



ANFORDERUNGEN AN BEHÖRDENTAUGLICHE DYNAMISCHE SIMULATIONSGRAMME

PROBLEMANALYSE UND EXEMPLARISCHER LÖSUNGSVORSCHLAG

Jahresbericht 2010

Autor und Koautoren	Thomas Frank
beauftragte Institution	EMPA Abteilung Bautechnologien
Adresse	Ueberlandstrasse 129, 8600 Dübendorf
Telefon, E-mail, Internetadresse	044 823 4176, thomas.frank@empa.ch , www.empa.ch
BFE Projekt-/Vertrag-Nummer	103 232 / 154 258
BFE-Projektleiter	Dr. Charles Filleux
Dauer des Projekts (von – bis)	1.10.2009 – 31.12.2010
Datum	15.12.2010

ZUSAMMENFASSUNG

Mit dynamischen Simulationsprogrammen kann eine verbesserte integrale Planung des Gebäudes erreicht werden, welche im Besonderen den Einbezug solarer Gewinnsysteme, die genaue Berücksichtigung der Speichermasse und deren Bewirtschaftung, den Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes, die Dimensionierung der HLK-Systeme und den Einsatz alternativer Energiesysteme ermöglicht. Das Anforderungsprofil an behördentaugliche EDV-Programme der EnFK deckt zur Zeit nur die Rechenmethode nach SIA 380/1 mit dem Monatsbilanzverfahren ab. Für dynamische Gebäudesimulationsmodelle ist deshalb ein analoges und erweitertes Anforderungsprofil erforderlich.

In einem ersten Arbeitspaket wurden die Klimadaten vom SIA Merkblatt 2028, die Monatswerte und die Stundenverte "DRY normal" der Stationen Zürich-MeteoSchweiz, Davos und Lugano, welche für die Berechnungen eingesetzt werden, miteinander verglichen. Bei den Monatsmittelwerten sind Abweichungen von bis zu $\pm 1.2\text{K}$ vorhanden, beim Jahresmittelwert reduziert sich der Wert auf $\pm 0.2\text{K}$. Bei den Monatswerten der Globalstrahlung liegen die Abweichungen meistens im Bereich von $\pm 10\%$, bei den Jahressummen bei $\pm 2\%$.

Als zweites Arbeitspaket wurde anhand zweier Gebäudebeispiele aus dem Wohnungsbau ein Vergleich der Rechenresultate dynamischer Simulationen mit denjenigen von SIA 380/1 durchgeführt. Mit einer konsistenten Erfassung der Gebäude- und Konstruktionsdaten wurde vorerst eine einheitliche Basis für den Rechenvergleich gelegt. Das Spektrum der Wärmedämmniveaus der Gebäude reichte dabei vom Altbau Baujahr 1950 mit dem 30 cm Mauerwerk bis zum Neubau 2010 mit Grenz- bzw. Zielwerten nach SIA 380/1. Der durchgeführte Vergleich hat gezeigt, dass sich die Abweichungen beim ermittelten Jahres-Heizwärmeverbrauch in einem Band von ca. 5-10% bewegen.

Mit dem Einsatz einer Begleitgruppe aus Vertretern der Behörden (EnFK, BFE), verschiedener SIA-Arbeitsgruppen, der MINERGIE Agentur, der Bauindustrie und der Forschung wird eine enge Koordination und Abstimmung der Arbeiten mit bereits laufenden Projekten angestrebt.

Es ist geplant, die Projektarbeiten bis Mitte 2011 abschliessen zu können.

Projektziele

Beim Einsatz dynamischer Gebäudesimulationsprogramme stellt sich die Frage, wie weit deren Resultate mit den Ergebnissen von SIA 380/1[1], dem stationären Monatsbilanzverfahren, übereinstimmen. Um dies abzuklären ist es erforderlich, konsistente Gebäude Daten und Randbedingungen festzulegen und eine detaillierte Analyse der verwendeten Rechenverfahren durchzuführen um Abweichungen bei den Resultaten verstehen zu können. Die Nachvollziehbarkeit des Rechenganges steht dabei im Vordergrund. Um dies zu erreichen sind Anforderungsprofile an die Eingabedaten (Randbedingungen) und normierte Report-Formate erforderlich. Auf diesem Weg soll künftig auch eine Zertifizierung der dynamischen Programme für behördliche Energienachweise ermöglicht werden. Im Projekt wurden im abgelaufenen Jahr folgende Teilziele verfolgt:

Erstellung von **Testbeispielen von Gebäuden** mit unterschiedlicher Bauweise und ausgewählter Standardnutzung. Durchführung erster **Simulationen** mit dem dynamischen Programm HELIOS [8] und Vergleich der Rechenresultate mit den Ergebnissen von SIA 380/1:2009 [1].

Festlegung der **Nutzungs-, Betriebs- und Klimadaten** (Stunden-Jahresdaten) basierend auf der Norm SIA 380/1 [1], dem SIA Merkblatt 2024 [5] (Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik) und dem SIA Merkblatt 2028 [4] (Klimadaten für die Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik).

Vergleich und Analyse der Resultate zum Jahres-Heizwärmebedarf Q_h .

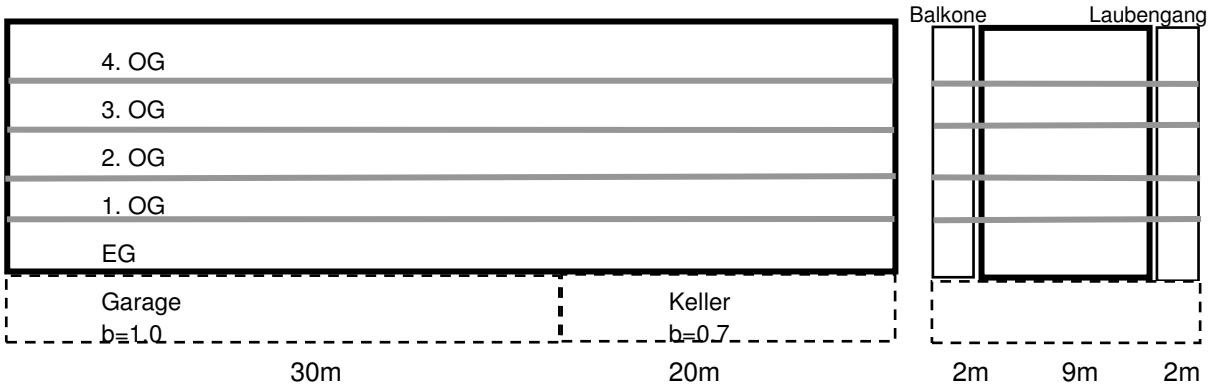
Durchgeführte Arbeiten und erreichte Ergebnisse

Es wurden zwei **Testbeispiele von Wohnbauten** mit unterschiedlicher Gebäudehüllzahl, ein Einfamilien- und ein Mehrfamilienhaus definiert und dokumentiert [7]. Figur 1 zeigt das Einfamilienhaus mit 2 beheizten Geschossen und einem unbeheizten Untergeschoss (Garage, Keller). Für das Gebäude wurden verschiedene Dämmstandards untersucht (Altbau 1950 mit 30 cm Mauerwerk, Sanierung der Fenster und der Fassade, Neubau mit Dämmstandard 2010, Massivbau- und Leichtbauweise mit unterschiedlichem Glasanteil $f_g=0.2, 0.4, 0.6, 0.75$).

		EFH	MFH
OG	$V \text{ m}^3$	756.0	6300
EG	$A_E \text{ m}^2$	216.0	2250
	$A_{th} \text{ m}^2$	477.6	2498
b=0.7	A_{th} / A_E	2.21	1.11

Figur 1: Querschnitt vom Gebäudebeispiel Einfamilienhaus EFH ($L \times B \times H: 12m \times 9m \times 7m$)

In Figur 2 ist das Mehrfamilienhaus mit 5 beheizten Geschossen, einem unbeheizten Untergeschoss mit Garage und Keller dargestellt. Das MFH-Gebäude verfügt über Balkone und einen Laubengang.



Figur 2: Querschnitt vom Gebäudebeispiel Mehrfamilienhaus MFH ($L \times B \times H: 50m \times 9m \times 14m$)

Für jede Gebäudevariante wurden die Flächenangaben zur Gebäudehülle, die genauen Fensterabmessungen und die Beschattungsfaktoren pro Fassade tabellarisch in Anlehnung an das bestehende EnFK-Anforderungsprofil [6] zusammengestellt. Für die **internen Wärmelasten** (Personen und elektrische Geräte) wurden die in Tabelle 1 und 2 dargestellten Tagesgangprofile gemäss SIA Merkblatt 2024 [5] verwendet, das Niveau der Lasten wurde den Standardnutzungswerten von SIA 380/1 [1] angepasst, die dabei verwendeten Zahlenwert sind in Tabelle 3 zusammengestellt.

1 - 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22 - 24
1	0.8	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.8	0.6	0.4	0.4	0.6	0.8	0.8	0.8	0.8	1

Tabelle 1: Tagesgangprofil der Personenbelegung für die Raumnutzung Wohnen/Schlafen

1 - 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0.1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	0.1

Tabelle 2: Tagesgangprofil der elektrischen Geräte für die Raumnutzung Wohnen/Schlafen

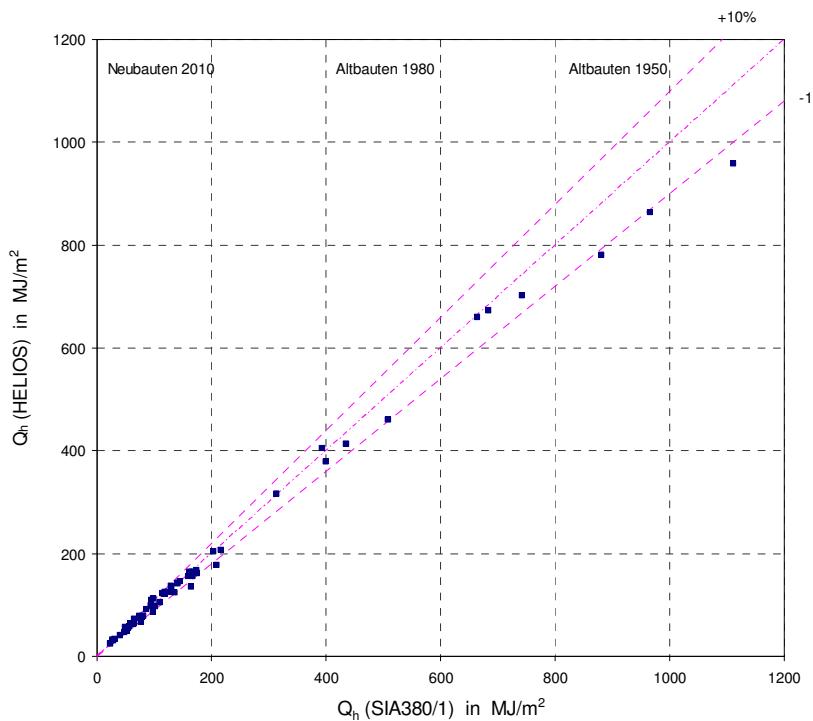
Nutzung	Lastart	Jahreswert	Leistung / Energiebezugsfläche
Wohnen EFH	Personen	$Q_{i,P} = 18.4 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,P} = 0.76923 \text{ W/m}^2$
	elektr. Geräte	$f_{El} \cdot Q_{i,El} = 56.0 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,El} = 3.35574 \text{ W/m}^2$
Wohnen MFH	Personen	$Q_{i,P} = 27.6 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,P} = 1.15385 \text{ W/m}^2$
	elektr. Geräte	$f_{El} \cdot Q_{i,El} = 70.0 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,El} = 4.19468 \text{ W/m}^2$

Tabelle 3: Interne Wärmelasten für die Raumnutzung Wohnen/Schlafen nach SIA 380/1

Als **Klimastationen** wurden Zürich-MeteoSchweiz, Davos und Lugano gewählt. Da die im SIA Merkblatt 2028 [4] vorliegenden Monatswerte (20-Jahresmittel) und das Design Referenz Jahr "DRY normal" in Stundenschritten (unkorrigierter, mittlerer Monat aus der 20-jährigen Beobachtungsperiode) eine unterschiedliche Datenbasis aufweisen, musste vorerst geklärt werden, wie gross die Abweichung bei den Temperatur- und Globalstrahlungsdaten ausfallen.

Das in der Norm SIA 380/1 [1] verwendete **Monatsbilanzverfahren** basiert auf der internationalen Norm EN ISO 13790 [2]. Die Methode wurde im Rahmen des europäischen Projektes PASSYS [3] entwickelt und validiert. Die bei der Entwicklung verwendeten Annahmen gilt es zu berücksichtigen, wenn hier an dieser Stelle ein Vergleich mit einem dynamischen Rechenverfahren durchgeführt werden soll. Die Bestimmung des Heizwärmeverbedarfs Q_h erfolgt auf der Bilanzierung der Wärmeverluste und der nutzbaren Wärmegewinne. Der im vorliegenden Verfahren verwendete **Ausnutzungsgrad** berücksichtigt dabei, dass die Wärmegewinne zu einem Anstieg der Raumtemperatur bis auf maximal 25 °C führen dürfen, je nach Gewinn/Verlust-Situation und dem Wärmespeicherwert C des Gebäudes. In der Norm SIA 380/1 wurde die Wärmespeicherfähigkeit pro Energiebezugsfläche vereinfachend in vier Kategorien unterteilt (Bauweise schwer, mittel, leicht und sehr leicht), d.h. C/A_E von 0.5, 0.3, 0.1 und 0.05 in $\text{MJ}/(\text{m}^2\text{K})$. Mit dem **dynamischen Rechenmodell HELIOS** werden Wärmebilanzen in Stundenschritten erstellt, wobei der aktuelle Verlauf der Raumtemperatur sowie der Ladezustand der im Gebäude gespeicherten Wärme ermittelt werden. Für den Vergleich der beiden Rechenverfahren wurde davon ausgegangen, dass ein Anstieg der Raumtemperatur bis 25 °C zulässig ist, anschliessend werden die überschüssigen Wärmegewinne abgeführt (z.B. durch intensives Lüften oder durch Kühlung).

In Figur 3 sind die **Resultate der beiden Rechenmethoden** für alle durchgeführten Rechenfälle einander gegenübergestellt. Grundsätzlich kann man feststellen, dass die beiden Rechenverfahren für beide Gebäudetypen EFH und MFH, für alle 3 Klimastandorte und alle untersuchten Wärmedämmstandards eine Übereinstimmung der Resultate innerhalb eines Bereichs von ca. ± 10% aufweisen.



Figur 3: Vergleich des mit den beiden Rechenverfahren ermittelten Jahres Heizwärmebedarfs Q_h

Neben dem Vergleich des Heizwärmebedarfs Q_h kann auch ein Vergleich der Wärmeverluste durchgeführt werden, wobei den Wärmeverlusten Q_{tot} vom dynamischen Verfahren HELIOS die Wärmeverluste der Monatsbilanzmethode zuzüglich die nicht nutzbaren Wärmegewinne, d.h. $Q_{tot} + (1 - n_g) \cdot Q_g$, gegenüber gestellt werden müssen.

Nationale Zusammenarbeit

Im Vordergrund steht die Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG) der HSLU, welche die Programmentwicklung und Validierung für das SIA Tool TEC 382 durchführt sowie mit der Industrie-Forschungsgruppe „Bauphysik“ des Ziegelverbandes. Auf Seiten Vollzug wird die Zusammenarbeit mit der MINERGIE-Agentur Bau und der Konferenz Kantonaler Energiefachstellen, vertreten durch das AWEL, über die eingesetzte Begleitgruppe sichergestellt.

Bewertung 2010 und Ausblick 2011

Die Arbeiten haben bei der Aufbereitung der Fallbeispiele und den Simulationen eine Verzögerung erfahren, der Abschluss des Projektes ist auf Mitte 2011 vorgesehen. Als nächster Schritt wird ein Beispiel eines Bürogebäudes aufbereitet für den Rechenvergleich. Anschliessend wird der Anforderungskatalog mit den Testfällen erstellt und in der Begleitgruppe diskutiert.

Referenzen

- [1] Thermische Energie im Hochbau, SIA Norm 380/1, Zürich 2009.
- [2] Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung, EN ISO 13790, CEN Brüssel 2008.
- [3] Development of Simplified Design Tools, PASSYS-II Research Report of the Subgroup Simplified Design Tools, Contract JOUE-CT90-0022, Brussels 1993.
- [4] Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik, SIA Merkblatt 2028 Zürich 2010.
- [5] Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik, SIA Merkblatt 2024, Zürich 2006.
- [6] Anforderungsprofil an behördentaugliche EDV-Programme für den Nachweis gemäss Norm SIA 380/1, Version 1.1, Ausgabe 19.05.2010, EnFK Arbeitsgruppe MuKEN, AWEL Zürich 2010.
- [7] Th. Frank, Gebäudebeschreibung EFH und MFH für die Berechnung des Heizwärmebedarfs, internes Arbeitsdokument, EMPA Dübendorf (2010).
- [8] Th. Frank et al., Quick Reference Guide zum Programm HELIOS-XP, EMPA Dübendorf (2006).