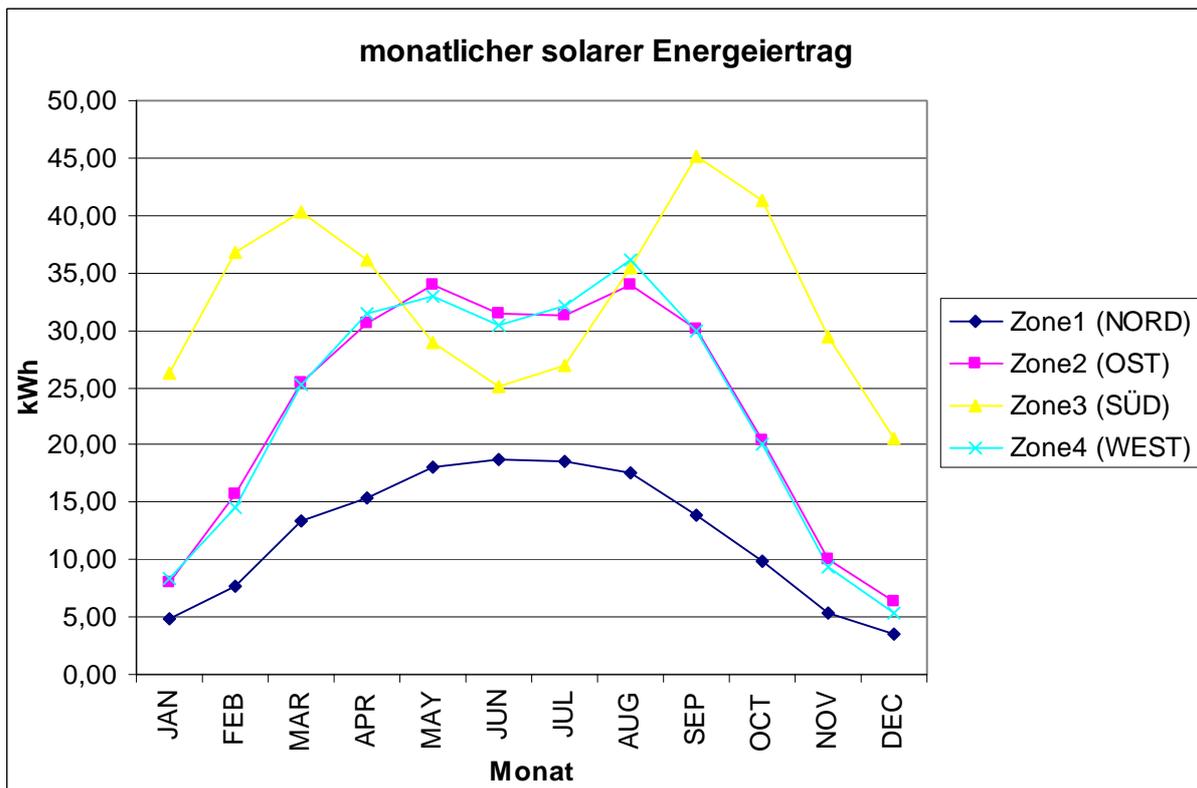


Abbildung 87 Diagramm zu Tabelle 31

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 32 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer horizontalen Verschattung (Neigung= 0°)

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,51	-1,79	-4,71	-8,26	-1,35	-4,36	-6,43	0,92	-2,41	-8,12	-1,50	-4,34
FEB	-7,64	-0,95	-4,22	-6,48	0,05	-3,30	-3,66	2,81	-0,64	-6,72	-0,14	-3,37
MAR	-3,54	2,82	-0,75	-2,87	4,20	0,62	-1,30	6,02	2,56	-2,50	4,08	0,61
APR	1,19	7,64	4,40	3,24	9,51	6,31	4,60	11,04	7,37	2,76	9,95	6,29
JUL	3,72	12,83	8,13	5,15	14,75	10,02	5,69	14,16	9,90	5,48	14,79	10,04
JUN	10,04	17,14	13,16	12,03	19,21	15,12	11,13	18,35	14,34	11,99	18,93	15,01
EUL	12,94	17,44	14,97	13,95	19,32	16,45	13,65	19,13	16,02	14,02	19,86	16,44
AUG	12,77	17,74	15,26	14,38	20,27	17,21	14,08	21,03	17,42	14,43	21,17	17,54
SEP	8,58	15,88	12,18	10,66	18,03	14,13	12,70	18,77	15,49	10,72	17,87	14,12
OKT	3,31	9,29	6,99	3,72	11,87	8,68	4,91	16,81	11,53	3,91	11,88	8,64
NOV	-1,48	3,29	1,33	-0,80	3,76	1,87	0,96	7,51	3,74	-0,96	3,87	1,82
DEZ	-5,71	0,96	-2,02	-5,34	1,22	-1,59	-3,84	4,05	0,32	-5,52	1,09	-1,69

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,51	-1,79	-4,69	-8,26	-1,35	-4,34	-6,43	0,90	-2,37	-8,12	-1,50	-4,31
FEB	-7,64	-0,95	-4,18	-6,48	0,05	-3,24	-3,65	2,80	-0,58	-6,72	-0,14	-3,32
MAR	-3,54	2,82	-0,67	-2,87	4,33	0,71	-1,30	6,21	2,64	-2,50	4,20	0,69
APR	1,18	7,64	4,43	3,23	9,52	6,34	4,59	11,05	7,38	2,76	9,96	6,33
MAI	4,17	12,83	8,30	5,52	14,75	10,21	6,10	14,16	10,06	5,73	14,80	10,22
JUN	10,04	17,14	13,23	12,03	19,21	15,16	11,13	18,36	14,39	11,99	18,94	15,04
JUL	12,94	17,44	15,02	13,95	19,32	16,51	13,65	19,13	16,08	14,02	19,84	16,51
AUG	12,77	17,74	15,22	14,38	20,27	17,18	14,08	21,03	17,41	14,42	21,16	17,50
SEP	7,92	15,88	12,02	10,37	18,02	13,98	12,70	18,77	15,40	10,18	17,88	13,97
OKT	2,67	9,29	6,88	3,21	11,87	8,53	4,53	16,80	11,34	3,22	11,89	8,48
NOV	-1,75	2,62	1,23	-1,09	3,28	1,78	0,96	7,51	3,69	-1,14	3,47	1,72
DEZ	-5,71	0,96	-2,03	-5,34	1,22	-1,61	-3,84	4,05	0,27	-5,51	1,09	-1,71

8.4.2 Variante 2

Tabelle 33 Energieerträge in kWh mit horizontaler Verschattung (Neigung= 30°)

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	4,25	8,27	28,79	8,66
FEB	6,84	16,31	39,18	14,96
MAR	12,84	25,98	40,94	25,87
APR	15,83	30,12	35,66	31,42
MAY	18,76	33,15	28,32	31,38
JUN	19,22	29,98	24,94	29,41
JUL	19,27	30,32	26,63	30,59
AUG	18,08	33,27	34,80	35,57
SEP	13,57	30,59	45,42	30,53
OCT	8,92	20,98	43,00	20,72
NOV	4,73	10,36	32,26	9,59
DEC	3,06	6,54	22,81	5,56
SUM	145,40	275,90	402,70	274,30

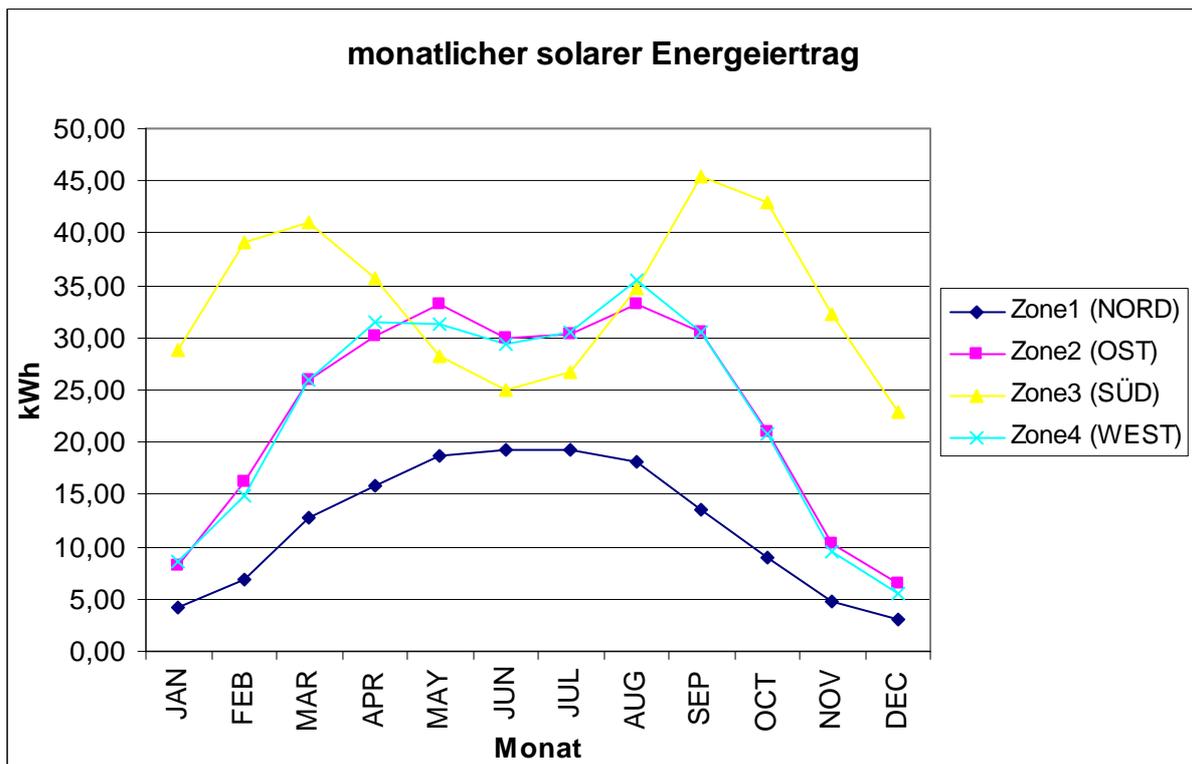


Abbildung 88 Diagramm zu Tabelle 33

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 34 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer horizontalen Verschattung (Neigung= 30°)

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,56	-1,83	-4,75	-8,25	-1,30	-4,34	-6,24	1,18	-2,20	-8,09	-1,48	-4,32
FEB	-7,75	-1,03	-4,31	-6,41	0,11	-3,24	-3,45	3,13	-0,38	-6,68	-0,11	-3,33
MAR	-3,60	2,80	-0,81	-2,85	4,25	0,69	-1,20	6,12	2,66	-2,43	4,12	0,68
APR	1,18	7,66	4,43	3,22	9,50	6,28	4,61	11,01	7,34	2,79	10,04	6,30
MAI	3,77	12,90	8,20	5,11	14,68	9,95	5,64	14,12	9,84	5,47	14,62	9,91
JUN	10,05	17,20	13,21	11,85	19,01	14,97	11,13	18,34	14,32	11,89	18,85	14,87
JUL	13,00	17,52	15,03	13,90	19,18	16,35	13,65	19,05	15,99	13,96	19,64	16,33
AUG	12,82	17,82	15,33	14,30	20,19	17,14	14,03	20,94	17,36	14,32	21,12	17,46
SEP	8,50	15,92	12,18	10,73	17,98	14,14	12,72	18,72	15,50	10,78	17,89	14,16
OKT	3,27	9,17	6,90	3,73	12,01	8,76	5,00	17,12	11,70	3,94	12,03	8,71
NOV	-1,57	3,24	1,27	-0,76	3,78	1,91	1,04	8,07	3,97	-0,93	3,90	1,85
DEZ	-5,75	0,93	-2,07	-5,31	1,25	-1,56	-3,63	4,62	0,58	-5,51	1,10	-1,67

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,56	-1,83	-4,73	-8,25	-1,30	-4,32	-6,24	1,15	-2,16	-8,09	-1,48	-4,29
FEB	-7,75	-1,03	-4,27	-6,42	0,11	-3,18	-3,45	3,13	-0,32	-6,68	-0,11	-3,28
MAR	-3,60	2,80	-0,73	-2,85	4,40	0,78	-1,20	6,23	2,74	-2,43	4,23	0,76
APR	1,17	7,66	4,46	3,22	9,50	6,30	4,61	11,01	7,35	2,79	10,06	6,34
MAI	4,22	12,90	8,38	5,48	14,68	10,14	6,05	14,12	10,00	5,73	14,64	10,09
JUN	10,05	17,19	13,27	11,85	19,01	15,01	11,13	18,34	14,37	11,89	18,86	14,92
JUL	13,00	17,51	15,08	13,90	19,18	16,41	13,64	19,05	16,05	13,96	19,67	16,40
AUG	12,82	17,82	15,29	14,29	20,18	17,11	14,03	20,94	17,34	14,32	21,12	17,42
SEP	7,84	15,92	12,02	10,47	17,98	13,99	12,72	18,72	15,41	10,26	17,91	14,01
OKT	2,61	9,17	6,78	3,24	12,01	8,61	4,64	17,11	11,50	3,24	12,05	8,55
NOV	-1,83	2,56	1,17	-1,06	3,34	1,81	1,04	8,07	3,93	-1,10	3,57	1,75
DEZ	-5,75	0,93	-2,07	-5,32	1,25	-1,58	-3,63	4,62	0,53	-5,51	1,10	-1,69

8.4.3 Variante 3

Tabelle 35 Energieerträge in kWh mit vertikalen rechtseitigen Verschattung

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	5,05	9,01	29,76	8,68
FEB	8,08	17,97	41,76	13,73
MAR	15,06	30,81	49,12	23,44
APR	19,33	41,50	54,10	31,73
MAY	26,00	52,06	54,64	42,55
JUN	27,35	48,49	48,31	41,92
JUL	27,20	48,07	50,32	42,80
AUG	22,85	47,73	57,43	38,49
SEP	15,72	37,72	58,11	26,94
OCT	10,47	23,71	47,94	18,05
NOV	5,62	11,24	33,49	9,47
DEC	3,64	7,12	23,71	5,72
SUM	186,30	375,40	548,70	303,50

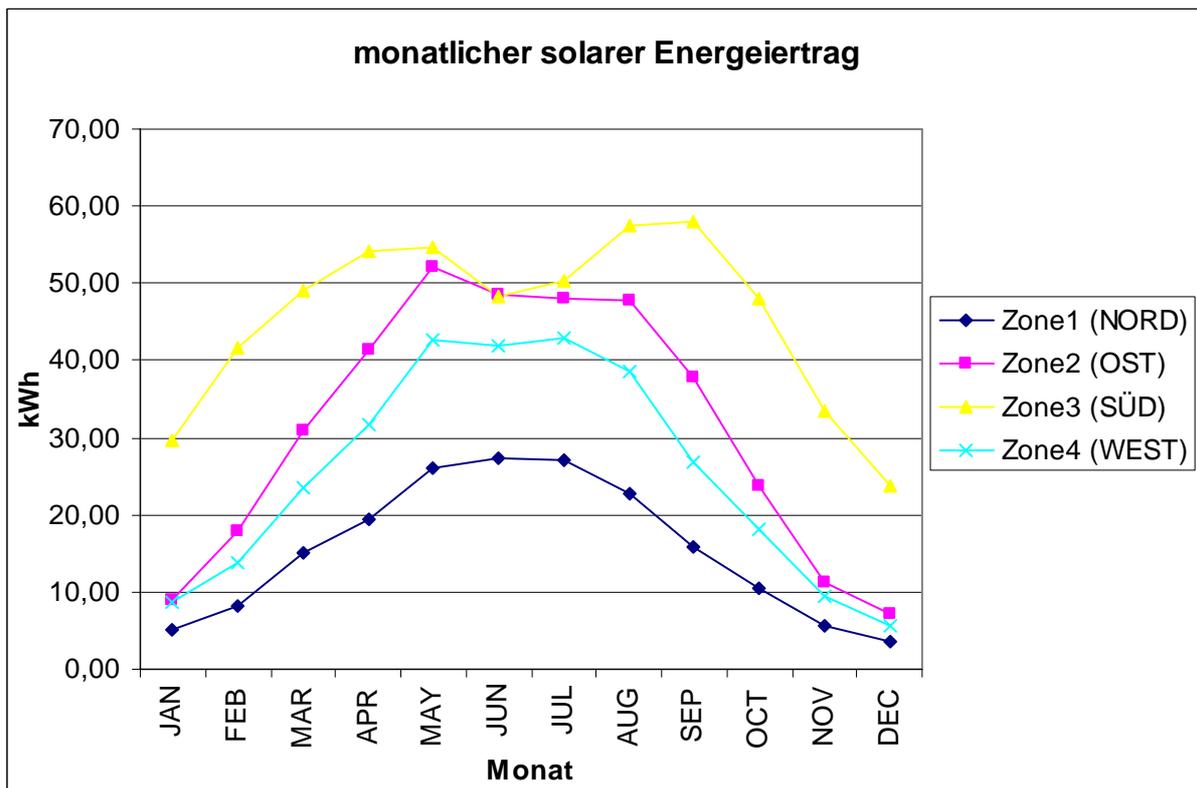


Abbildung 89 Diagramm zu Tabelle 35

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 36 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer vertikalen rechtseitigen Verschattung

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,49	-1,79	-4,69	-8,20	-1,26	-4,28	-6,17	1,27	-2,12	-8,09	-1,47	-4,32
FEB	-7,64	-0,86	-4,18	-6,27	0,36	-3,09	-3,21	3,51	-0,15	-6,81	-0,21	-3,43
MAR	-3,42	3,08	-0,61	-2,62	4,86	1,11	-0,91	7,53	3,33	-2,65	4,14	0,42
APR	1,42	7,97	4,76	3,86	10,78	7,35	5,72	13,37	9,04	2,79	9,67	6,31
MAI	4,14	13,64	8,85	6,13	17,00	11,66	7,22	17,09	12,26	5,66	16,17	10,81
JUN	10,84	18,17	14,06	13,83	21,34	17,06	13,84	21,11	17,00	13,23	20,43	16,26
JUL	13,70	18,34	15,79	15,00	21,76	18,00	14,95	22,24	18,06	14,81	21,03	17,48
AUG	13,39	18,36	15,88	15,55	22,23	18,69	15,78	24,49	19,67	14,98	21,45	18,00
SEP	8,66	16,28	12,44	11,33	19,32	15,01	13,63	20,78	16,87	10,33	17,88	13,94
OKT	3,39	9,34	7,05	3,88	12,52	9,13	5,15	18,02	12,32	3,89	11,03	8,33
NOV	-1,49	3,36	1,37	-0,69	3,94	2,02	1,20	8,09	4,10	-0,96	3,86	1,83
DEZ	-5,70	1,00	-2,00	-5,27	1,32	-1,50	-3,55	4,64	0,66	-5,49	1,13	-1,67

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,49	-1,78	-4,67	-8,20	-1,26	-4,25	-6,17	1,25	-2,08	-8,09	-1,46	-4,29
FEB	-7,64	-0,86	-4,14	-6,27	0,36	-3,02	-3,21	3,50	-0,08	-6,81	-0,21	-3,38
MAR	-3,42	3,07	-0,53	-2,62	5,19	1,21	-0,91	7,52	3,42	-2,65	4,32	0,51
APR	1,42	7,98	4,79	3,86	10,77	7,38	5,71	13,38	9,07	2,79	9,67	6,35
MAI	4,61	13,64	9,04	6,55	16,99	11,87	7,73	17,13	12,45	5,98	16,17	11,02
JUN	10,84	18,18	14,12	13,83	21,35	17,08	13,84	21,12	17,02	13,23	20,43	16,29
JUL	13,70	18,34	15,84	15,00	21,77	18,07	14,95	22,24	18,15	14,81	21,06	17,56
AUG	13,39	18,36	15,83	15,55	22,23	18,65	15,78	24,49	19,64	14,98	21,45	17,94
SEP	8,00	16,28	12,27	11,10	19,32	14,85	13,62	20,80	16,77	9,79	17,88	13,78
OKT	2,75	9,34	6,94	3,42	12,52	8,96	4,82	18,00	12,10	3,22	11,04	8,19
NOV	-1,76	2,70	1,27	-0,99	3,45	1,92	1,20	8,10	4,05	-1,15	3,37	1,74
DEZ	-5,70	0,99	-2,01	-5,27	1,31	-1,52	-3,55	4,65	0,60	-5,49	1,13	-1,69

8.4.4 Variante 4

Tabelle 37 Energieerträge in kWh mit vertikalen linkseitigen Verschattung

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	5,05	8,36	29,85	9,43
FEB	8,08	15,01	41,40	16,42
MAR	15,06	23,14	49,20	30,77
APR	19,33	32,27	53,85	42,78
MAY	26,00	43,13	54,62	49,20
JUN	27,35	43,74	48,21	46,80
JUL	27,20	42,73	50,31	47,87
AUG	22,85	37,70	57,53	50,84
SEP	15,72	27,01	57,90	37,54
	10,47	17,65	47,94	23,46
NOV	5,62	10,15	33,28	10,45
DEC	3,64	6,63	23,47	6,10
SUM	186,30	307,50	547,60	371,70

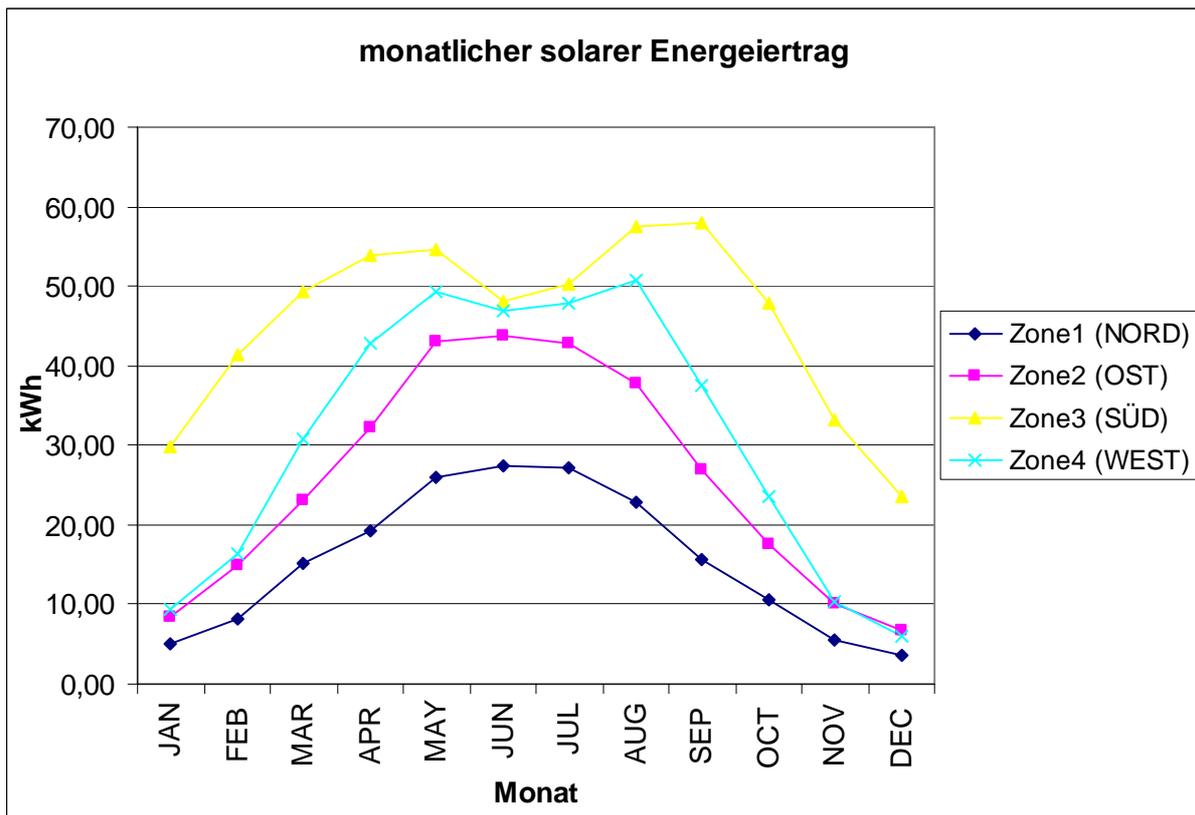


Abbildung 90 Diagramm zu Tabelle 37

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 38 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer vertikalen linkseitigen Verschattung

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,49	-1,79	-4,69	-8,24	-1,34	-4,34	-6,14	1,21	-2,12	-8,02	-1,43	-4,26
FEB	-7,64	-0,87	-4,19	-6,60	0,05	-3,36	-3,30	3,55	-0,17	-6,57	0,09	-3,19
MAR	-3,42	3,08	-0,61	-2,89	4,16	0,43	-0,80	7,49	3,34	-2,15	4,74	1,10
APR	1,42	7,98	4,76	2,98	9,62	6,41	5,67	13,43	9,07	3,44	11,40	7,34
MAI	4,14	13,65	8,86	5,49	15,89	10,83	7,31	17,22	12,34	6,63	17,28	11,56
EUN	10,85	18,19	14,08	13,21	20,80	16,45	13,95	21,21	17,10	14,00	21,22	16,89
EUL	13,72	18,37	15,81	14,83	20,69	17,58	15,05	22,40	18,17	15,06	22,22	17,92
AUG	13,41	18,38	15,90	14,95	20,98	17,81	15,90	24,69	19,82	15,71	23,45	19,15
SEP	8,67	16,30	12,46	10,26	18,06	14,00	13,69	20,83	16,97	11,40	19,24	15,04
OKT	3,40	9,35	7,06	3,73	11,05	8,29	5,27	18,06	12,39	4,13	12,51	9,09
NOV	-1,49	3,37	1,37	-0,80	3,78	1,89	1,21	8,16	4,12	-0,85	4,08	1,96
DEZ	-5,70	0,99	-2,00	-5,32	1,28	-1,56	-3,58	4,69	0,65	-5,46	1,16	-1,61

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,49	-1,78	-4,67	-8,24	-1,34	-4,31	-6,14	1,17	-2,08	-8,02	-1,43	-4,23
FEB	-7,64	-0,87	-4,14	-6,60	0,05	-3,30	-3,30	3,54	-0,11	-6,57	0,09	-3,13
MAR	-3,42	3,08	-0,53	-2,89	4,16	0,51	-0,80	7,61	3,44	-2,15	5,06	1,19
APR	1,42	7,98	4,80	2,97	9,62	6,45	5,66	13,43	9,10	3,44	11,42	7,40
MAI	4,62	13,65	9,04	5,98	15,89	11,04	7,80	17,25	12,53	6,83	17,31	11,75
EUN	10,85	18,20	14,14	13,21	20,81	16,49	13,95	21,22	17,12	13,99	21,22	16,91
EUL	13,72	18,36	15,85	14,83	20,69	17,64	15,05	22,40	18,26	15,06	22,24	18,00
AUG	13,40	18,38	15,85	14,94	20,98	17,76	15,90	24,69	19,79	15,71	23,44	19,10
SEP	8,01	16,29	12,29	9,77	18,06	13,83	13,69	20,86	16,86	10,93	19,23	14,87
OKT	2,76	9,35	6,95	3,24	11,05	8,15	4,90	18,05	12,18	3,42	12,52	8,93
NOV	-1,76	2,71	1,27	-1,09	3,27	1,80	1,21	8,16	4,07	-1,03	3,67	1,86
DEZ	-5,69	0,99	-2,01	-5,32	1,28	-1,58	-3,59	4,69	0,60	-5,46	1,15	-1,63

8.4.5 Variante 5

Tabelle 39 Solare Energieerträge in kWh infolge einer vertikalen beidseitigen Verschattung

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	4,54	7,81	28,02	8,12
FEB	7,27	14,07	37,87	12,83
MAR	13,56	21,35	43,72	21,65
APR	17,41	29,96	48,53	29,43
MAY	23,43	40,02	49,88	39,38
JUN	24,64	40,47	44,16	38,74
JUL	24,49	39,48	45,87	39,50
AUG	20,59	34,94	51,94	35,73
SEP	14,16	25,15	51,73	25,06
OCT	9,42	16,45	42,98	16,85
NOV	5,05	9,52	31,17	8,84
DEC	3,28	6,23	22,34	5,32
SUM	167,80	285,40	498,20	281,40

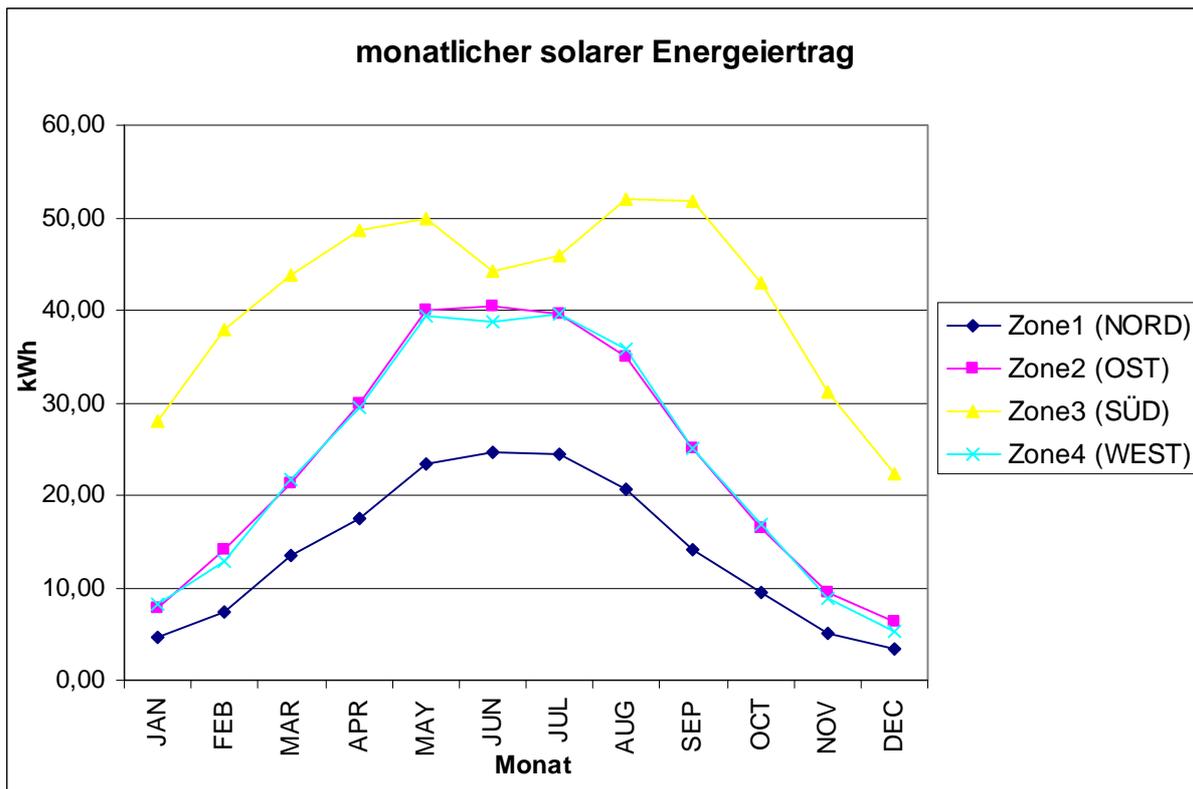


Abbildung 91 Diagramm zu Tabelle 39

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

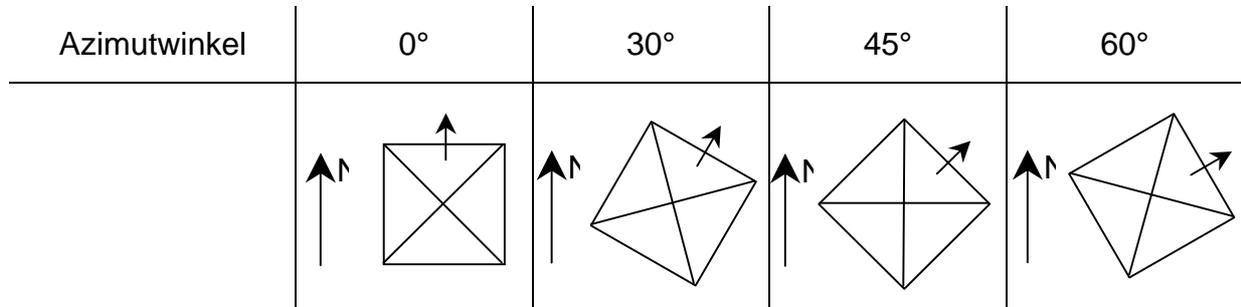
Tabelle 40 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer vertikalen beidseitigen Verschattung

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,53	-1,81	-4,73	-8,28	-1,37	-4,38	-6,28	1,12	-2,27	-8,14	-1,50	-4,36
FEB	-7,72	-0,97	-4,27	-6,69	-0,08	-3,45	-3,50	2,94	-0,52	-6,90	-0,33	-3,52
MAR	-3,53	2,90	-0,75	-3,01	3,93	0,26	-1,22	6,73	2,81	-2,78	3,92	0,26
APR	1,25	7,78	4,57	2,77	9,37	6,18	5,15	12,70	8,50	2,59	9,43	6,08
MAI	3,95	13,38	8,61	5,26	15,56	10,53	6,84	16,70	11,84	5,45	15,86	10,52
EUN	10,61	17,87	13,80	12,91	20,40	16,11	13,52	20,71	16,65	12,97	20,05	15,95
EUL	13,46	18,08	15,53	14,54	20,36	17,25	14,71	21,80	17,75	14,53	20,70	17,18
AUG	13,16	18,14	15,66	14,66	20,68	17,52	15,47	23,91	19,25	14,71	21,16	17,73
SEP	8,53	16,09	12,28	10,08	17,80	13,79	13,18	20,30	16,36	10,17	17,64	13,75
OKT	3,32	9,22	6,94	3,64	10,89	8,16	5,00	17,07	11,77	3,81	10,89	8,20
NOV	-1,54	3,29	1,31	-0,86	3,69	1,82	1,04	7,74	3,89	-1,01	3,77	1,76
DEZ	-5,73	0,96	-2,04	-5,35	1,24	-1,61	-3,68	4,38	0,51	-5,53	1,10	-1,71

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,53	-1,81	-4,71	-8,28	-1,37	-4,36	-6,29	1,10	-2,23	-8,14	-1,50	-4,34
FEB	-7,72	-0,97	-4,22	-6,69	-0,08	-3,40	-3,50	2,93	-0,46	-6,90	-0,33	-3,47
MAR	-3,53	2,90	-0,67	-3,01	3,94	0,35	-1,22	6,92	2,90	-2,78	4,09	0,35
APR	1,25	7,78	4,60	2,77	9,37	6,22	5,15	12,71	8,53	2,59	9,43	6,13
MAI	4,43	13,38	8,79	5,75	15,56	10,73	7,35	16,73	12,02	5,77	15,87	10,72
EUN	10,61	17,87	13,86	12,91	20,40	16,15	13,52	20,72	16,67	12,97	20,05	15,98
EUL	13,46	18,08	15,58	14,54	20,35	17,31	14,71	21,80	17,83	14,53	20,72	17,25
AUG	13,16	18,14	15,61	14,66	20,67	17,47	15,47	23,91	19,22	14,71	21,16	17,67
SEP	7,87	16,08	12,11	9,59	17,80	13,62	13,18	20,32	16,25	9,62	17,64	13,59
OKT	2,67	9,22	6,83	3,13	10,89	8,01	4,64	17,05	11,57	3,13	10,90	8,06
NOV	-1,81	2,62	1,20	-1,14	3,18	1,73	1,05	7,75	3,85	-1,21	3,29	1,67
DEZ	-5,73	0,96	-2,05	-5,35	1,24	-1,62	-3,68	4,38	0,46	-5,53	1,09	-1,73

8.5 Azimutwinkel des Objektes

In der Betrachtung des Einflusses des Azimutwinkels wird dieser von 0° bis 90° variiert (90° Zone1 = 0° Zone2).



8.5.1 0 Grad

Tabelle 41 Solare Energieerträge in kWh infolge einer Verdehnung von 0°

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	6,73	10,86	33,55	11,30
FEB	10,90	21,29	48,71	19,60
MAR	20,27	37,03	60,56	37,00
APR	26,92	53,54	67,30	53,61
MAY	38,36	72,70	69,11	72,75
JUN	41,60	74,87	61,70	71,53
JUL	40,10	70,67	64,13	72,61
AUG	32,41	62,79	72,05	65,77
SEP	21,71	45,93	71,17	44,92
OCT	14,26	28,11	57,43	27,86
NOV	7,51	13,38	37,88	12,55
DEC	4,85	8,45	26,23	7,40
SUM	265,60	499,60	669,80	496,90

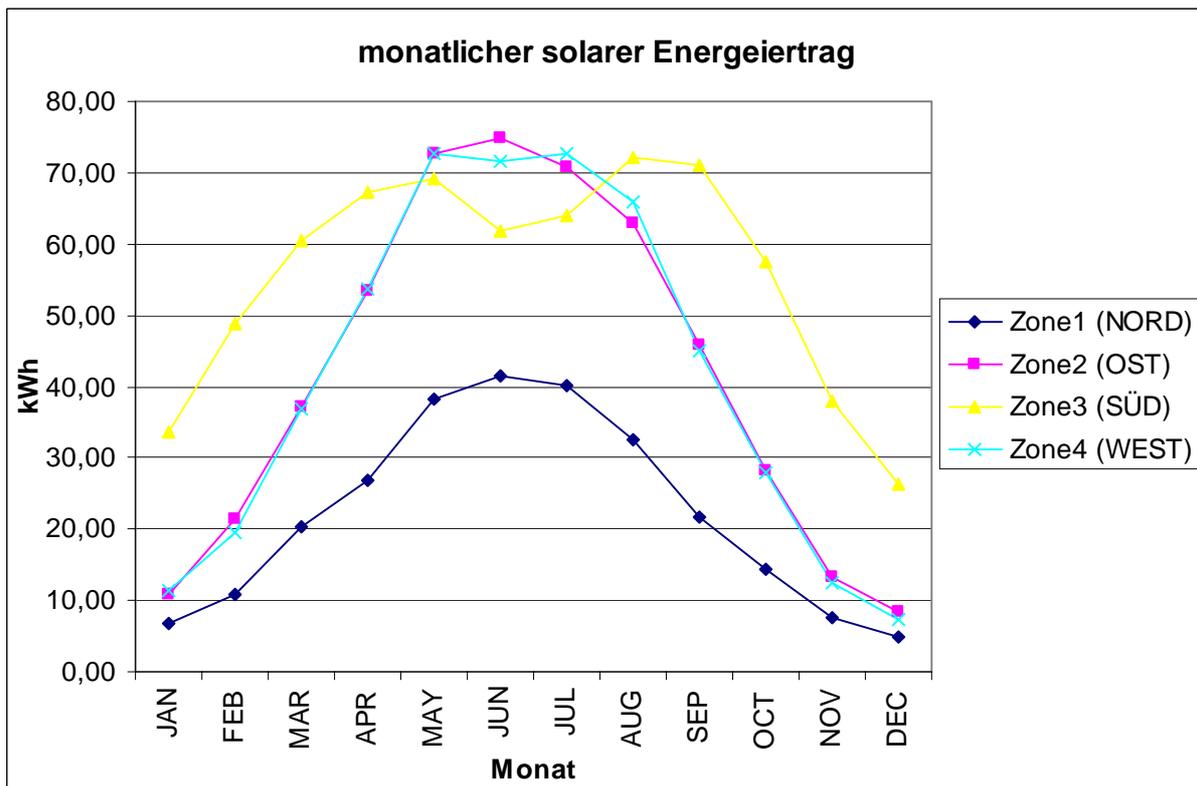


Abbildung 92 Diagramm zu Tabelle 41

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 42 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer Verdrehung von 0°

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,58	-8,06	-1,17	-4,15	-5,88	1,46	-1,84	-7,89	-1,34	-4,13
FEB	-7,40	-0,56	-3,94	-5,98	0,75	-2,79	-2,77	4,55	0,51	-6,29	0,46	-2,90
MAR	-3,10	3,64	-0,17	-2,25	5,58	1,65	-0,14	9,07	4,38	-1,77	5,48	1,62
APR	2,00	8,69	5,46	4,70	12,02	8,46	6,90	15,05	10,40	4,15	12,38	8,31
MAI	4,83	14,92	9,94	7,17	19,63	13,43	8,39	18,74	13,71	7,60	20,02	13,51
JUN	12,38	19,78	15,57	16,54	24,69	19,87	15,28	22,78	18,51	16,92	23,95	19,55
JUL	14,72	19,69	17,02	16,69	24,73	20,18	16,03	24,08	19,41	16,66	25,45	20,04
AUG	14,39	19,46	16,88	16,99	23,96	20,30	17,04	26,47	21,19	17,31	25,30	20,81
SEP	9,20	17,04	13,07	11,99	20,67	15,96	14,74	22,34	18,24	12,02	20,45	15,84
OKT	3,63	9,79	7,46	4,14	13,15	9,64	5,69	19,77	13,50	4,38	13,11	9,56
NOV	-1,33	3,61	1,56	-0,50	4,22	2,24	1,57	8,82	4,56	-0,69	4,35	2,16
DEZ	-5,60	1,09	-1,89	-5,16	1,43	-1,37	-3,35	5,21	0,94	-5,35	1,25	-1,49

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,55	-8,06	-1,18	-4,11	-5,88	1,45	-1,79	-7,89	-1,34	-4,09
FEB	-7,40	-0,56	-3,89	-5,98	0,75	-2,72	-2,77	4,54	0,58	-6,29	0,45	-2,84
MAR	-3,10	3,64	-0,09	-2,25	5,93	1,75	-0,14	9,09	4,49	-1,77	5,84	1,73
APR	2,00	8,69	5,50	4,70	12,03	8,51	6,90	15,04	10,43	4,15	12,39	8,38
MAI	5,31	14,92	10,14	7,58	19,64	13,67	8,91	18,83	13,90	7,79	20,03	13,74
JUN	12,37	19,78	15,62	16,53	24,69	19,89	15,28	22,79	18,53	16,92	23,96	19,55
JUL	14,72	19,70	17,07	16,69	24,75	20,25	16,03	24,08	19,50	16,66	25,45	20,15
AUG	14,38	19,46	16,82	16,98	23,96	20,23	17,03	26,48	21,16	17,31	25,32	20,73
SEP	8,55	17,03	12,90	11,80	20,67	15,79	14,74	22,34	18,14	11,59	20,46	15,66
OKT	3,01	9,80	7,34	3,69	13,16	9,46	5,36	19,76	13,26	3,68	13,12	9,39
NOV	-1,61	2,97	1,45	-0,81	3,70	2,14	1,57	8,81	4,51	-0,86	3,91	2,06
DEZ	-5,60	1,08	-1,90	-5,16	1,43	-1,39	-3,35	5,21	0,88	-5,35	1,25	-1,50

8.5.2 30 Grad

Tabelle 43 Solare Energieerträge in kWh infolge Solare Energieerträge in kWh infolge einer Verdrehung von 30°

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	6,73	19,12	29,58	7,13
FEB	10,91	32,99	41,91	12,75
MAR	21,02	47,93	57,06	26,61
APR	30,25	64,01	66,87	41,13
MAY	45,93	77,71	73,71	60,33
JUN	49,16	76,92	65,80	62,31
JUL	46,59	73,94	69,45	61,76
AUG	37,30	71,64	75,19	51,68
SEP	23,46	59,04	67,53	31,48
OCT	14,49	40,09	52,09	18,13
NOV	7,51	23,27	32,48	8,15
DEC	4,85	16,06	21,98	5,04
SUM	298,20	602,70	653,70	386,50

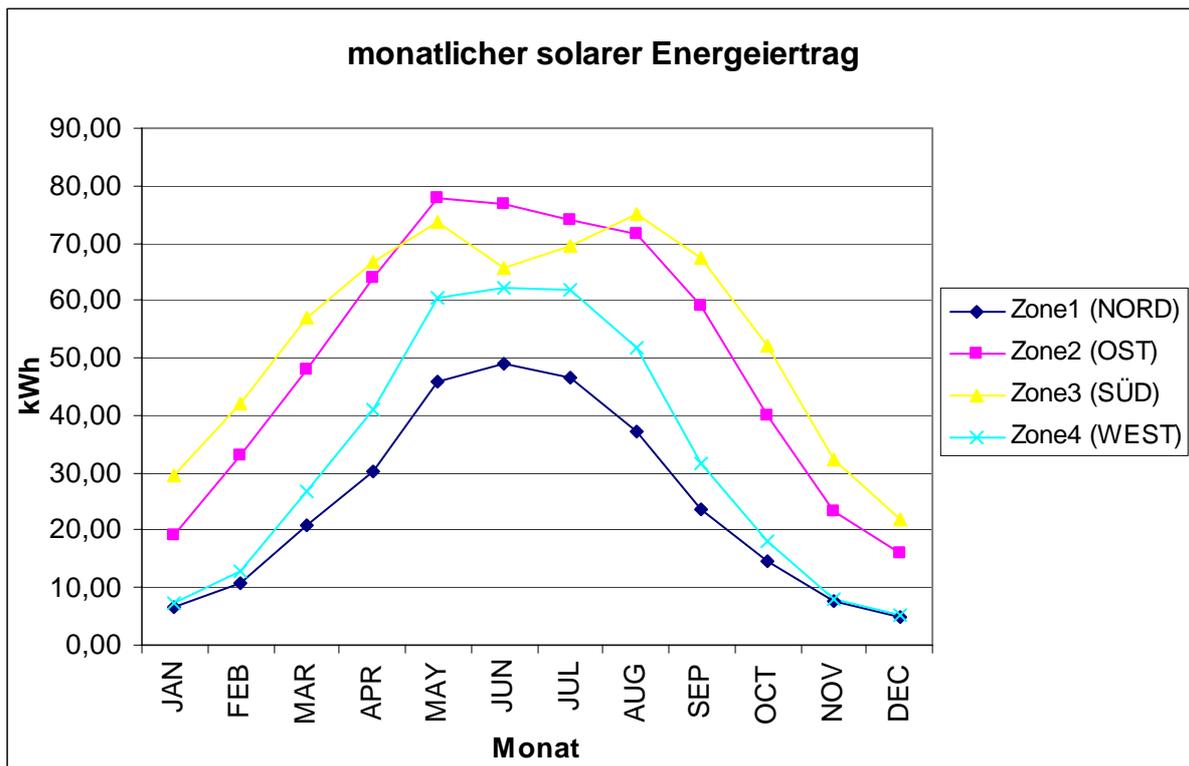


Abbildung 93 Diagramm zu Tabelle 43

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 44 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer Verdrehung von 30°

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,38	-1,71	-4,58	-7,35	-0,43	-3,40	-6,15	0,99	-2,19	-8,35	-1,67	-4,53
FEB	-7,40	-0,56	-3,94	-4,23	2,04	-1,45	-3,39	3,83	-0,21	-7,20	-0,25	-3,72
MAR	-3,07	3,77	-0,10	-1,52	6,86	2,89	-0,24	8,47	3,89	-2,62	4,37	0,52
APR	2,32	8,97	5,83	5,91	13,83	9,74	6,32	14,79	10,17	2,96	10,48	6,96
MAI	5,19	15,96	10,66	7,97	20,16	14,14	8,63	19,68	14,08	6,39	18,37	12,17
JUN	13,30	20,90	16,59	16,89	25,04	20,22	16,13	23,45	19,09	15,55	22,61	18,32
JUL	15,23	20,62	17,73	16,82	25,48	20,50	16,34	25,11	19,86	16,11	23,52	19,06
AUG	15,10	20,14	17,50	17,35	25,69	21,19	17,56	27,06	21,68	16,31	23,03	19,29
SEP	9,38	17,52	13,37	13,55	22,17	17,28	14,32	22,34	17,98	10,43	18,82	14,43
OKT	3,64	9,87	7,53	4,66	16,25	11,28	5,59	18,41	12,80	3,84	10,80	8,16
NOV	-1,33	3,62	1,56	0,84	5,72	3,19	1,29	7,98	4,09	-1,24	3,80	1,66
DEZ	-5,60	1,09	-1,89	-4,33	2,11	-0,38	-3,80	4,42	0,45	-5,60	1,12	-1,85

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,38	-1,71	-4,55	-7,35	-0,43	-3,35	-6,15	0,99	-2,15	-8,35	-1,67	-4,51
FEB	-7,40	-0,56	-3,89	-4,23	2,03	-1,37	-3,39	3,83	-0,15	-7,20	-0,26	-3,67
MAR	-3,07	3,78	-0,01	-1,52	7,39	3,00	-0,24	8,58	4,00	-2,62	4,40	0,61
APR	2,32	8,97	5,87	5,90	13,84	9,78	6,32	14,79	10,22	2,95	10,47	7,02
MAI	5,63	15,96	10,88	8,48	20,17	14,37	8,94	19,69	14,29	6,71	18,37	12,40
JUN	13,29	20,90	16,63	16,89	25,05	20,23	16,13	23,44	19,09	15,55	22,62	18,34
JUL	15,24	20,62	17,78	16,82	25,48	20,57	16,33	25,12	19,97	16,11	23,52	19,15
AUG	15,10	20,14	17,43	17,35	25,69	21,14	17,56	27,06	21,63	16,31	23,04	19,21
SEP	8,71	17,52	13,20	13,54	22,18	17,13	14,32	22,35	17,87	9,69	18,82	14,24
OKT	3,01	9,87	7,41	4,30	16,26	11,07	5,08	18,42	12,57	3,18	10,81	8,01
NOV	-1,61	2,97	1,45	0,62	5,72	3,11	1,29	7,98	4,03	-1,53	3,21	1,55
DEZ	-5,60	1,08	-1,90	-4,34	2,09	-0,41	-3,81	4,30	0,40	-5,61	1,12	-1,87

8.5.3 45 Grad

Tabelle 45 Solare Energieerträge in kWh infolge einer Verdrehung von 45°

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	
JAN	6,74	24,18	24,97	6,74
FEB	11,31	38,93	36,24	11,29
MAR	23,18	52,68	53,24	23,00
	34,52	66,95	65,56	35,15
MAI	52,90	76,83	76,69	52,93
JUN	56,42	74,03	69,94	55,88
JUL	53,01	72,34	73,41	54,76
AUG	42,83	73,41	75,88	44,28
SEP	26,90	64,19	63,55	26,49
OKT	15,77	46,17	46,92	15,48
NOV	7,57	28,82	27,13	7,55
DEZ	4,85	20,18	17,79	4,85
SUM	336,00	638,70	631,30	338,40

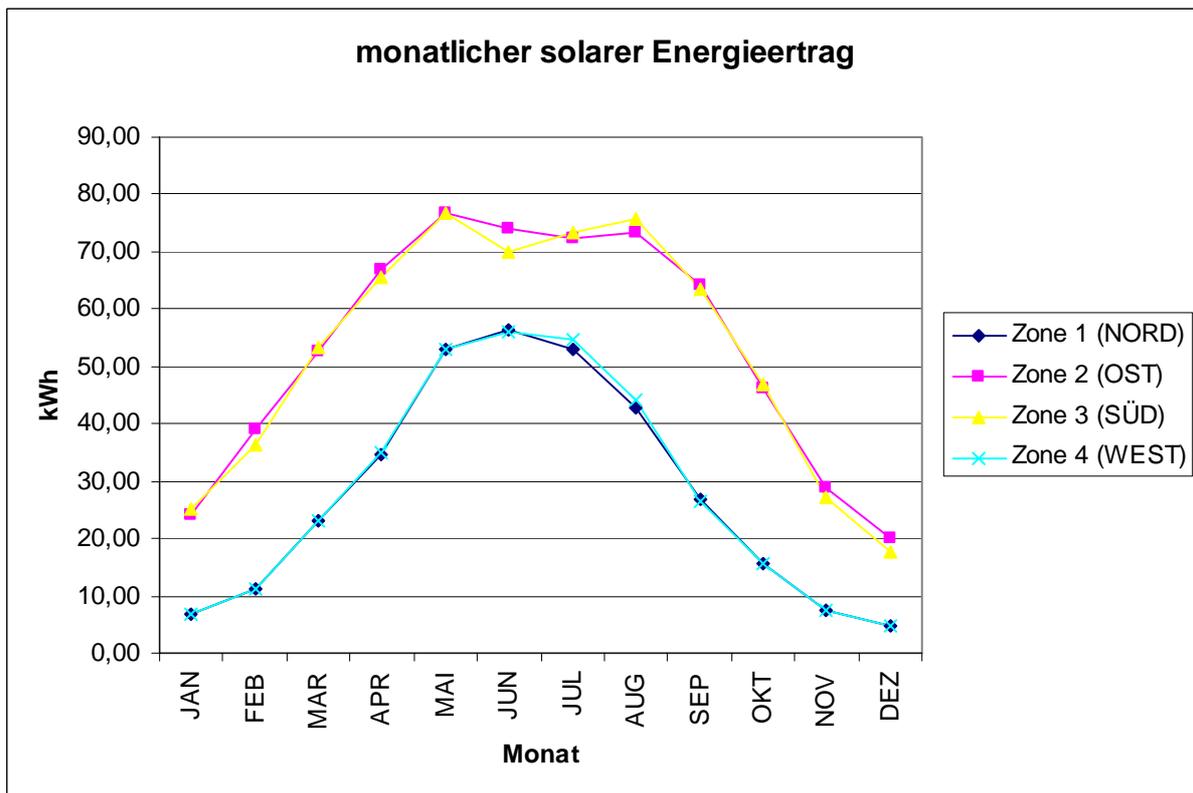


Abbildung 94 Diagramm zu Tabelle 45

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 46 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer Verdrehung von 45°

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,40	-1,72	-4,60	-6,90	-0,09	-2,97	-6,53	0,52	-2,62	-8,42	-1,70	-4,60
FEB	-7,37	-0,51	-3,92	-3,61	2,83	-0,77	-3,92	2,99	-0,91	-7,39	-0,48	-3,92
MAR	-3,00	4,02	0,09	-1,14	7,73	3,40	-0,52	7,77	3,38	-2,93	3,96	0,09
APR	2,78	9,38	6,28	6,38	14,43	10,11	5,83	14,42	9,83	2,44	9,69	6,30
MAI	5,58	16,89	11,28	8,15	19,87	14,10	8,56	20,19	14,14	5,74	17,25	11,34
JUN	14,18	21,91	17,48	16,55	24,56	19,87	16,68	23,83	19,49	14,54	21,63	17,44
JUL	15,63	21,62	18,37	16,63	25,22	20,26	16,52	25,66	20,08	15,67	22,31	18,37
AUG	15,68	20,89	18,13	17,31	26,11	21,30	17,73	27,00	21,74	15,63	21,71	18,41
SEP	9,73	18,06	13,84	14,16	22,43	17,72	13,88	22,08	17,59	9,74	18,07	13,82
OKT	3,66	10,14	7,78	4,92	17,62	12,07	5,31	17,18	12,10	3,66	10,07	7,72
NOV	-1,30	3,76	1,57	1,14	6,82	3,69	1,00	6,94	3,58	-1,32	3,76	1,57
DEZ	-5,62	1,07	-1,90	-3,93	3,10	0,15	-4,26	3,36	-0,07	-5,64	1,08	-1,90

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,40	-1,72	-4,60	-6,90	-0,09	-2,97	-6,53	0,55	-2,62	-8,42	-1,70	-4,60
FEB	-7,37	-0,51	-3,92	-3,62	2,82	-0,77	-3,92	3,00	-0,91	-7,39	-0,49	-3,92
MAR	-3,00	4,02	0,09	-1,14	7,74	3,40	-0,52	7,77	3,37	-2,93	3,96	0,09
APR	2,78	9,38	6,28	6,38	14,44	10,11	5,83	14,42	9,83	2,43	9,69	6,30
MAI	5,58	16,89	11,28	8,15	19,87	14,11	8,56	20,20	14,14	5,74	17,25	11,34
JUN	14,18	21,91	17,47	16,55	24,57	19,88	16,68	23,84	19,49	14,54	21,64	17,43
JUL	15,63	21,62	18,12	16,63	25,22	19,92	16,51	25,66	19,67	15,67	22,30	18,08
AUG	15,67	21,01	18,36	17,31	26,12	21,46	17,73	27,01	21,90	15,63	22,06	18,64
SEP	9,72	18,06	13,84	14,16	22,44	17,72	13,88	22,10	17,59	9,74	18,08	13,82
OKT	3,66	10,15	7,78	4,92	17,64	12,07	5,31	17,19	12,10	3,66	10,07	7,72
NOV	-1,30	3,76	1,57	1,13	6,82	3,69	1,00	6,94	3,58	-1,32	3,75	1,57
DEZ	-5,62	1,06	-1,90	-3,93	3,08	0,15	-4,26	3,38	-0,07	-5,64	1,08	-1,90

8.5.4 60 Grad

Tabelle 47 Solare Energieerträge in kWh infolge einer Verdrehung von 60°

MONAT	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	7,06	28,96	19,95	6,73
FEB	13,04	44,05	30,39	10,91
MÄR	26,87	56,63	48,41	20,96
APR	40,27	68,16	62,92	30,48
MAI	60,28	73,86	77,73	45,85
JUN	63,90	69,02	72,78	49,24
JUL	59,82	68,97	75,59	47,92
AUG	49,52	73,45	74,52	38,00
SEP	32,24	68,12	58,26	23,33
OKT	18,61	51,62	40,84	14,41
NOV	8,18	33,68	21,63	7,51
DEZ	5,06	23,67	13,52	4,85
SUM	384,90	660,20	596,50	300,20

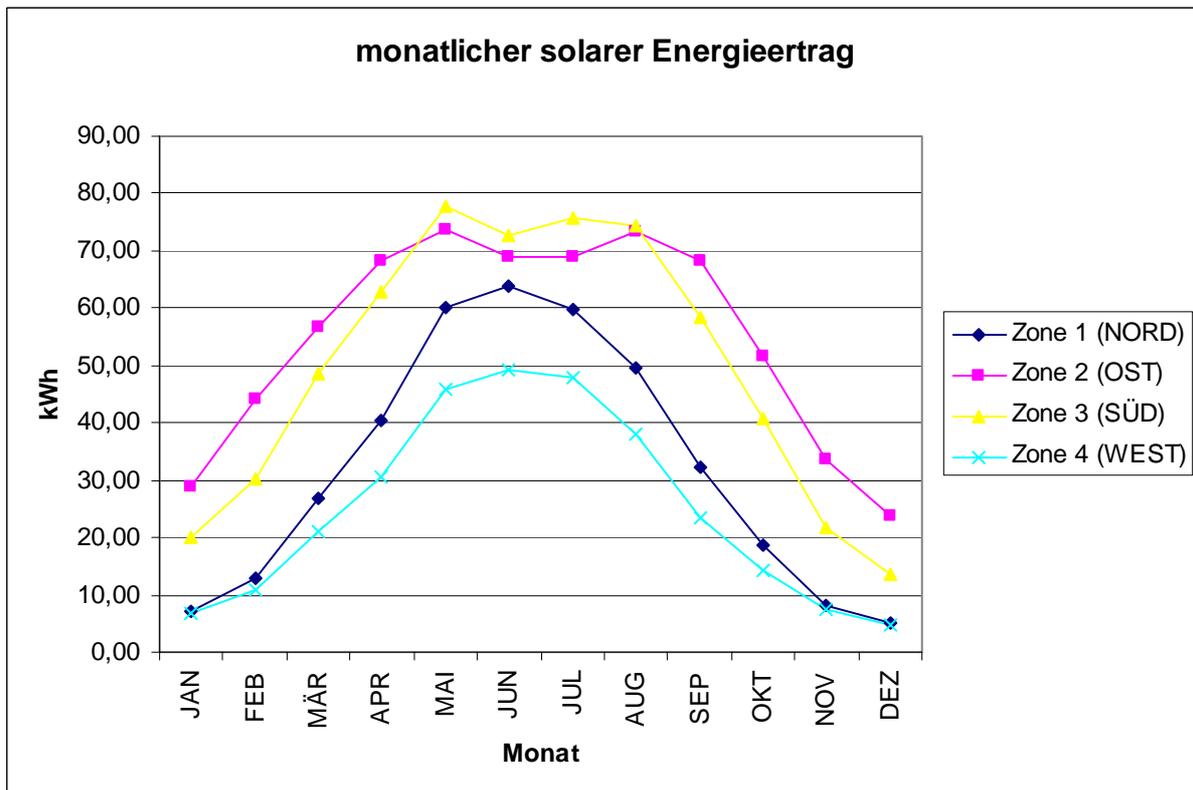


Abbildung 95 Diagramm zu Tabelle 47

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 48 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer Verdrehung von 60°

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,34	-1,68	-4,54	-6,44	0,36	-2,54	-6,93	0,10	-3,05	-8,39	-1,69	-4,58
FEB	-7,11	-0,24	-3,70	-3,12	3,63	-0,11	-4,68	2,10	-1,59	-7,41	-0,54	-3,94
MAR	-2,79	4,45	0,51	-0,73	8,47	3,89	-0,85	6,94	2,84	-3,07	3,75	-0,10
APR	3,43	10,02	6,93	6,77	14,82	10,37	5,33	13,94	9,45	2,15	9,13	5,82
MAI	6,10	17,89	12,03	8,29	19,37	14,00	8,42	20,53	14,16	5,25	16,15	10,64
JUN	15,12	22,97	18,44	16,05	23,87	19,36	17,13	24,21	19,83	13,53	20,63	16,56
JUL	16,06	22,74	19,07	16,42	24,78	19,95	16,74	26,03	20,30	15,23	21,13	17,73
AUG	16,23	21,85	18,88	17,29	26,39	21,32	17,83	26,76	21,71	15,02	20,66	17,63
SEP	10,34	18,83	14,49	14,57	22,57	18,08	13,47	21,76	17,16	9,35	17,54	13,38
OKT	3,78	10,81	8,26	5,26	18,77	12,81	5,06	15,89	11,34	3,61	9,84	7,52
NOV	-1,19	3,89	1,69	1,37	7,83	4,17	0,42	5,87	3,10	-1,30	3,72	1,57
DEZ	-5,56	1,11	-1,83	-3,57	4,18	0,62	-4,70	2,17	-0,61	-5,62	1,10	-1,88

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,34	-1,68	-4,54	-6,44	0,37	-2,54	-6,93	0,13	-3,05	-8,39	-1,69	-4,58
FEB	-7,11	-0,24	-3,70	-3,13	3,62	-0,11	-4,68	2,11	-1,59	-7,41	-0,54	-3,94
MAR	-2,79	4,45	0,51	-0,73	8,49	3,89	-0,85	6,97	2,84	-3,07	3,75	-0,10
APR	3,43	10,02	6,93	6,77	14,82	10,37	5,33	13,95	9,45	2,15	9,14	5,82
MAI	6,10	17,89	12,03	8,29	19,37	14,00	8,42	20,54	14,16	5,25	16,15	10,64
JUN	15,12	22,97	18,43	16,05	23,87	19,36	17,13	24,22	19,83	13,53	20,64	16,55
JUL	16,06	22,75	18,81	16,42	24,78	19,60	16,73	26,04	19,89	15,23	21,13	17,46
AUG	16,22	21,85	19,11	17,28	26,39	21,47	17,83	26,78	21,90	15,02	20,94	17,86
SEP	10,34	18,83	14,49	14,57	22,58	18,08	13,47	21,78	17,16	9,35	17,54	13,38
OKT	3,78	10,81	8,26	5,26	18,76	12,81	5,06	15,90	11,34	3,61	9,84	7,52
NOV	-1,19	3,89	1,69	1,37	7,84	4,17	0,42	5,88	3,10	-1,30	3,72	1,57
DEZ	-5,57	1,11	-1,83	-3,57	4,19	0,62	-4,70	2,19	-0,61	-5,62	1,10	-1,88

8.5.5 Vergleich

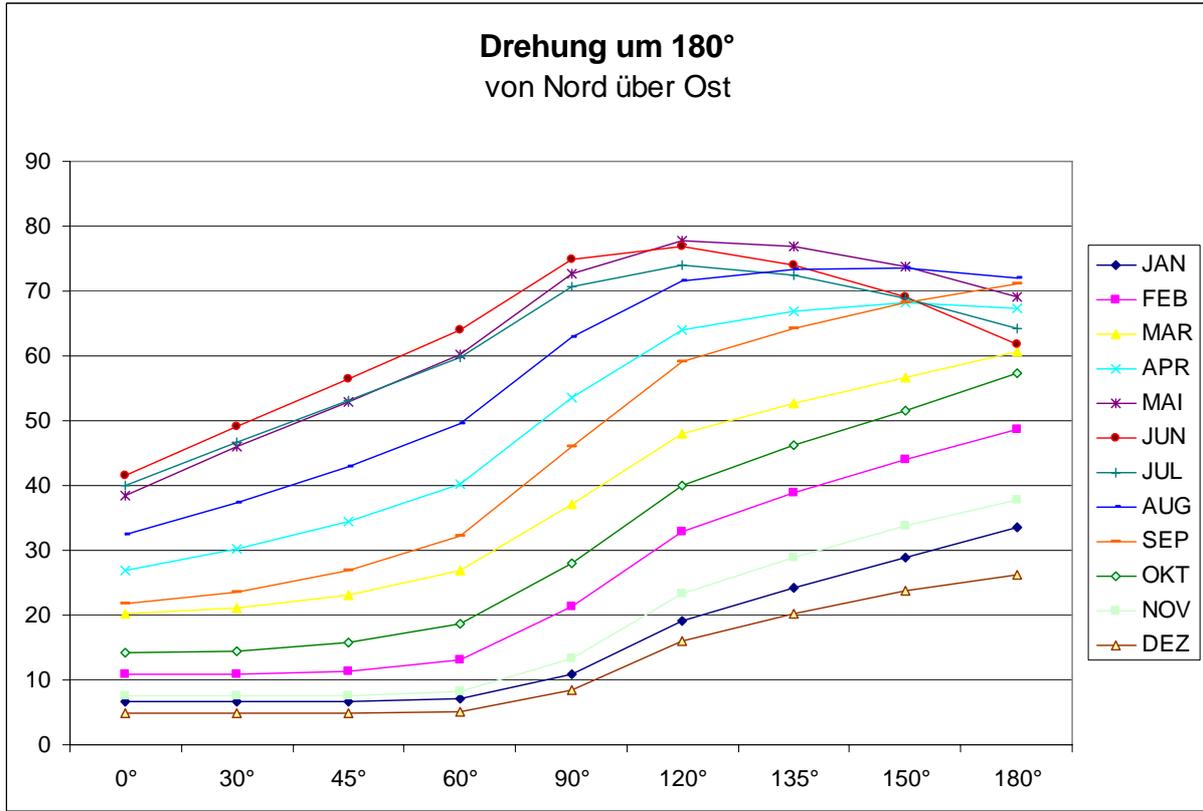


Abbildung 96 Solare Energiegewinne in kWh je Monat und Orientierung

8.6 Wärmedurchlasskoeffizienten der Umschließungsflächen

Der Wärmedurchlasskoeffizient der Umschließungsflächen wirkt sich, wie bekannt, wesentlich auf die Wärmetransmission eines Gebäudes ein. Hier werden wir die Dämmdicken in der Simulation variieren, um unterschiedliche U-Werte zu erhalten, und die Änderungen der Transmissionsverluste bzw. –gewinne jeder Zone aufzeigen.

	10cm WLG040	15cm WLG040	20cm WLG040	keine Dämmung
U-Wert Außenwand	0,316	0,224	0,174	1,673
U-Wert Flachdach	0,349	0,241	0,184	3,434

8.6.1 Mit 10cm Dämmung (WLG040)

Tabelle 49 Wärmeverluste bzw. -gewinne infolge Transmission

MONAT	Verluste [W]			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	-66928,36	-60983,83	-29074,14	-60754,99
FEB	-55963,73	-41567,56	-377,60	-42972,54
MAR	-54360,22	-29222,82	8651,42	-29534,31
APR	-32110,18	8236,08	34388,77	6211,64
MAI	-36596,45	12061,27	15795,86	13060,24
JUN	-3034,06	55095,72	36659,33	50731,92
JUL	-3809,22	40395,13	29576,32	38337,77
AUG	-1264,83	46427,18	58938,66	53525,07
SEP	-5827,04	33072,07	63797,16	31444,65
OKT	-29017,95	1181,88	54838,26	79,01
NOV	-42743,88	-33612,16	-2502,95	-34614,51
DEZ	-54106,31	-46913,70	-14970,30	-48526,57

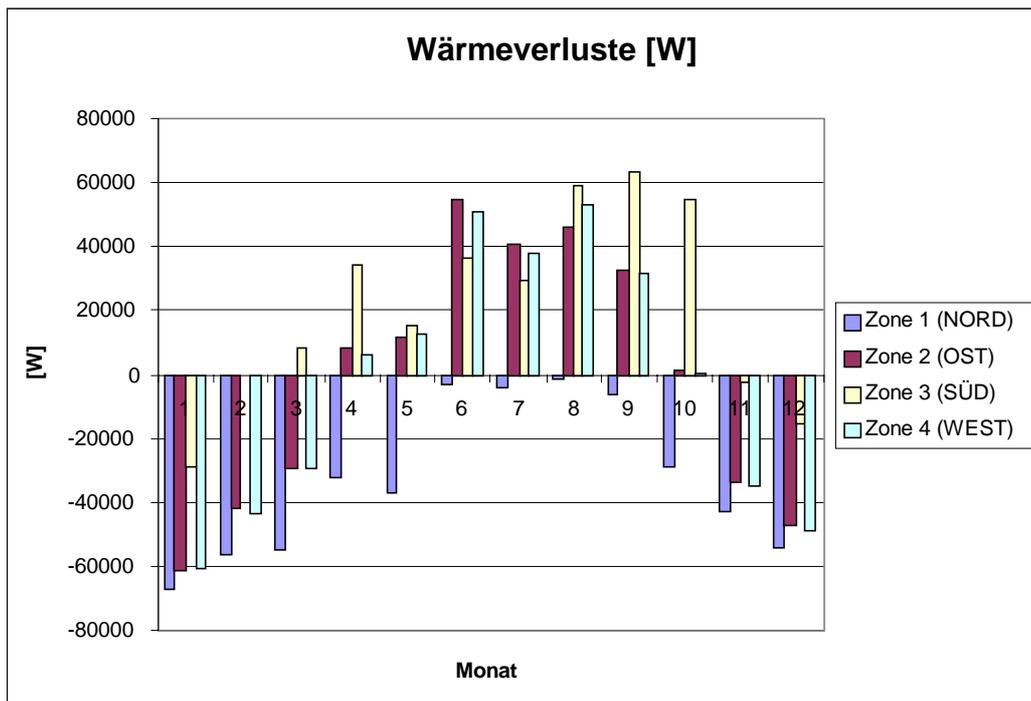


Abbildung 97 Diagramm zu Tabelle 49

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 50 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit 10cm Wärmedämmung (WLG040)

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,58	-8,06	-1,17	-4,15	-5,88	1,46	-1,84	-7,89	-1,34	-4,13
FEB	-7,40	-0,56	-3,94	-5,98	0,75	-2,79	-2,77	4,55	0,51	-6,29	0,46	-2,90
MAR	-3,10	3,64	-0,17	-2,25	5,58	1,65	-0,14	9,07	4,38	-1,77	5,48	1,62
APR	2,00	8,69	5,46	4,70	12,02	8,46	6,90	15,05	10,40	4,15	12,38	8,31
MAI	4,83	14,92	9,94	7,17	19,63	13,43	8,39	18,74	13,71	7,60	20,02	13,51
JUN	12,38	19,78	15,57	16,54	24,69	19,87	15,28	22,78	18,51	16,92	23,95	19,55
JUL	14,72	19,69	17,02	16,69	24,73	20,18	16,03	24,08	19,41	16,66	25,45	20,04
AUG	14,39	19,46	16,88	16,99	23,96	20,30	17,04	26,47	21,19	17,31	25,30	20,81
SEP	9,20	17,04	13,07	11,99	20,67	15,96	14,74	22,34	18,24	12,02	20,45	15,84
OKT	3,63	9,79	7,46	4,14	13,15	9,64	5,69	19,77	13,50	4,38	13,11	9,56
NOV	-1,33	3,61	1,56	-0,50	4,22	2,24	1,57	8,82	4,56	-0,69	4,35	2,16
DEZ	-5,60	1,09	-1,89	-5,16	1,43	-1,37	-3,35	5,21	0,94	-5,35	1,25	-1,49

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,55	-8,06	-1,18	-4,11	-5,88	1,45	-1,79	-7,89	-1,34	-4,09
FEB	-7,40	-0,56	-3,89	-5,98	0,75	-2,72	-2,77	4,54	0,58	-6,29	0,45	-2,84
MAR	-3,10	3,64	-0,09	-2,25	5,93	1,75	-0,14	9,09	4,49	-1,77	5,84	1,73
APR	2,00	8,69	5,50	4,70	12,03	8,51	6,90	15,04	10,43	4,15	12,39	8,38
MAI	5,31	14,92	10,14	7,58	19,64	13,67	8,91	18,83	13,90	7,79	20,03	13,74
JUN	12,37	19,78	15,62	16,53	24,69	19,89	15,28	22,79	18,53	16,92	23,96	19,55
JUL	14,72	19,70	17,07	16,69	24,75	20,25	16,03	24,08	19,50	16,66	25,45	20,15
AUG	14,38	19,46	16,82	16,98	23,96	20,23	17,03	26,48	21,16	17,31	25,32	20,73
SEP	8,55	17,03	12,90	11,80	20,67	15,79	14,74	22,34	18,14	11,59	20,46	15,66
OKT	3,01	9,80	7,34	3,69	13,16	9,46	5,36	19,76	13,26	3,68	13,12	9,39
NOV	-1,61	2,97	1,45	-0,81	3,70	2,14	1,57	8,81	4,51	-0,86	3,91	2,06
DEZ	-5,60	1,08	-1,90	-5,16	1,43	-1,39	-3,35	5,21	0,88	-5,35	1,25	-1,50

8.6.2 Mit 15cm Dämmung (WLG040)

Tabelle 51 Wärmeverluste bzw. -gewinne infolge Transmission

MONAT	Verluste [W]			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	-47556,14	-42391,51	-13740,09	-42166,72
FEB	-38940,17	-25888,05	13555,44	-26973,96
MAR	-37346,93	-13725,14	23627,39	-14138,02
APR	-17751,43	20353,46	47174,93	18285,88
MAI	-19389,15	27486,90	33578,00	29043,85
JUN	9521,35	66501,98	49657,73	63033,55
JUL	11643,58	55079,99	44238,47	52802,45
AUG	13623,17	60217,02	70878,96	67235,07
SEP	9835,40	48697,86	77820,68	48043,02
OKT	-10650,95	20274,84	73013,99	19176,15
NOV	-23887,66	-14397,10	16281,63	-15059,08
DEZ	-34230,08	-26932,42	5377,42	-28417,20

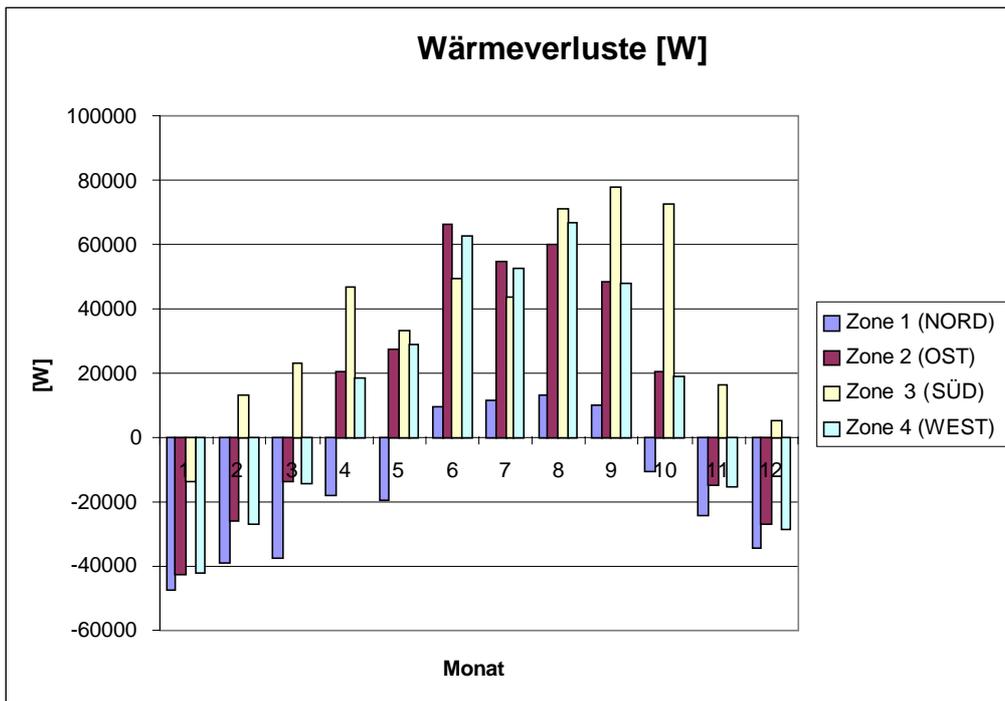


Abbildung 98 Diagramm zu Tabelle 50

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 52 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer Änderung der Dämmschichtdicke auf 15cm (WLG040)

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-7,16	-2,05	-4,29	-6,78	-1,50	-3,79	-4,20	2,39	-1,06	-6,65	-1,67	-3,77
FEB	-6,31	-0,70	-3,59	-4,65	0,97	-2,21	-0,92	5,69	1,95	-4,97	0,63	-2,32
MAR	-2,31	3,90	0,18	-1,11	6,45	2,43	1,83	10,63	5,99	-0,62	6,35	2,39
APR	2,78	8,52	6,10	5,83	13,30	9,83	8,83	16,41	12,46	5,43	13,15	9,63
MAI	5,98	15,59	10,70	9,25	21,49	15,12	11,03	20,53	15,72	9,75	21,82	15,28
JUN	13,99	20,53	16,72	19,48	26,70	22,27	17,99	24,42	20,64	19,72	25,85	21,94
JUL	16,55	20,78	18,39	19,40	26,68	22,47	18,53	25,83	21,45	19,35	27,33	22,25
AUG	16,31	20,65	18,27	19,80	25,75	22,66	19,83	28,33	23,66	20,13	27,14	23,33
SEP	10,67	18,10	14,50	14,25	22,92	18,30	17,61	25,14	21,12	14,30	22,94	18,24
OKT	4,94	10,80	8,57	5,91	15,06	11,52	8,46	22,34	16,51	6,21	15,14	11,41
NOV	-0,17	5,00	2,42	0,86	6,07	3,35	3,99	10,10	6,36	0,63	6,25	3,29
DEZ	-4,39	0,92	-1,23	-3,84	1,43	-0,53	-1,55	7,32	2,57	-4,07	1,25	-0,67

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-7,17	-2,05	-4,29	-6,78	-1,50	-3,79	-4,20	2,39	-1,06	-6,65	-1,66	-3,77
FEB	-6,31	-0,70	-3,59	-4,65	0,97	-2,21	-0,92	5,69	1,95	-4,97	0,63	-2,32
MAR	-2,31	3,91	0,18	-1,12	6,44	2,43	1,83	10,64	5,99	-0,62	6,37	2,39
APR	2,78	8,52	6,10	5,82	13,30	9,83	8,82	16,41	12,46	5,43	13,17	9,63
MAI	5,98	15,60	10,70	9,25	21,49	15,12	11,03	20,54	15,72	9,75	21,83	15,28
JUN	13,99	20,54	16,69	19,48	26,70	22,27	17,99	24,43	20,64	19,72	25,86	21,95
JUL	16,54	20,52	18,18	19,40	26,69	22,19	18,53	25,78	21,08	19,34	27,33	21,88
AUG	16,31	20,79	18,46	19,79	25,75	22,86	19,83	28,34	23,74	20,13	27,20	23,52
SEP	10,67	18,10	14,50	14,25	22,92	18,30	17,60	25,13	21,12	14,30	22,95	18,24
OKT	4,94	10,80	8,57	5,91	15,05	11,51	8,45	22,33	16,51	6,21	15,17	11,41
NOV	-0,17	5,00	2,42	0,86	6,07	3,35	3,99	10,10	6,36	0,63	6,25	3,29
DEZ	-4,39	0,92	-1,23	-3,84	1,43	-0,53	-1,55	7,33	2,57	-4,07	1,25	-0,67

8.6.3 Mit 20cm Dämmung (WLG040)

Tabelle 53 Wärmeverluste bzw. -gewinne infolge Transmission

MONAT	Verluste [W]			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	-37317,67	-32639,69	-6394,08	-32466,45
FEB	-29775,40	-17632,10	20379,60	-18541,49
MAR	-28296,43	-5779,08	31268,07	-6252,57
APR	-10612,73	25904,86	53160,34	23754,58
MAI	-10040,04	35621,25	43259,83	37266,12
JUN	15876,95	71962,57	56214,41	68886,68
JUL	19799,61	63095,29	51815,55	60460,64
AUG	21597,25	67543,25	76335,54	74055,88
SEP	18196,46	57164,59	84704,79	56985,83
OKT	-368,46	31114,75	82564,32	29932,64
NOV	-13287,63	-3151,65	27569,58	-3673,90
DEZ	-23440,58	-15981,54	16535,02	-17373,93

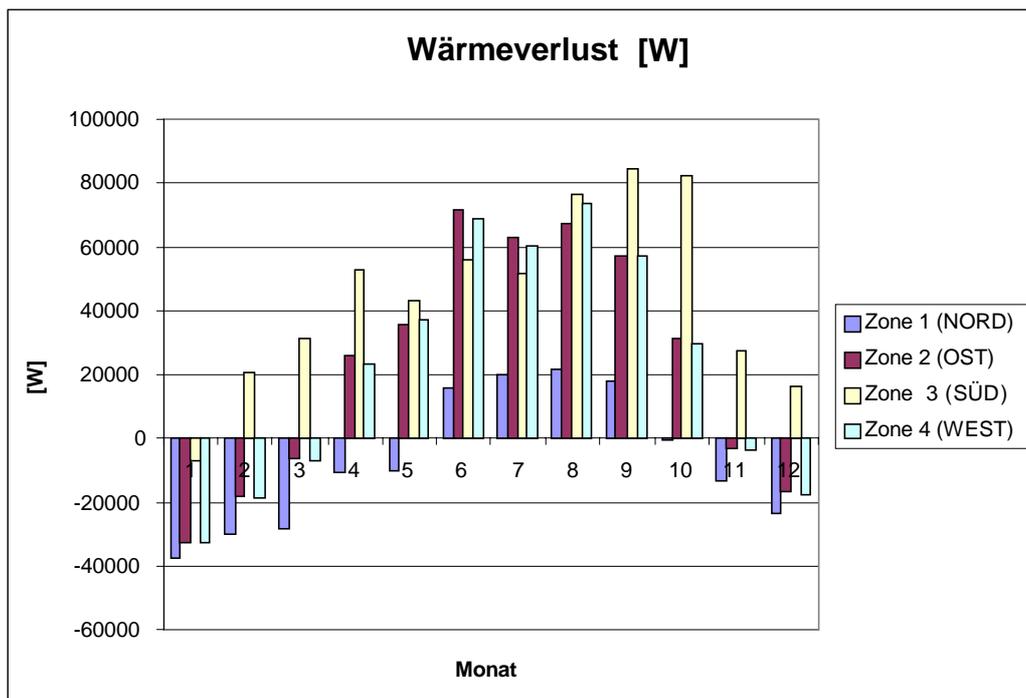


Abbildung 99 Diagramm zu Tabelle 53

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 54 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer Änderung der Dämmschichtdicke auf 20cm (WLG040)

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-6,43	-2,24	-4,06	-6,00	-1,69	-3,52	-3,08	3,15	-0,49	-5,86	-1,86	-3,50
FEB	-5,56	-0,70	-3,28	-3,73	1,25	-1,73	0,44	6,79	3,11	-4,05	0,90	-1,85
MAR	-1,79	4,14	0,47	-0,30	7,16	3,07	3,37	11,94	7,34	0,20	7,05	3,02
APR	3,31	8,50	6,58	6,58	14,35	10,90	10,29	18,01	14,12	6,37	14,61	10,65
MAI	6,87	16,21	11,39	10,89	23,02	16,60	13,15	22,08	17,50	11,40	23,32	16,80
JUN	15,20	21,26	17,66	21,76	28,51	24,25	20,12	25,90	22,42	21,72	27,58	23,90
JUL	17,95	21,76	19,55	21,64	28,44	24,46	20,53	27,49	23,19	21,42	29,05	24,16
AUG	17,84	21,62	19,46	22,07	27,45	24,67	22,04	30,00	25,66	22,44	28,86	25,42
SEP	11,92	19,08	15,69	16,20	24,90	20,29	20,03	27,42	23,50	16,26	25,04	20,28
OKT	5,99	12,02	9,54	7,45	16,98	13,16	10,88	24,65	19,03	7,76	17,16	13,03
NOV	0,65	6,03	3,19	1,88	7,58	4,40	6,21	11,36	8,05	1,65	7,77	4,34
DEZ	-3,55	0,99	-0,67	-2,88	1,97	0,20	-0,11	9,00	3,96	-3,14	2,20	0,04

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-6,44	-2,24	-4,06	-6,00	-1,70	-3,52	-3,09	3,17	-0,49	-5,87	-1,86	-3,50
FEB	-5,56	-0,70	-3,28	-3,73	1,25	-1,73	0,44	6,79	3,11	-4,05	0,92	-1,84
MAR	-1,79	4,15	0,47	-0,30	7,16	3,07	3,37	11,96	7,34	0,20	7,07	3,01
APR	3,31	8,50	6,58	6,58	14,35	10,90	10,28	18,01	14,12	6,37	14,63	10,65
MAI	6,87	16,21	11,39	10,89	23,02	16,60	13,15	22,09	17,49	11,39	23,34	16,80
JUN	15,19	21,26	17,63	21,75	28,51	24,25	20,12	25,91	22,42	21,72	27,59	23,91
JUL	17,94	21,41	19,36	21,64	28,45	24,20	20,52	27,28	22,83	21,41	28,99	23,80
AUG	17,84	21,77	19,63	22,06	27,45	24,86	22,04	30,00	25,71	22,44	29,04	25,59
SEP	11,91	19,08	15,69	16,20	24,91	20,29	20,02	27,41	23,50	16,26	25,06	20,27
OKT	5,99	12,02	9,54	7,45	16,98	13,16	10,87	24,64	19,03	7,76	17,18	13,03
NOV	0,64	6,03	3,19	1,88	7,58	4,40	6,21	11,36	8,05	1,65	7,76	4,34
DEZ	-3,55	0,99	-0,67	-2,88	1,97	0,20	-0,11	9,01	3,96	-3,14	2,22	0,04

8.6.4 Ohne Dämmung

Tabelle 55 Wärmeverluste bzw. -gewinne infolge Transmission

MONAT	Verluste [W]			
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
JAN	-454166,65	-445086,36	-401468,91	-444264,97
FEB	-397413,95	-376010,59	-325055,84	-379360,21
MAR	-428295,77	-395471,47	-350138,51	-395297,11
APR	-380004,30	-327576,60	-298319,47	-329021,91
MAI	-380492,79	-318087,52	-319392,80	-319757,45
JUN	-312715,87	-249184,89	-267882,88	-254427,14
JUL	-318381,63	-263034,73	-270570,23	-261313,75
AUG	-323270,70	-265661,52	-244533,56	-259988,09
SEP	-333326,82	-287817,53	-242285,08	-289869,40
OKT	-393987,51	-364869,93	-308838,01	-365547,30
NOV	-406550,08	-394123,10	-352111,08	-396405,00
DEZ	-445752,61	-437239,37	-403421,81	-439656,71

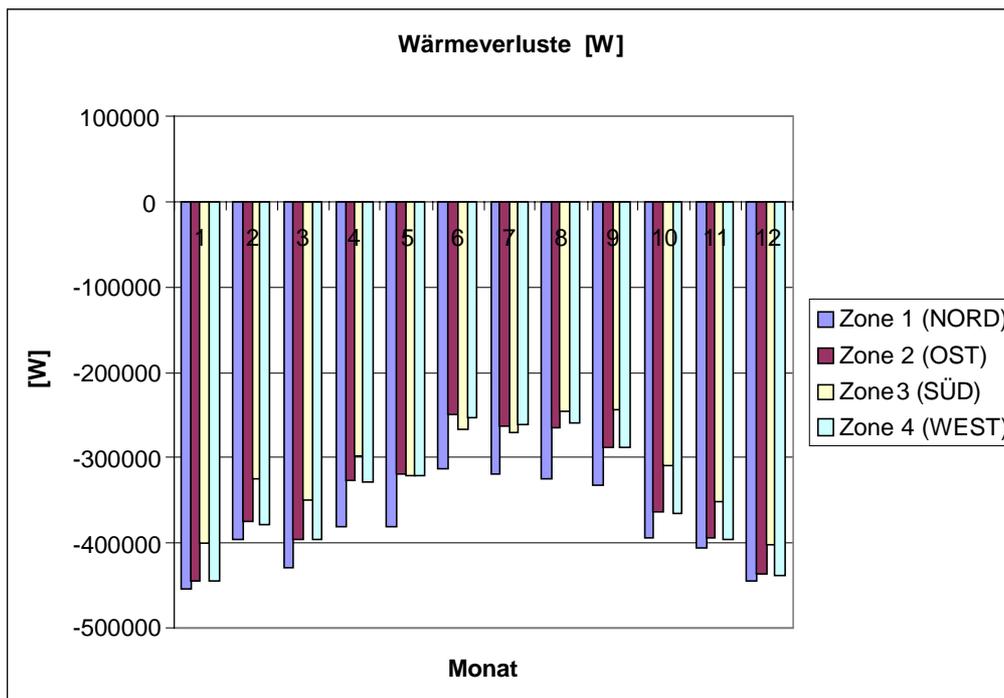


Abbildung 100 Diagramm zu Tabelle 55

Handbuch zu TRNSYS16
9 – Auswertung / Bewertung der Ergebnisse

Tabelle 56 Raumluft- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen ohne Dämmung

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-9,88	1,00	-4,38	-14,93	1,37	-5,65	-9,80	14,43	-1,37	-14,85	1,28	-5,64
FEB	-9,98	2,95	-4,31	-14,15	10,00	-4,95	-9,94	12,75	-1,97	-14,20	3,25	-5,03
MAR	-7,27	3,91	-1,93	-7,21	4,66	-1,50	-7,13	6,31	-0,90	-7,19	4,81	-1,50
APR	-4,18	12,13	2,66	-3,05	13,11	3,38	-3,19	14,09	3,78	-3,84	13,42	3,36
MAI	-0,38	15,56	7,48	-0,26	15,97	8,30	-0,08	15,94	8,28	-0,17	16,16	8,27
JUN	5,54	19,88	11,50	6,23	20,81	12,38	5,82	20,55	12,12	6,06	20,93	12,31
JUL	6,42	21,24	13,04	7,10	22,53	13,77	6,66	22,50	13,67	6,79	23,39	13,79
AUG	6,82	20,46	12,69	7,06	21,53	13,45	6,96	22,75	13,73	6,91	22,74	13,53
SEP	2,73	15,94	8,98	3,33	17,07	9,60	4,20	17,29	10,22	3,29	16,46	9,57
OKT	-3,45	10,86	4,34	-3,36	12,08	4,73	-3,34	14,48	5,48	-3,47	12,16	4,73
NOV	-8,25	5,33	-0,79	-8,01	5,48	-0,62	-7,29	6,13	-0,05	-8,11	5,47	-0,66
DEZ	-9,90	3,94	-3,12	-14,43	3,95	-3,78	-9,89	14,12	-1,61	-14,57	3,97	-3,81

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-14,95	10,13	-5,74	-14,93	11,44	-5,33	-14,43	2,73	-5,07	-14,85	1,29	-5,64
FEB	-14,63	10,55	-5,14	-14,16	11,89	-4,63	-12,75	3,83	-4,23	-14,20	3,24	-5,03
MAR	-7,27	3,91	-1,93	-7,22	4,66	-1,49	-7,13	6,30	-0,89	-7,19	4,81	-1,49
APR	-4,18	12,13	2,66	-3,07	13,11	3,38	-3,19	14,09	3,78	-3,84	13,42	3,36
MAI	-0,38	15,56	7,48	-0,26	15,97	8,30	-0,08	15,94	8,28	-0,17	16,15	8,28
JUN	5,55	19,88	11,51	6,22	20,81	12,39	5,82	20,55	12,13	6,06	20,93	12,32
JUL	6,42	21,24	12,65	7,10	22,53	13,39	6,66	22,50	13,26	6,80	23,40	13,39
AUG	6,82	20,45	13,03	7,04	21,53	13,77	6,96	22,76	14,05	6,91	22,75	13,86
SEP	2,73	15,94	8,98	3,32	17,07	9,60	4,21	17,29	10,22	3,29	16,48	9,57
OKT	-3,45	10,86	4,34	-3,36	12,08	4,74	-3,35	14,49	5,49	-3,47	12,17	4,73
NOV	-8,25	5,33	-0,79	-8,01	5,48	-0,62	-7,29	6,13	-0,05	-8,11	5,46	-0,66
DEZ	-14,56	10,34	-3,78	-14,43	10,95	-3,67	-14,12	3,99	-3,32	-14,58	3,97	-3,81

8.7 Spezifische Wärmespeicherkapazität der Fassade

Bei neuen Bürogebäuden werden häufig Metallfassaden mit großen Fensteranteilen eingesetzt. Dies bedeutet jedoch auch einen enormen Verlust von Wärmespeichermasse, was den sommerlichen Wärmeschutz erschwert und Sonnenschutzvorrichtungen unabkömmlich macht. Daher werden wir hier den Temperaturverlauf im Sommerfall für zwei unterschiedliche Wärmespeicherkapazitäten aufzeigen.

	1000 J/(kgK)	300 J/(kgK)
U-Wert Außenwand	0,316	0,316
U-Wert Flachdach	0,349	0,349

8.7.1 1000 J/(kgK)

Tabelle 57 Raumluf- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen mit einer Wärmespeicherkapazität der inneren Fassadenschale von 1000 J/(kgK)

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,58	-8,06	-1,17	-4,15	-5,88	1,46	-1,84	-7,89	-1,34	-4,13
FEB	-7,40	-0,56	-3,94	-5,98	0,75	-2,79	-2,77	4,55	0,51	-6,29	0,46	-2,90
MAR	-3,10	3,64	-0,17	-2,25	5,58	1,65	-0,14	9,07	4,38	-1,77	5,48	1,62
APR	2,00	8,69	5,46	4,70	12,02	8,46	6,90	15,05	10,40	4,15	12,38	8,31
MAI	4,83	14,92	9,94	7,17	19,63	13,43	8,39	18,74	13,71	7,60	20,02	13,51
JUN	12,38	19,78	15,57	16,54	24,69	19,87	15,28	22,78	18,51	16,92	23,95	19,55
JUL	14,72	19,69	17,02	16,69	24,73	20,18	16,03	24,08	19,41	16,66	25,45	20,04
AUG	14,39	19,46	16,88	16,99	23,96	20,30	17,04	26,47	21,19	17,31	25,30	20,81
SEP	9,20	17,04	13,07	11,99	20,67	15,96	14,74	22,34	18,24	12,02	20,45	15,84
OKT	3,63	9,79	7,46	4,14	13,15	9,64	5,69	19,77	13,50	4,38	13,11	9,56
NOV	-1,33	3,61	1,56	-0,50	4,22	2,24	1,57	8,82	4,56	-0,69	4,35	2,16
DEZ	-5,60	1,09	-1,89	-5,16	1,43	-1,37	-3,35	5,21	0,94	-5,35	1,25	-1,49

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-8,37	-1,71	-4,55	-8,06	-1,18	-4,11	-5,88	1,45	-1,79	-7,89	-1,34	-4,09
FEB	-7,40	-0,56	-3,89	-5,98	0,75	-2,72	-2,77	4,54	0,58	-6,29	0,45	-2,84
MAR	-3,10	3,64	-0,09	-2,25	5,93	1,75	-0,14	9,09	4,49	-1,77	5,84	1,73
APR	2,00	8,69	5,50	4,70	12,03	8,51	6,90	15,04	10,43	4,15	12,39	8,38
MAI	5,31	14,92	10,14	7,58	19,64	13,67	8,91	18,83	13,90	7,79	20,03	13,74
JUN	12,37	19,78	15,62	16,53	24,69	19,89	15,28	22,79	18,53	16,92	23,96	19,55
JUL	14,72	19,70	17,07	16,69	24,75	20,25	16,03	24,08	19,50	16,66	25,45	20,15
AUG	14,38	19,46	16,82	16,98	23,96	20,23	17,03	26,48	21,16	17,31	25,32	20,73
SEP	8,55	17,03	12,90	11,80	20,67	15,79	14,74	22,34	18,14	11,59	20,46	15,66
OKT	3,01	9,80	7,34	3,69	13,16	9,46	5,36	19,76	13,26	3,68	13,12	9,39
NOV	-1,61	2,97	1,45	-0,81	3,70	2,14	1,57	8,81	4,51	-0,86	3,91	2,06
DEZ	-5,60	1,08	-1,90	-5,16	1,43	-1,39	-3,35	5,21	0,88	-5,35	1,25	-1,50

8.7.2 300 J/(kgK)

Tabelle 58 Raumluf- und operative Temperatur in den jeweiligen Zonen infolge einer Änderung der Wärmespeicherkapazität der inneren Fassadenschale auf 300 J/(kgK)

MONAT	Raumlufttemperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-9,99	-0,18	-4,19	-10,68	0,60	-4,07	-8,28	3,77	-1,62	-10,39	0,37	-4,03
FEB	-9,04	0,93	-3,69	-7,34	2,31	-2,43	-4,32	7,33	0,89	-7,79	2,69	-2,58
MAR	-3,99	4,77	0,34	-3,42	6,88	2,22	-1,74	11,29	4,94	-2,77	6,37	2,23
APR	1,41	11,37	5,81	4,76	14,75	8,95	5,59	18,05	10,78	3,71	15,25	8,86
MAI	4,23	16,94	10,90	5,82	21,11	14,47	6,76	20,06	14,51	6,24	21,70	14,48
JUN	11,67	21,44	16,04	15,20	26,63	20,26	13,96	25,11	18,92	15,48	26,26	19,94
JUL	13,22	21,61	17,12	15,08	27,42	20,35	14,26	26,58	19,71	14,92	28,29	20,34
AUG	12,79	21,13	16,64	14,50	26,23	20,06	14,91	29,79	21,23	15,26	27,95	20,59
SEP	8,01	17,38	12,31	10,81	20,83	15,10	13,07	22,25	17,61	10,91	19,88	14,96
OKT	1,29	10,85	6,83	1,59	14,76	8,78	2,75	22,56	12,54	1,70	14,60	8,76
NOV	-3,43	4,02	1,05	-2,57	5,05	1,73	-1,30	10,80	4,16	-2,91	4,72	1,62
DEZ	-8,00	2,62	-2,45	-7,49	2,87	-1,97	-5,96	5,38	0,22	-7,84	2,69	-2,09

MONAT	operative Temperatur											
	Zone 1 (NORD)			Zone 2 (OST)			Zone 3 (SÜD)			Zone 4 (WEST)		
	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL	MIN	MAX	MITTEL
JAN	-10,93	10,28	-4,07	-9,99	10,68	-3,24	-8,28	3,74	-1,56	-10,39	0,37	-3,98
FEB	-9,04	0,93	-3,64	-7,34	2,31	-2,36	-4,32	7,33	0,97	-7,79	2,71	-2,53
MAR	-3,99	4,77	0,41	-3,42	6,89	2,32	-1,74	11,28	5,03	-2,77	6,37	2,32
APR	1,40	11,37	5,82	4,75	14,75	8,96	5,59	18,05	10,77	3,72	15,24	8,89
MAI	5,31	16,94	11,12	6,89	21,11	14,76	8,07	20,06	14,74	6,93	21,71	14,76
JUN	11,67	21,44	16,06	15,20	26,63	20,22	13,96	25,11	18,88	15,48	26,28	19,87
JUL	13,22	21,61	17,20	15,08	27,41	20,46	14,25	26,58	19,85	14,92	28,28	20,51
AUG	12,80	21,14	16,57	14,51	26,23	19,99	14,91	29,78	21,17	15,26	27,98	20,48
SEP	7,04	17,38	12,11	10,72	20,82	14,92	13,06	22,28	17,53	10,39	19,90	14,78
OKT	1,29	10,85	6,71	1,59	14,76	8,59	2,75	22,56	12,26	1,70	14,61	8,57
NOV	-3,57	4,02	0,93	-2,76	5,05	1,62	-1,31	10,79	4,13	-2,91	4,74	1,51
DEZ	-8,00	2,62	-2,43	-7,49	2,87	-1,96	-5,96	5,40	0,17	-7,84	2,69	-2,09

8.7.3 Vergleich

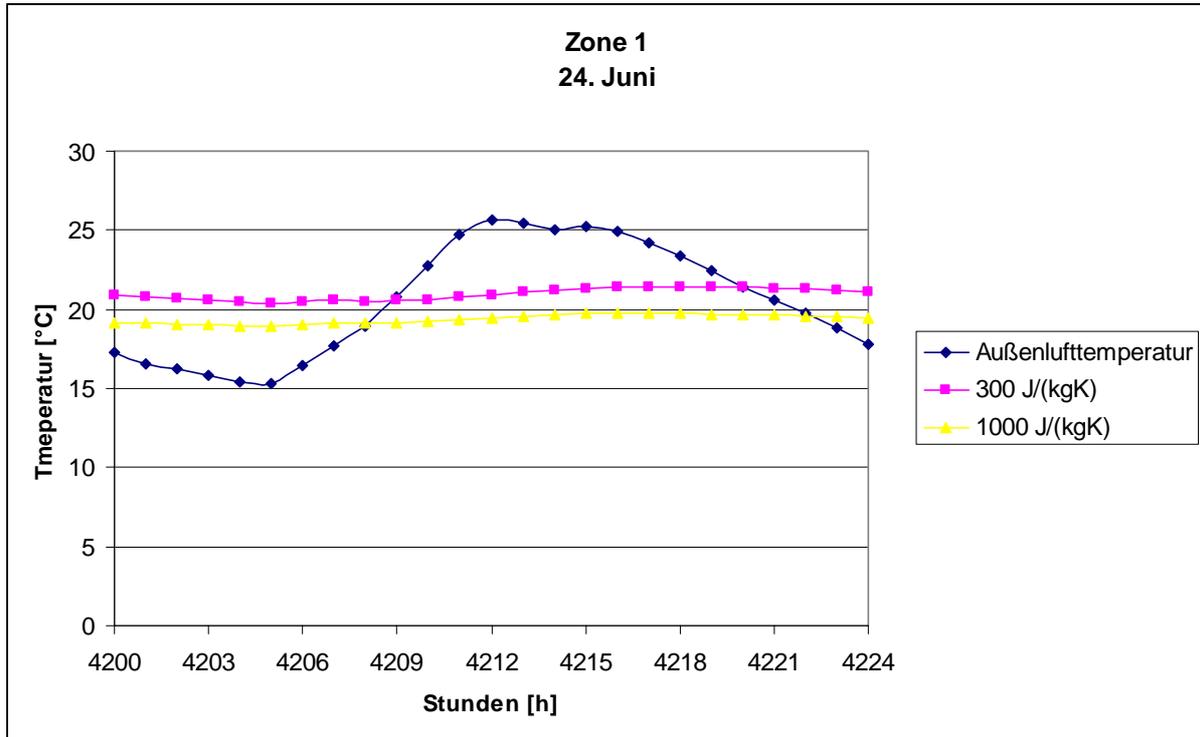


Abbildung 101 Temperaturverlauf am 24. Juni

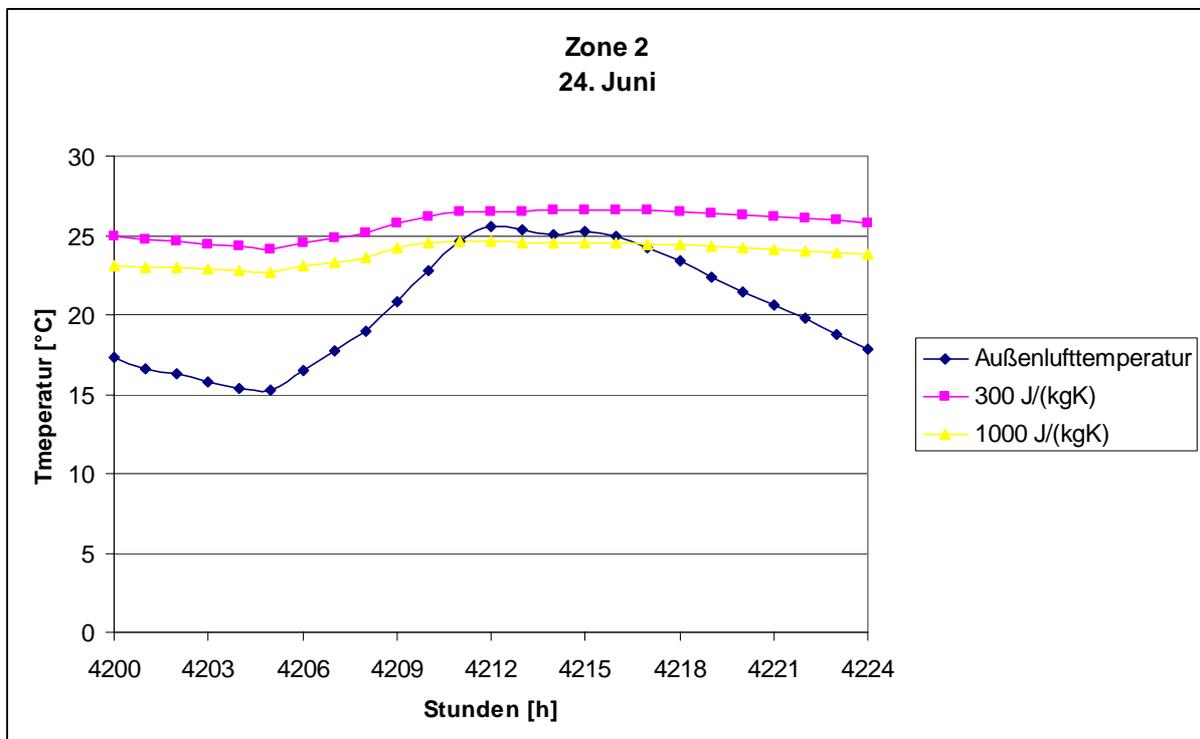


Abbildung 102 Temperaturverlauf am 24. Juni

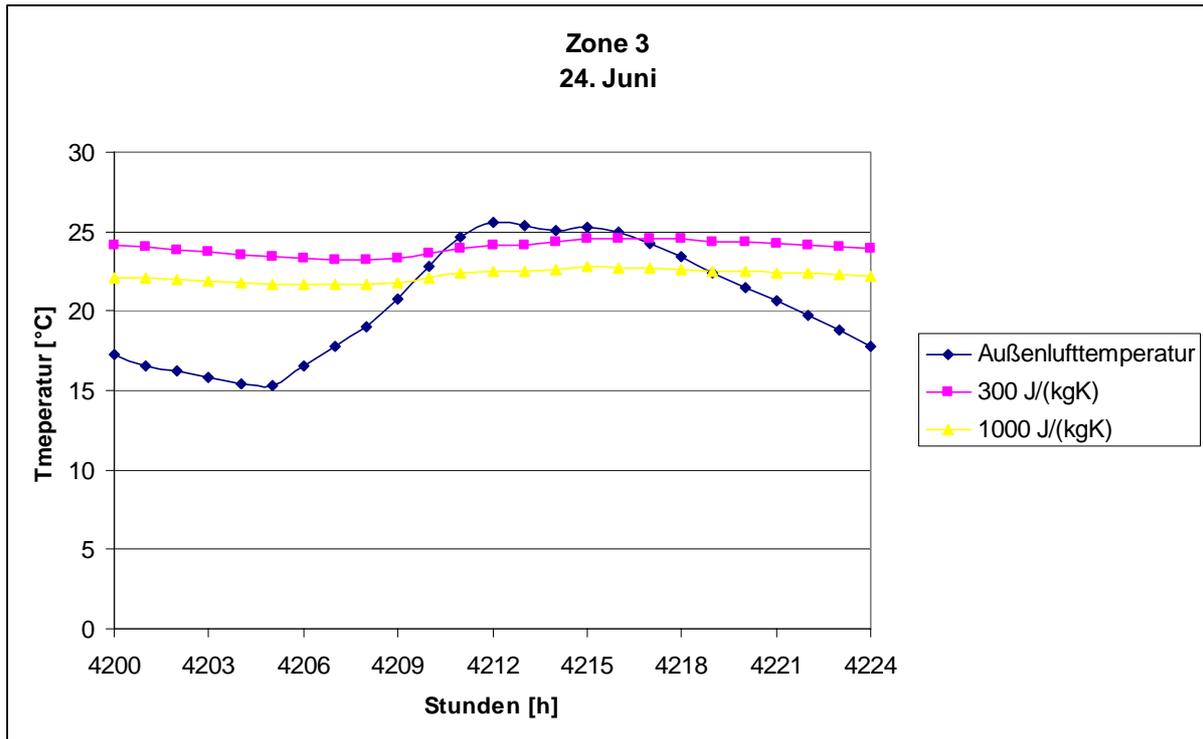


Abbildung 103 Temperaturverlauf am 24. Juni

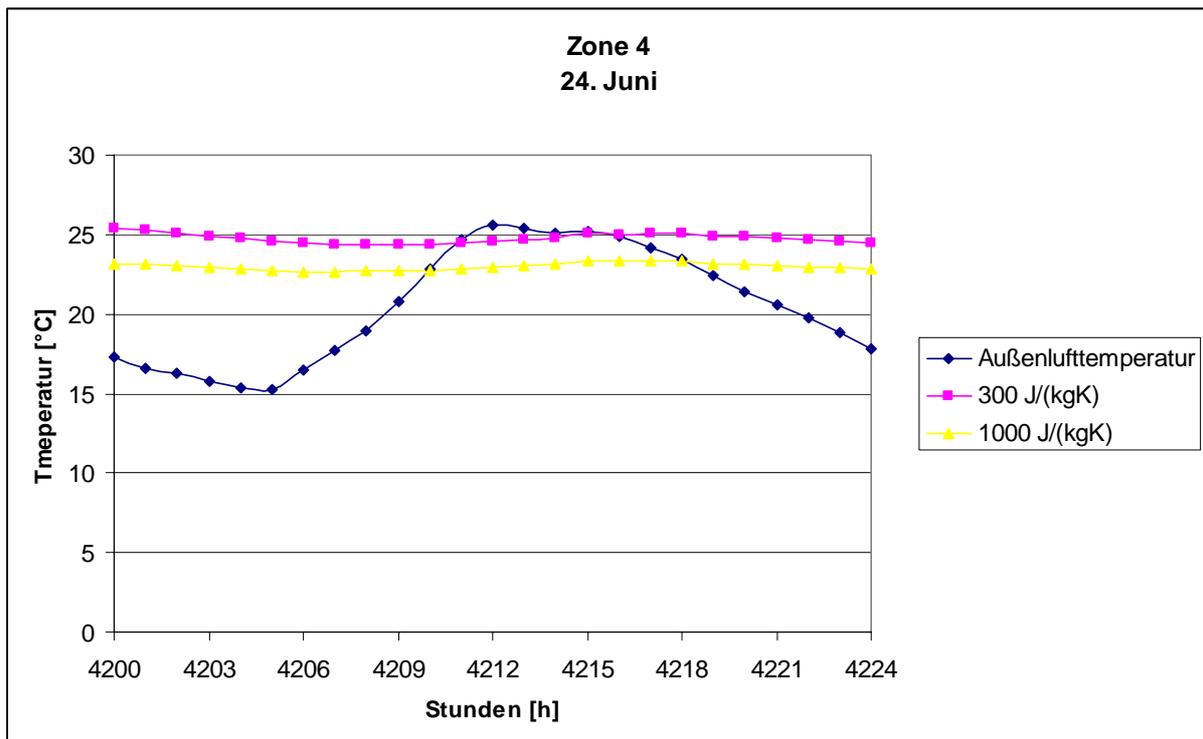


Abbildung 104 Temperaturverlauf am 24. Juni

HAWK – HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE
WISSENSCHAFT UND KUNST

Handbücher
der
EDV-Programme
in der
Bauphysik

TRNSYS16

Anhang

SS2006

von

Jenny Glaubitz
Jan Schneider

Anhang A – Vokabeln

Englisch	Deutsch
absolut humidity	Absolute Feuchte
Adsorption	Feuchteaufnahme
air gap	Luftspalt
ambient temperatur	Außenlufttemperatur
angle	Winkel
Approximately	Cirka
Atmospheric pressure	Luftdruck
attic	Dachboden
average	Durchschnitt
beam	anstrahlen, senden
capacity	Spezifische Wärmespeicherkapazität
ceilling	Dach/Decke
conductivity	Leitfähigkeit
Convection	Konvektion
count	Zählung
coupling	Knoten
dehumidification	Entfeuchten
demand	Bedarf
density	Dichte
depending on	abhängig von
depending on ambient temperatur	abhängig von Außenlufttemperatur
depth	Tiefe
dew point	Taupunkt
diameter	Durchmesser
direction	Richtung
dry bulb temperatur	
energy demand	Energiebedarf
extension	Überstand
extraterrestrial	Überirdisch
Fixed shading	Feste Verschattung- Sonnenschutz
floor	Fußboden
fram	Fensterrahmen
gain	Gewinn
gap	Abstand
glazing	Verglasung
heat flux	Wärmestrom
heat flux density	Wärmestromdichte
heat of vaporization of water	Verdampfungswärme
heat transfer coefficient	Wärmedurchgangskoeffizient
Horizontal radiation	Summer der horizontalen Strahlung
humidification	Befeuchten
incident	einfallend
Internal gains	Interne Gewinne- Wärmegewinne
latend	verborgen
latitude	geographische Breite
left/right extension	seitlicher Überstand
longwaved	Langwellig
mean	arithmetisches Mittel
moist	feucht

EDV-Bauphysik
Handbuch zu TRNSYS16

Movable shading	Bewegliche Verschattung
node	Knotenpunkt
Occupant density	Bewohnerdichte
occupied	bewohnt
occurrence	Auftreten
operative zone temperatur	Operative Temperatur der Zonen
over hang	Auskragung, Überhang
panes	Fensterscheibe
path	Weg
pipe	Rohr
pitched roof	Spitzdach
pressure	Druck
projection	Überkragung
radiation	Strahlung
Radiative part of heating	Strahlungsanteil eines Heizkörpers
receiver	Empfänger
reflectance	Reflektion
relativ humidity	Relative Feuchte
sample standard deviation	Standartabweichung
shading	Verschattung
shortwaved	Kurzwellig
slope	Neigung
soil	Boden
solar radiation	Solarstrahlung
specific gain	Wärmegewinn
specific heat capacity	Spezifische Wärmespeicherkapazität
squares	Quadrate
supply air	Zuluft
surface	Oberfläche
thickness	Dicke
transmission losses	Transmissionswärmeverluste
unoccupied	unbewohnt
vapour adsorption	hygrische Adsorption
velocity	Geschwindigkeit
weighted mean	gewichtetes Mittel
wet bulb temperatur	
wing wall	Flügelwand, Seitenwand

Anhang B – Bewertung der Thermische Behaglichkeit

B.1 Verfahren nach Fanger

Die DIN EN ISO 7730 ermöglicht es über die Werte PMV (predicted mean vote = vorausgesagtes mittleres Votum) und PPD (predicted percentage of dissatisfied = vorausgesagter Prozentsatz Unzufriedener) die thermische Behaglichkeit in Räumen zu beschreiben und Grenzen für einzelne Faktoren festzulegen.

Die Normung bezieht sich hierbei auf eine Untersuchung von Prof. Ole Fanger (1932-2006) von 1982.

Fanger entwickelte ein Modell für die Vorhersage der thermischen Behaglichkeit, mit dem in Abhängigkeit von der Dämmung der Kleidung, dem Aktivitätsgrad, der Lufttemperatur und der mittleren Strahlungstemperatur, der Luftfeuchte sowie der Luftgeschwindigkeit die Einschätzung der thermischen Raumklimas auf einer 7-stufigen Skala (siehe Abb. B-1) vorher gesagt werden kann (PMV).

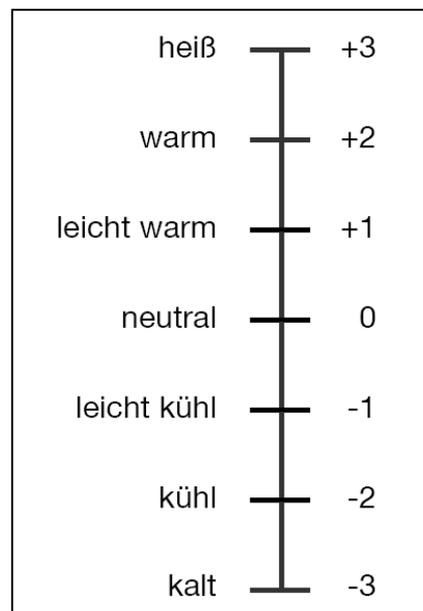


Abbildung B-1 PMV-Skala nach Fanger

Um auch einschätzen zu können, wie hoch der Anteil der mit dem Raumklima Unzufriedenen sein wird, entwickelte Fanger über Befragungen den Zusammenhang zwischen PMV und PPD.

Allerdings fragte Fanger die Personen bei seinen Versuchen nicht nach ihrer Zufriedenheit in Bezug auf die thermischen Begebenheiten, sondern legte fest, dass Personen die PMV-Werte von -3, -2, +2 oder +3 berichten, unzufrieden sind. Gleichzeitig legte Fanger fest: wenn sich der Mensch im thermischen Gleichgewicht zwischen Körper und Umgebung befindet, ist er in einem behaglichen Zustand. Dies entspricht auf der PMV-Skala dem Wert Null (= neutral) und ist mit einem erwarteten Anteil Unzufriedener von 5% verbunden.

Da Fanger Untersuchungen in Klimakammern durchgeführt wurden, die Probanden kein Einfluss auf Kleidung und Raumklima nehmen konnten und er davon aus ging,

dass es keine saisonalen Unterschiede bei den Behaglichkeitsgrenzen gibt ist ein direkter Vergleich in der Planungsphase schwierig.

Neuere Untersuchungen (nach Mayer von 1994) zeigen eine deutliche Verschiebung des PPD in Abhängigkeit von PMV. Mayer stellte fest, dass bereits ein Votum von -1 (leicht kühl) auf der PMV-Skala als unbehaglich eingestuft wird. Daraufhin modifizierte er den Zusammenhang von PMV und PPD mit dem Erfolg, dass er eine bessere Übereinstimmung mit seinen Messdaten erzielte. Nach Mayer liegt das Optimum des PMV bei +0,4 bei einer minimalen Anzahl von Unzufriedenen von 16% (siehe Abb. B-2). Somit zeigt sich, dass die Probanden auch den neutralen PMV von 0 als leicht unbehaglich einstufen.

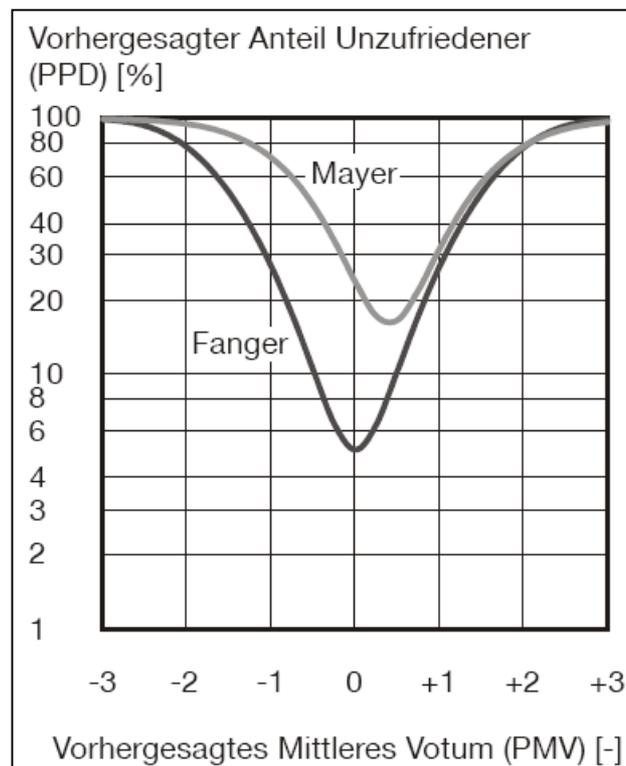


Abbildung B-2 PPD in Abhängigkeit vom PMV
nach Fanger und Mayer

Weitere Verfahren zur Beurteilung der Behaglichkeit sind in DIN 1946-2 und im ASHRAE-Standard 55 (2004) festgelegt.

Die Bewertung der thermischen Behaglichkeit ist ein schwieriges Unterfangen, da es sich hierbei um die subjektive Empfindung eines Menschen handelt. Es bleibt nie auszuschließen, dass die Probanden andere Wahrnehmungen in die Beurteilung mit einfließen lassen (Beleuchtung, Farbe, Töne und Lautstärke, Luftqualität). Des Weiteren wird die Empfindung durch andere Faktoren wie Schlaf oder Krankheit beeinflusst.

Daher sollte die hier erwähnten Berechnungsmethoden/-ergebnisse nur als Anhaltswerte dienen.

B.2 Formeln und Tabellen nach DIN EN ISO 7730¹

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036 \cdot M} + 0,028) \cdot \{(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] - 1,7 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] - f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\}$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 \cdot (M - W) - I_{cl} \cdot \{3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(f_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4] + f_{cl} \cdot h_c \cdot (t_{cl} - t_a)\}$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot (t_{cl} - t_a)^{0,25} & \text{für } 2,38 \cdot (t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{für } 2,38 \cdot (t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 \cdot I_{cl} & \text{für } I_{cl} < 0,078 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \\ 1,05 + 0,645 \cdot I_{cl} & \text{für } I_{cl} > 0,078 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W} \end{cases}$$

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-(0,03353 \cdot PMV^4 + 0,2179 \cdot PMV^2)}$$

mit	<i>PMV</i>	vorausgesagtes mittleres Votum
	<i>PPD</i>	vorausgesagter Prozentsatz Unzufriedener
	<i>M</i>	Energieumsatz, bezogen auf die Oberfläche des menschlichen Körpers in W/m ²
	<i>W</i>	abgegebene mechanische Leistung in W/m ² (für die meisten Arbeiten = 0)
	<i>I_{cl}</i>	Isolationswert der Bekleidung in m ² ·°C/W
	<i>f_{cl}</i>	Verhältnis zwischen der Oberfläche des bekleideten Körpers und der Oberfläche des unbedeckten Körpers
	<i>t_a</i>	Lufttemperatur in °C
	<i>\bar{t}_r</i>	mittlere Strahlungstemperatur in °C
	<i>v_{ar}</i>	relative Luftgeschwindigkeit (relativ zum menschlichen Körper) in m/s
	<i>p_a</i>	partieller Wasserdampfdruck in P
	<i>h_c</i>	konvektiver Wärmeübertragungskoeffizient in W/(m ² ·°C)
	<i>t_{cl}</i>	Oberflächentemperatur der Kleidung in °C

¹ Bitte die empfohlenen Grenzen und Anhang D der DIN EN ISO 7730 beachten

Tabelle B-1 Isolationswert der Bekleidung

Clothing ensemble	Clothing factor [clo]
Nude	0
Shorts	0.1
Light summer clothing (long light-weight-trousers, open neck shirt with short sleeves)	0.5
Light working ensemble (Athletic shorts, woolen socks, cotton work shirt, work trousers)	0.6
Typical business suit	1.0
Typical business suit + Cotton coat	1.5
Light outdoor sportswear (Cotton shirt, trousers, T-shirt, shorts, socks, shoes, single ply poplin jacket)	0.9
Heavy traditional European business suit	1.5

Tabelle B-2 Energieumsatz, 1 met = 58 W/m²

Degree of Activity	Metabolic rate [met] (acc. to EN ISO 7730)
Seated, relaxed	1.0
Seated, light work (office, home, school, laboratory)	1.2
Standing, light work (Shopping, laboratory, light factory work)	1.6
Standing, moderate work (Sale activity, housework, operating of a machine)	2.0
Walking, 2 km/h	1.9
Walking, 3 km/h	2.4
Walking, 4 km/h	2.8
Walking, 5 km/h	3.4

Quellen

- [1] BBS INGENIEURBÜRO Dipl.-Ing. Jens Bode
- [2] DIN EN ISO 7730: Ermittlung des PMV und des PPD und Beschreibung der Bedingungen für thermische Behaglichkeit
- [3] R. T. Hellwig: Thermische Behaglichkeit – Unterschiede zwischen frei und mechanisch belüfteten Bürogebäuden aus Nutzersicht

Anhang C – Interne Wärmelasten

Unter „internen Wärmelasten“ werden sämtliche Wärmeerzeuger die nicht der Haustechnik zugeordnet werden können, zusammengefasst.

Hierzu gehören durch Personen, Bürotechnik und künstliche Beleuchtung hervorgerufene Wärmelasten.

Bei der Festlegung der „inneren Wärmelasten“ stellt das Nutzerverhalten eine nicht exakt zu bestimmende Größe dar. Es ist dem Simulanten nicht möglich eine genaue Aussage zu treffen, wann

- sich der/die Nutzer an einem Bestimmten Ort aufhalten
- die künstliche Beleuchtung ein-/ausgeschaltet ist
- welche Bürotechnik eingeschaltet ist.

In der Regel sind nur die Anzahl der Nutzer, die tägliche Arbeitszeit und die Ausstattung der Büros bekannt. Daher ist es sinnvoll die nutzerbedingten Vorgänge im Gebäude durch periodisch wiederkehrende Tages- und Wochenabläufe abzubilden und über den entsprechenden Nutzungszeitraum gemittelte Angaben zur Abgabe von Wärmeleistungen zu wählen.

Zur Annahme von „inneren Wärmelasten“ stehen eine Vielzahl von Normungen und Richtlinien zur Verfügung. Diese lassen sich in drei Gruppen unterteilen (siehe auch Tabelle C-1):

- 1) Bauklimatik
- 2) Bauphysik
- 3) Haustechnik.

Während der Bauklimatiker oder Bauphysiker in erster Linie realistische Vorgänge erfassen möchte, liegt es in der Natur der Sache, dass der Fachplaner TGA vom absolut ungünstigsten Fall, bei dem sich alle Lastkomponenten zur maximal möglichen Innenlast summieren, ausgeht. Des Weiteren werden bei der Bemessung der Haustechnik Sicherheitszuschläge berücksichtigt.

Der Ansatz der „inneren Wärmelasten“ sollte bei jeder Aufgabestellung überdacht und ggf. angepasst werden.

Aus bauphysikalischer Sicht könnte die Personenwärme beispielsweise als Funktion der Raumtemperatur definiert werden. Die Wärmeabgabe einer Person variiert mit der Raumlufttemperatur. Mit steigender Temperatur der Raumluft sinkt die Wärmeabgabe des menschlichen Körpers (siehe Abb. C-1).

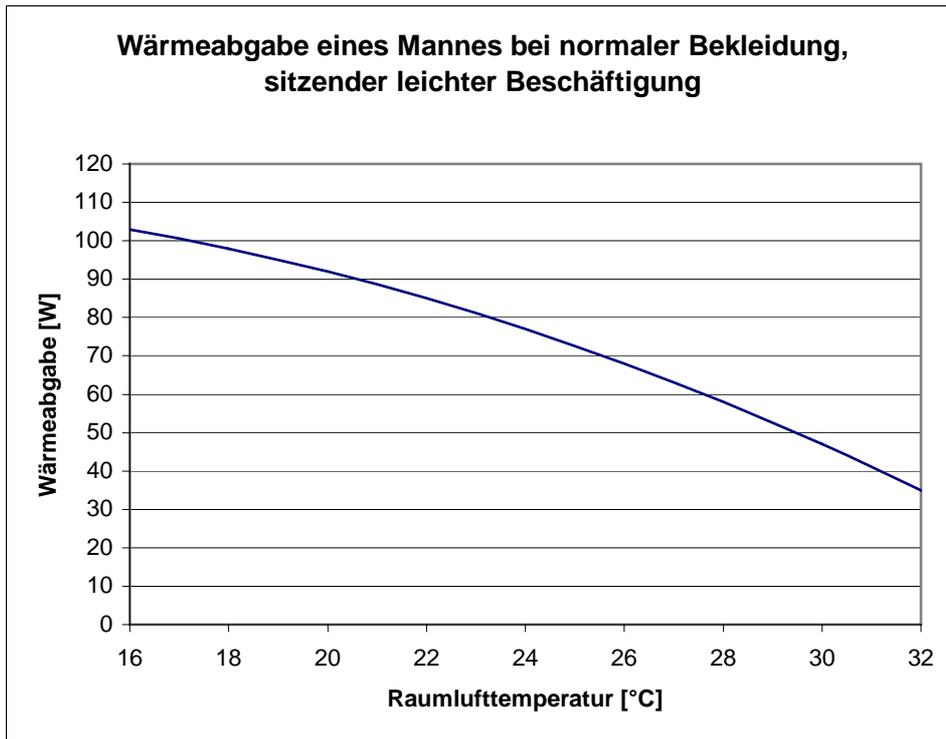


Abbildung C-1 Wärmeabgabe im Abhängigkeit der Raumlufttemperatur

Vereinfacht ist das Verfahren nach DIN 4108-2 zu empfehlen, in dem $144 \text{ W}/(\text{m}^2\text{d})$ als Summe aus Personenwärme, Bürotechnik und Beleuchtung angenommen werden. Bezieht man dies auf eine tägliche Arbeitszeit von 10h, kann während der Arbeitszeit eine flächenbezogene Wärmelast von $14,4 \text{ W}/\text{m}^2$ angesetzt werden.

Die „internen Wärmelasten“ sind für eine thermisch-hygrische Simulation in einen konvektiven und einen Strahlungsanteil zu zerlegen. Je geringer das Verhältnis von Strahlungsanteil/konvektivem Anteil ist, desto weiter bewegt sich der Simulant auf einer sicheren Seite seiner Simulation. Da ein Ansatz von 0% Strahlungsanteil unrealistisch ist könnte die Wärmeabgabe wie folgt aufgeteilt sein:

Konvektiver Anteil [%]	Strahlungsanteil [%]
75	25
70	30

Die Summe der beiden Komponenten muss immer 100% ergeben.

Tabelle C-1 Zusammenstellung verschiedener Ansätze für innere Wärmelasten

Gruppe	Quelle	Personen	Büro- technik	Beleuch- tung	Summe
Bauklimatik	DIN 4108-2 [2]	14,4 W/m ²			14,4 W/m²
Bauklimatik	DIN EN ISO 13792 [3]	6,6 W/m ²	-	-	-
Bauphysik	DIN EN ISO 13790 [4]	20 W/m ²			20 W/m²
Bauphysik	DIN V 4108-6 [5]	15 W/m ²			15 W/m²
Bauphysik	DIN V 18599-10 [6] ¹	10,1 W/m ²		-	10,1 W/m²
TGA	VDI 2078 [7]	6,6 W/m ²	17,6 W/m ²	10 W/m ²	34,2 W/m²
TGA	DIN EN 13779 [8]	6,6 W/m ²	8,8 W/m ²	10 W/m ²	25,4 W/m²
TGA	VDI 3804 [9]	6,6 W/m ² [13]	5,2 W/m ²	10 W/m ² [13]	21,8 W/m²
	RECKNAGEL / SPRENGER [10]	7 W/m ²	10 W/m ²		17 W/m²

Die Werte wurden mit einer zehnstündigen Nutzungszeit des 3-Achs-Referenzbüros (22,70 m²) mit einer Ausstattung von zwei PC-Arbeitsplätzen umgerechnet.

¹ DIN V 18599-10 macht keine Angaben zur Wärmelast infolge der künstlichen Beleuchtung

Quellen

- [1] BBS INGENIEURBÜRO Dipl.-Ing. Jens Bode
- [2] DIN 4108-2: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Ausgabe 07/2003
- [3] DIN EN ISO 13792: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Sommerliche Raumtemperaturen bei Gebäuden ohne Anlagentechnik – Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren, Ausgabe 02/2005
- [4] DIN EN ISO 13790: Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Berechnung des Heizenergiebedarfs, Ausgabe 09/2004
- [5] DIN V 4108-6: Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden, Teil 6: Berechnung des Jahresheizwärme- und Jahresheizenergiebedarfes, Ausgabe 06/2003
- [6] DIN V 18599-10: Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung der Nutz-, End- und Primärenergiebedarfes für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwassererwärmung und Beleuchtung, Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten, Ausgabe 07/2005
- [7] VDI 2078: Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln), Ausgabe 07/1996
- [8] DIN EN 13779: Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage, Ausgabe 05/2005
- [9] VDI 3804: Raumluftechnische Anlagen für Bürogebäude, Ausgabe 10/1994
- [10] Recknagel, H.; Sprenger, E.; Schramek, E.-R.: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik (70. Auflage), Oldenbourg Industrieverlag München, 2001

Anhang D – Verschattung infolge von Nachbarbebauung

Durch die Anforderungen der ENEC und der DIN 4108-2 und der daraus resultierenden Wärmedurchgangskoeffizienten von Außenwänden, Dächern, etc. hat die direkte und indirekte Strahlung auf Außenbauteile energetisch keinen Einfluss auf die Innenräume. Somit ist der Schattenwurf und die damit zurückgehaltene Strahlung durch Nachbarbebauung oder ähnlichem einzig für Fenster in der Außenfassade von Bedeutung.

Mit Hilfe des Type34 (Overhang and Wingwall) kann auch für den Fall der Verschattung infolge von Nachbarbebauung ein Verschattungsfaktor ermittelt werden. Hierzu ist nach Abs. 6.3.3.3 zu verfahren. Das in Type34 einzutragende Verschattungselement ist in Abb. D-1 und auf Seite D-2 exemplarisch für ein Fenster dargestellt (rot). Dieses Modell muss für jedes Fenster wiederholt werden.

Der in TRNBuild benötigte „external shad. Factor“ ist entgegen Abs. 6.3.3.3 durch eine weitere Berechnung zu modifizieren. Dies kann bereits im Simulation Studio durch hinzufügen einer „Equation“ oder direkt durch das Einfügen einer Formel für den „external shad. Factor“ erfolgen.

$$\text{External Shading Factor} = 1 - \text{Input}^1$$

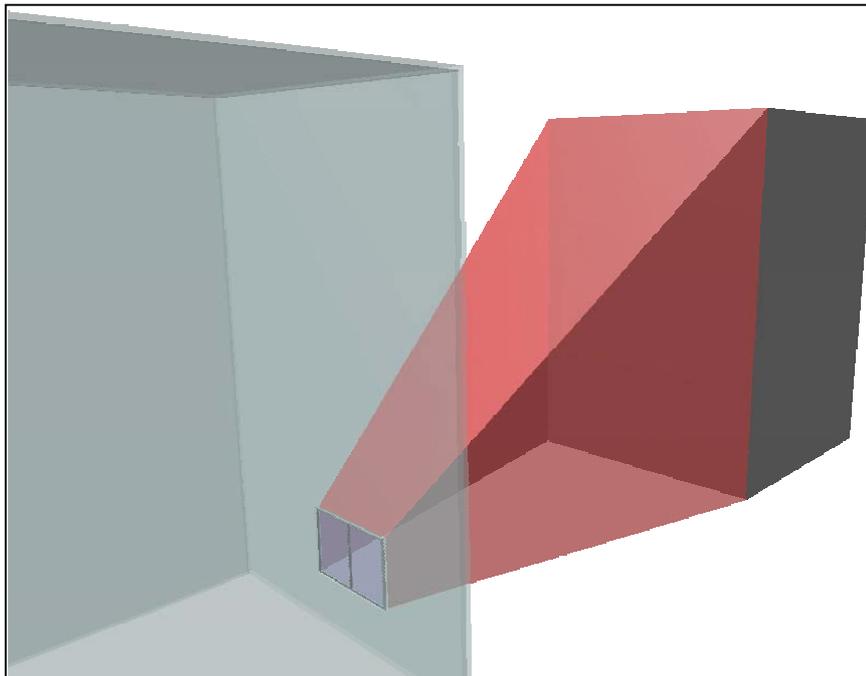


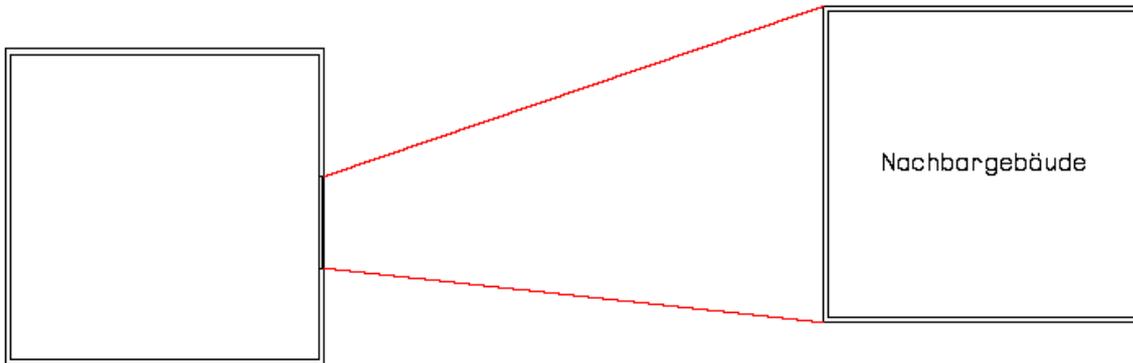
Abbildung D-1 Dreidimensionales Modell

Quellen

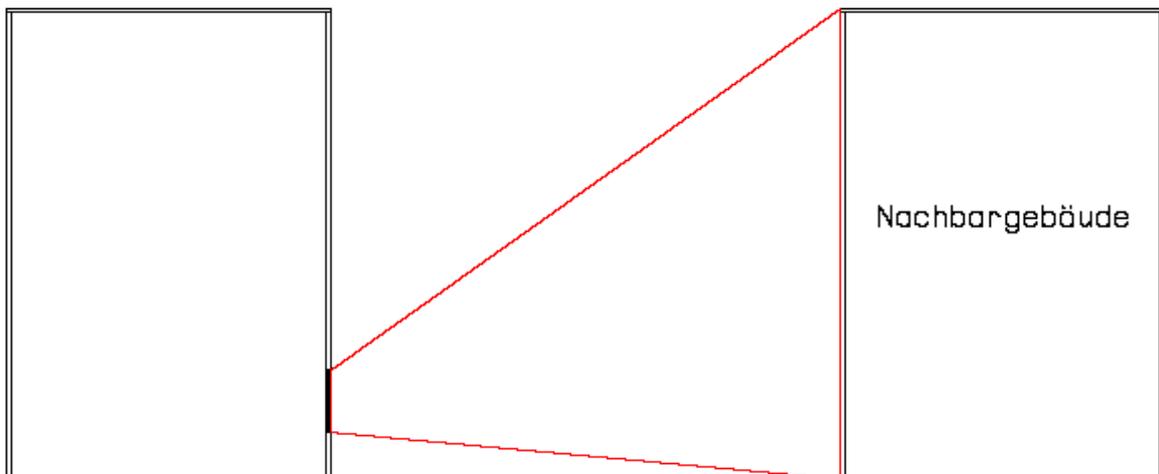
- [1] BBS INGENIEURBÜRO Dipl.-Ing. Jens Bode

¹ Input = Output 11 des hinzugefügten Type34

Draufsicht



Seitenansicht



Anhang E – Lüftverhalten von Gebäudenutzern

Das Lüftverhalten von Bewohnern hängt jedoch von verschiedenen Faktoren ab. Zu dieser Problematik gab es bereits eine Vielzahl von Untersuchungen. Es wurde versucht das Lüftverhalten von Bewohnern in den Bezug zu:

- Außenlufttemperatur
- Relative Außenluftfeuchte
- Niederschlag
- Windgeschwindigkeit
- CO₂-Gehalt der Luft
- Zustand der Verglasung (z.B. Fensterverschmutzung)
- uvm.

zusetzen. Ein eindeutiges Ergebnis erbrachten diese Untersuchungen allerdings nicht.

Dies könnte damit zusammenhängen, dass die Gebäudenutzer öffenbare Fenster nicht nur zur Lüfterneuerung nutzen, sondern ebenfalls einen Außenbezug durch offene Fenster herstellen wollen. Die Möglichkeiten, etwas von der Außenwelt „mitzubekommen“, etwas von Draußen zu hören oder zu riechen, das Gefühl zu haben, nicht eingesperrt zu sein spielt eine wichtige Rolle für das Wohlbefinden der Menschen.

In den unterschiedlichen Untersuchungen zeigte sich, dass das Lüftverhalten je nach Raumnutzung variiert. So wiesen Wohn- und Badezimmer die größten und die Küche die geringsten Öffnungszeiten auf. Des Weiteren war festzustellen, dass das Lüftverhalten im wesentlichen von der Außenlufttemperatur abhängt – mit zunehmender Außenlufttemperatur steigen auch die Fensteröffnungszeiten deutlich an.

Eine kurze Einleitung in diese Problematik bietet der Abschlussbericht eines Forschungsvorhabens („Solaroptimiertes Bauen-TK2“) der Universität Kassel von Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen und Dipl.-Ing. Jens Oppermann. Hier finden eine Fülle von Untersuchungen mit abschließenden Ergebnissen Erwähnung.

Ist das Fenster das alleinige Lüftungselement, so dürfen zwei Probleme nicht unbeobachtet bleiben:

Die Druckverhältnisse an der Gebäudehülle bei Windanfall (insbesondere bei hohen Gebäuden) erschweren oder machen das Öffnen der Fenster gar unmöglich. Das Lüften über die Fenster ist mit thermischen Behaglichkeitseinbußen im Winter verbunden. Im Sommer können hohe Außenlufttemperaturen zu unerwünschten Wärmeerträgen führen.

In der Regel ist eine natürliche Lüftung über Fenster zwischen 5 und 23°C Außenlufttemperatur möglich.

Quellen

- [1] Hausladen, G.; Oppermann, J.: Solaroptimiertes Bauen-TK2
- [2] Hausladen, G.; de Saldenha, M.; Liedl, P.: Climadesign – Strategien für die ganzheitliche Gebäudeplanung, Bauphysik Kalender 2004, Ernst & Sohn Verlag

Anhang F – 26°C-Grenze und ihre planerischen Auswirkungen

F.1 Die 26°C-Grenze

Bei Recherchen zum sommerlichen Wärmeschutz stößt man immer wieder auf die sogenannte „26°C-Grenze“. Hier soll zusammenfassend erläutert werden, was es mit dieser Grenze auf sich hat und wie diese entstand.

Anstoß dieser Welle waren einige Klagen gegen Vermieter von gewerblichen Flächen. Die Mieter bezogen sich dabei auf die Arbeitsstättenverordnung §3 Abs.1 und die Arbeitsstättenrichtlinie §6 Abs.3 Nr.3. Die Gerichte legten diese Richtlinien so aus, dass die Lufttemperatur in Arbeitsräumen im Sommerfall 26°C nicht überschreiten darf. Diesbezüglich wurden bereits folgende Urteile gefällt:

02.09.2002	Kammergericht Berlin	8 U 146/01
16.04.2003	Landgericht Bielefeld	3 O 411/01
24.06.1998	Oberlandesgericht Düsseldorf	24 U 194/96
18.10.1994	Oberlandesgericht Hamm	7 U 132/93
29.12.2000	Oberlandesgericht Rostock	3 U 83/98
17.06.2003	Oberlandesgericht Sachsen-Anhalt	9 U 82/01

Bei sämtlichen oben genannten Entscheidungen handelt es sich um Urteile im gewerblichen Mietrecht. Die Vermieter wurden durch die Gerichte zum Nachrüsten von Sonnenschutzvorrichtungen oder gar Klimaanlageanlagen veranlasst.

In den Urteilen heißt es, dass es auch Ausnahmen von dieser Regelung geben muss. So soll ab einer Außenlufttemperatur von 32°C die Lufttemperatur am Arbeitsplatz nur noch 6K unter Außenlufttemperatur liegen.

Diese Ausnahmeregelungen wurden in Anlehnung an verschiedene Ausgaben der DIN 1946-2 zugelassen.

Die Urteile erkennen in ihren Begründungen an, dass der Geltungsbereich von DIN 1946-2 sich eigentlich nur auf Räume mit raumlufttechnischen Anlagen erstreckt. Trotzdem werden die Forderungen der Normung auch als Bewertungsgrundlage für Räume mit freier Lüftung herangezogen. Begründet wurde dies damit, dass keine einschlägigen Normen für frei belüftete Räume existiert.

Dies lässt darauf schließen, dass der Unterschied zwischen der bauphysikalischen und der haustechnischen Planung nicht oder missverstanden wurde. Da der Bauphysiker bzw. Bauklimatiker im Gegensatz zum Fachplaner TGA versucht immer ein möglichst realistisches Vorgangsmodell zu erstellen, ist es nicht möglich Anforderungen an klimatisierte Räume auf nichtklimatisierte Räume anzuwenden. In der Bemessung zur TGA werden einzelne Lastkomponenten kombiniert und ein maximaler Lastfall zugrundegelegt, der wiederum durch Sicherheitszuschläge zusätzlich erhöht wird, wodurch sich der Fachplaner von der Wirklichkeit entfernt.

Des Weiteren wurden in einigen Sachverständigengutachten auf zum Zeitpunkt der Verfahren ungültige Normungen bezogen.

Aber nicht nur die Verwendung ungültiger Normen lässt Zweifel an der Richtigkeit und Aussagekräftigkeit der Urteile zu. Es ist eindeutig belegbar und auch in Kommentaren erläutert, dass der zitierte Text des Abs.2.2 der ASR 6/1,3 von den Beteiligten bei der Endformulierung der ASR so gemeint war, dass entsprechend ArbStättV §6 (2) „Arbeitnehmer durch Heizeinrichtungen keinen unzutraglichen Temperaturverhältnissen ausgesetzt sind“. Eine Regelung für sommerliche Außentemperaturen, die zu einer Erwärmung der Raumtemperatur auf mehr als 26°C führen können, war nicht beabsichtigt. Denn bei allen Diskussionen beim BMA galt die Auffassung, dass arbeitsrechtliche Regelungen auch im Bereich der Raumtemperatur nicht über Regelungen hinausgehen dürfen, die in Wohnbereichen praktiziert bzw. baurechtlich geregelt würden, also auch keine Raumtemperaturregelung für sommerliche Außentemperatur.

Der Absatz 3.3 der neuen ASR vom Mai 2001 entspricht der alten ASR von April 1976, wobei allerdings zusätzlich im zweiten Satz geklärt wird, dass die Lufttemperatur bei höheren Außentemperaturen in Ausnahmefällen höher sein darf. Damit wird klargestellt, dass höhere Temperaturen als 26°C nicht durch Heizeinrichtungen verursacht werden dürfen; bei erhöhten Außentemperaturen Überschreitungen jedoch möglich sind.

F.2 Arbeitsstätten-Richtlinie (ArbStätt) §6 Raumtemperaturen

2. Allgemeines

Gesundheitlich zuträgliches Klima liegt vor, wenn die Wärmebilanz (Wärmeerzeugung zu Wärmeabgabe) des menschlichen Körpers ausgeglichen ist. Die Wärmeerzeugung ist abhängig von der Arbeitsschwere. Die Wärmeabgabe ist abhängig von der Lufttemperatur, der Luftfeuchte, der Luftgeschwindigkeit und der Wärmestrahlung. Sie wird wesentlich durch die Bekleidungssituation beeinflusst. In der Regel reicht die Lufttemperatur zur Beurteilung, ob eine gesundheitlich zuträgliche Raumtemperatur vorhanden ist, aus (andernfalls siehe 5.3).

3. Lufttemperaturen in Arbeitsräumen

3.1 In Arbeitsräumen muss die Lufttemperatur mindestens betragen:

Überwiegende Arbeitshaltung	Arbeitsschwere		
	Leicht	Mittel	Schwer
Sitzen	+20 °C	+19 °C	-
Stehen und / oder gehen	+19 °C	+17 °C	+12 °C

Tabelle: Lufttemperaturen in Arbeitsräumen in Abhängigkeit von der Arbeitshaltung und der Arbeitsschwere

- 3.2** Die Mindesttemperaturen sollen während der gesamten Arbeitszeit gewährleistet sein.
- 3.3** Die Lufttemperatur in Arbeitsräumen soll + 26 °C nicht überschreiten. Bei darüberliegender Außentemperatur darf in Ausnahmefällen die Lufttemperatur höher sein.
- 3.4** An Fenstern, Oberlichtern oder Glaswänden sind wirksame Schutzvorrichtungen gegen direkte Sonneneinstrahlung vorzusehen (siehe auch § 9 Abs. 2 ArbStättV).

Quellen

- [1] BBS INGENIEURBÜRO Dipl.-Ing. Jens Bode
- [2] Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)
- [3] Arbeitsstätten-Richtlinie (ArbStätt)
- [4] Hausladen G.; Hellwig R. T.; Nowak W.; Schramek, E.-R.; Grothmann T.: 26°C – falsch verstandener Arbeitsschutz?, Bauphysik ,Heft 4 (2004), Ernst & Sohn Verlag
- [5] JURACITY, www.juracity.de