



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Bundesamt für Energie BFE

UEBERARBEITUNG PROGRAMM HELIOS

HELIOS-XP

Schlussbericht

Ausgearbeitet durch

Th. Frank , S. Carl, Empa Abteilung Bautechnologien
Ueberlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf
thomas.frank@empa.ch, www.empa.ch

Unter Mitwirkung von

H. Simmler, H. Manz, B. Binder, Empa Abteilung Bautechnologien
Ueberlandstrasse 129, CH-8600 Dübendorf
hans.simmler@empa.ch, www.empa.ch

Projektkoordination mit EN-Bau durch

Ch. Zürcher, J. Kuster, Leitungsgruppe EN-Bau
christoph.zuercher@bluewin.ch, chur@kusterpartner.ch

Impressum

Datum: 15. November 2006

Im Auftrag des Bundesamt für Energie,
Forschungsprogramm „Rationelle Energienutzung in Gebäuden“

Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen

Postadresse: CH-3003 Bern

Tel. +41 31 322 56 11, Fax +41 31 323 25 00

www.bfe.admin.ch

BFE-Projektleiter: Andreas Eckmanns, andreas.eckmanns@bfe.admin.ch

Projektnummer: 100'488

Bezugsort der Publikation: www.energieforschung.ch

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen ist ausschliesslich der Autor dieses Berichts verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	2
Resumée	2
Abstract	2
1. Ausgangslage.....	3
2. Ziel der Arbeit.....	5
3. Lösungsweg	5
4. Ergebnisse.....	6
5. Diskussion	14
6. Schlussfolgerungen.....	14
Referenzen.....	15

Zusammenfassung

Das Gebäudesimulationsprogramm HELIOS-PC, welches seit 1992 als DOS-Version im Einsatz steht, wurde auf die neue WINDOWS-Plattform XP transferiert. Die Verwendung einer ACCESS-Datenbankstruktur für alle Projektdaten ermöglicht die einheitliche Einbindung von Daten für Baustoffe, Verglasungen, Lastprofilen, etc. und verbessert damit den Benutzerkomfort. Das Rechenprogramm basiert auf einem thermischen Einzonenbilanzmodell, es wurden folgende zusätzliche Berechnungsmodule eingebaut: Der Luftaustausch durch thermischen Auftrieb durch Fugen oder Fensteröffnungen, die mechanische Lüftung mit oder ohne Wärmerückgewinnung, die Erfassung der linien- und punktförmigen Wärmebrücken, ein vereinfachtes Modell für den Wärmeverlust ins Erdreich, die Ermittlung der dynamischen Kennwerte von Bauteilen, ein detaillierter Rechenansatz für die Modellierung des Wärme- und Strahlungsdurchgangs bei Verglasungen mit Lamellenstoren und die Möglichkeit der freien Definition von stündlichen Last- und Lüftungsprofilen sowie von Temperaturrandbedingungen an Bau teilloberflächen. Das Rechenprogramm wurde im Rahmen des Forschungsprojektes IEA SHC Task 34 empirisch validiert.

Resumée

Le programme de simulation des bâtiments HELIOS qui est en utilisation depuis 1992 dans sa version DOS a été transféré sur la nouvelle plateforme WINDOWS-XP. L'utilisation d'une structure de banque de données ACCESS pour les données des projets permet l'intégration de banques de données pour les matériaux de construction, les vitrages, les profils de charge, etc. Le programme de calcul qui repose sur un modèle de bilan thermique monozone a été complété par l'adjonction des modules de calcul suivants: échanges d'air par ascension thermique à travers les joints ou les ouvertures de fenêtres, ventilation mécanique avec ou sans récupération de chaleur, saisie des ponts thermiques linéaires et ponctuels, modèle simplifié pour le calcul des déperditions thermiques par le sol, détermination des caractéristiques dynamiques des éléments de construction, modèle de calcul détaillé pour la modélisation de la transmission de chaleur et du rayonnement sur les vitrages munis de stores à lamelles ainsi que possibilité de définir librement les profils de charge et de ventilation horaires et les conditions accessoires de température des éléments de construction des surfaces des éléments de construction mitoyen avec des zones voisines. Le programme a été validé empirique en cours du projet IEA SHC Task 34.

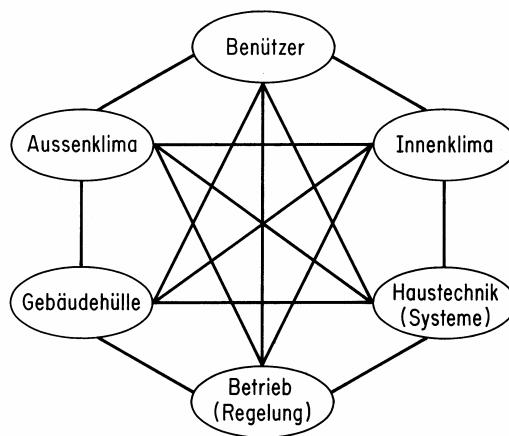
Abstract

The building energy simulation program HELIOS, which is in use since 1992 as a DOS application, was adapted to the new WINDOWS-XP environment. The use of the ACCESS database structure for the project data elements allows a uniforme handling of the data of building materials, glazings and load profiles and therefore improves the user-friendliness. The simulation program is based on a single room thermal balance model, the following new calculation features have been added: Air infiltration by stack effects through cracks and windows openings, mechanical ventilation with or without heat recovery, lineal and point thermal bridges, simplified model for the heat transfer via the ground, dynamic thermal characteristics of building components, detailed calculation model for the total heat transfer through a window system with blinds and the possibility to define user boundary conditions for temperatures, for ventilation and for internal heat gains on an hourly basis. The program has been validated empirically within the international research project IEA SHC Task 34.

1. Ausgangslage

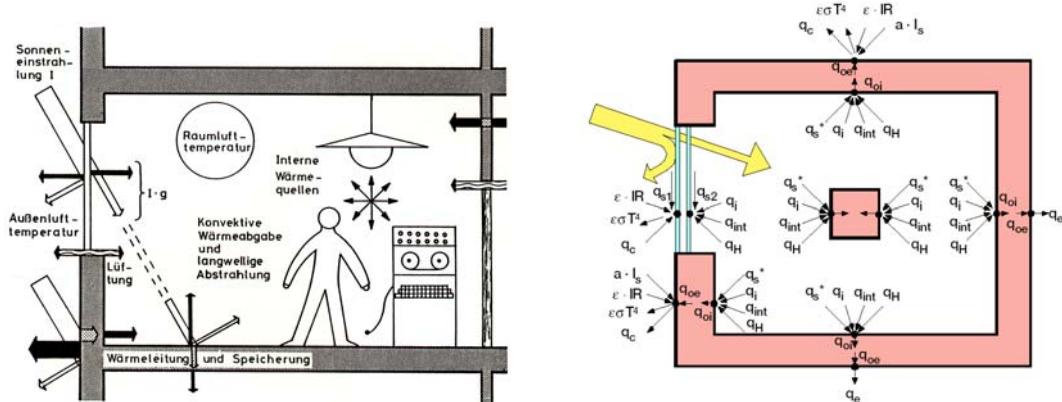
Das Gebäudesimulationsprogramm HELIOS wurde 1982 im Rahmen eines Nationalfondsprojektes als Rechenprogramm in FORTRAN auf einem CDC-Mainframe Rechner entwickelt [1] und 1992 mit Unterstützung des Bundesamtes für Energie in ein PC-Programm als DOS-Applikation überführt [2]. Das Programm wird heute als Gebäudesimulationsprogramm in Ingenieurbüros, Schulen und bei Weiterbildungskursen für thermische und energetische Untersuchungen eingesetzt. Der Rechenkern des Programms wurde zudem 1996 vom Institut für Solartechnik SPF in Rapperswil in das Simulationsprogramm für thermische Solaranlagen POLYSUN integriert, um den stündlichen Heizlastverlauf eines Gebäudes zu bestimmen.

Das thermische und energetische Verhalten eines Gebäudes wird durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren und Randbedingungen bestimmt, welche im Gebäudesimulationsmodell HELIOS erfasst werden müssen. In Figur 1 sind die wichtigsten Größen und deren Vernetzung untereinander schematisch dargestellt.



Figur 1: Einflussfaktoren und Randbedingungen für das Gebäudesimulationsmodell HELIOS

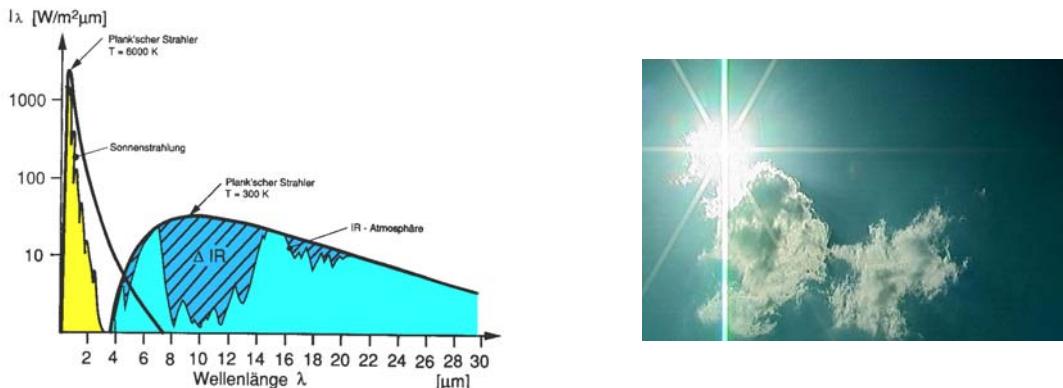
Das Rechenprogramm HELIOS basiert auf einem thermischen Einzonenbilanzmodell gemäss Figur 2. Die Wärmebilanz der Zone wird durch die Bilanzgleichung für die Raumluft und die Bilanzierung der Wärmeströme an allen Innen- und Aussenoberflächen der Gebäudehülle ermittelt.



Figur 2: Thermisches Bilanzmodell HELIOS mit Angabe der Wärmeströme an den Bauteilen

Die in Figur 2 dargestellten Wärmeströme werden in den Bilanzgleichungen im 1-Stundenschritt erfasst, durch ein Gleichungssystem in Matrixform dargestellt und mit einem Inversionsverfahren gelöst.

Beim Strahlungshaushalt der Gebäudehülle wird die kurzwellige Solarstrahlung und die langwellige Infrarotstrahlung der Atmosphäre und der Umgebung mit ihren unterschiedlichen Spektralbereichen gemäss Figur 3 berücksichtigt.



Figur 3: Spektralbereiche der kurz- und langwelligen Strahlung an der Gebäudehülle

Das verwendete Bilanzverfahren ermöglicht damit die Ermittlung des zeitlichen Verlaufes der Heiz- oder Kühllast und der Lufttemperatur der Zone sowie der Wärmeströme und Temperaturen an allen Bauteiloberflächen. Es eignet sich daher sowohl für die Bearbeitung energetischer Fragestellungen als auch für solche des thermischen Komforts. Die instationäre Wärmeleitung durch die opaken Bauteile wird nach der Response-Faktorenmethode ermittelt. Bei Fenstern und Verglasungen gelangen die Europäischen Rechenverfahren für den Wärme- und Strahlungsdurchgang zur Anwendung [8].

Der sommerliche Wärmeschutz von Gebäuden stellt beim heute vorhandenen Trend zu hoch verglasten Bauten eine zentrale Fragestellung dar, zu deren Lösung dynamische Rechenverfahren eingesetzt werden. Die Nachfrage nach geeigneten dynamischen Rechenprogrammen ist deshalb stark angestiegen. Das bestehende DOS-Programm HELIOS-PC vermag den heute gestellten Benutzeranforderungen nicht mehr zu genügen und bedarf einer Erweiterung der Rechenmodelle in den Bereichen Luftaustausch, Wärmebrücken und Beschattung. Zudem gilt es das Programm an die neuen Europäischen Normen, welche in das SIA-Normenwerk der Schweiz integriert wurden, anzupassen.

Eine Überarbeitung des Gebäudesimulationsprogramms HELIOS drängt sich deshalb im Besonderen in folgenden Bereichen auf:

- Ausbau der frei wählbaren Randbedingungen bezüglich Außenklima, Betrieb und Nutzung eines Gebäudes (Möglichkeit der Festlegung von Stundenwertprofilen für das ganze Kalenderjahr).
- Verbesserung und Ergänzung der Rechenmodelle zum Sonnenschutzverhalten von Fassaden (bauliche Beschattung, Einsatz von Lamellenstoren oder Markisen).
- Differenziertere Modellbetrachtungen zum Luftaustausch in Gebäuden (Fensterlüftung, mechanische Lüftung, Fugeninfiltration) und der angewendeten Einsatzstrategien.
- Aktualisierung der Datenbasis für Baustoffe und Bauteile (Verknüpfung mit vorhandenen Datenbeständen wie z. B. Glasdatenbank GLAD, SIA Merkblätter und SIA-Normen).
- Anpassung der Programmoberfläche von der alten DOS-Ebene auf die neue WINDOWS-XP Plattform.

2. Ziel der Arbeit

Das Programm HELIOS soll auf eine benutzerfreundliche WINDOWS-XP Plattform gestellt und im Funktionsumfang derart angepasst werden, dass die folgenden Problemstellungen oder Randbedingungen behandeln werden können:

- Erweiterung der Lüftungsmodelle (thermisch induzierte Fensterlüftung [13], mechanische Lüftung)
- Einbezug der linien- und punktförmigen Wärmebrücken, Ansatz nach EN ISO 10211-1 [3]
- Schnittstelle zur Glasdatenbank GLAD [4] und [8] (thermische und optische Kennwerte)
- Vereinfachtes Modell für den Wärmeverlust ins Erdreich nach EN ISO 13370 [5]
- Bestimmung der thermischen Speicherkenntnisse der Bauteile nach EN ISO 13786 [6]
- Baustoffkennwerte gemäss EN 12524 [7] und SIA Merkblatt 2001 [12]
- Detailliertes Modell für die Behandlung des Wärme- und Strahlungsdurchgangs bei Fenstern mit Lamellenstoren (ISO 15099 [9] bzw. EN 13363-2 [11]) und basierend auf den Ergebnissen aus dem Projekt IEA SHC Task 27 [10] und [14]
- Geometrische Beschattungseinflüsse durch Horizont, Überhang oder Seitenblenden
- Detaillierte Eingabe der Temperaturrandbedingungen und der internen Lastprofile
- Erstellung bzw. Zugriff auf Kataloge von Bauteilen und Standard-Lastprofilen (BFE und SIA)
- Schnittstelle zum Austauschen von Daten mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel

Das Programm soll im Rahmen des Forschungsprojektes IEA SHC Task 34 „Empirischen Validierung von Gebäudesimulationsprogrammen“ anhand von Messungen auf dem Fassaden-Solarprüstand der EMPA in Dübendorf validiert werden. Im Vordergrund stehen dabei folgende Situationen:

- Solarstrahlungsberechnungen (Modelle zur Bestimmung der Direkt-, Diffus- und Globalstrahlung)
- Thermisches Gebäudeverhalten unter Einwirkung von internen Lasten
- Lastverhalten des Gebäudes infolge solarer Einstrahlung durch Verglasungen mit und ohne Sonnenschutzeinrichtung

3. Lösungsweg

Die Ueberarbeitung des Programms HELIOS wurde in folgende drei Bereiche unterteilt:

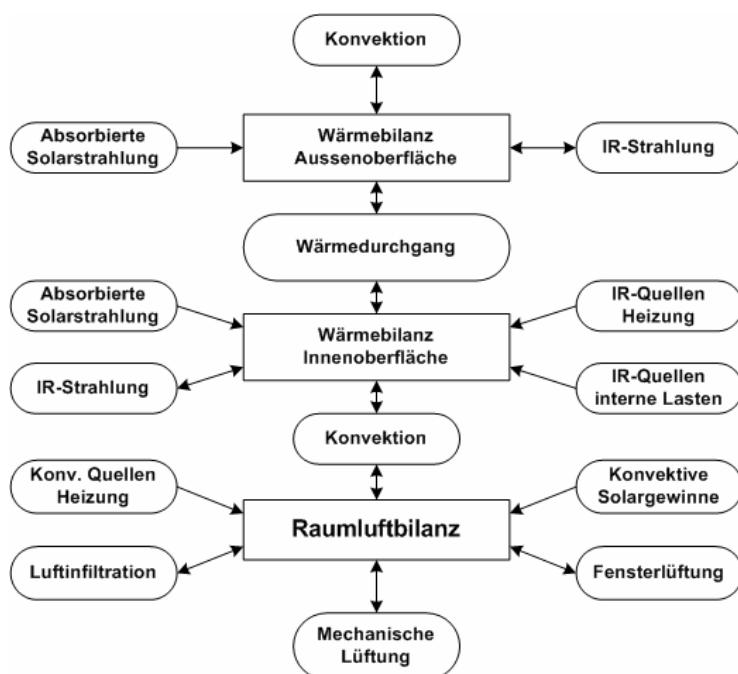
- Funktionelle Erweiterung des Berechnungsmodells unter Berücksichtigung der Kompatibilität zu den Europäischen Normen und unter Nutzung der vorhandenen Ergebnissen von bereits abgeschlossenen Forschungsprojekten. Es gelangen vorwiegend dokumentierte Verfahren zur Anwendung (siehe diesbezüglich die Angaben im Kapitel Referenzen).
- Erstellung einer neuen anwendungsfreundlichen Benutzeroberfläche unter WINDOWS-XP und Festlegung der Datenstrukturen unter Verwendung der MS-Office Softwareumgebung.
- Einbau von Schnittstellen zu bestehenden Datenbeständen (z. B. Baustoffdaten, Glasdaten).
- Experimentelle Validierung von wichtigen Berechnungsfällen im Rahmen des Forschungsprojektes IEA SHC Task 34 und Durchführung von Programm-Benutzer-Tests mit einer ausgewählten Anwendergruppe aus der Praxis. Die Tests sollen sowohl der Erkennung von möglichen Programmfehlern als auch der Aufdeckung von vorhandenen Lücken dienen.
- Das neue Programm HELIOS-XP soll auf einem ftp-Server der EMPA für Interessenten zugänglich gemacht werden (Abgabe als Demoversion kostenlos für 30-Tage anschliessend Erwerbsmöglichkeit einer kostenpflichtigen Anwenderlizenz).

4. Ergebnisse

- Erweiterung der Berechnungsmodelle

Die verwendeten Rechenalgorithmen wurden an die Vorgaben der neuen Europäischen Normen angepasst und im Funktionsumfang ergänzt. Die Programmmodulen wurden alle in FORTRAN erstellt. Der Datenaustausch erfolgte über ACCESS-Datenbanken sowie Binär- oder ASCII-Files. Die in den bisher abgeschlossenen BFE-Projekten erzielten Resultate (Glasdatenbank GLAD [4] und Modellierungsverfahren von Sonnenschutzsystemen IEA SHC Task 27 [10]) wurden in das neue Programm HELIOS-XP integriert. Frei wählbare Randbedingungen bezüglich Lüftung, Temperaturen und internen Wärmelasten können in einem projektbezogenen Datenfile, welches durch den Anwender festgelegt wird, abgelegt werden.

Die einzelnen Komponenten der Wärmebilanzgleichungen sind in Figur 4 dargestellt und geben eine Übersicht der im Rechenprogramm berücksichtigten physikalischen Vorgänge. Die Raumluftbilanzgleichung wurde neu mit den Komponenten mechanische Lüftung und Fensterlüftung ergänzt:



Figur 4: Übersicht der in HELIOS verwendeten Komponenten der Wärmebilanzgleichungen

Im Folgenden sollen die beiden wichtigsten Erweiterungen vorgestellt. Dies betrifft einerseits die Modellierung des Wärme- und Strahlungsdurchgangs von Fenstern mit Lamellenstoren und andererseits den Luftaustausch in Gebäuden. Detaillierte Angaben zu den verwendeten Verfahren sind in den aufgeführten Referenzen zu finden.

Sonnenschutz von Lamellenstoren

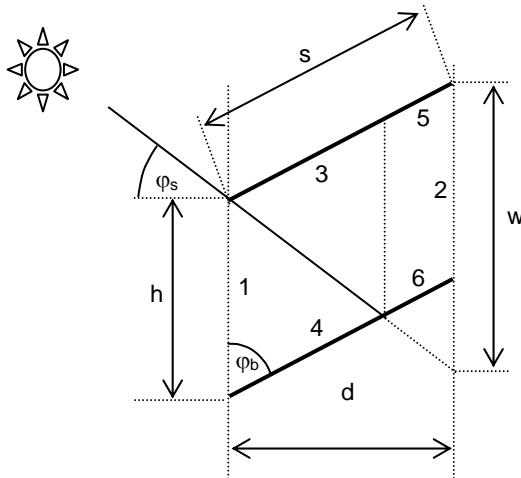
Das erweiterte Rechenmodell **WinSim** [10] für den Wärme- und Strahlungstransfer bei Fenstern mit Lamellenstoren, welches im Rahmen des IEA Projektes Task 27 erarbeitet worden ist, basiert auf der Norm EN 13363-2 [11] und betrachtet den Sonnenschutz aus Lamellen als unendlich ausgedehnte, ebene und parallel zu der Verglasung positionierte Schicht. Die optischen Eigenschaften werden als winkelabhängige Größen behandelt, die thermischen Eigenschaften werden temperaturabhängig ermittelt.

Eine Lamelle gemäss Figur 5 wird durch die folgenden Größen charakterisiert:

- τ_1 solarer direkt-direkter Transmissionsgrad
- τ_2 solarer direkt-hemisphärischer Transmissionsgrad
- τ_d solarer hemisphärisch-hemisphärischer Transmissionsgrad
- ρ_1 solarer direkt-direkter Reflexionsgrad
- ρ_2 solarer direkt-hemisphärischer Reflexionsgrad
- ρ_d solarer hemisphärisch-hemisphärischer Reflexionsgrad

Geometrische Größen sind:

- s Lamellenbreite
- h Lamellenabstand
- φ_s projizierter Sonnenwinkel
- φ_b Neigungswinkel der Lamellen



Figur 5: Anordnung und Geometrie der Lamellen im Modell WinSim [8]

Die folgenden vereinfachenden Annahmen wurden getroffen:

- $t=0$ Die Lamellen sind unendlich dünn.
- $\tau_{2,i}=\tau'_{2,i}$ Der direkt-hemisphärische Transmissionsgrad ist in beide Richtungen gleich gross.
- $\tau_{d,i}=\tau'_{d,i}$ Der hemisphärisch-hemisphärische Transmissionsgrad ist in beide Richtungen gleich gross.
- $\tau_{2,eff}=\tau_1+\tau_2$ Direkte Transmission durch die Lamellen wird wie direkt-hemisphärische Transmission behandelt
- $\rho_{2,eff}=\rho_1+\rho_2$ Direkte Reflexion auf den Lamellen wird wie direkt-hemisphärische Transmission behandelt
- Alle Oberflächen werden als ideal diffuse (Lambertsche Strahler) behandelt.

Zur Berechnung der indirekt transmittierten Sonnenstrahlung wird eine Zelle von der Form eines Rhomboides mit den Teilflächen 1 bis 6 gemäss Figur 5 betrachtet. Es wird zwischen den folgenden Strahlungsflüssen unterschieden:

- J emittierter Strahlungsfluss
- G einfallender Strahlungsfluss
- Q Quell-Strahlungsfluss

Für jede Verglasung mit einem Lamellensystem wird für jeden Stundenschritt eine Strahlungsbilanzmatrix unter Einbezug der Formfaktoren erstellt und der direkte und diffuse Strahlungstransmissionsgrad ermittelt.

Bestimmung des Aussenluftvolumenstromes

Der gesamte Aussenluftvolumenstrom kann sich aus folgenden Grössen zusammensetzen:

$$\dot{V}_L(t) = n_L \cdot V + \dot{V}_{inf} + \dot{V}_{nat} + \dot{V}_{mech} \quad (1)$$

n_L : Luftwechselrate [1/h], konstant oder gemäss einem vorgegebenen Profil

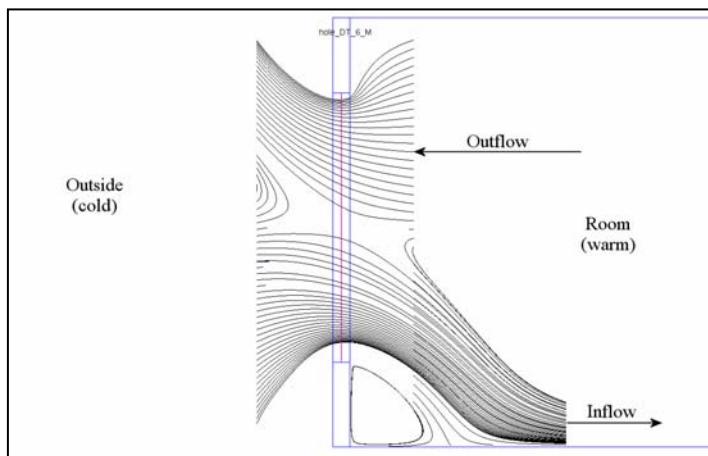
V : Raumvolumen [m^3]

\dot{V}_{inf} : Luftwechsel durch thermisch induzierte Infiltration [m^3/h] (Fugen-Spaltströmung)

\dot{V}_{Nat} : Natürliche Fensterlüftung [m^3/h], thermisch induzierte Zweiweg-Strömung

\dot{V}_{mech} : Mechanischer Luftwechsel [m^3/h] mit / ohne Wärmerückgewinnung und mit Profilvorgabe

Der Temperatur-Induzierte Luftaustausch zwischen zwei Zonen durch eine grosse Fensteröffnung stellt nach Favarolo/Manz [13] eine Zweiweg-Strömung gemäss Figur 6 dar und kann näherungsweise mit nachfolgender Rechenformel (2) erfasst werden:



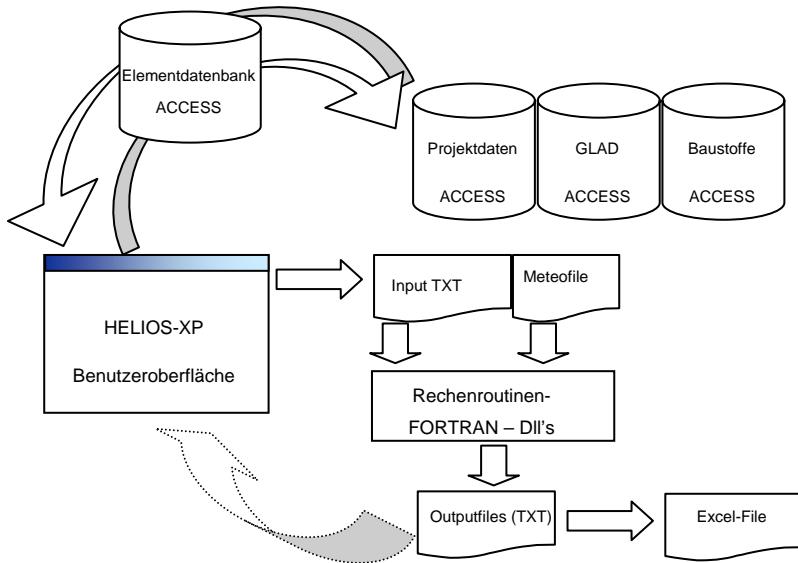
Figur 6: Zweiwegströmung beim geöffneten Fenster (einseitige Lüftung) nach [13]

$$\dot{V}_{nat}(t) = \frac{1}{3} \cdot C_d \cdot A \cdot \sqrt{g \cdot H \cdot \frac{T_i(t) - T_e(t)}{T_i(t)}} \quad m^3/h \quad (2)$$

Wobei:	A	Öffnungsfläche	m^2
	H	Höhe der Öffnung	m
	C_d	Discharge Coefficient (Default-Wert 0.61)	-
	g	Erdbeschleunigung $g = 9.81$	m/s^2
	T_i	Innenlufttemperatur	K
	T_e	Aussenlufttemperatur	K

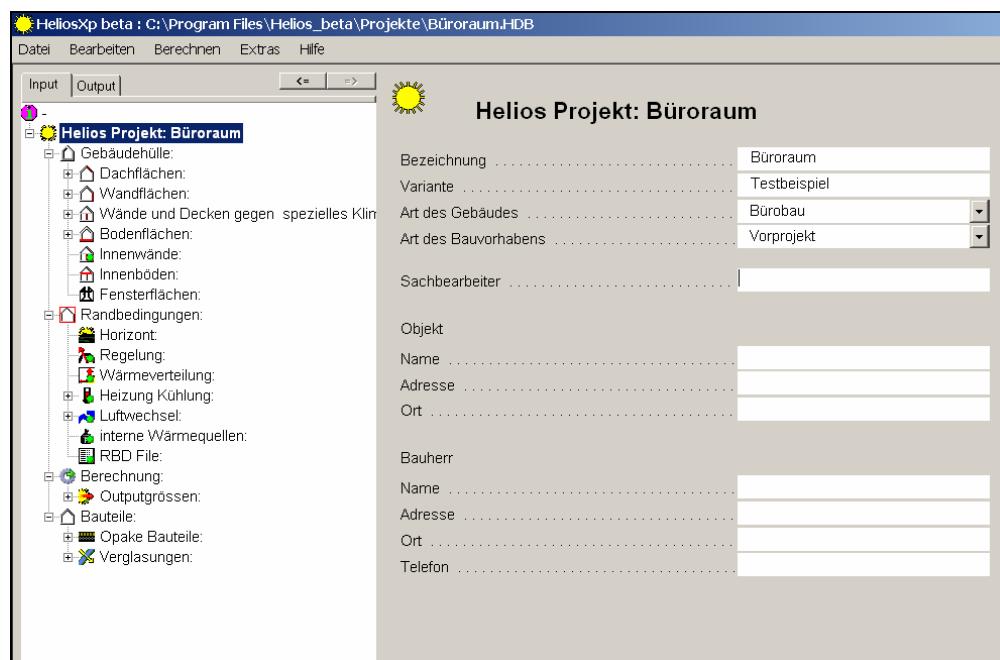
- WINDOWS Benutzeroberfläche

Die neue Benutzeroberfläche von HELIOS-XP basiert auf einer ACCESS Datenbank mit Visual Basic Applikationen gemäss Figur 7. Die Rechenalgorithmen wurden in FORTRAN-Routinen erstellt und über DLL's integriert. Die Einbindung von Daten erfolgte über ACCESS Datenbankelemente, welche künftig ergänzt oder angepasst werden können. Zwecks Datenkontrolle wurden zusätzlich lesbare Textfiles für Input- und Output-Größen beibehalten. Die Darstellung der Rechenresultate kann über vorgegebene Reports im Textformat sowie durch einen Export in eine Excel-Datei mit anschliessender individueller grafischer Auswertungsmöglichkeit erfolgen.



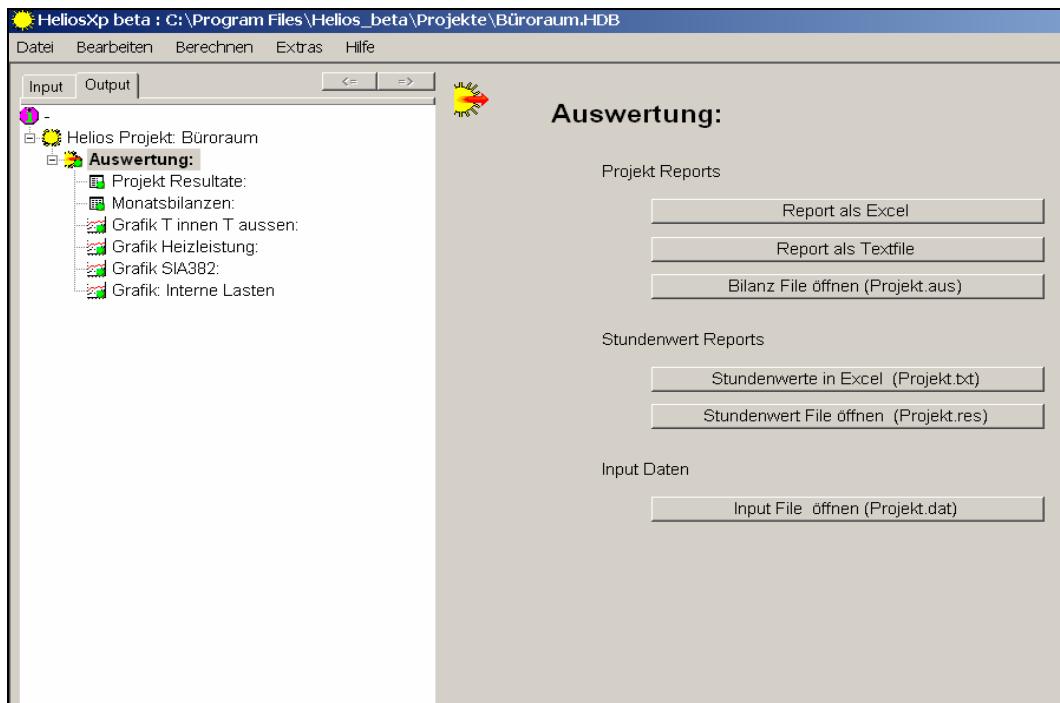
Figur 7: Verwendete Datenstruktur für das HELIOS-XP

Die Benutzeroberfläche von HELIOS-XP verwendet die in Figur 8 dargestellte Eingabemaske, unterteilt in eine Input und Output Maske, links jeweils die Baumstruktur der Eingabethemen, rechts die dazugehörigen freien weissen Felder für die Dateneingabe.

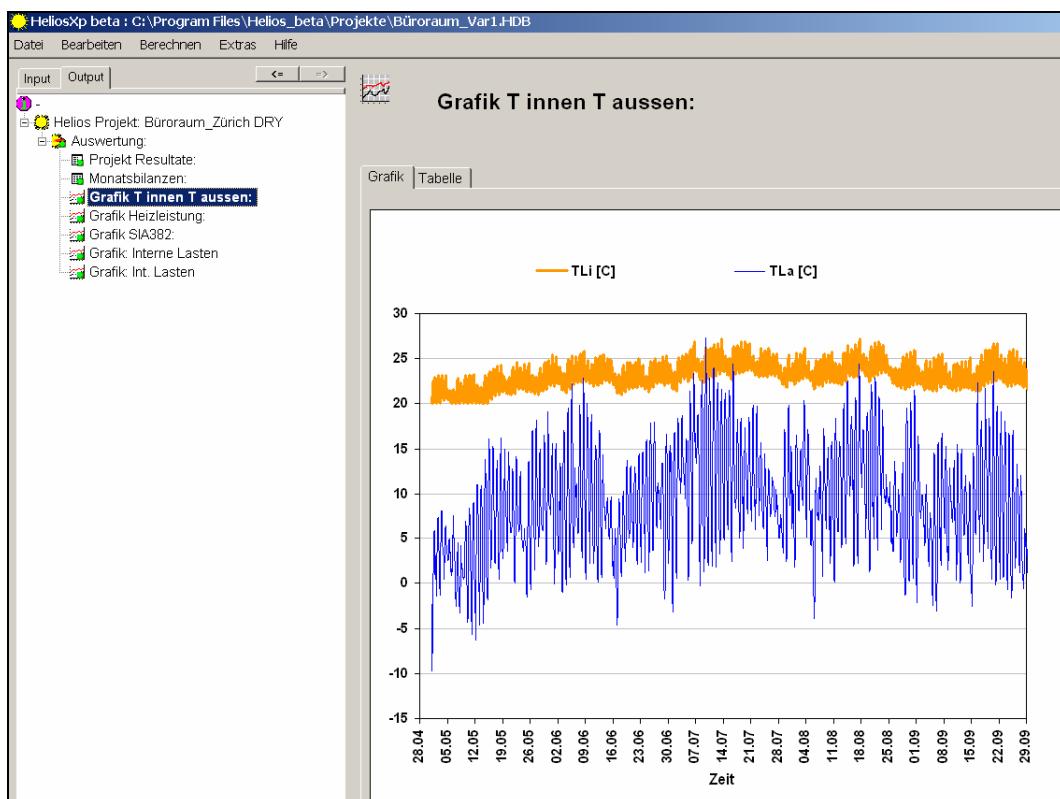


Figur 8: Programmoberfläche von HELIOS-XP mit der Baumstruktur und den Eingabefeldern

Für die Ausgabe und Analyse der Rechenresultate steht die in Figur 9 dargestellte Output-Menümaske zur Verfügung. Auf der linken Seite können vordefinierte Reports und Grafiken, auf der rechten Seite verschiedene Arten von Projektreports und der Datenexport ausgewählt werden. In Figur 10 ist das Beispiel einer grafischen Darstellung, der Verlauf der Lufttemperaturen, abgebildet.

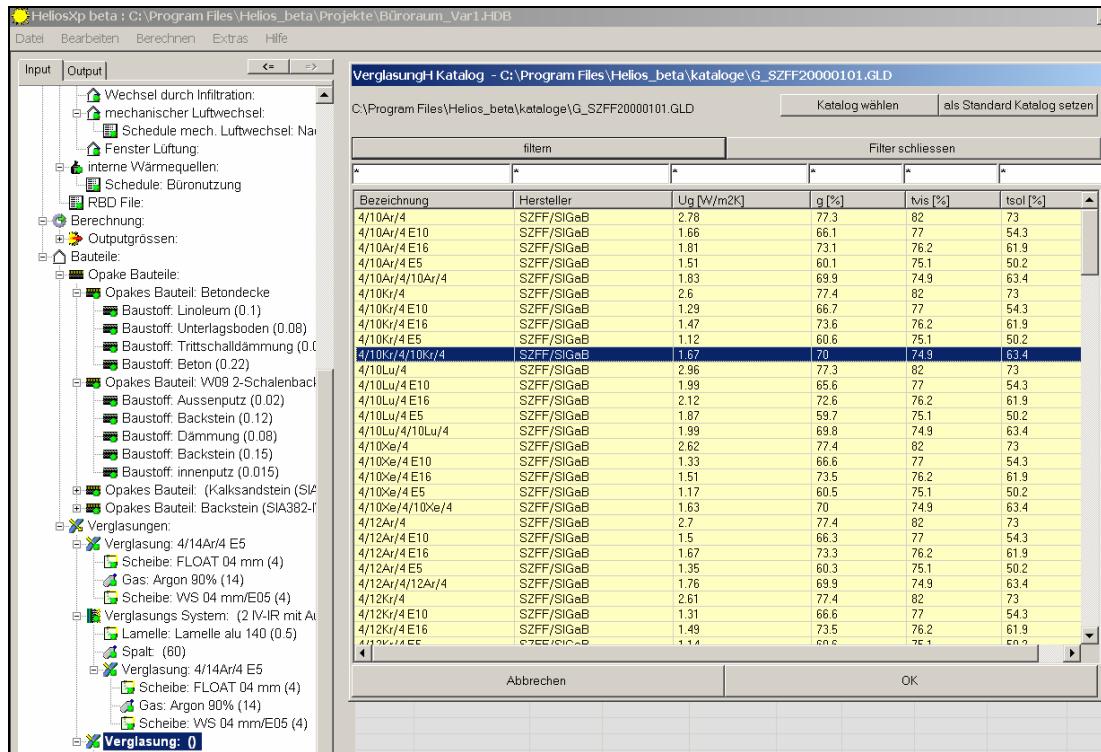


Figur 9: Maske der Daten-Ausgabemöglichkeiten in HELIOS-XP



Figur 10: Grafische Darstellung des Verlaufs der Lufttemperaturen innen und aussen

Zwei wesentliche Neuerungen im Programm HELIOS betreffen den Zugriff auf bestehende Materialdatenbanken. In Figur 11 ist als Beispiel der Zugriff auf die Glasdatenbank GLAD dargestellt, Figur 12 zeigt die freie Festlegung von stündlichen Randbedingungen in einem Datenfile. Die Stundenwerteinträge für das ganze Jahr können auch über Copy/Paste aus einer Excel-Tabelle gemacht werden.



Figur 11: Zugriff auf ACCESS-Datenbanken, dargestellt am Beispiel der Glasdatenbank GLAD (Planer-Version SZFF Doku 31.03)

Spalte Wählen	AIRCR	Jahr: 1900	Filter	Ferien	Liste anzeigen
Month	Week	Day	05h 06h 07h 08h 09h 10h 11h 12h 13h 14h 15h 16h 17h 18h 19h 20h 21h 22h 23h 24h		
Jun	24	Sonntag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
	25	Montag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	26	Dienstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	27	Mittwoch	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	28	Donnerstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	29	Freitag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	30	Samstag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
Jul	01	Sonntag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
	02	Montag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	03	Dienstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	04	Mittwoch	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	05	Donnerstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	06	Freitag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	07	Samstag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
	08	Sonntag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
	09	Montag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	10	Dienstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	11	Mittwoch	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	12	Donnerstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	13	Freitag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1		
	14	Samstag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		
15	Sonntag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			
16	Montag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
17	Dienstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
18	Mittwoch	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
19	Donnerstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
20	Freitag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
21	Samstag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			
22	Sonntag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			
23	Montag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
24	Dienstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
25	Mittwoch	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
26	Donnerstag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
27	Freitag	1 1 1 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 1 1 1 1 1 1			
28	Samstag	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0			

Figur 12: Festlegung der stündlichen Randbedingungen in einem RDB-Datenfile

HELIOS-XP bietet dem Anwender die Möglichkeit an, Baustoff- und Bauteilkataloge anzupassen oder zu erweitern (siehe Figur 13) und alle thermischen Kennwerte (statische und dynamische) von Bauteilen zu ermitteln (siehe Figur 14).

Bezeichnung	Norm	d [m]	lambda [W/mK]	roh [kg/m³]	c [J/kgK]
Asphalt	EN 12524	0.10	0.70	2100.00	1000.00
Beton niedrige Rohdichte	EN 12524	0.10	1.15	1800.00	1000.00
Beton mittlere Rohdichte	EN 12524	0.10	1.35	2000.00	1000.00
Beton hohe Rohdichte	EN 12524	0.10	1.65	2200.00	1000.00
Beton sehr hohe Rohdichte	EN 12524	0.10	2.00	2400.00	1000.00
Beton armiert (mit 1 % Stahl)	EN 12524	0.10	2.30	2300.00	1000.00
Beton armiert (mit 2 % Stahl)	EN 12524	0.10	2.50	2400.00	1000.00
Bitumen als Stoff	EN 12524	0.10	0.17	1050.00	1000.00
Bitumen Membran / Bahn	EN 12524	0.10	0.23	1100.00	1000.00
Ton	EN 12524	0.10	1.00	2000.00	800.00
Ziegel	EN 12524	0.10	1.50	2100.00	1000.00
Silicagel (Trockenmittel)	EN 12524	0.10	0.13	720.00	1000.00
Silikon ohne Füllstoff	EN 12524	0.10	0.35	1200.00	1000.00
Silikon mit Füllstoffen	EN 12524	0.10	0.50	1450.00	1000.00
Silikon Schaum	EN 12524	0.10	0.12	750.00	1000.00
Urethan-/Polyurethanschaum (als wärmest...)	EN 12524	0.10	0.21	1300.00	1800.00
Weichpolyvinylchlorid (PVC-P) mit 40 % Wei...	EN 12524	0.10	0.14	1200.00	1000.00
Elastomerschaum, flexibel	EN 12524	0.10	0.05	70.00	1500.00
Polyurethanschaum (PU)	EN 12524	0.10	0.05	70.00	1500.00
Polyethylenschaum	EN 12524	0.10	0.05	70.00	2300.00
Ton oder Schlick oder Schlamm	EN 12524	0.10	1.50	1600.00	2085.00
Sand und Kies	EN 12524	0.10	2.00	1850.00	1045.00
Gummi	EN 12524	0.01	0.17	1200.00	1400.00
Kunststoff	EN 12524	0.10	0.25	1700.00	1400.00
Unterlagen, poröser Gummi oder Kunststoff	EN 12524	0.10	0.10	270.00	1400.00
Filtzunterlage	EN 12524	0.01	0.05	120.00	1300.00
Wollunterlage	EN 12524	0.10	0.06	200.00	1300.00
Korkunterlage <200	EN 12524	0.10	1.00	20.00	1500.00
Korkfliesen >400	EN 12524	0.10	1.00	66.00	500.00
Teppich / Teppichböden	EN 12524	0.10	0.06	200.00	1300.00
Linoleum	EN 12524	0.10	0.17	1200.00	1400.00
Air	EN 12524	0.10	0.03	1.23	1008.00
Kohlendioxid	EN 12524	0.10	0.01	1.95	820.00
Argon	EN 12524	0.10	0.02	1.70	519.00
Schweifelhexafluorid	EN 12524	0.10	0.01	6.36	614.00
Kreuter	EN 12524	0.10	0.01	2.68	245.00

Figur 13: Maske zur Bearbeitung und Erweiterung von Baustoff- oder Bauteil-Katalogen

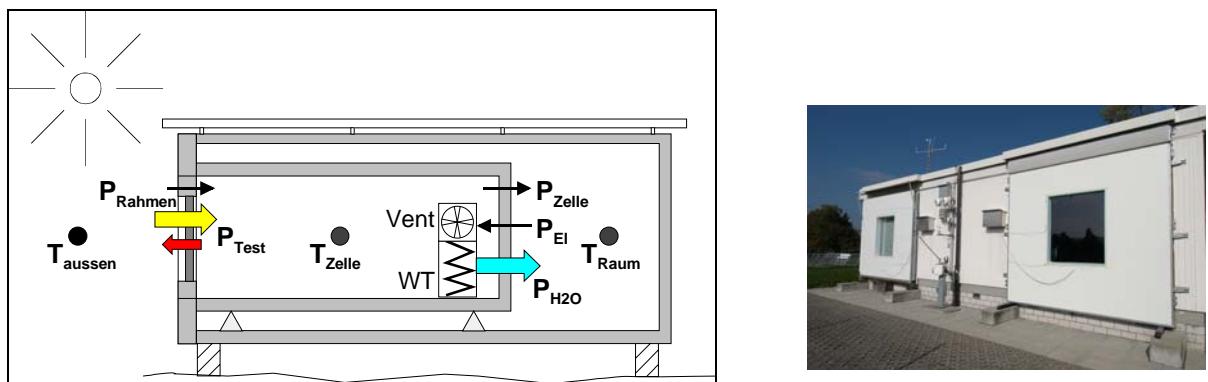
stationäre Wärmekapazität [kJ/(m²K)]	79
Wärmekapazität innen [kJ/(m²K)]	33.6
Wärmekapazität aussen [kJ/(m²K)]	44.7

mit Wärmeübergängen	
Wärmekapazität innen [kJ/(m²K)]	30.8
Wärmekapazität aussen [kJ/(m²K)]	44.4
dynamischer U-Wert [W/(m²K)]	0.291
U-Wert [W/(m²K)]	0.321
Dekrement Faktor [-]	0.905

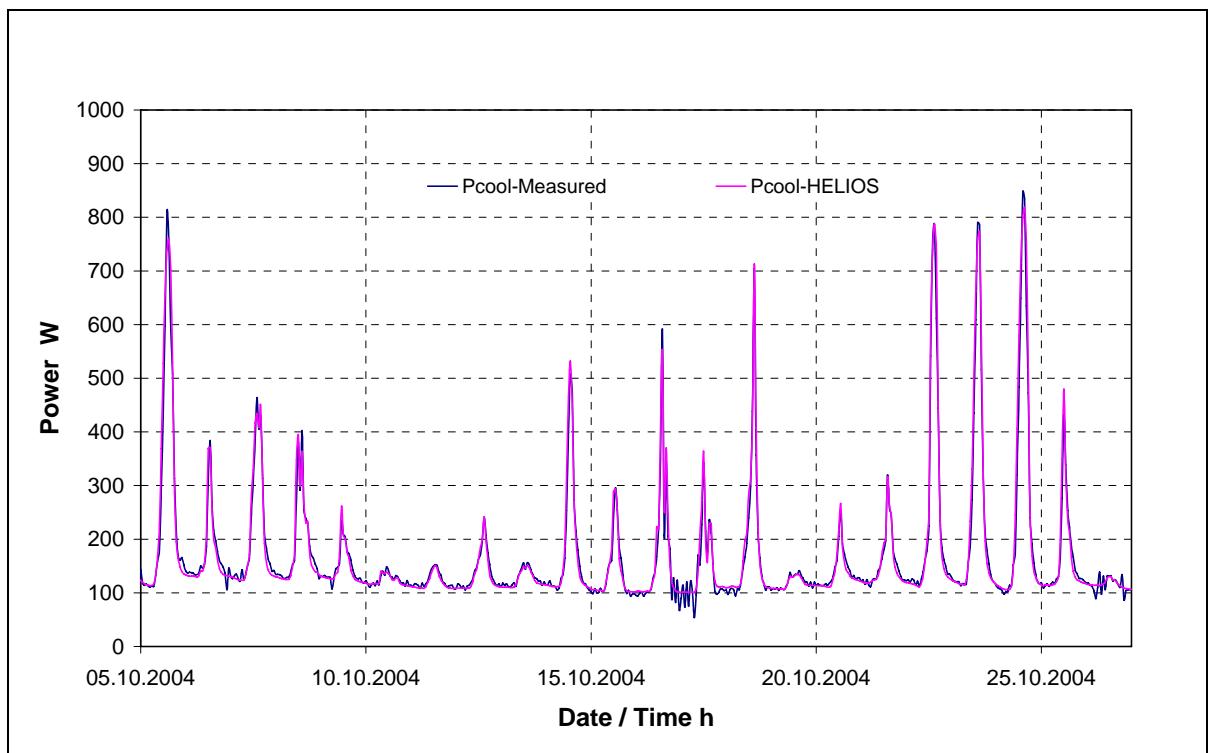
Figur 14: Ermittlung der dynamischen Kennwerte von Bauteilen (EN ISO 13788)

- Validierung des Programms

Die solaren Strahlungsberechnungen und die thermisch / optische Modellierung von Verglasungen mit und ohne Sonnenschutz stellen wichtige Elemente in einem Gebäudesimulationsprogramm dar. Das Projekt IEA SHC Task 34 führte zu diesem Zweck sehr detaillierte experimentelle Untersuchungen an den Testzellen der EMPA in Dübendorf (siehe Figur 15) durch, welche für die Validierung von Programmen herangezogen werden können. Das durchgeführte Validierungsprogramm umfasste 8 Experimente mit unterschiedlicher Komplexität, beginnend mit der thermischen Charakterisierung der Testzelle allein, der Untersuchung an einer Wärmeschutzverglasung, ergänzt mit einer Sonnenschutzvorrichtung (innen oder aussen liegende Markise oder Lamellenstore) und schlussendlich an einem ganzen Fenstersystem (Holzfenster). Die detaillierten Ergebnisse sind im BFE-Schlussbericht „Empirische Validierung von Gebäudesimulationsprogrammen“ [15] enthalten. Nachfolgend ist in Figur 16 ein Vergleich der im Experiment 3 (Wärmeschutzverglasung) gemessenen und mit dem Programm HELIOS-XP berechneten Kühllasten dargestellt, die mittlere Abweichung liegt bei 5%.



Figur 15: Schema des EMPA-Solarprüfstandes (links) mit Ansicht der Testfelder (rechts)



Figur 16: Vergleich der gemessenen und mit HELIOS berechneten Kühllasten für das Experiment 3

Die Ergebnisse aus den IEA SHC Task 34 Arbeiten wurden zudem in verschiedenen Fachzeitschriften publiziert [16] , [17] und [18].

Programm-Tests

Neben den Validierungsarbeiten wurde das Rechenprogramm HELIOS-XP in einer α -Version einem Kreis von 16 Anwendern im Rahmen eines Einführungskurses vorgestellt und zu Testzwecken für eine kritische Beurteilung abgegeben. Damit konnten damit erste Erfahrungen zur Handhabung und zum Funktionsumfang gesammelt werden. Die gewonnenen Erkenntnisse aus den Rückmeldungen wurden bei der Weiterentwicklung des Programms berücksichtigt. HELIOS-XP wurde im Herbst 2006 als β -Version herausgegeben und an einem Einführungskurs an 11 Anwender abgegeben.

Programm-Abgabe

Die Programmabgabe von HELIOS-XP erfolgt auf einer CD-ROM oder über einen Download vom EMPA ftp-Server. Das Installationsprogramm setup.exe (40 MB) und ein Quick Reference Guide [20] können unter der Adresse <ftp://ftp.empa.ch/outgoing/helios/beta> heruntergeladen werden. Das Programm kann während 30-Tagen kostenlos benutzt werden, anschliessend ist für den weiteren Einsatz eine Registrierung und der Bezug eines kostenpflichtigen Lizenzschlüssels erforderlich. Im Weiteren bietet die EMPA periodisch halbtägige Einführungskurse zum Programm HELIOS-XP an.

Kosten (inkl. MWSt.):

- HELIOS Upgrade einer bestehenden DOS-Version auf die WINDOWS-XP Version 650 CHF
- HELIOS-XP Version inkl. CH-Wetterdatenfiles (Design Reference Years DRY) 950 CHF

Anforderungen an den Rechner: Betriebssystem WINDOWS 2000 oder XP und MS Excel-Programm Version 2000 oder höher.

5. Diskussion

Der Funktionsumfang des Programms HELIOS konnte mit den wichtigsten Elementen wie Beschattung, Lüftung, interne Lasten und Wärmebrücken erweitert und an die Rechenverfahren der neuen Europäischen Normen angepasst werden. Die Verwendung von einheitlichen Basisdaten wurde mit dem Zugriff auf bestehende Datenbestände sichergestellt (Baustoffdaten, Bauteilkatalog, Glasdaten). Da sich die Europäische Normierung und damit auch die Schweizer SIA-Normen in einer starken Entwicklungsphase befinden (31 EN-Normen stehen im Rahmen der EPBD*-Richtlinien vor der Schlussabstimmung), sind weitere Anpassungen am Programm HELIOS-XP in Zukunft notwendig. Die gewählte Programmoberfläche unter WINDOWS-XP und die gewählte ACCESS-Datenstruktur erlauben eine einfache Weiterentwicklung und Anpassung des Programms an neue Verfahren oder Daten.

6. Schlussfolgerungen

Mit der neuen Programmversion HELIOS-XP liegt ein Planungshilfsmittel vor, welches einen leichten Einstieg in die dynamische Gebäudesimulation ermöglicht. Das Programm deckt im Besonderen den Anwendungsbereich des thermischen Verhaltens von Gebäuden mit grossen Solargewinnen oder internen Lasten ab und erlaubt die Untersuchung des Nutzenergiebedarfs für Heizen und Kühlen und des thermischen Komforts. Das Programm eignet sich für die Aus- und Weiterbildung von Ingenieuren und Architekten (z.B. Kurse EN-Bau) und für den praktischen Einsatz bei der Planung von Energieeffizienten Bauten mit hohem thermischem Komfort. In der Handhabung unterscheidet sich der Aufwand für die Dateneingabe nicht von einem stationären Bilanzverfahren wie z.B. SIA 380/1.

* EPBD: Richtlinie 2002/91/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2002 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Energy Performance of Buildings Directive)

Referenzen

- [1] Th. Frank: **Programmbeschrieb HELIOS-1 „Dynamisches Simulationsmodell zur Erfassung des thermischen Verhaltens von Gebäuden unter Berücksichtigung der Kurz- und Langwelligen Strahlungsvorgänge“**, NF-Projekt Nr. 4.089-076.04, EMPA Dübendorf, 1982
- [2] Th. Frank, **Benutzerhandbuch HELIOS-PC**, BEW Projekt Nr. 2620, EMPA Dübendorf, 1992
- [3] EN ISO 10211-1, **Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Part 1: General calculation methods**, CEN Brussels 1995
- [4] Th. Frank, S. Carl, Th. Nussbaumer, **Thermische und optische Eigenschaften von Verglasungen (Glasdatenbank GLAD)**, BFE-Projekt Nr. 2483, 1995
- [5] EN ISO 13370, **Thermal performance of buildings – Heat transfer via the ground – Calculation method**, CEN Brussels 1998
- [6] EN ISO 13786, **Thermal performance of buildings – Dynamic thermal characteristics – Calculation method**, CEN Brussels 1999
- [7] EN 12524, **Building materials and products – Hygrothermal properties – Tabulated design values**, CEN Brussels 2000
- [8] SZFF Doku 31.03, **Wärme- und Sonnenschutz für Fenster- und Fenstersysteme**, Dietikon 2000
- [9] ISO 15099, **Thermal performance of windows, doors and shading devices – Detailed calculations**, ISO Geneva 2003
- [10] H. Simmler, **Messung und Simulation von transparenten Bauteilen mit Sonnenschutz (IEA SHC Task 27)**, Schlussbericht BFE Projekt Nr. 37227, EMPA Dübendorf 2004
- [11] EN 13363-2, **Solar protection devices combined with glazing – Calculation of total solar energy and light transmittance. Part 2: Detailed calculation method**, CEN Brussels 2005
- [12] **SIA Merkblatt 2001 Wärmedämmstoffe, Deklarierte Werte der Wärmeleitfähigkeit der Hersteller**, SIA Zürich 2005
- [13] P.A. Favarolo, H. Manz, **Temperature-driven single-sided ventilation through a large rectangular opening**, Building and Environment 40 (2005) 689-699
- [14] H. Simmler, **Solar building components and integrated assemblies – Case study 1: Solar shading devices**, Final Project Report IEA Task 27, EMPA Dübendorf 2006
- [15] P. Loutzenhiser, H. Manz, **Empirische Validierung von Gebäudesimulationsprogrammen**, Schlussbericht BFE-Projekt Nr. 100'765, EMPA Dübendorf 2006
- [16] H. Manz, P. Loutzenhiser, Th. Frank, P.A. Strachan, R. Bundi, G. Maxwell, **Series of experiments for empirical validation of solar gain modeling in building energy simulation codes – Experimental setup, test cell characterization, specifications and uncertainty analysis**, Building and Environment 41 (2006) 1784–1797
- [17] P. Loutzenhiser, H. Manz, C. Felsmann, P.A. Strachan, Th. Frank, G. Maxwell, **Empirical validation of models to compute solar irradiance on inclined surfaces for building energy simulation**, Solar Energy 2006 (in press)
- [18] P. Loutzenhiser, H. Manz, P.A. Strachan, C. Felsmann, Th. Frank, G. Maxwell, P. Oelhafen, **An Empirical Validation of Modeling Solar Gains Through a Glazing Unit Using Building Energy Simulation Programs**, HVAC&R Research Volume 12 (4), (2006) 1097-1116
- [19] Th. Frank, H. Simmler, H. Manz, S. Carl, B. Binder, **HELIOS-XP**, Tagungsband 14. Status Seminar “Energie- und Umweltforschung im Bauwesen”, Seiten 341-348, ETH Zürich September 2006
- [20] **Quick Reference Guide : HELIOS-XP**, EMPA Dübendorf 2006
- [21] **Programm Manual HELIOS-XP**, EMPA Dübendorf 2006 (in Bearbeitung)