



Schlussbericht 30. Juni 2011

Anforderungen an behördentaugliche dynamische Simulationsprogramme

Problemanalyse und exemplarischer
Lösungsvorschlag

Auftraggeber:

Bundesamt für Energie BFE
Forschungsprogramm Energie in Gebäuden
CH-3003 Bern
www.bfe.admin.ch

Kofinanzierung:

Empa, CH-8600 Dübendorf
HSLU, CH-6048 Horw

Auftragnehmer:

Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa
Abteilung Bautechnologien
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
www.empa.ch

Hochschule Luzern - Technik & Architektur
Zentrum für Integrale Gebäudetechnik (ZIG)
Technikumsstrasse 21
CH-6048 Horw
www.hslu.ch

Autor:

Thomas Frank, Empa, thomas.frank@empa.ch

Begleitgruppe:

Reto Gadola, HSLU, reto.gadola@hslu.ch
Prof. G. Zweifel, HSLU, gerhard.zweifel@hslu.ch
Dr. A. Queisser, P+F, andreas.queisser@pfsursee.ch
Flavio Foradini, E4tech, flavio.foradini@E4tech.com
Dr. Martin Lenzlinger, SIA 380/1, martin.lenzlinger@bluewin.ch
Christoph Gmür, AWEL/EnFK, christoph.gmuer@bd.zh.ch
Heinrich Huber, MINERGIE, heinrich.huber@minergie.ch
Olivier Meile, BFE, olivier.meile@bfe.admin.ch
Dr. Andreas Witzig, Velasolaris, andreas.witzig@velasolaris.com

BFE-Bereichsleiter: Andreas Eckmanns

BFE-Programmleiter: Charles Filleux

BFE-Vertrags- und Projektnummer: 154258 / 103232

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

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	4
Résumé.....	4
Abstract.....	4
1 Ausgangslage	5
2 Zielsetzung.....	8
3 Ergebnisse	9
3.1 Gebäudedaten	9
3.2 Klimadaten.....	12
3.3 Nutzungsbedingungen.....	15
3.4 Heizwärmebedarfsberechnungen.....	16
3.5 Anforderungsprofil	21
4 Schlussfolgerungen	23
5 Symbolverzeichnis	24
6 Referenzen.....	26
7 Anhang.....	27
7.1 Klimadaten.....	27
7.2 Bauteildaten	33
7.3 Testgebäude A1	39
7.4 Testgebäude A2	41
7.5 Testgebäude B	44
7.6 Testgebäude C	50
7.7 Reportformat.....	54

Zusammenfassung

Das Projekt verfolgte das Ziel, Grundlagen zur Vergleichbarkeit der Rechenresultate dynamischer Gebäudesimulationsprogramme mit den Resultaten der quasi-stationären Berechnungsmethode von SIA 380/1 zu erstellen. Zu diesem Zweck wurden 11 Testfälle von Gebäuden aufbereitet und der Heizwärmebedarf an den Klimastandorten Zürich-SMA, Davos und Lugano nach dem Verfahren von SIA 380/1 ermittelt. Mit dem dynamischen Gebäudesimulationsprogramm HELIOS wurden an denselben Testfällen Berechnungen des Heizwärmebedarfs durchgeführt und ein Vergleich der Rechengebnisse durchgeführt. Dieser zeigt, dass die maximale Abweichung in einem Bereich von $\pm 10\%$ liegt, was teilweise auf die unterschiedliche Basis der Klimadatensätze zurück zu führen ist.

Bei der Analyse des quasi-stationären Rechenverfahrens von SIA 380/1 wurde festgestellt, dass bei der verwendeten Ausnutzungsfunktion der Wärmegewinne ein grosser Unterschied zwischen Wohn- und Nichtwohnbauten besteht, welcher in der neuen Norm EN ISO 13790, Ausgabe 2008, nicht mehr vorhanden ist. Bei einer nächsten Überarbeitung der SIA 380/1 müsste deshalb geprüft werden, ob an dieser national zulässigen Abweichung festgehalten werden soll.

Die erstellten Unterlagen beinhalten zudem einen Vorschlag, wie die Resultate von dynamischen Gebäudesimulationsprogrammen für einen Vergleich mit SIA 380/1 dargestellt werden sollten.

Résumé

Le projet a visé la fixation des bases pour la comparaison entre les résultats de programmes de simulation dynamique de bâtiment et ceux de la méthode de calcul quasi stationnaire fixée par la norme SIA 380/1. À cet effet, 11 cas de test de bâtiments ont été traités, et les besoins de chaleur pour le chauffage dans les régions climatiques de Zurich (SMA), Davos ainsi que Lugano ont fait l'objet de calculs sur la base de la norme SIA 380/1. Le programme de simulation dynamique de bâtiment HELIOS a permis de déterminer le besoin de chaleur pour le chauffage de ces mêmes cas de test ainsi que d'effectuer une comparaison des résultats. Il en est ressorti que la divergence maximale se situe dans une zone de $\pm 10\%$, ce qui est en partie imputable à la base différente des ensembles de données climatiques.

Au niveau de la formule de taux d'utilisation des apports de chaleur, l'analyse de la méthode de calcul quasi stationnaire de SIA 380/1 a affiché une grande différence entre bâtiments résidentiels et non résidentiels, qui ne figure plus dans la nouvelle norme EN ISO13790 (édition 2008). Par-tant, lors de la prochaine révision de la norme SIA 380/1, il faudra considérer le maintien ou la suppression de cette divergence, agréée au niveau national.

Les documents établis contiennent en outre une suggestion de représentation des résultats de programmes de simulation dynamique de bâtiment en vue d'une comparaison avec la norme SIA 380/1.

Abstract

The aim of the project was to elaborate the basis for the comparability of the results from dynamic building simulation programs with results from the quasi-steady state calculation method given in SIA 380/1. For this purpose 11 test cases of buildings have been worked up and the heating energy use has been calculated according to SIA 380/1 for the climatic locations of Zürich-SMA, Davos and Lugano. With the dynamic building simulation program HELIOS, the heating energy use was calculated for the same cases and a comparison of the results has been carried out. It shows that the maximum deviation is in the range of $\pm 10\%$, which is partly due to the fact, that the basis of the climatic data sets is different.

The analysis of the quasi-steady state calculation method of SIA 380/1 showed, that the used function for the heat gain utilization factor gives quite large differences for residential and non residential buildings, which is not any more the case in the new Standard EN ISO 13790, edition 2008. In a next revision of SIA 380/1 it has to be checked if this national accepted deviation shall be kept.

The elaborated basis includes a proposal, how the results of dynamic building energy calculations shall be reported for a comparison with SIA 380/1.

1 Ausgangslage

In der Praxis werden heute im Planungsstadium vermehrt dynamische Gebäudesimulationsprogramme zur Energiebedarfsanalyse, zur thermischen Optimierung der Gebäudehülle und zur Dimensionierung der Haustechnikanlage eingesetzt. Häufig steht auch die Überprüfung der thermischen Komfortbedingungen im Fokus der Untersuchungen. Tabelle 1 vermittelt einen Überblick der wichtigsten im Einsatz stehenden dynamischen Simulationsprogramme in alphabetischer Reihenfolge. Darunter befinden sich sowohl grössere Programmpakete, welche über die letzten 25 Jahre laufend weiterentwickelt wurden als auch neuere Programme mit teilweise vereinfachten Lösungsansätzen. Wieweit sind nun die Ergebnisse solcher dynamischen Rechenprogramme mit denjenigen von SIA 380/1 vergleichbar? Um diese Frage beantworten zu können, müssen vorerst die eingesetzten Rechenansätze und verwendeten Randbedingungen näher betrachtet werden.

Programmbezeichnung	Institution
bSol	Fachhochschule Westschweiz HES-SO, Sitten (CH)
CAPSOL	PHYSIBEL, Maldegem (B)
DOE-2	J. J. Hirsch & Associates / University of California LBLN (USA)
dyAna	ARinnotech, Herisau (CH)
EnergyPlus	DOE / University of Illinois / University of California LBNL (USA)
Energy Design Guide I + II	ETH Zürich (CH)
ESP-r	University of Strathclyde, Glasgow (UK)
HELIOS-XP	EMPA Dübendorf (CH)
IDA ICE	EQUA Solutions AG, Knonau (CH)
LESOSAI 7.1	E4tech Software SA, Lausanne (CH)
SIA-TEC	SIA Zürich (CH)
TRNSYS	University of Wisconsin Madison (USA), TRANSSOLAR Energietechnik GmbH (D)

Tabelle 1: Übersicht der heute im Einsatz stehenden dynamischen Gebäudesimulationsprogramme

Beim **quasi-stationären** Rechenverfahren der Norm SIA 380/1 [1] wird der jährliche Heizwärmebedarf auf Grund der Monatsbilanzen der Wärmeverluste abzüglich der nutzbaren Wärmegewinne gemäss Gleichung (1) ermittelt. Der Ausnutzungsgrad η_g berücksichtigt dabei das dynamische Verhalten des Gebäudes. Er trägt der Tatsache Rechnung, dass in Abhängigkeit der Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes eine Erwärmung über die Raum-Solltemperatur bis zu einer oberen zulässigen Grenztemperatur stattfinden darf und die überschüssigen Wärmegewinne abgeführt werden. Das verwendete Rechenverfahren basiert auf der Norm EN ISO 13790 [20]. Im Rahmen der EU-Projekte PASSYS-I [26] und PASSYS-II [27] wurde das Verfahren entwickelt und validiert.

$$Q_h = \Sigma [Q_T + Q_V - \eta_g (Q_i + Q_s)] \quad (1)$$

Q_h	Heizwärmebedarf in MJ/m ²
Q_T	Transmissionswärmeverlust in MJ/m ²
Q_V	Lüftungwärmeverlust in MJ/m ²
Q_i	interne Wärmegewinne in MJ/m ²
Q_s	solare Wärmegewinne in MJ/m ²
η_g	Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne
	$\eta_g = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ wenn $\gamma \neq 1$
	$\eta_g = a / (a + 1)$ wenn $\gamma = 1$
	$a = a_0 + (\tau / \tau_0)$
γ	Wärmegewinn/-verlust-Verhältnis $\gamma = (Q_i + Q_s) / (Q_T + Q_V)$
τ	Zeitkonstante des Gebäudes in h
a_0	numerischer Parameter
τ_0	Referenzzeitkonstante in h

Die Funktion für den Ausnutzungsgrad η_g der Wärmegewinne, d.h. die Parameter a_0 und τ_0 wurden dabei mit Hilfe des dynamischen Simulationsprogramms ESP-r [28] über Regressionsanalysen ermittelt. In Tabelle 2 sind die Werte aus den Normen SIA380/1 und EN ISO13790 angegeben.

Norm	Gebäude- bzw. Nutzungsart	a_0	τ_0 in h
SIA 380/1 (2009)	dauernd benutzte Gebäude: Wohnen EFH/MFH, Spitäler	1.0	15
	tagsüber benutzte Gebäude: Verwaltung, Schulen, etc.	0.8	70
EN ISO 13790 (2008)	alle Bauten und Nutzungsarten	1.0	15

Tabelle 2: Parameter zur Bestimmung des Ausnutzungsgrads für Wärmegewinne

Die Wärmeverluste infolge Transmission und Lüftung werden bezüglich der Temperaturdifferenz des Sollwertes der Raumtemperatur $\theta_{o,soll}$ und der Monats-Aussentemperatur θ_e ermittelt.

$$Q_T = H_T \cdot (\theta_{o,soll} - \theta_e) \cdot t_c \cdot 86400 / A_E / 10^6 \quad (2)$$

$$Q_V = H_V \cdot (\theta_{o,soll} - \theta_e) \cdot t_c \cdot 86400 / A_E / 10^6 \quad (3)$$

H_T	Transmissionswärmetransferkoeffizient in W/K
H_V	Lüftungswärmetransferkoeffizient in W/K
$\theta_{o,soll}$	Sollwert der Raumtemperatur (durch die Heizung geregelt) in °C
θ_e	Aussentemperatur in °C
t_c	Länge der Rechenperiode in d
A_E	Energiebezugsfläche in m ²

Bei einem **dynamischen** Rechenverfahren werden die Wärmebilanzen über kurze Zeitperioden (typischerweise eine Stunde) berechnet, wobei die in der Gebäudemasse gespeicherte und aus dieser wieder freigesetzte Wärme rechnerisch berücksichtigt wird. Im Gegensatz zum stationären Rechenansatz wird zu jedem Zeitschritt die sich einstellende Raumtemperatur $\theta_{o,ist}$ ermittelt. Somit entfällt die Verwendung eines Ausnutzungsgrades in der Wärmebilanzgleichung (4).

$$Q_{h,dyn} = \Sigma [Q_{T,dyn} + Q_{V,dyn} - (Q_i + Q_s)] \quad (4)$$

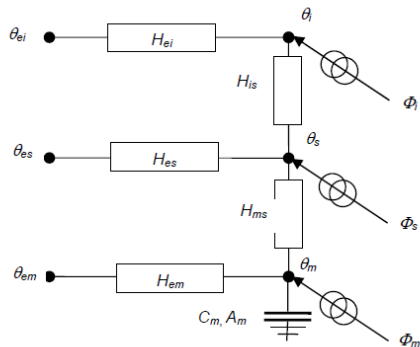
$Q_{h,dyn}$	Dynamisch berechneter Heizwärmebedarf in MJ/m ²
$Q_{T,dyn}$	Dynamisch berechnete Transmissionswärmeverluste in MJ/m ² unter Berücksichtigung des Speichervermögens aller Bauteile und bezüglich der variablen Ist-Raumtemperatur $\theta_{o,ist}$
$Q_{V,dyn}$	Dynamisch berechnete Lüftungswärmeverluste in MJ/m ² unter Berücksichtigung der variablen Ist-Raumtemperatur $\theta_{o,ist}$
Q_i	interne Wärmegewinne in MJ/m ² unter Berücksichtigung eines Tagesgangprofils
Q_s	solare Wärmegewinne in MJ/m ² unter Berücksichtigung des Sonnenstandes

Unter der Voraussetzung, dass die Wärmegewinne bei beiden Rechenverfahren gleich gross sind, ergibt sich zu Kontrollzwecken folgender Zusammenhang bei den Wärmeverlustsummen Transmission und Lüftung zwischen dem dynamischen und dem quasi-stationären Rechenverfahren:

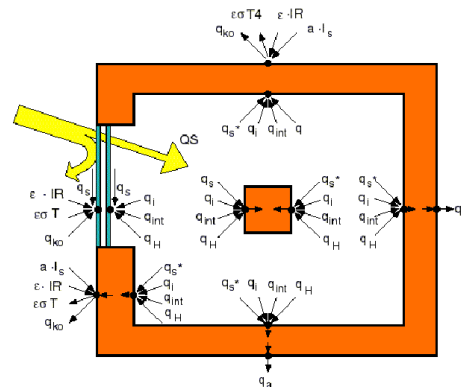
$$\Sigma [Q_{T,dyn} + Q_{V,dyn}] = \Sigma [Q_T + Q_V + (1 - \eta_g) \cdot (Q_i + Q_s)] \quad (5)$$

Bei den dynamischen Rechenverfahren gelangen Modellansätze unterschiedlicher Komplexität zur

Anwendung. In Figur 1 ist das vereinfachte 3-Knotenmodell aus der EN ISO 13790 dargestellt, welches in der neuen Norm SIA 382/2 [3] verwendet, im SIA Merkblatt 2044 [4] im Detail beschrieben und als PC-Rechenprogramm SIA TEC-Tool [5] abgegeben wird. Die Masse des Raumes wird in einem Knoten mit der Massentemperatur θ_m zusammengefasst, die Innenoberflächen in einem Knoten mit der Strahlungstemperatur θ_s und die Raumluft in einem Knoten mit der Raumlufttemperatur θ_i dargestellt. Figur 2 zeigt das Beispiel des detaillierten Bilanzmodells von HELIOS [29], welches in ähnlicher Weise auch in den Rechenprogrammen EnergyPlus, ESP-r und TRNSYS zur Anwendung gelangt. Die Wärmebilanzen an den Einzelbauteilen werden zu einem Gesamtwärmebilanzgleichungssystem des Gebäudes zusammengefasst. Damit stehen Informationen zu den Oberflächentemperaturen und Wärmeströmen an allen Bauteilen zur Verfügung.



Figur 1: Vereinfachtes Modell EN ISO 13790



Figur 2: Detailliertes Bilanzmodell HELIOS

Die dynamischen Rechenverfahren benötigen eine Festlegung zur Art der Wärmeabgabe der zugeführten Wärme des Heizungssystems, der internen Wärmegewinne und der solaren Wärmegewinne durch Fensterflächen (Aufteilung in konvektive und radiative Anteile). Dies bedeutet beim vereinfachten Modell die Aufteilung auf die 3 Knoten, beim detaillierten Modell eine Aufteilung auf alle Bauteiloberflächen (dargestellt als Wärmeströme q_{int} , q_s , q_H) und die Raumluft. Ein weiterer Unterschied im Rechenverfahren kann bei der Behandlung der solaren Wärmegewinne an Aussenoberflächen sowie beim Strahlungsverlust an den klaren Himmel festgestellt werden. Während bei SIA380/1 diese Effekte vernachlässigt werden, werden sie beim vereinfachten ISO-Modell mit einer sog. Strahlungslufttemperatur oder mit einer wirksamen Kollektorfläche berücksichtigt. Beim detaillierten Modell wird jeder Effekt einzeln erfasst und in die Bilanzgleichung des Gesamtsystems Gebäude eingebunden. Hier gilt es abzuklären, wie stark sich diese Punkte auf das Rechenresultat von Q_h auswirken werden.

Die Resultate von dynamischen Rechenprogrammen sind mit denjenigen von SIA 380/1, dem quasi-stationären Verfahren, nur dann vergleichbar, wenn die verwendeten Aussenklimadaten (Temperatur und Strahlung), die Wärmeeinträge (interne und solare Wärmegewinne), der Gesamtwärmetransferkoeffizient H des Gebäudes und die der Ausnutzungsfunktion zu Grunde gelegte Randbedingungen (zulässiges Temperaturband) gleich sind. Es ist deshalb von grosser Bedeutung, dass die Nachvollziehbarkeit des Rechenganges durch eine lückenlose Protokollierung der verwendeten Inputdaten, der Randbedingungen und der Outputdaten gewährleistet wird.

Damit die Ergebnisse von dynamischen Programmen für den behördlichen Energienachweis nach SIA 380/1 verwendet werden können, ist die Erstellung eines speziellen Anforderungsprofils für diese Art von Rechenverfahren notwendig. Es wird ein analoges Vorgehen mit Testbeispielen und Formatvorlagen wie beim bestehenden Anforderungsprofil für SIA 380/1-Programme [23] angestrebt.

Als Alternative steht es den Anbietern von dynamischen Simulationsprogrammen schon heute auch offen, in ihren EDV-Programmen den Rechengang mit der Monatsbilanzmethode nach SIA 380/1 direkt einzubauen und die Resultate separat zur dynamischen Berechnung auszuweisen.

2 Zielsetzung

Es sind die Bedingungen festzulegen, welche notwendig sind, damit die Ergebnisse dynamischer Gebäudesimulationsprogramme mit den Resultaten des quasi-stationären Monatsbilanzverfahrens von SIA 380/1 vergleichbar sind. Um dies zu erreichen ist es erforderlich, konsistente Gebäudedaten und Randbedingungen festzulegen und eine detaillierte Analyse der verwendeten Rechenverfahren durchzuführen um mögliche Abweichungen bei den Resultaten erkennen und verstehen zu können. Die Nachvollziehbarkeit des Rechenganges steht dabei im Vordergrund. Hierzu sind Anforderungsprofile an die Eingabedaten (Gebäudedaten, Randbedingungen) und normierte Report-Formate erforderlich. Auf diesem Weg soll künftig auch eine Zertifizierung der dynamischen Programme für behördliche Energienachweise ermöglicht werden. Im Projekt werden folgende Teilziele verfolgt:

- Erstellung von **Testbeispielen von Gebäuden** mit unterschiedlicher Bauweise und ausgewählter Standardnutzung.
- Festlegung der **Nutzungs-, Betriebs- und Klimadaten** (Stunden-Jahresdaten) basierend auf der Norm SIA 380/1, dem SIA Merkblatt 2024 [6] (Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik) und dem SIA Merkblatt 2028 [7] (Klimadaten für die Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik).
- Durchführung von **Simulationen** mit dem dynamischen Programm HELIOS und Vergleich der Rechenresultate mit den Ergebnissen von SIA 380/1:2009.
- **Analyse** der Resultate zum Jahres-Heizwärmebedarf Q_h und quantifizieren der Grössenordnung der Unterschiede und der hierfür verantwortlichen Einflussfaktoren.
- Festlegung eines möglichen **Anforderungsprofils** für dynamische Simulationsprogramme, Definition der für die Überprüfung notwendigen Rechenfälle mit Vorgabe der Ergebnisse zum Heizwärmebedarf der SIA 380/1 Berechnungen.

Mit den erstellten Unterlagen soll der Hersteller eines dynamischen Simulationsprogramms in die Lage versetzt werden, einen Vergleich mit den Ergebnissen des Rechenverfahrens von SIA380/1 durchzuführen, basierend auf einheitlichen Randbedingungen mit vorgegebenen Testbeispielen.

Zum Projekt wird eine Begleitgruppe eingesetzt, welche sich aus den Akteuren der Bereiche Gebäudesimulation, Normierung, Industrie, Verwaltung und Gebäudelabels zusammensetzt. Damit soll sichergestellt werden, dass Informationen von und zu anderen laufenden Projekten berücksichtigt und damit Doppelspurigkeiten vermieden werden können.

Es muss betont werden, dass in diesem Projekt nur ein erster exemplarischer Lösungsvorschlag ausgearbeitet wird, welcher eine Standortbestimmung ermöglicht und als Basis für das weitere Vorgehen dienen soll. Da der Vollzug der behördlichen Energienachweise auf der Ebene der Kantone festgelegt wird, liegt die Entscheidungen für die Festlegung der Anforderungen für dynamische Gebäudesimulationsprogramme bei der Konferenz Kantonaler Energiefachstellen EnFK.

Die Projektarbeiten sollen zudem aufzeigen, wo gegebenenfalls ein Handlungsbedarfs für Anpassungen oder Ergänzungen bei der Norm SIA 380/1 besteht. Deren Revision wird demnächst gestartet.

3 Ergebnisse

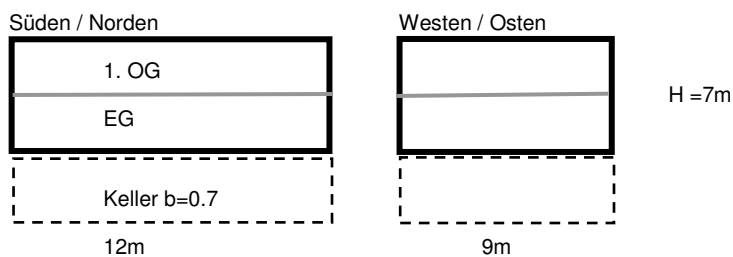
3.1 Gebäudedaten

Für die Untersuchungen wurden drei Gebäudetypen mit unterschiedlicher Gebäudehüllzahl definiert. Die Abmessungen der verwendeten Gebäudebeispiele sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Alle Gebäude weisen ein unbeheiztes Untergeschoss mit Garage oder Keller auf (vgl. Fig. 3-5). Detaillierte Angaben zur Gebäudehülle der Bauten sind in den Anhängen 7.3 bis 7.6 enthalten.

Kenngrosse	Testgebäude A	Testgebäude B	Testgebäude C
Länge x Breite x Höhe	12 m x 9 m x 7 m	50 m x 9 m x 14 m	36 m x 11 m x 10 m
Gebäudevolumen V	756 m ³	6300 m ³	3960 m ³
Energiebezugsfläche (EBF) A_E	216 m ²	2250 m ²	1188 m ²
Thermische Gebäudehüllfläche A_{th}	478 m ²	2498 m ²	1732 m ²
Gebäudehüllzahl A_{th} / A_E	2.21	1.11	1.46
Innentrennwandfläche A_{IW}	80 m ²	912 m ²	294 m ²
Innenbodenfläche A_{IF}	108 m ²	1800 m ²	792 m ²

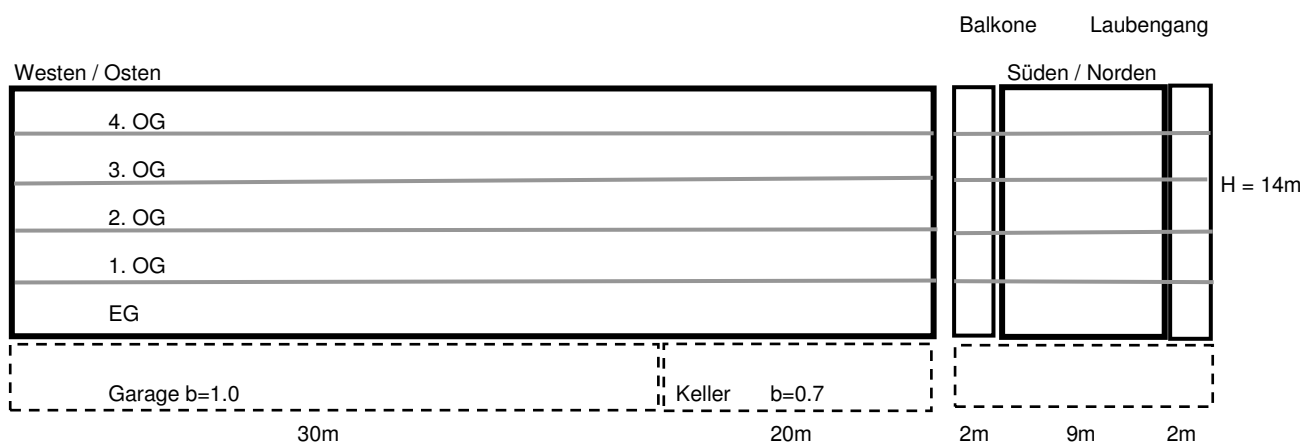
Tabelle 3: Dimensionen und Kennzahlen der verwendeten Testgebäude

- Testgebäude A (EFH)



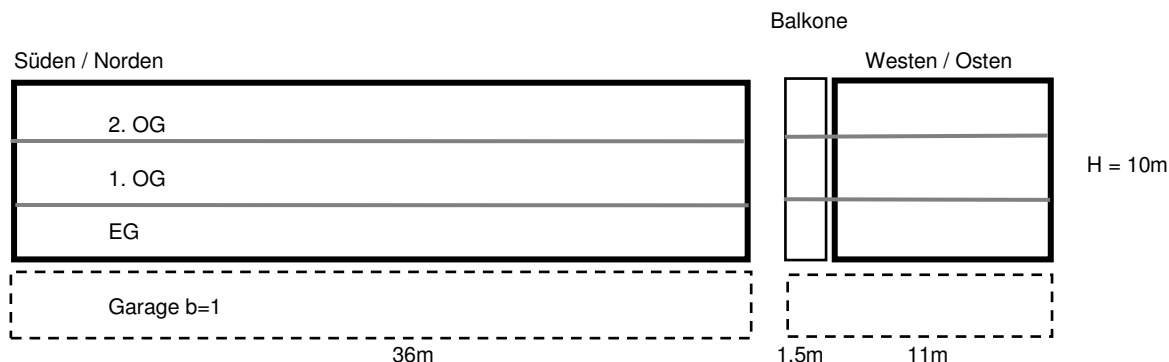
Figur 3: Querschnitte Testgebäude A und deren Abmessungen

- Testgebäude B (MFH / Verwaltung)



Figur 4: Querschnitte Testgebäude B und deren Abmessungen

- Testgebäude C (Verwaltung)



Figur 5: Querschnitte Testgebäude C und deren Abmessungen

- Konstruktionsdaten

Für die Untersuchung der generellen Anwendbarkeit der vereinfachten Monatsbilanzmethode im Vergleich zur dynamischen Berechnungsmethode wurden die in Tabelle 4 dargestellten Wärmedämmniveaus verwendet, welche Bauweisen aus den 50er-Jahren bis zum Passivhaus-Standard abdecken. Für die Testgebäude, welche im Anforderungsprofil in Abschnitt 3.5 verwendet werden, sind die in Tabelle 5 aufgeführten Konstruktionsvarianten aufgelistet. Für die SIA380/1 Berechnung werden als thermische Eigenschaften der Wärmedurchgangskoeffizient U und die flächenbezogene wirksame Wärmekapazität κ benötigt. Für die Ermittlung dieser Kennwerte sind die verschiedenen SIA-Normen [8],[9],[10],[12],[13],[14],[17] zu berücksichtigen. Für die Ermittlung der Wärmespeicherkapazität steht zudem ein SIA-Tool [18] zur Verfügung. Der detaillierte Schichtaufbau der Konstruktionen, wie er üblicherweise für die dynamischen Simulationsprogramme benötigt wird, ist in Anhang 7.2 zusammengestellt.

Wärmedämmniveau	Wärmedurchgangskoeffizient U in $W/(m^2K)$			
	Dach	Wand	Fenster	Boden
Baujahr 1950, 30 cm Einsteinmauerwerk	0.6	1.2	2.4	0.6
Baujahr 1980, Mauerwerk mit Wärmedämmung	0.4	0.4	2.4	0.4
Baujahr 1980, nur Fenster saniert	0.4	0.4	0.9	0.4
Baujahr 1980, Fenster, Dach und Boden saniert	0.1	0.4	0.9	0.1
Neubau 2010 (Dämmniveau 1)	0.2	0.2	1.5	0.3
Neubau 2010 (Dämmniveau 2)	0.2	0.2	0.9	0.2
Neubau 2010 (Dämmniveau 3)	0.1	0.1	0.6	0.1

Tabelle 4: Für die Vorabklärungen verwendete Wärmedämmniveaus der Gebäudehülle

Die Berechnung der Fenster U -Werte erfolgt pro Fenster und Fassade des Gebäudes und wird gemäss EnFK-Merkblatt [24], basierend auf den einschlägigen EN-Normen [15][16], durchgeführt. Die Angaben für die vier Testbauten sind in den Anhängen 7.3-7.6 in den Angaben zur Gebäudehülle der Testbauten enthalten. Die Art der Darstellung wurde dem EnFK-Dokument [23] bzw. dem Fenster-Tool [25] entnommen.

Die Abminderung der solaren Wärmegewinne durch Fensterflächen infolge Fensterrahmen und Verschattungselemente wird mit konstanten Reduktionsfaktoren gemäss SIA 380/1 berücksichtigt. Pro Fassade wird ein mittlerer Gesamtreduktionsfaktor ermittelt, welcher in der stationären und in der dynamischen Methode zur Anwendung gelangt. Die verwendeten Werte sind in den Gebäude-datenblättern in den Anhängen 7.3 bis 7.6 angegeben.

Code	Beschreibung	U W/(m ² K)	κ_i kJ/(m ² K)	κ_e kJ/(m ² K)
DA1	Flachdach massiv, Kiesabdeckung	0.20	260.1	149.5
DA2	Flachdach leicht, Kiesabdeckung	0.20	34.9	121.7
DA3	Flachdach massiv, Akustikplatten	0.20	59.6	153.1
DA4	Flachdach leicht, Humusabdeckung	0.15	37.0	210.6
DA5	Flachdach massiv, Kiesabdeckung	0.15	283.1	149.8
AW1	Verbandmauerwerk mit AWD	0.20	90.7	11.1
AW2	Holzständerwand hinterlüftet	0.20	32.3	26.1
AW3	Klinker-Sichtmauerwerk 2-schalig	0.20	92.6	127.8
AW4	Holzständerwand hinterlüftet	0.15	31.4	28.7
AW5	Klinker-Sichtmauerwerk 2-schalig	0.15	92.3	127.8
BO1	Betondecke EG, Parkett	0.20	100.1	6.0
BO2	Betondecke EG, Parkett	0.20	103.7	8.8
BO3	Betondecke EG, Teppich	0.20	53.0	9.3
BO4	Betondecke EG, Teppich	0.15	47.5	295.4
BO5	Betondecke EG, Keramikplatten	0.15	118.2	8.9
BO6	Betondecke EG, Parkett	0.15	90.9	8.9
IW1	Backsteinwand verputzt	1.70	79.0	79.0
IW2	Leichtbauwand mit 25mm Gipsfaserplatten, verputzt	0.47	44.3	44.3
IW3	Schallschutz-Trennwand massiv, 2-schalig	0.60	110.4	95.4
IW4	Leichtbauwand mit 12.5mm Gipskartonplatten	0.38	12.2	12.2
DE1	Geschossdecke massiv, Parkett	0.70	105.2	261.2
DE2	Geschossdecke leicht, Parkett	0.21	41.2	18.8
DE3	Geschossdecke massiv, Parkett	0.59	102.9	239.1
DE4	Geschossdecke massiv, Akustikplatten, Teppich	0.49	52.1	57.8
DE5	Geschossdecke massiv, Akustikplatten, Parkett	0.53	101.2	58.1
DE6	Geschossdecke leicht, Teppich	0.17	47.4	30.6
DE7	Geschossdecke massiv, Teppich	0.56	53.9	271.3
DE8	Geschossdecke massiv, Parkett	0.61	91.1	273.3

Tabelle 5: Codierung der Bauteilkonstruktionen und Angabe der thermischen Eigenschaften

Die Berücksichtigung der Wärmebrücken ist beim Energienachweis zwingend erforderlich. Die hierfür verwendeten Kennwerte sind in Anhang 7.2 sowie in den Gebäudedatenblättern enthalten. Dynamische Gebäudesimulationsprogramme berücksichtigen den Zusatzwärmeverlust von Wärmebrücken in der Regel ebenfalls mit einem stationären Verlustkoeffizienten.

Die Wärmeverluste von Bauteilen gegen unbeheizte Zonen oder gegen das Erdreich werden in SIA 380/1 mit einem Reduktionsfaktor b abgemindert. Bei dynamischen Berechnungsmethoden erfolgt diese Abminderung über eine entsprechende Anpassung des Wärmeübergangskoeffizienten h_e .

3.2 Klimadaten

Die Untersuchungen wurden mit drei typischen Klimasituationen, nördliches Mittelland (Zürich), alpine Zone (Davos) und Alpensüdseite (Lugano) durchgeführt. Von den Standorten Zürich-SMA, Davos und Lugano liegen im SIA Merkblatt 2028 [7] sowohl "Monatswerte" als auch Stundenwerte für das Design Referenzjahr "DRY normal" vor. Die Datensätze weisen, bedingt durch die verschiedenen verwendeten Beobachtungszeiträume, Unterschiede auf, deren Grössenordnung im Folgenden in den Tabellen 6 und 7 dargestellt wird.

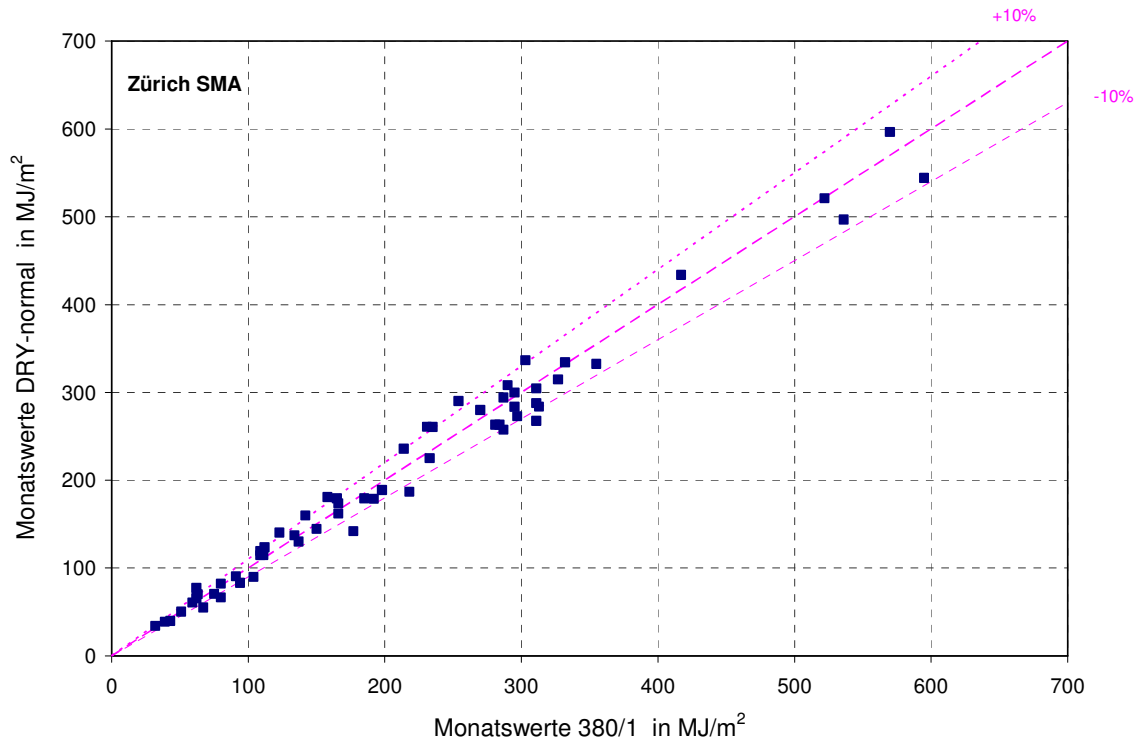
Monat	Zürich SMA			Davos			Lugano		
	$\theta_{a,e}$ (Monat)	$\theta_{a,e}$ (DRY)	Differenz	$\theta_{a,e}$ (Monat)	$\theta_{a,e}$ (DRY)	Differenz	$\theta_{a,e}$ (Monat)	$\theta_{a,e}$ (DRY)	Differenz
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
Jan	0.4	0.3	-0.1	-4.7	-3.6	1.1	3.3	3.6	0.3
Feb	1.6	1.5	-0.1	-4.2	-4.2	0.0	4.8	5.7	0.9
Mrz	5.5	5.5	0.0	-1.1	-2.3	-1.2	8.6	8.0	-0.6
Apr	8.4	8.5	0.1	1.8	2.3	0.5	11.3	11.4	0.1
Mai	13.4	12.6	-0.8	7.2	6.5	-0.7	15.8	15.9	0.1
Jun	16.2	17.3	1.1	9.9	10.5	0.6	19.3	19.7	0.4
Jul	18.4	18.4	0.0	12.3	12.4	0.1	22.0	21.7	-0.3
Aug	18.4	17.6	-0.8	12.3	12.2	-0.1	21.7	22.1	0.4
Sep	14	14.1	0.1	8.4	8.8	0.4	17.3	17.5	0.2
Okt	9.9	9.3	-0.6	5.1	5.0	-0.1	12.9	13.0	0.1
Nov	4.2	4.8	0.6	-0.7	-1.4	-0.7	7.8	8.4	0.6
Dez	1.8	1.6	-0.2	-3.4	-3.2	0.2	4.5	5.2	0.7
Jahr	9.4	9.3	-0.1	3.6	3.6	0.0	12.4	12.7	0.2

Tabelle 6: Vergleich der monatlichen Aussenlufttemperaturen gemäss SIA Merkblatt 2028

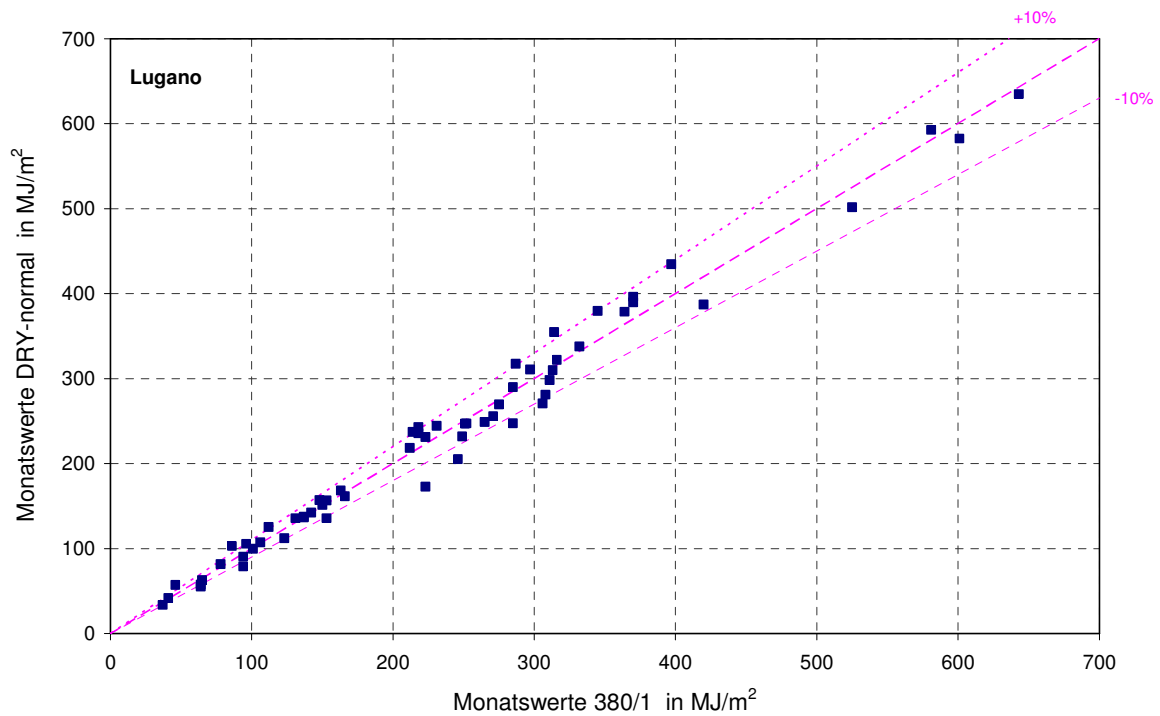
Station		Jahressummen Globalstrahlung		
		Monatswerte MJ/m ²	DRY-normal MJ/m ²	Differenz
Zürich SMA	G_{sH}	3978	3932	-1.2%
	G_{sS}	3058	3034	-0.8%
	G_{sE}	2185	2133	-2.4%
	G_{sW}	2338	2327	-0.5%
	G_{sN}	1150	1154	0.4%
Davos	G_{sH}	4793	4880	1.8%
	G_{sS}	4479	4558	1.8%
	G_{sE}	3048	3097	1.6%
	G_{sW}	2733	2800	2.4%
	G_{sN}	1533	1543	0.7%
Lugano	G_{sH}	4429	4418	-0.3%
	G_{sS}	3629	3643	0.4%
	G_{sE}	2292	2285	-0.3%
	G_{sW}	2495	2489	-0.2%
	G_{sN}	1158	1166	0.7%

Tabelle 7: Vergleich der Jahressummen der Globalstrahlung auf die Hauptorientierungen

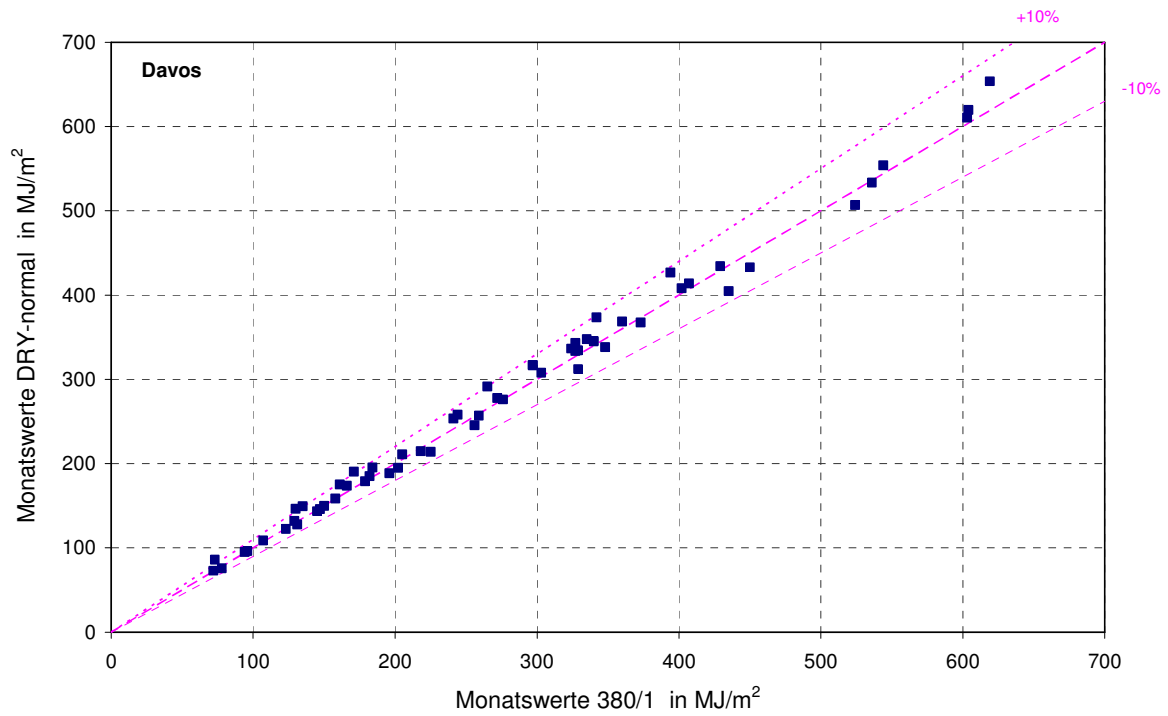
In den Figuren 6 bis 8 sind die Abweichungen bei den monatlichen Globalstrahlungsdaten auf alle Hauptorientierungen für die Stationen Zürich-SMA, Davos und Lugano dargestellt, die mit wenigen Ausnahmen im Bereich von $\pm 10\%$ liegen. Figur 9 zeigt jedoch, dass die Jahressummen praktisch identisch sind. Genauere Angaben zu den monatlichen Abweichungen sind in Anhang 7.1 zusammengestellt.



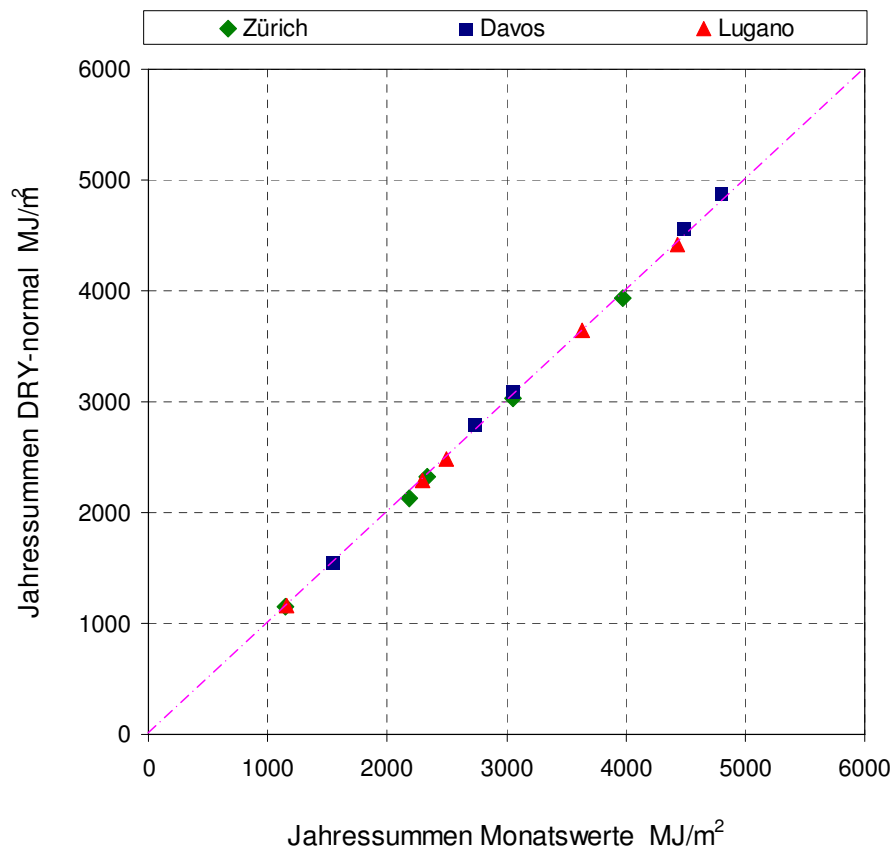
Figur 6: Gegenüberstellung der monatlichen Globalstrahlungswerte (G_H , G_E , G_S , G_W , G_N) von Zürich SMA



Figur 7: Gegenüberstellung der monatlichen Globalstrahlungswerte (G_H , G_E , G_S , G_W , G_N) von Lugano



Figur 8: Gegenüberstellung der monatlichen Globalstrahlungswerte (G_H , G_E , G_S , G_W , G_N) von Davos



Figur 9: Gegenüberstellung der jährlichen Globalstrahlungswerte (G_H , G_E , G_S , G_W , G_N)

3.3 Nutzungsbedingungen

Die verwendeten Nutzungsbedingungen sind in den Tabellen 8 bis 13 zusammengestellt und wurden derart angepasst, dass sie vollumfänglich den Jahreswerten von SIA 380/1 entsprechen.

SIA 380/1 Ziffer	Kenngrösse			Wohnen MFH	Wohnen EFH	Verwaltung
3.5.1.1	Raumtemperatur	θ_o	°C	20	20	20
3.5.1.2	Personenfläche	A_P	m ² /P	40	60	20
3.5.1.3	Wärmeabgabe pro Person	Q_P	W/P	70	70	80
3.5.1.4	Präsenzzeit pro Tag	t_P	h	12	12	6
3.5.1.5	Elektrizitätsverbrauch	Q_{EI}	MJ/m ²	100	80	80
3.5.1.6	Reduktionsfaktor Elektrizitätsbedarf	f_{EI}	–	0.7	0.7	0.9
3.5.1.7	Aussenluft-Volumenstrom	q_V/A_E	m ³ /h·m ²	0.7	0.7	0.7

Tabelle 8: Standardnutzungswerte der Kategorien MFH, EFH und Verwaltung nach SIA380/1 [1]

Nutzung	Lastart	Jahreswert	Leistung pro Energiebezugsfläche
Wohnen EFH	Personen	$Q_{i,P} = 18.4 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,P} = 0.76923 \text{ W/m}^2$
	elektr. Geräte	$f_{EI} \cdot Q_{i,EI} = 56.0 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,EI} = 3.35574 \text{ W/m}^2$
Wohnen MFH	Personen	$Q_{i,P} = 27.6 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,P} = 1.15385 \text{ W/m}^2$
	elektr. Geräte	$f_{EI} \cdot Q_{i,EI} = 70.0 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,EI} = 4.19468 \text{ W/m}^2$
Verwaltung	Personen	$Q_{i,P} = 31.5 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,P} = 5.59387 \text{ W/m}^2$
	elektr. Geräte	$f_{EI} \cdot Q_{i,EI} = 72.0 \text{ MJ/m}^2$	$q_{i,EI} = 9.28119 \text{ W/m}^2$

Tabelle 9: Interne Wärmelasten nach SIA 380/1 für die Nutzungen Wohnen EFH, MFH, Verwaltung

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 10: Tagesgangprofil der Personenbelegung für die Nutzung Wohnen/Schlafen EFH und MFH

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 11: Tagesgangprofil der elektrischen Geräte für die Nutzung Wohnen/Schlafen EFH / MFH

1 - 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22 - 24
0	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.8	0.4	0.6	0.8	0.8	0.4	0.2	0	0	0	0

Tabelle 12: Tagesgangprofil der Personenbelegung für die Nutzung Gruppenbüro an Wochentagen
(Wochenende: keine Personen anwesend, 1. Januar = Samstag)

1 - 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22 - 24
0.1	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	0.8	0.4	0.6	0.8	0.8	0.4	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1

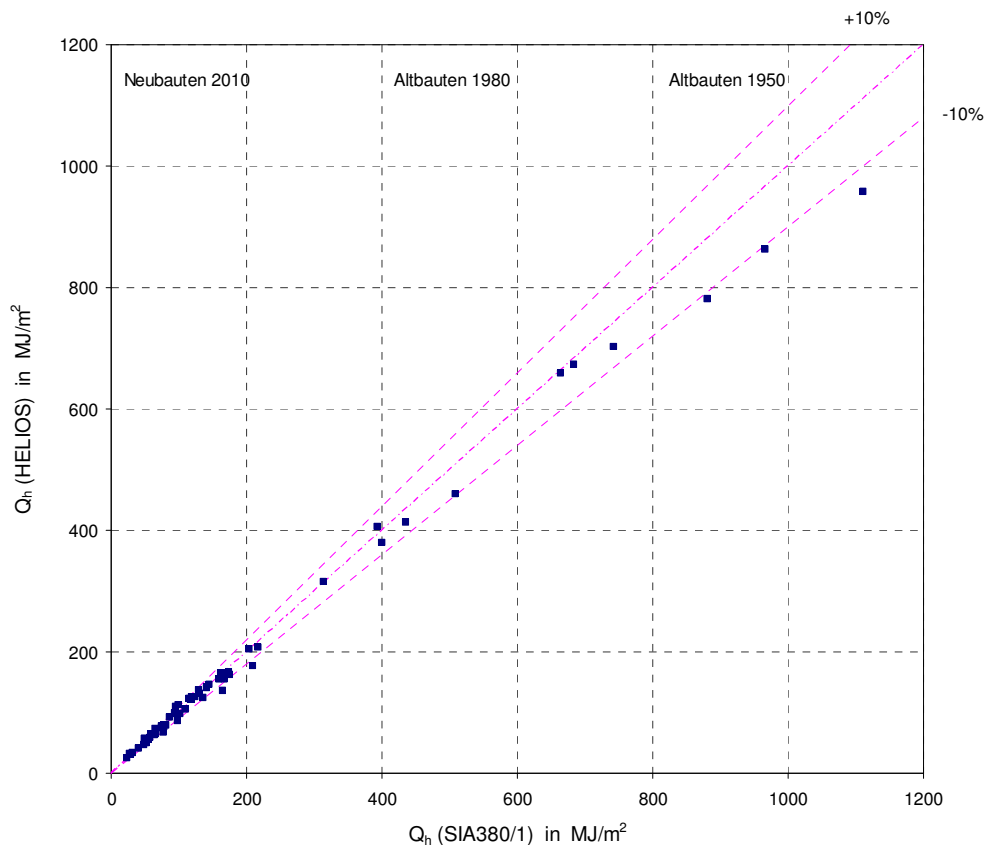
Tabelle 13: Tagesgangprofil der elektrischen Geräte für die Nutzung Gruppenbüro an Wochentagen
(Wochenende: 0.1, 1. Januar = Samstag)

3.4 Heizwärmebedarfsberechnungen

Die Berechnungen des Heizwärmebedarfs wurden mit dem quasi-stationäre Rechenverfahren von SIA 380/1 in Form einer Excel-Tabelle und dem dynamische Verfahren von HELIOS durchgeführt.

- Wohnbauten (EFH / MFH)

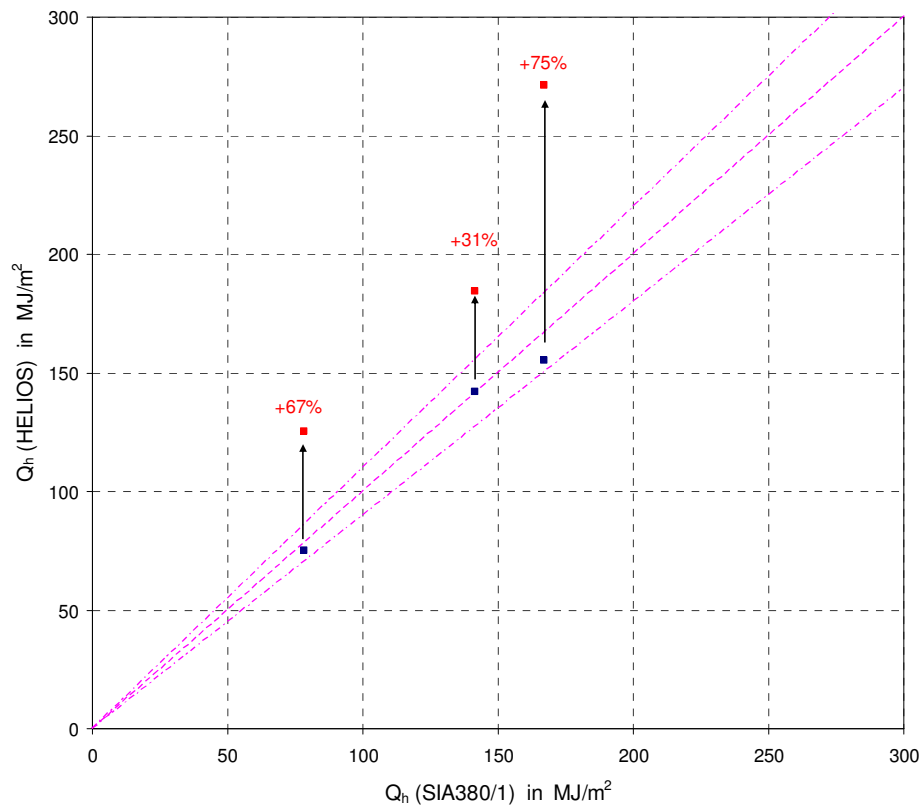
In einem ersten Schritt wurde der Anwendungsbereich der beiden Rechenverfahren für alle 3 Klimastationen überprüft. In Figur 10 sind die Rechenergebnisse am Beispiel der Testgebäude A und B für den ganzen Bereich der Wärmedämmstandards aufgezeigt. Die Abweichung von gegen 10% ist unter anderem auf die Berücksichtigung der Solarstrahlungsgewinne an opaken Bauteilen zurückzuführen. Dies ist bei den Altbauten deutlich erkennbar. Ansonsten ist eine gute Übereinstimmung der beiden Rechenverfahren erkennbar, wobei dies auch Gebäude mit hohem Glasanteil und unterschiedlichem Wärmespeicherfähigkeit berücksichtigt. Für Wohnbauten wurde ein zulässiges Raumtemperaturband von 20 - 25 °C angenommen, was den Angaben in den PASSYS-Forschungsberichten [26] und [27] entspricht. Es wird dabei keine Einsatz eines beweglichen Sonnenschutzes verwendet. Unterhalb von 25 °C werden alle Solargewinne durch Fensterflächen in der Wärmebilanz eingerechnet.



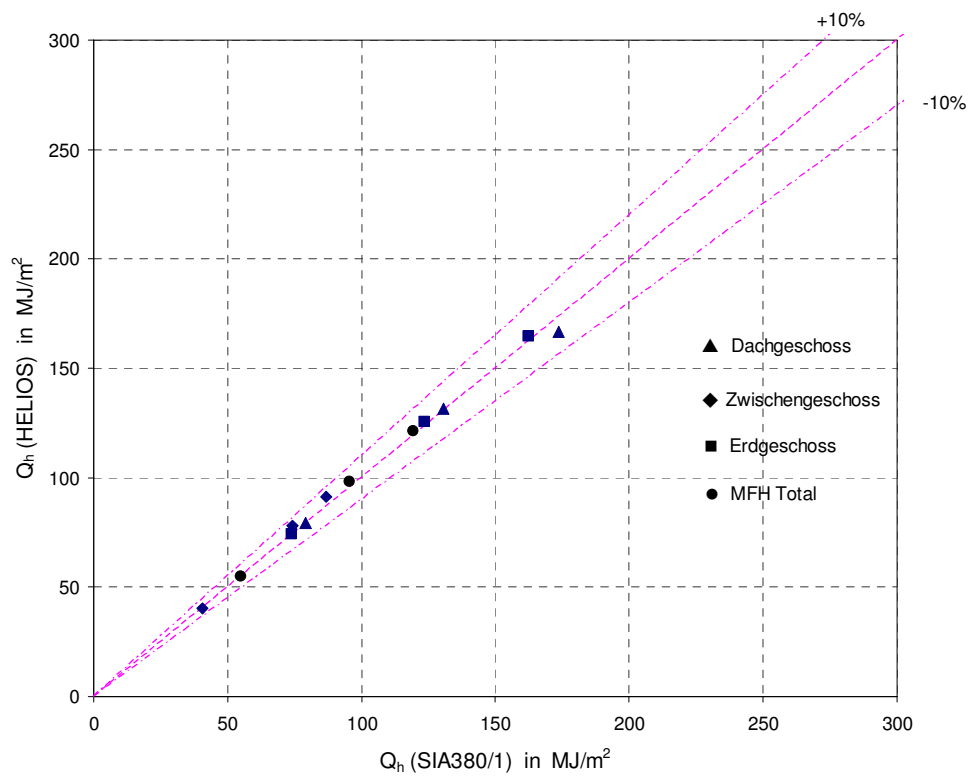
Figur 10: Vergleich des berechneten Heizwärmebedarfs für alle untersuchten EFH und MFH

Bei dynamischen Gebäudesimulationen wird häufig ein beweglicher, nach Strahlungsintensität gesteuerter Sonnenschutz angenommen. Figur 11 zeigt den Einfluss dieser Sonnenschutzmassnahme auf den Heizwärmebedarf am Beispiel des Testgebäudes A1 in Massivbauweise. Der dynamisch berechnete Bedarf steigt im Klima von Davos um 75%, im Klima von Zürich um 31% und im Klima von Lugano um 67% an. Die in SIA 380/1 verwendeten Randbedingungen stellen somit eine sehr optimistische Beurteilung der Strahlungsgewinne durch Fensterflächen dar.

Am Beispiel des Testgebäudes B wurde untersucht, wie weit eine Zonierung des Gebäudes das Rechenergebnis beeinflusst. Mit beiden Rechenverfahren wurde der Heizwärmebedarf sowohl für



Figur 11: Einfluss eines variablen Sonnenschutzes auf den Heizwärmebedarf (bei $I_s > 200 \text{ W/m}^2$)



Figur 12: Vergleich zonenweise Berechnung des Heizwärmebedarfs des MFH an den 3 Klimastandorten

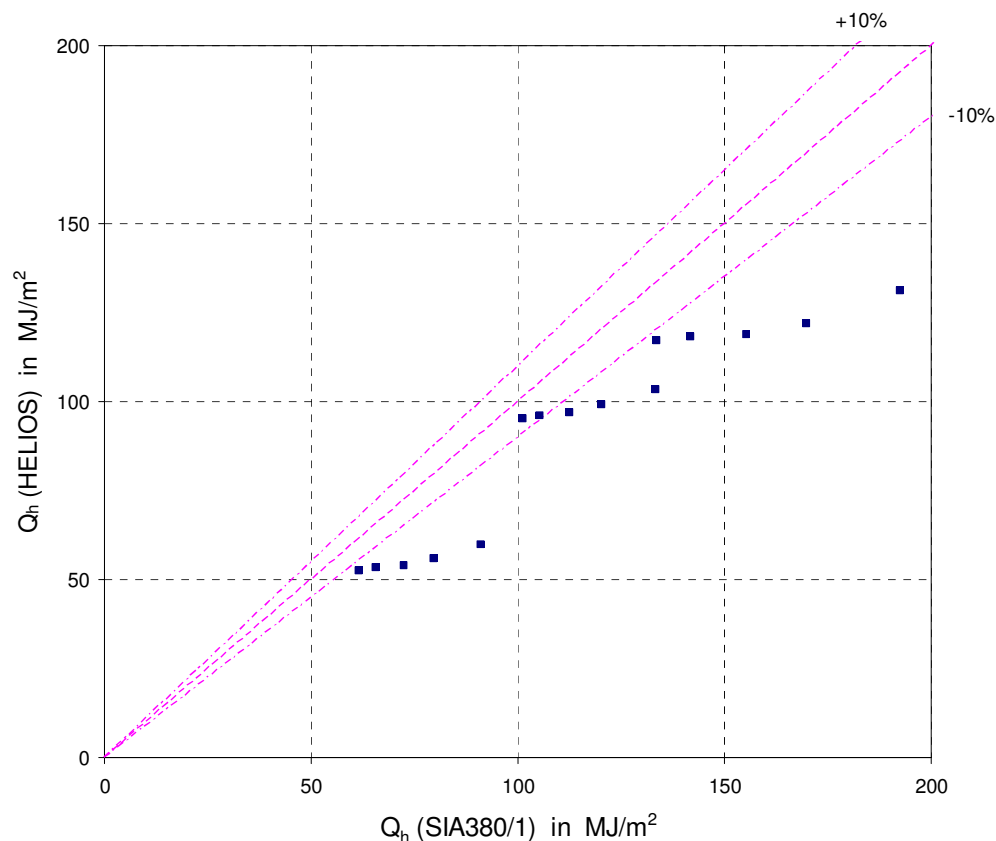
das ganze Gebäude als auch für eine Aufteilung in drei Zonen (EG, ZG, DG) berechnet. Die Ergebnisse sind in Figur 12 dargestellt. Mit beiden Verfahren wurden dieselben Ergebnisse für alle drei Klimastandorte bei einer zonenweisen Berechnung erzielt.

- Nicht Wohnbauten (Verwaltung)

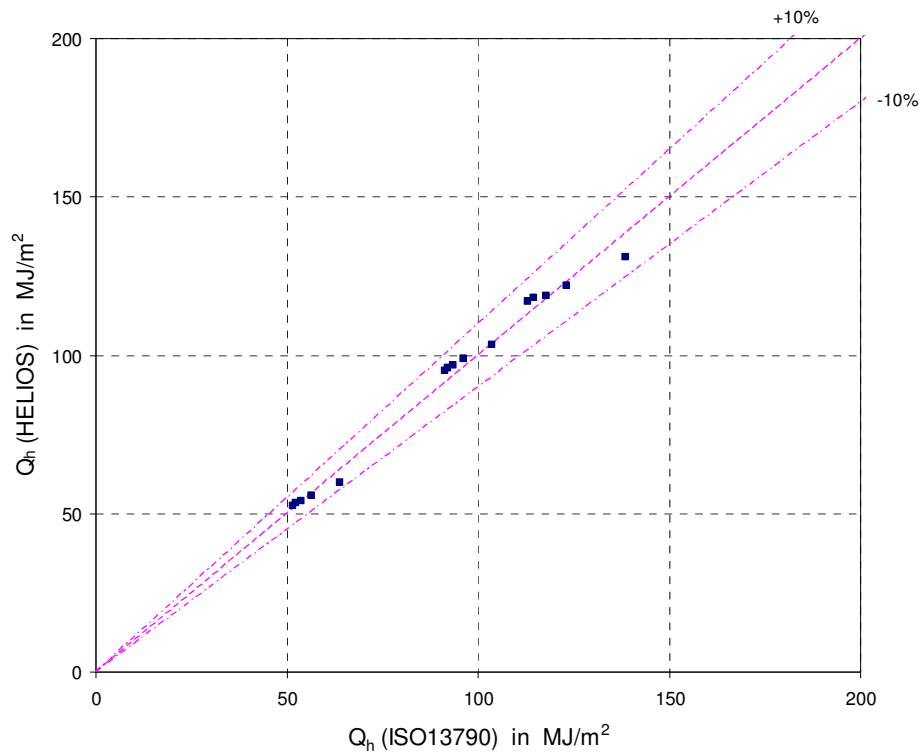
Die ersten Berechnungen am Testgebäude B mit der Nutzung Verwaltung wurden mit dem zulässigen Raumtemperaturband von 20 - 25 °C und den Parametern der Ausnutzungsfunktion gemäss SIA 380/1 durchgeführt. Wie in Figur 13 ersichtlich, weichen die Resultate der dynamischen Berechnung stark von den Ergebnissen von SIA 380/1 ab. Führt man die quasi-stationäre Berechnung mit den Parametern der Ausnutzungsfunktion gemäss ISO13790 durch, zeigt sich eine gute Übereinstimmung in Figur 14. Die Wahl des zulässigen Raumtemperaturbereichs spielt offensichtlich eine wichtige Rolle. Hierzu ist in Figur 15 dieser Einfluss genauer bei unterschiedlicher Wärmespeicherfähigkeit des Gebäudes und den drei Klimastationen untersucht worden. Je enger der zulässige Temperaturbereich gewählt wird, desto höher fallen die dynamisch berechneten Bedarfswerte aus. Dieses Bild zeigt sich in ähnlicher Form auch beim Testgebäude C. Um auf der sicheren Seite zu liegen, wurde ein enger zulässiger Raumtemperaturbereich von 20-21 °C für die Abbildung der Ausnutzungsfunktion gemäss SIA 380/1 für die Nutzung Verwaltung gewählt.

Figur 16 zeigt, dass mit dieser Annahme die in Figur 13 aufgetretenen Abweichungen verschwinden, die Resultate der dynamischen Berechnungen liegen im Toleranzbereich von 10%.

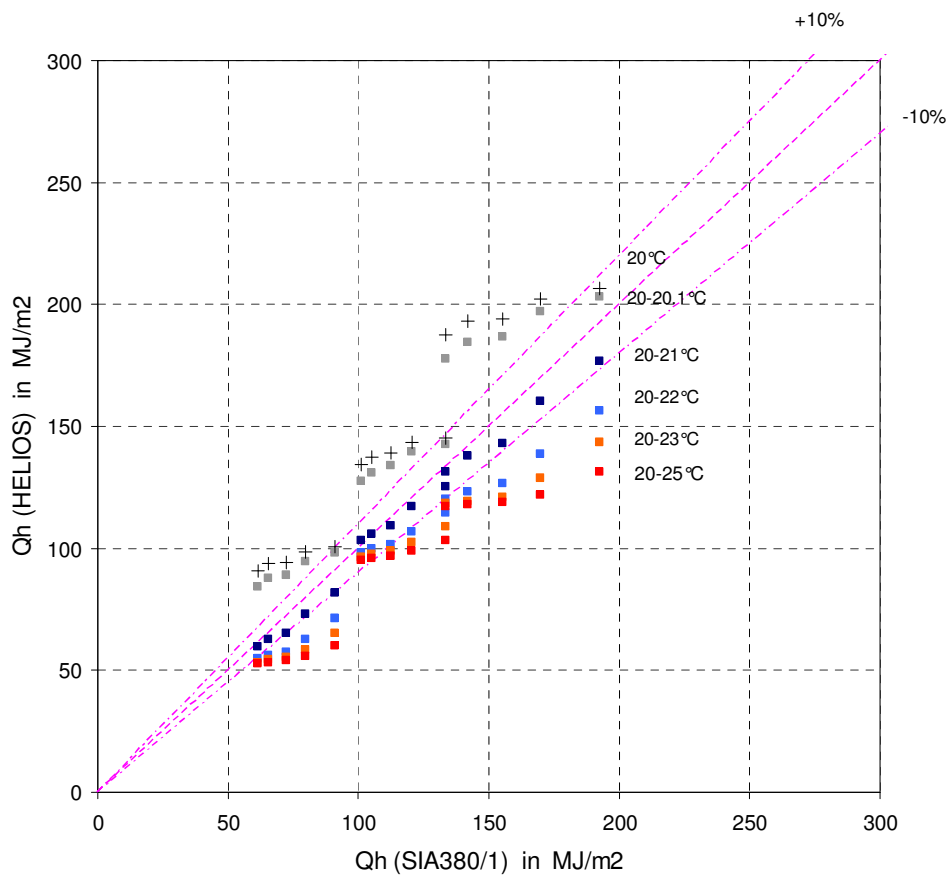
Die Ergebnisse mit der Ausnutzungsfunktion für Verwaltungsbauten unterscheiden sich somit stark von denjenigen mit der Ausnutzungsfunktion für Wohnbauten. In Figur 17 ist der Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit auf den Heizwärmebedarf für die beiden in SIA 380/1 unterschiedenen Nutzungen dargestellt. Während bei Wohnbauten eine sehr optimistische Nutzung der Wärmegevinne vorliegt, wird bei Verwaltungsbauten eine sehr pessimistische Nutzung angenommen.



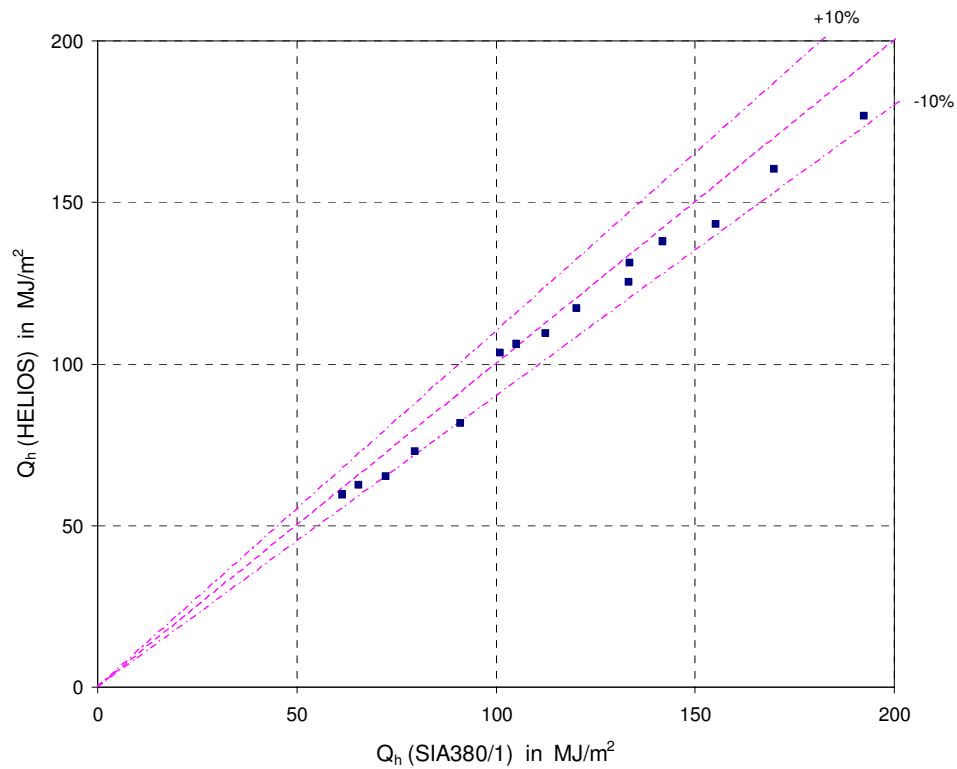
Figur 13: Vergleich des Heizwärmebedarfs für ein zulässiges Temperaturband von 20-25 °C



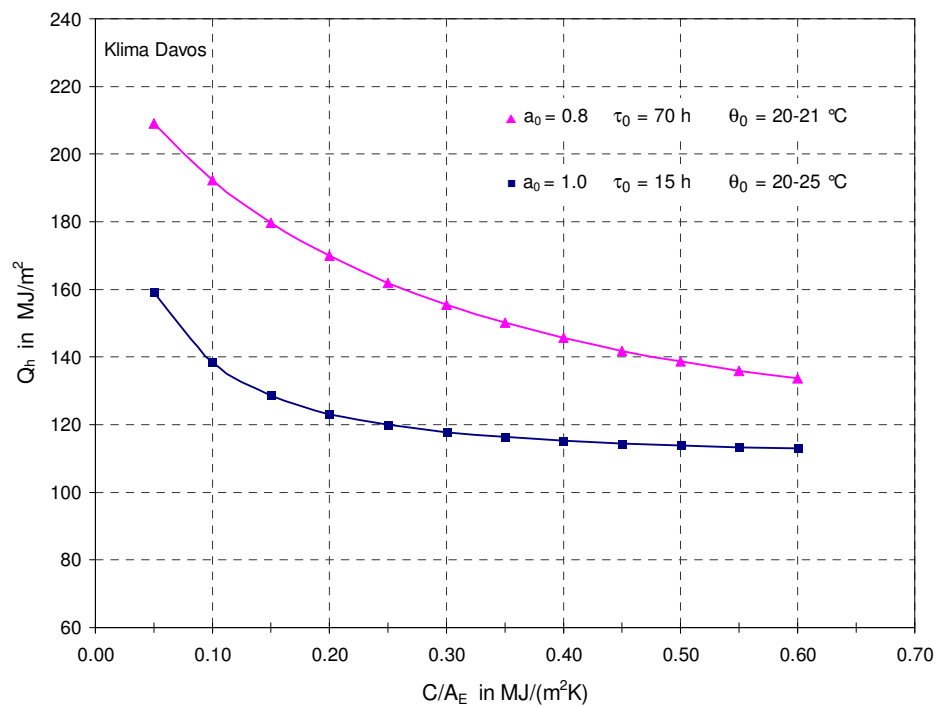
Figur 14: Vergleich des Heizwärmebedarfs für ein zulässiges Temperaturband von 20-25 °C



Figur 15: Einfluss des zulässigen Temperaturbands auf den Heizwärmebedarf nach SIA 380/1



Figur 16: Vergleich des Heizwärmebedarfs für ein zulässiges Temperaturband von 20-21 °C



Figur 17: Einfluss der Wärmespeicherefähigkeit auf den Heizwärmebedarf gemäss SIA 380/1

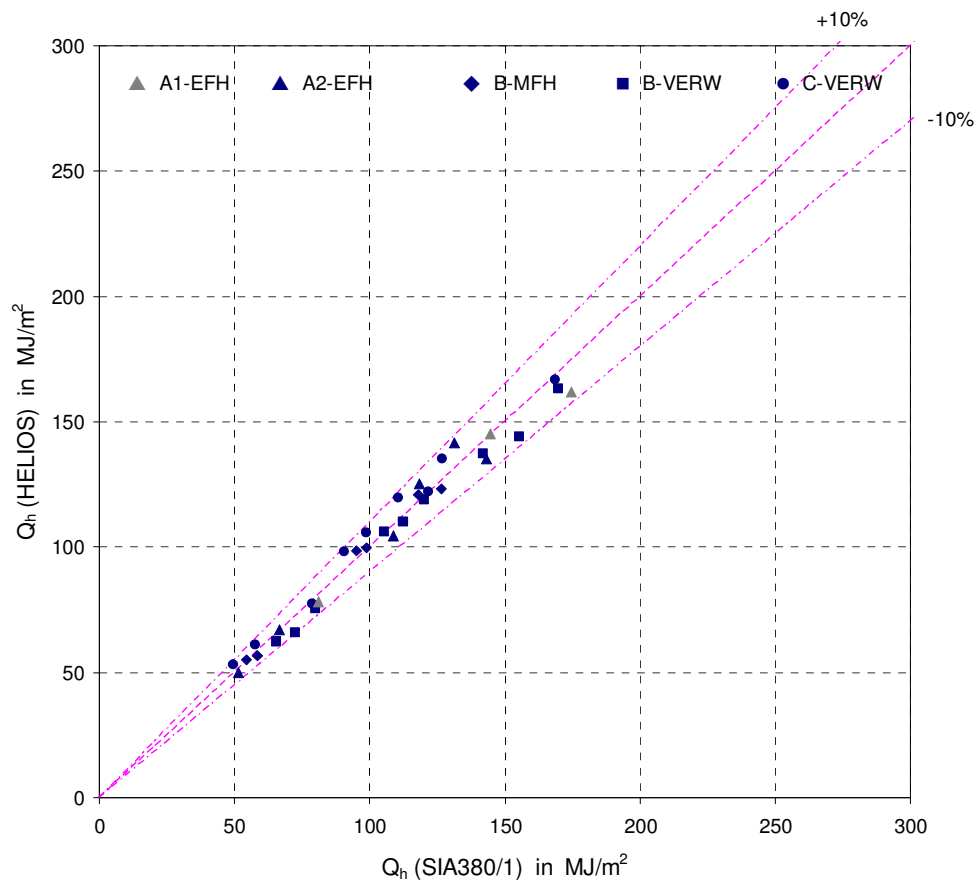
3.5 Anforderungsprofil

Für den Vergleich mit SIA380/1 werden 11 Tests an 3 Klimastandorten gemäss Tabelle 14 durchgeführt. Die Angaben zu den Testgebäuden sowie die Rechenergebnisse von SIA380/1 sind den Anhängen 7.3-7.6 zu entnehmen. Die verwendeten Konstruktionen sind in Anhang 7.2 im Detail mit ihren Schichtaufbauten und Baustoffkennwerten beschrieben. Die Ergebnisse der dynamischen Berechnungen sind analog Figur 18 und in Tabellenform gemäss Anhang 7.7 darzustellen.

Test- Nr.	Testgebäude	Nutzungs-Kat.	Klima	Glasanteil f_g	Dach	Wand	Verglasung	Rahmen	Boden	Innenwand	Geschossdecke	Wärmebrücken	C/A _E MJ/(m ² K)	H= H _T + H _V W/K	Q _h (380/1) MJ/m ²
01a	A1	EFH	ZH	20%	DA1	AW1	3IV	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.52	204	145
01b	A1	EFH	DAV	20%	DA1	AW1	3IV	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.52	198	175
01c	A1	EFH	LUG	20%	DA1	AW1	3IV	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.52	206	81
02a	A2	EFH	ZH	40%	DA1	AW1	3IV	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.51	216	118
02b	A2	EFH	DAV	40%	DA1	AW1	3IV	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.51	210	109
02c	A2	EFH	LUG	40%	DA1	AW1	3IV	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.51	218	52
03a	A2	EFH	ZH	40%	DA2	AW2	3IV	FR1	BO1	IW2	DE2	WB1	0.16	216	132
03b	A2	EFH	DAV	40%	DA2	AW2	3IV	FR1	BO1	IW2	DE2	WB1	0.16	210	143
03c	A2	EFH	LUG	40%	DA2	AW2	3IV	FR1	BO1	IW2	DE2	WB1	0.16	218	67
04a	B	MFH	ZH	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1669	95
04b	B	MFH	DAV	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1605	118
04c	B	MFH	LUG	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1686	54
05a	B	MFH	ZH	75%	DA3	AW3	3IV	FR2	BO3	IW1	DE4	WB2	0.21	1669	99
05b	B	MFH	DAV	75%	DA3	AW3	3IV	FR2	BO3	IW1	DE4	WB2	0.21	1605	126
05c	B	MFH	LUG	75%	DA3	AW3	3IV	FR2	BO3	IW1	DE4	WB2	0.21	1686	58
06a	B	VERW	ZH	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1669	105
06b	B	VERW	DAV	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1605	141
06c	B	VERW	LUG	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1686	65
07a	B	VERW	ZH	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO2	IW1	DE5	WB2	0.30	1669	112
07b	B	VERW	DAV	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO2	IW1	DE5	WB2	0.30	1605	155
07c	B	VERW	LUG	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO2	IW1	DE5	WB2	0.30	1696	72
08a	B	VERW	ZH	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO3	IW4	DE4	WB2	0.20	1669	120
08b	B	VERW	DAV	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO3	IW4	DE4	WB2	0.20	1605	170
08c	B	VERW	LUG	75%	DA1	AW3	3IV	FR2	BO3	IW4	DE4	WB2	0.20	1686	80
09a	C	VERW	ZH	45%	DA4	AW4	3IV	FR2	BO4	IW4	DE6	WB3	0.10	857	122
09b	C	VERW	DAV	45%	DA4	AW4	3IV	FR2	BO4	IW4	DE6	WB3	0.10	824	169
09c	C	VERW	LUG	45%	DA4	AW4	3IV	FR2	BO4	IW4	DE6	WB3	0.10	866	79
10a	C	VERW	ZH	45%	DA4	AW4	3IV	FR2	BO5	IW2	DE7	WB3	0.30	857	99
10b	C	VERW	DAV	45%	DA4	AW4	3IV	FR2	BO5	IW2	DE7	WB3	0.30	824	127
10c	C	VERW	LUG	45%	DA4	AW4	3IV	FR2	BO5	IW2	DE7	WB3	0.30	866	58
11a	C	VERW	ZH	45%	DA5	AW5	3IV	FR2	BO6	IW1	DE8	WB3	0.45	857	91
11b	C	VERW	DAV	45%	DA5	AW5	3IV	FR2	BO6	IW1	DE8	WB3	0.45	824	111
11c	C	VERW	LUG	45%	DA5	AW5	3IV	FR2	BO6	IW1	DE8	WB3	0.45	866	50

Tabelle 14: Testfälle zum Vergleich von Q_h der dynamischen Simulationsprogramme mit Q_h von SIA380/1

Figur 18 zeigt exemplarisch die Test-Ergebnisse mit dem Gebäudesimulationsprogramm HELIOS.



Figur 18: Vergleich der Heizwärmebedarfsresultate von HELIOS mit denjenigen von SIA380/1

Allgemeine Randbedingungen

Bei der dynamischen Gebäudesimulation sind für die Tests grundsätzlich folgende Randbedingungen zu verwenden, eventuelle modellbedingte Abweichungen sind im Detail zu begründen:

- Nutzungsbedingungen gemäss Kapitel 3.3
- keine Berücksichtigung der Sommerzeit
- Aufteilung der internen Wärmelasten von Personen: 50% Konvektion, 50% Strahlung
- Aufteilung der internen Wärmelasten von elektrischen Geräten: 80% Konvektion, 20 % Strahlung
- Aufteilung der solaren Wärmegewinne durch Fenster: 20% Konvektion, 80% Strahlung
- Solare Absorption der opaken Gebäudehülle: 0.7, Emissionsvermögen: 0.95
- Wärmeabgabe des Heizsystems: 100% Konvektion
- Temperaturbereich Wohnen $\theta_o = 20.0 - 25.0^\circ\text{C}$
- Temperaturbereich Verwaltung: $\theta_o = 20.0 - 21.0^\circ\text{C}$
- Bei Erreichen der oberen Temperaturgrenze: Wärmeabfuhr 100% konvektiv
- Klimadaten Zürich-SMA DRY normal (Geogr. Länge: 8.566° , Geogr. Breite: 47.383° , H: 556 m)
- Klimadaten Davos DRY normal (Geogr. Länge: 9.844° , Geogr. Breite: 46.813° , H: 1590 m)
- Klimadaten Lugano DRY normal (Geogr. Länge: 8.960° , Geogr. Breite: 46.004° , H: 273 m)

4 Schlussfolgerungen

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass dynamische Gebäudesimulationen Resultate liefern, welche grundsätzlich mit denjenigen von SIA 380/1 übereinstimmen. Das Toleranzband beim Heizwärmebedarf beträgt maximal $\pm 10\%$ unter der Voraussetzung, dass einheitliche Randbedingungen und identische Gebäudedaten verwendet werden. Die Differenzen bei den Jahressummen der Wärmegewinne und der Gesamtwärmeverluste (bei SIA 380/1 inkl. ungenutzte Gewinne) liegen deutlich tiefer bei maximal $\pm 3\%$. Die Analyse der Rechenergebnisse hat zu folgenden, wesentlichen Erkenntnissen geführt:

- Der Einfluss der Wärmespeicherfähigkeit wird in der SIA 380/1 für Wohn- und Nichtwohnbauten mit stark unterschiedlichen Ausnutzungsfunktionen der Wärmegewinne berücksichtigt. Die neue Ausgabe der EN ISO 13790 (2008) macht diese Unterscheidung nicht mehr. Alle Nutzungen werden gleich behandelt. Bei einer Überarbeitung der SIA 380/1 ist deshalb zu prüfen, ob die SIA-Norm diesbezüglich anzupassen ist und auf eine nationale Abweichung in dieser Frage verzichtet werden sollte.
- Die Basis der monatlichen Klimadatensätze (Mittelwert der ganzen Beobachtungsperiode von 1984-2003) und der stündlichen DRY-Datensätze (ausgewählte Monate der ganzen Beobachtungsperiode von 1984-2003) ist unterschiedlich und führt zu unnötigen Abweichungen, auch wenn diese teilweise gering sind. Eine Anpassung der Monatswerte der Klimadaten für die SIA 380/1 auf die Werte der DRY-Daten ist deshalb anzustreben.
- Der Einfluss der Strahlungsgewinne durch Fensterflächen auf den Heizwärmebedarf ist bei der heute üblichen Architektur mit hohem Glasflächenanteil sehr gross. Die Verwendung von konstanten Verschattungsfaktoren über das ganze Jahr in SIA 380/1 ist in Frage zu stellen. Wie die Untersuchungen exemplarisch gezeigt haben, kann zudem der Einsatz einer beweglichen Sonnenschutzeinrichtung den Heizwärmebedarf wesentlich erhöhen. Die Vorgabe von monatlichen Reduktionsfaktoren in SIA 380/1 würde eine realistischere Bewertung der Solargewinne erlauben.
- Mit der Verschärfung der Wärmedämmvorschriften gewinnen die Lüftungswärmeverluste an Bedeutung. Auch hier sollte eine monatlich differenziertere Betrachtungsweise der Standardwerte für den Aussenluft-Volumenstrom in Betracht gezogen werden.
- Die Bestimmung der Wärmespeicherfähigkeit pro Energiebezugsfläche C/A_E wird in den verschiedenen EDV-Programmen zu SIA 380/1 unterschiedlich gehandhabt. Die meisten Programme verwenden nur die 4 Standardwerte der Norm oder eine Handeingabe des Wertes, einzelne Programme berechnen den Wert objektspezifisch. Dies kann bei Bauten mit hohen Wärmegewinnen und niedriger Wärmespeicherfähigkeit zu wesentlichen Differenzen beim Heizwärmebedarf führen, insbesondere bei Verwaltungsbauten.
- Wird ein Toleranzband von praktisch 0% bei den Rechenresultaten angestrebt, dann müsste in einem dynamischen Gebäudesimulationsprogramm das quasi-stationäre Rechenverfahren von SIA 380/1 mit integriert und für den behördlichen Nachweis verwendet werden.

Für die Nachvollziehbarkeit der Rechenergebnisse ist eine einheitliche Darstellung der Input- und Outputdaten der Rechenprogramme erforderlich. Die im "Anforderungsprofil für behördentaugliche EDV-Programme gemäss SIA 380/1" [23] festgelegten Vorgaben stellen eine sehr gute Basis auch für dynamische Programme dar, welche nur geringfügig angepasst werden müsste.

Dynamische Gebäudesimulationsprogramme mit einem 1-h Zeitschritt sind erforderlich, wenn die aktuelle Verbrauchssituation eines Gebäudes unter Berücksichtigung der effektiv vorhandenen Randbedingungen analysiert werden soll, im Vordergrund stehen dabei folgende Aspekte:

- Jahreszeitliche Besonnungsbedingungen (Horizont, bauliche Verschattungen)
- Einsatz der Sonnenschutzeinrichtungen (temperatur- oder strahlungsabhängig)
- Heizbetrieb mit Abschaltungen oder Absenkungen der Raumtemperatur
- Limitierung der verfügbaren maximalen Heizleistung
- Art des Wärmeabgabesystems (konvektiv, radiativ)
- Lüftungsstrategie je nach Jahreszeit (Hygiene und Komfort)

5 Symbolverzeichnis

Symbol	Begriff	Einheit
A_E	Energiebezugsfläche	m^2
A_F	Fassadenfläche	m^2
A_f	Rahmenfläche	m^2
A_g	Glasfläche	m^2
A_P	Personenfläche	m^2/P
A_{th}	thermische Gebäudehüllfläche	m^2
A_W	Fensterfläche	m^2
b	Reduktionsfaktor	-
a, a_0	numerische Parameter für den Ausnutzungsgrad	-
C	Wärmespeicherfähigkeit	MJ/K
c	spezifische Wärmekapazität	J/(kg K)
d	Schichtdicke	m
F_F	Abminderungsfaktor durch Fensterrahmen	-
F_{s1}	Verschattungsfaktor durch Horizont	-
F_{s2}	Verschattungsfaktor Überhang	-
F_{s3}	Verschattungsfaktor Seitenblende	-
f_{EL}	Reduktionsfaktor Elektrizitätsbedarf	-
f_g	Glasanteil ($= A_g / A_F$)	-
G_H	globale Sonnenstrahlung horizontal	MJ/m ²
G_E	globale Sonnenstrahlung Osten	MJ/m ²
G_S	globale Sonnenstrahlung Süden	MJ/m ²
G_W	globale Sonnenstrahlung Westen	MJ/m ²
G_N	globale Sonnenstrahlung Norden	MJ/m ²
g	Gesamtenergiedurchlassgrad	-
H_T	Transmissionswärmetransferkoeffizient	W/K
H_V	Lüftungswärmetransferkoeffizient	W/K
L	Perimeterlänge	m
Q_{EI}	Elektrizitätsverbrauch	MJ/m ²
Q_g	Wärmegewinne	MJ/m ²
Q_h	Heizwärmebedarf	MJ/m ²
Q_i	interne Wärmegewinne	MJ/m ²
$Q_{i,P}$	interne Wärmegewinne durch Personen	MJ/m ²
$Q_{i,EI}$	interne Wärmegewinne durch Elektrizität	MJ/m ²
Q_s	solare Wärmegewinne	MJ/m ²

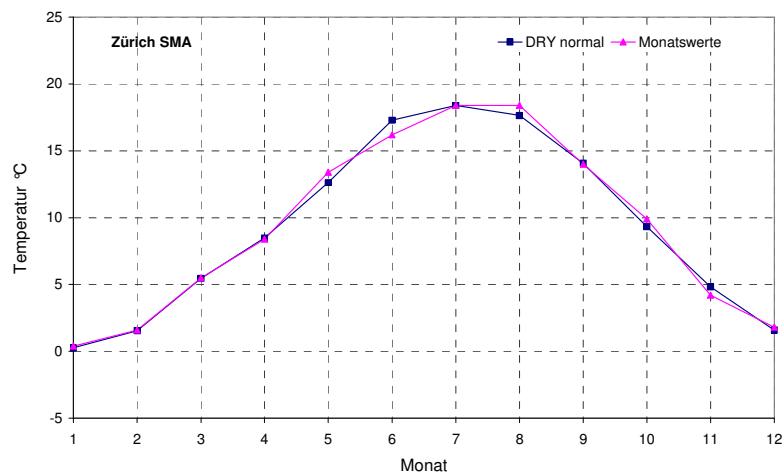
Symbol	Begriff	Einheit
Q_T	Transmissionswärmeverlust	MJ/m ²
Q_{tot}	Gesamtwärmeverlust	MJ/m ²
Q_V	Lüftungswärmeverlust	MJ/m ²
q	Wärmestromdichte	W/m ²
q_v	Aussenluft-Volumenstrom	m ³ /h
t_c	Länge der Berechnungsperiode	d
t_P	Präsenzzeit pro Tag	h
R	thermischer Widerstand	m ² K/W
U	Wärmedurchgangskoeffizient	W/(m ² K)
V	Volumen	m ³
γ	Wärmegewinn/-verlust-Verhältnis	-
η_g	Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	-
θ_o	Raumtemperatur	°C
θ_s	Strahlungstemperatur des Raumes	°C
θ_m	Massentemperatur des Raumes	°C
θ_i	Lufttemperatur des Raumes	°C
θ_e	Aussentemperatur	°C
κ	flächenbezogene wirksame Wärmekapazität	kJ/(m ² K)
λ	Wärmeleitfähigkeit	W/(mK)
ρ	Dichte	kg/m ³
τ	Zeitkonstante des Gebäudes	h
τ_0	Referenzzeitkonstante für den Ausnutzungsgrad	-
Ψ	längenbezogener Wärmedurchgangskoeffizient	W/(mK)

6 Referenzen

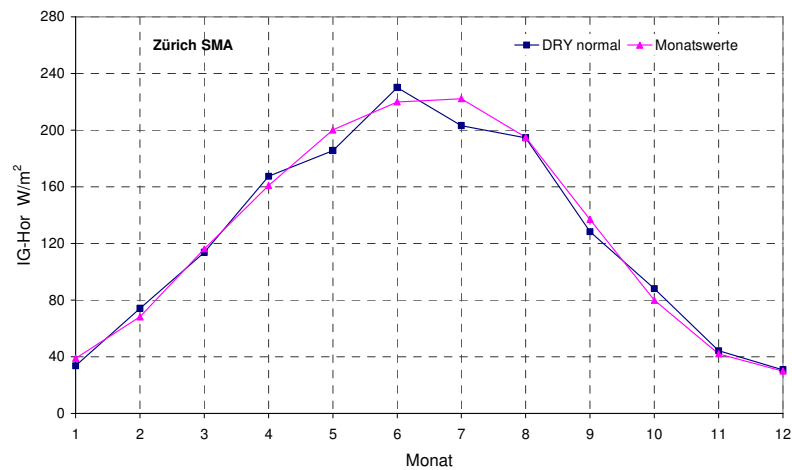
- [1] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2009), *SIA 380/1: Thermische Energie im Hochbau*
- [2] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2007), *SIA 382/1: Lüftungs- und Klimaanlage - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*
- [3] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2010), *SIA 382/2: Klimatisierte Gebäude - Leistungs- und Energiebedarf*
- [4] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2011), *SIA Merkblatt 2044: Klimatisierte Gebäude - Standard-Berechnungsverfahren für den Leistungs- und Energiebedarf*
- [5] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2011), *SIA TEC-Tool - Rechenprogramm zum Merkblatt 2044*
- [6] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2006), *SIA Merkblatt 2024: Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik*
- [7] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2009), *SIA Merkblatt 2028: Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik*
- [8] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2011), *SIA 279: Wärmedämmende Baustoffe - Allgemeine Anforderungen und wärmetechnische Bemessungswerte für Wärmedämmstoffe, Mauerwerksprodukte und weitere wärmetechnisch relevante Baustoffe*
- [9] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2009), *SIA Merkblatt 2001: Wärmedämmstoffe - Deklarierte Werte der Wärmeleitfähigkeit und weitere Angaben für bauphysikalische Berechnungen*
- [10] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2000), *SIA 381/101 (EN 12524): Baustoffe und -produkte - Wärme- und feuchteschutztechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte*
- [11] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2011), *SIA Excel-Tool Baustoffkennwerte*
- [12] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2007), *SIA 279.041 (EN ISO 10456): Baustoffe und Bauprodukte - Wärme- und feuchtechtechnische Eigenschaften - Tabellierte Bemessungswerte und Verfahren zur Bestimmung der wärmeschutztechnischen Nenn- und Bemessungswerte*
- [13] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2002), *SIA 177.061 (EN 1745): Mauerwerk und Mauerwerksprodukte - Verfahren zur Ermittlung von Wärmeschutzrechenwerten*
- [14] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein 2007, *SIA 180.071 (EN ISO 6946): Bauteile - Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren*
- [15] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2006), *SIA 180.081 (EN ISO 10077-1): Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 1: Allgemeines*
- [16] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2006), *SIA 180.082 (EN ISO 10077-2): Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen - Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten - Teil 2: Numerisches verfahren für Rahmen*
- [17] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2007), *SIA 180.073 (EN ISO 13786): Wärmetechnisches Verhalten von Bauteilen - Dynamisch-thermische Kenngrößen - Berechnungsverfahren*
- [18] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2011), *SIA Excel-Tool Wärmespeicherfähigkeit*
- [19] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2007), *SIA 380.102 (EN ISO 13789): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Spezifischer Transmissions- und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient - Berechnungsverfahren*
- [20] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2004), *SIA 380.104 (EN ISO 13790): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heizenergiebedarfs*
- [21] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2008), *SIA 380.104 (EN ISO 13790): Energieeffizienz von Gebäuden - Berechnung des Energiebedarfs für Heizung und Kühlung*
- [22] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (2007), *SIA 382.709 (EN 15265): Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden - Berechnung des Heiz- und Kühlenergieverbrauchs - Allgemeine Kriterien und Validierungsverfahren*
- [23] Konferenz Kantonalen Energiefachstellen (2011), *Anforderungsprofil an behördentaugliche EDV-Programme für den Nachweis gemäss Norm SIA 380/1, Version 1.2*
- [24] Konferenz Kantonalen Energiefachstellen (2009), *Merkblatt Fenster, Das Fenster im Energienachweis*
- [25] Konferenz Kantonalen Energiefachstellen (2009), *Excel-Tool zum Fenster Wärmedämmnachweis*
- [26] Commission of the European Communities, Directorate General XII (1989), *PASSYS-I Final Report of the Simplified Design Tool Subgroup*
- [27] Commission of the European Communities, Directorate General XII (1993), *PASSYS-II Research Report of the Simplified Design Tool Subgroup*
- [28] University of Strahclyde, Glasgow (1987), *Energy Simulation Program ESP-r*
- [29] Th. Frank, S. Carl (2006), *Schlussbericht Ueberarbeitung Programm HELIOS (HELIOS-XP)*

7 Anhang

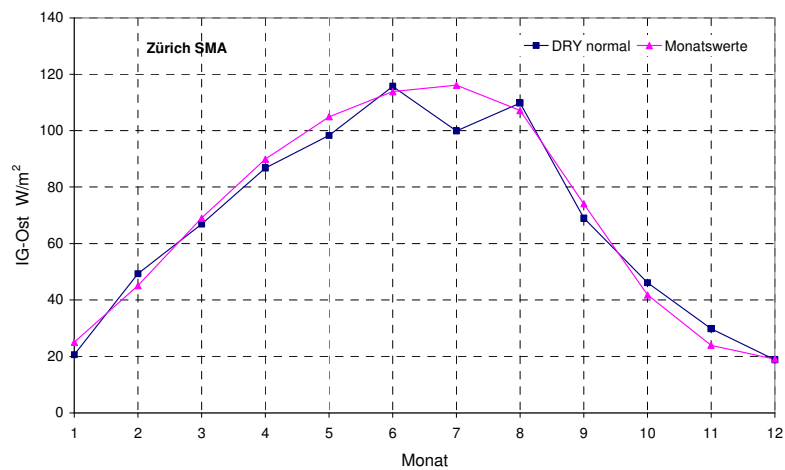
7.1 Klimadaten



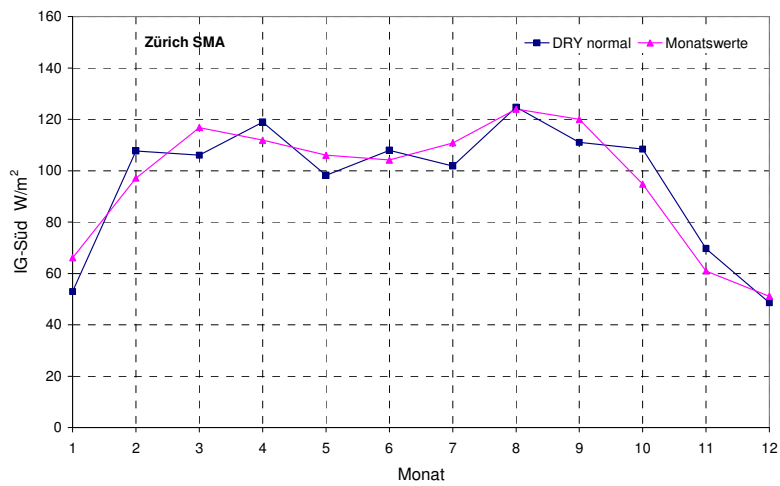
Figur 19: Vergleich der monatlichen Aussenlufttemperatur aus SIA Merkblatt 2828



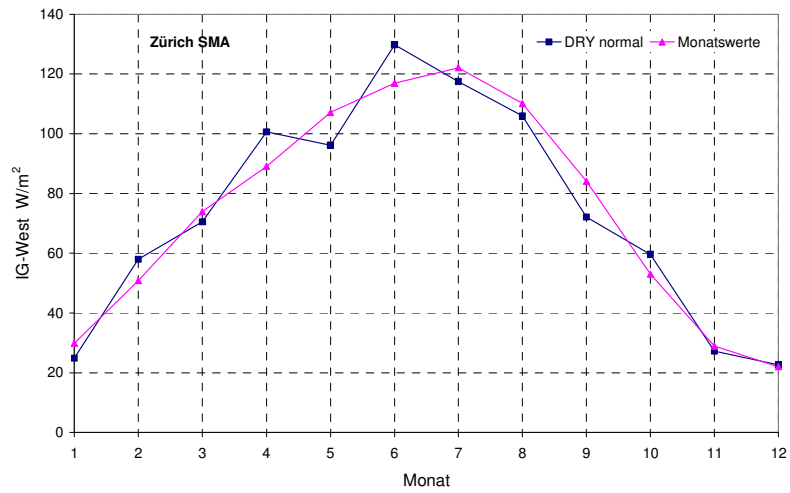
Figur 20: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung horizontal aus SIA Merkblatt 2828



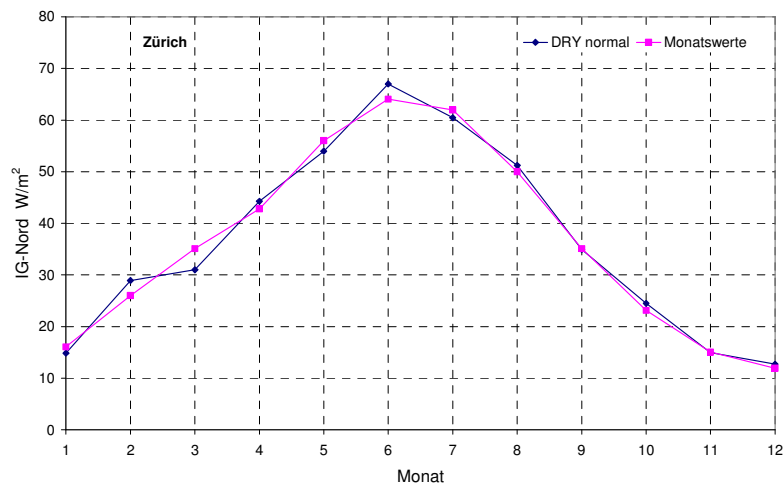
Figur 21: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung Ost aus SIA Merkblatt 2828



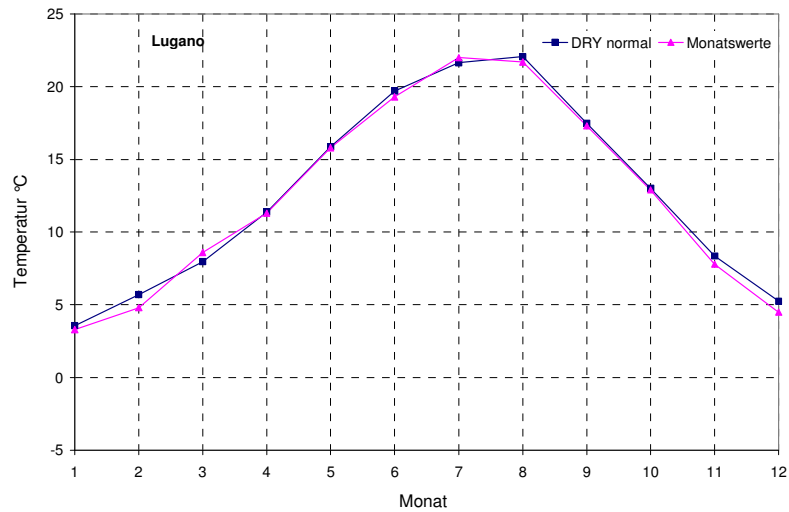
Figur 22: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung Süd aus SIA Merkblatt 2828



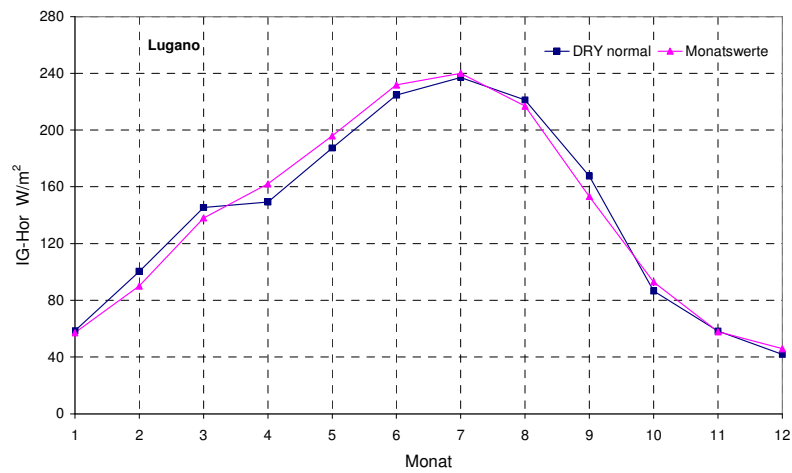
Figur 23: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung West aus SIA Merkblatt 2828



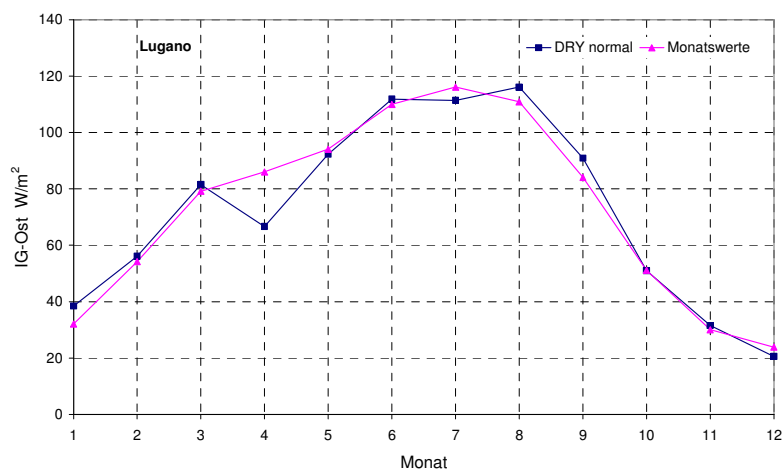
Figur 24: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung Nord aus SIA Merkblatt 2828



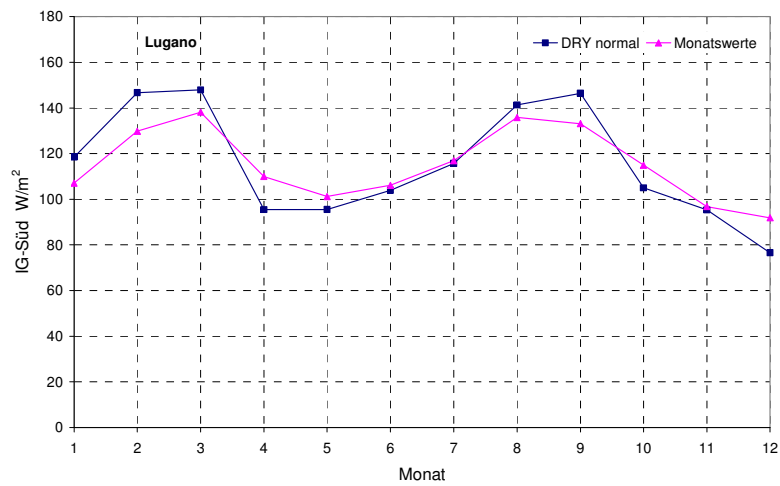
Figur 25: Vergleich der monatlichen Aussenlufttemperatur aus SIA Merkblatt 2828



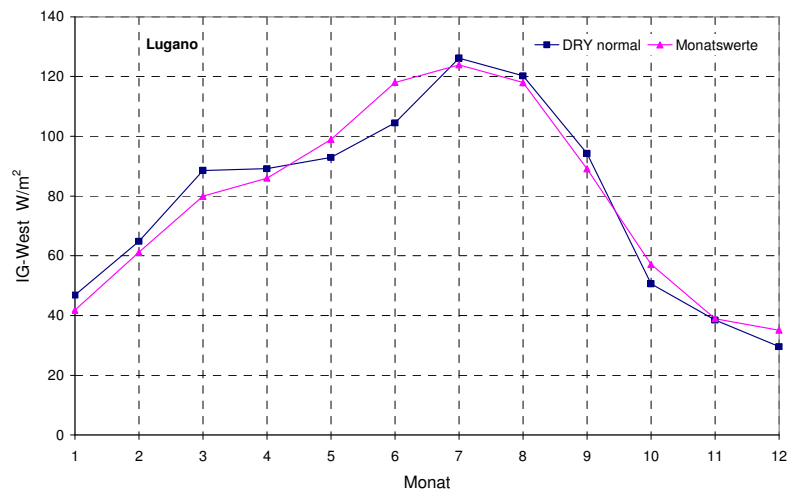
Figur 26: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung horizontal aus SIA Merkblatt 2828



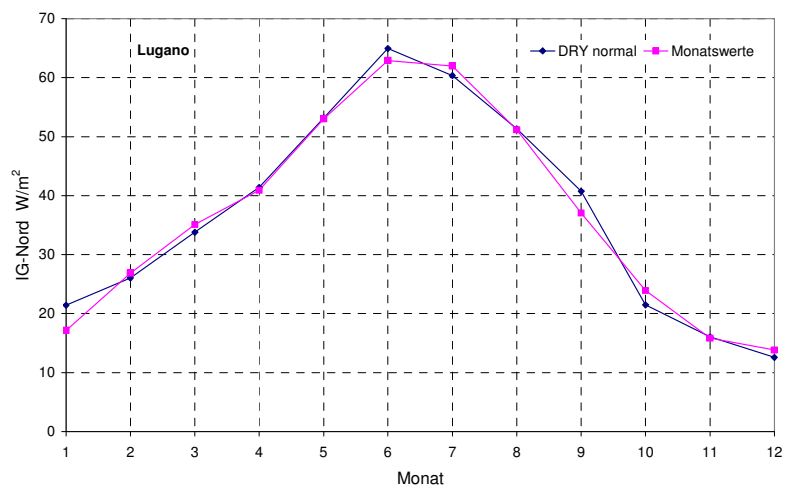
Figur 27: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung Ost aus SIA Merkblatt 2828



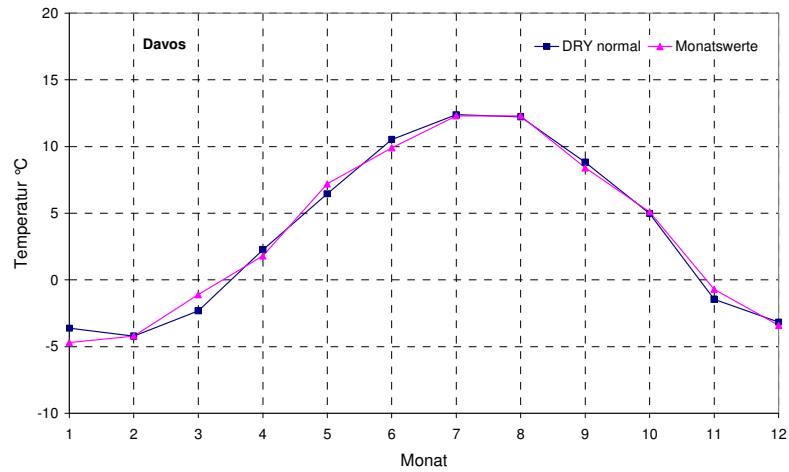
Figur 28: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung Süd aus SIA Merkblatt 2828



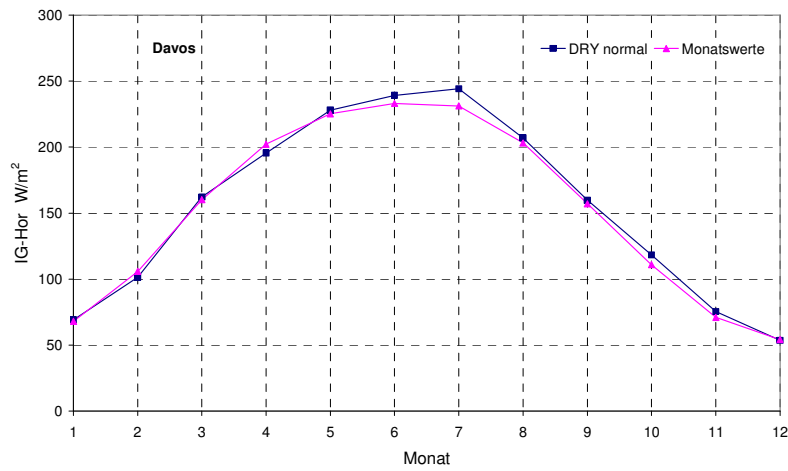
Figur 29: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung West aus SIA Merkblatt 2828



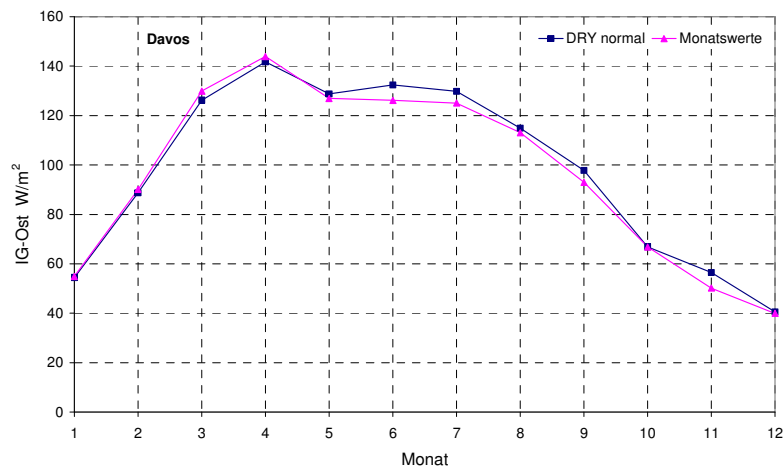
Figur 30: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung Nord aus SIA Merkblatt 2828



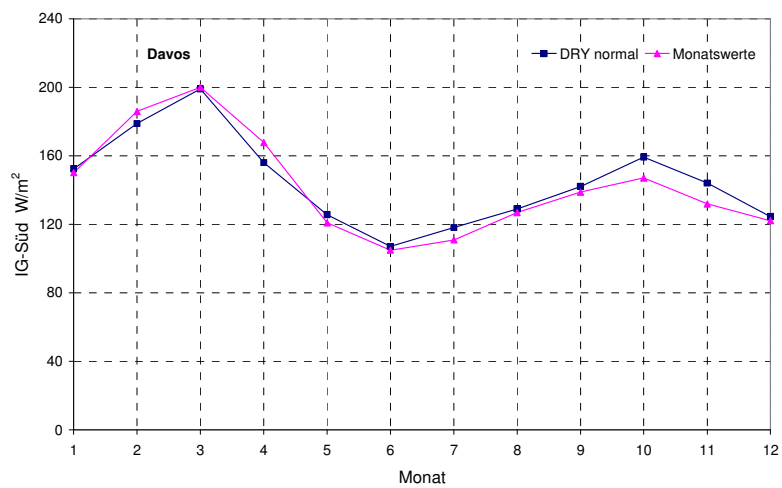
Figur 31: Vergleich der monatlichen Aussenlufttemperatur aus SIA Merkblatt 2828



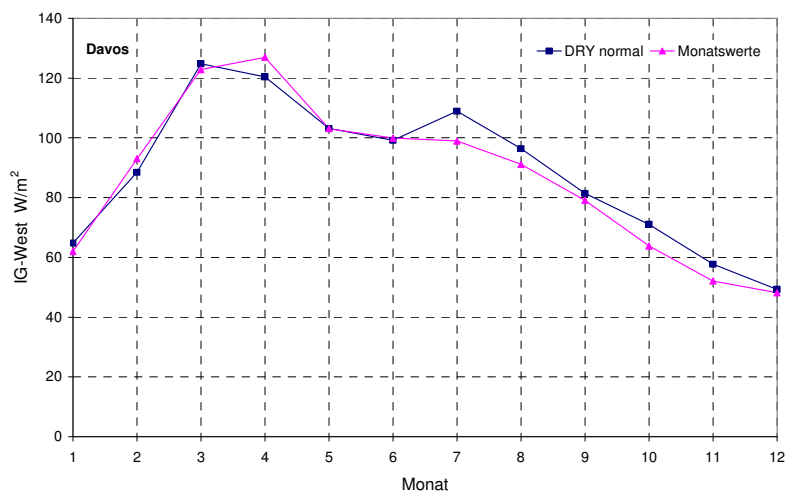
Figur 32: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung horizontal aus SIA Merkblatt 2828



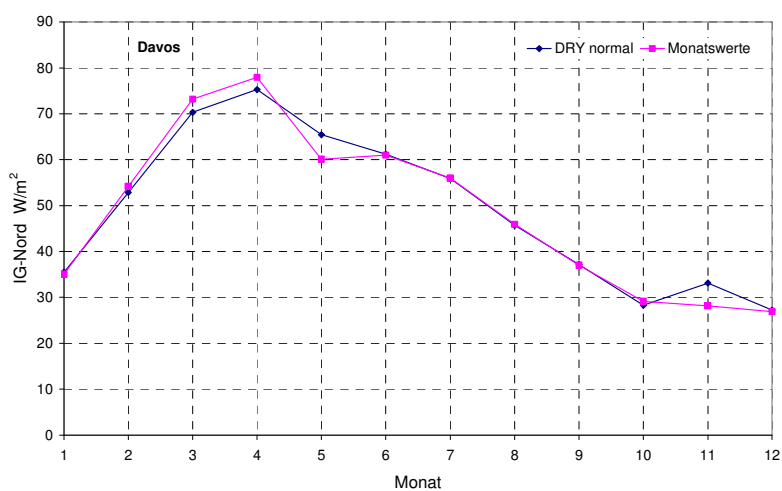
Figur 33: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung Ost aus SIA Merkblatt 2828



Figur 34: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung Süd aus SIA Merkblatt 2828



Figur 35: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung West aus SIA Merkblatt 2828



Figur 36: Vergleich der monatlichen Globalstrahlung Nord aus SIA Merkblatt 2828

7.2 Bauteildaten

Dachkonstruktionen

DA1 Flachdachkonstruktion massiv

$$U = 0.20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Kies / Sand	0.080	2.000	1800	1000	0.040
Wassersperre bituminös	0.005	0.230	1100	1000	0.022
Wärmedämmung	0.140	0.030	30	1450	4.667
Stahlbeton	0.200	2.300	2300	1000	0.087
Innenputz	0.010	0.700	1400	900	0.014
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 5.000$

DA2 Flachdachkonstruktion leicht

$$U = 0.20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Kies / Sand	0.050	2.000	1800	1000	0.025
Dachhaut	0.005	0.230	1100	1000	0.022
3-Schichtplatte	0.035	0.130	500	1600	0.269
Wärmedämmung/Holz	0.200	0.047	120	1030	4.255
3-Schichtplatte	0.040	0.130	500	1600	0.308
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 5.049$

DA3 Flachdachkonstruktion massiv mit Akustikplatten

$$U = 0.20 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Kies / Sand	0.080	2.000	1800	1000	0.040
Wassersperre bituminös	0.010	0.230	1100	1000	0.022
Wärmedämmung	0.140	0.032	30	1450	4.375
Stahlbeton	0.300	2.300	2300	1000	0.130
Luftspalt	0.050				0.160
Akustikplatten	0.0125	0.250	900	900	0.050
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 4.947$

DA4 Flachdachkonstruktion leichtbauweise, begrünt

$$U = 0.15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Blehdach mit Begrünung	0.120	1.500	2000	1000	0.080
Unterlüftung	0.008				0.080
3-Schichtplatte	0.050	0.130	500	1600	0.385
Wärmedämmung/Holz	0.260	0.046	104	1090	5.652
3-Schichtplatte	0.050	0.130	500	1600	0.385
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 6.752$

DA5 Flachdachkonstruktion massiv

$$U = 0.15 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Kies / Sand	0.080	2.000	1800	1000	0.040
Wassersperre bituminös	0.005	0.230	1100	1000	0.022
Wärmedämmung	0.200	0.032	30	1450	4.667
Stahlbeton	0.200	2.300	2300	1000	0.087
Innenputz	0.005	0.700	1400	900	0.014
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 5.000$

- Aussenwandkonstruktionen

AW1 Aussenwand BN 30 cm mit AWD

$U = 0.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	ρ kg/m^3	c $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	R $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmeübergang aussen					0.040
Verputz aussen	0.005	0.870	1800	1000	0.006
Wärmedämmung	0.160	0.038	20	1450	4.211
Klebmörtel / alter Verputz	0.030	0.870	1800	1000	0.034
Backsteinmauerwerk BN 18 / 10	0.295	0.470	1200	940	0.628
Verputz innen	0.015	0.700	1400	900	0.021
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 5.070$

AW2 Aussenwand Holzständer

$U = 0.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	ρ kg/m^3	c $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	R $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmeübergang aussen					0.040
Holzschalung	0.020	0.130	500	1600	0.154
Hinterlüftung	0.040	-	-	-	0.080
Holzfaserplatte	0.015	0.070	250	1700	0.214
Mineralwolle / Holzständer	0.180	0.044	70	1100	4.091
OSB-Platte	0.015	0.130	600	1700	0.115
Installationshohlraum	0.030	-	-	-	0.180
Gipsfaserplatte	0.025	0.32	1150	1000	0.078
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 5.082$

AW3 2-Schalen Sichtmauerwerk

$U = 0.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	ρ kg/m^3	c $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	R $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmeübergang aussen					0.040
Klinkerstein	0.115	0.680	1500	940	0.169
Luftspalt	0.040				0.080
Wärmedämmung	0.160	0.038	50	830	4.211
Backstein	0.150	0.440	1100	940	0.341
Verputz innen	0.010	0.700	1400	900	0.014
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 4.985$

AW4 Aussenwand Holzständer

$U = 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	ρ kg/m^3	c $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	R $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmeübergang aussen					0.040
Holzschalung	0.025	0.130	500	1600	0.192
Hinterlüftung	0.030	-	-	-	0.080
Holzfaserplatte	0.022	0.050	240	1700	0.440
Mineralwolle / Holzlattung	0.060	0.044	86	1060	1.364
Mineralwolle / Holzständer	0.200	0.048	104	1090	4.167
3-Schichtplatte	0.035	0.130	500	1600	0.269
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 6.682$

AW5 2-Schalen Sichtmauerwerk

$U = 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$	ρ kg/m^3	c $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	R $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Wärmeübergang aussen					0.040
Klinkerstein	0.115	0.680	1500	940	0.169
Luftspalt	0.040				0.080
Wärmedämmung	0.200	0.034	50	830	5.882
Backstein	0.150	0.440	1100	940	0.341
Verputz innen	0.010	0.700	1400	900	0.014
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 6.656$

- Bodenkonstruktionen

BO1 Betonboden gegen unbeheizte Zone

$$U = 0.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Wärmedämmung	0.140	0.038	85	1030	3.684
Stahlbeton	0.200	2.300	2300	1000	0.087
Trittschallisolierung	0.030	0.032	80	1030	0.938
Unterlagsboden	0.080	1.500	1500	1000	0.053
Bodenbelag Parkett	0.013	0.180	750	1600	0.072
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 5.004$

BO2 Betonboden gegen unbeheizte Zone

$$U = 0.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Wärmedämmung	0.060	0.038	85	1030	1.579
Stahlbeton	0.450	2.300	2300	1000	0.196
Trittschallisolierung	0.020	0.032	80	1030	0.625
PU-Hartschaumplatte	0.060	0.026	30	1400	2.308
Unterlagsboden	0.080	1.500	1500	1000	0.053
Bodenbelag Parkett	0.013	0.180	750	1600	0.072
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 5.003$

BO3 Betonboden gegen unbeheizte Zone

$$U = 0.20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Wärmedämmung	0.060	0.040	85	1030	1.500
Stahlbeton	0.450	2.300	2300	1000	0.196
Trittschallisolierung	0.020	0.032	80	1030	0.625
PU-Hartschaumplatte	0.060	0.026	30	1400	2.308
Unterlagsboden	0.080	1.500	1500	1000	0.053
Bodenbelag Teppich	0.013	0.060	200	1300	0.217
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 5.069$

BO4 Betonboden gegen unbeheizte Zone

$$U = 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Stahlbeton	0.250	2.300	2300	1000	0.109
Wärmedämmung/Holz	0.240	0.047	104	1090	5.106
Holzfasersplatte hart	0.030	0.170	240	1400	0.176
Mineralwolle	0.030	0.032	80	1190	0.938
Unterlagsboden	0.050	1.500	1500	1000	0.033
Bodenbelag Teppich	0.013	0.060	200	1300	0.217
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 6.749$

BO5 Betonboden gegen unbeheizte Zone

$$U = 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Wärmedämmung	0.060	0.040	85	1030	1.500
Stahlbeton	0.200	2.300	2300	1000	0.087
Trittschallisolierung	0.020	0.032	80	1030	0.625
PU-Hartschaumplatte	0.120	0.028	30	1400	4.286
Unterlagsboden	0.060	1.500	1500	1000	0.040
Bodenbelag Keramische Platten	0.015	1.300	2300	840	0.012
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 6.720$

BO6 Betonboden gegen unbeheizte Zone

$$U = 0.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang aussen					0.040
Wärmedämmung	0.060	0.040	85	1030	1.500
Stahlbeton	0.200	2.300	2300	1000	0.087
Trittschallisoliation	0.020	0.032	80	1030	0.625
PU-Hartschaumplatte	0.120	0.028	30	1400	4.286
Unterlagsboden	0.060	1.500	1500	1000	0.040
Bodenbelag Parkett	0.013	0.180	750	1600	0.012
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 6.720$

- Geschossdecken
DE1 Betondecke mit Trittschallisoliation

$$U = 0.70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Innenputz	0.010	0.700	1400	900	0.014
Stahlbeton	0.200	2.300	2300	1000	0.087
Trittschallisoliation	0.030	0.032	80	1030	0.938
Unterlagsboden	0.080	1.500	1500	1000	0.053
Bodenbelag Parkett	0.013	0.180	750	1600	0.072
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 1.424$

DE2 Holzdecke mit Trittschallisoliation

$$U = 0.21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Gipsfaserplatte	0.010	0.320	1150	1000	0.078
Luftspalt / Federschiene	0.040				0.160
Holzbalkenlage mit Dämmeinlage	0.200	0.060	80	1100	3.333
Holzschalung	0.022	0.130	500	1600	0.169
Trittschallisoliation	0.022	0.038	135	1700	0.579
Holzwerkstoffplatte	0.022	0.180	750	1600	0.122
Bodenbelag Parkett	0.013	0.180	750	1600	0.072
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 4.773$

DE3 Betondecke mit Trittschallisoliation

$$U = 0.70 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Innenputz	0.010	0.700	1400	900	0.014
Stahlbeton	0.300	2.300	2300	1000	0.130
Trittschallisoliation	0.020	0.032	80	1030	0.625
Hartschaumplatte	0.020	0.038	30	1450	0.526
Unterlagsboden	0.080	1.500	1500	1000	0.053
Bodenbelag Parkett	0.013	0.180	750	1600	0.072
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 1.680$

DE4 Akustik-Betondecke mit Trittschallisoliation

$$U = 0.50 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Akustikplatten	0.0125	0.250	900	900	0.050
Luftspalt	0.050				0.160
Stahlbeton	0.300	2.300	2300	1000	0.130
Trittschallisoliation	0.020	0.032	80	1030	0.625
Hartschaumplatte	0.020	0.038	30	1450	0.526
Unterlagsboden	0.080	1.500	1500	1000	0.053
Bodenbelag Teppich	0.013	0.060	200	1300	0.217
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 2.021$

DE5 Akustik-Betondecke mit Trittschallisolation

$U = 0.53 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Akustikplatten	0.0125	0.250	900	900	0.050
Luftspalt	0.050				0.160
Stahlbeton	0.300	2.300	2300	1000	0.130
Trittschallisolation	0.020	0.032	80	1030	0.625
Hartschaumplatte	0.020	0.038	30	1450	0.526
Unterlagsboden	0.080	1.500	1500	1000	0.053
Bodenbelag Parkett	0.013	0.180	750	1600	0.072
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 1.876$

DE6 Holzdecke mit Trittschallisolation

$U = 0.17 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
3-Schichtplatte	0.035	0.130	500	1600	0.269
Holzbalkenlage mit Dämmeinlage	0.200	0.045	104	1090	4.444
3-Schichtplatte	0.035	0.130	500	1600	0.269
Trittschallisolation	0.015	0.032	80	1190	0.469
Zementunterlagsboden	0.050	1.500	1500	1000	0.033
Bodenbelag Teppich	0.013	0.060	200	1300	0.217
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 5.961$

DE7 Betondecke mit Trittschallisolation

$U = 0.56 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Innenputz	0.005	0.700	1400	900	0.007
Stahlbeton	0.250	2.300	2300	1000	0.109
Trittschallisolation	0.020	0.032	80	1030	0.625
Hartschaumplatte	0.020	0.038	30	1450	0.526
Unterlagsboden	0.080	1.500	1500	1000	0.053
Bodenbelag Teppich	0.013	0.060	200	1300	0.217
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 1.797$

DE8 Betondecke mit Trittschallisolation

$U = 0.61 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Schichten von aussen nach innen	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Innenputz	0.005	0.700	1400	900	0.007
Stahlbeton	0.250	2.300	2300	1000	0.109
Trittschallisolation	0.020	0.032	80	1030	0.625
Hartschaumplatte	0.020	0.038	30	1450	0.526
Unterlagsboden	0.080	1.500	1500	1000	0.053
Bodenbelag Parkett	0.013	0.180	750	1600	0.072
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 1.652$

- Innenwände
IW1 Innenwand Backstein

$U = 1.71 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$

Schichtbezeichnung	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Verputz	0.015	0.700	1400	900	0.021
Backstein	0.125	0.440	1100	940	0.284
Verputz innen	0.015	0.700	1400	900	0.021
Wärmeübergang innen					0.130
					$R_{\text{tot}} = 0.586$

IW2 Innenwand Gipsfaserplatte

$$U = 0.47 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichtbezeichnung	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Verputz	0.010	0.700	1400	900	0.014
Gipsfaserplatte	0.025	0.320	1100	940	0.078
Holzständer mit Dämmeinlage	0.100	0.060	60	1100	1.667
Gipsfaserplatte	0.025	0.320	1100	940	0.078
Verputz innen	0.010	0.700	1400	900	0.014
Wärmeübergang innen					0.130
$R_{\text{tot}} = 2.111$					

IW3 Innenwand Schallschutzstein

$$U = 0.60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichtbezeichnung	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Verputz	0.015	0.700	1400	900	0.021
Backstein	0.125	0.440	1100	940	0.284
Isolation	0.025	0.032	38	1030	0.781
Schallschutzstein	0.150	0.500	1500	940	0.300
Verputz innen	0.015	0.700	1400	900	0.021
Wärmeübergang innen					0.130
$R_{\text{tot}} = 1.667$					

IW4 Innenwand Gipskarton

$$U = 0.38 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Schichtbezeichnung	d m	λ W/(m·K)	ρ kg/m ³	c J/(kg·K)	R m ² ·K/W
Wärmeübergang innen					0.130
Gipskartonplatten	0.0125	0.250	900	1000	0.050
Isolation	0.080	0.035	22	1030	2.286
Gipskartonplatten	0.0125	0.250	900	1000	0.050
Wärmeübergang innen					0.130
$R_{\text{tot}} = 2.646$					

- Verglasung / Fensterrahmen**3IV Wärmeschutzverglasung**

Bezeichnung	Aufbau	U_g W/(m ² ·K)	g -	q_i -	τ_e -	τ_v -
3-IV Wärmeschutzglas	4 - 10 - 4 - 10 - 4	0.61	0.45	0.09	0.36	0.63

FR1 Fensterrahmen

Holz-Metall	$U_{f,0} = 1.7 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Rahmenverbreiterung (Storenkasten)	$U_{f,sh} = 0.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Glasrandverbund	$\Psi_g = 0.04 \text{ W}/(\text{mK})$

FR2 Fensterrahmen

Holz-Metall	$U_{f,0} = 1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
Glasrandverbund	$\Psi_g = 0.04 \text{ W}/(\text{mK})$

- Wärmebrücken**WB1 Wärmebrücken**

Dach/Wandanschluss	$\Psi = 0.0 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Geschossdecke	$\Psi = 0.00 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Fensterleibung	$\Psi = 0.10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Gebäudesockel	$\Psi = 0.10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

WB2 Wärmebrücken

Dach/Wandanschluss	$\Psi = 0.05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Geschossdecke / Balkon	$\Psi = 0.18 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Fensterleibung	$\Psi = 0.08 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Gebäudesockel	$\Psi = 0.12 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

WB3 Wärmebrücken

Dach/Wandanschluss	$\Psi = 0.05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Geschossdecke / Balkon	$\Psi = 0.00 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Fensterleibung	$\Psi = 0.10 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Gebäudesockel	$\Psi = 0.05 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$

Angaben zur Gebäudehülle

1. Energiebezugsfläche, Volumen

Projektbezeichnung	A_E (m ²)	A_{th} (m ²)	A_{th}/A_E	V (m ³)
EFH	216	477.6	2.21	756

2. Gebäudehüllfläche

Flächen m ²	Aussen	Unbeheizt		Erdreich		Beheizt	Total Fläche	
		Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor	Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor		Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor
Dach	108						108	108
Wand	294						294	294
Boden		108	75.6				108	75.6
Total	402	108	75.6				510	477.6

3. Aufteilung der Fenster/Türen-Flächen auf Fassaden/Dach/Boden

Flächen m ²	Dach	Fassade				Opake Fläche: 234.65		Fensterfläche: 59.35		Boden	Total
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
Opake Bauteile	108	71.725		50.75		61.425		50.75		108	450.65
Fenster + Türen		12.275		12.25		22.575		12.25			59.35
Total	108	84		63		84		63		108	510
Fensteranteil A_W/A_F		14.6%		19.4%		26.9%		19.4%			
Anzahl Fenster		4 *F1+F3		5*F1		6*F1+2*F2		5*F1			
Glasfläche A_g		8.46		8.72		16.55		8.72			42.45
Rahmenfläche A_r		3.82		3.53		6.02		3.53			16.90
davon Storenkasten (Rahmenverbreiterung) $A_{r,sh}$		1.26		1.58		2.52		1.58			
Glasrandlänge L_g		35.78		38.10		67.76		38.10			179.74
Fensterleibungslänge L_W		31.90		31.50		53.80		31.50			148.70
FF (Abminderung durch Rahmen)		0.69		0.71		0.73		0.71			
FS1 (Horizont)		1.00		0.94		0.96		0.94			
FS2 (Überhang)		1.00		1.00		1.00		1.00			
FS3 (Seitenblende)		1.00		1.00		1.00		1.00			
FS=FS1*FS2*FS3		1.00		0.94		0.96		0.94			
FF*FS		0.69		0.67		0.70		0.67			
Glasanteil $f_g=A_g/A_F$		10%		14%		20%		14%			

Flächenanteil Fenster+Türen an $A_E =$

12.4%

4. Fensterabmessungen

Fensterbezeichnung	Breite	Höhe	Rahmen				Fenster	Glas	Rahmen	Storenkasten	Glasrand	Leibung
	B_W	H_W	$x_{li}+x_{le}$	x_{mi}	y_o+y_u	Storenkasten H_{st}	A_W	A_g	A_r	$A_{r,sh}$	L_g	L_W
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	m ²	m ²	m ²	m ²	m	m
F1: 2-flg HM	175	140	10	12	8	18	2.45	1.74	0.71	0.32	7.62	6.30
F2: 2-flg HM	175	225	10	12	8	18	3.94	3.04	0.89	0.32	11.02	8.00
F3: Türe mit Glaseinsatz	110	225	30	0	40	0	2.48	1.48	1.00	0	5.30	6.70

5. Wärmebrückenabmessungen

Bezeichnung	Länge (m)	Ψ W/(mK)
Dach/Wandanschluss	42.00	0.00
Geschossdecke	42.00	0.00
Fensterleibung	148.70	0.10
Gebäudesockel	42.00	0.10

6. Fenster U-Wert

Bezeichnung	U_g W/(m ² K)	U_r W/(m ² K)	$U_{r,g}$ W/(m ² K)	$U_{r,sh}$ W/(m ² K)	Ψ_g W/(mK)	U_W W/(m ² K)
Fenster Nord	0.61	1.30	1.7	0.50	0.04	0.94
Fenster Ost	0.61	1.16	1.7	0.50	0.04	0.89
Fenster Süd	0.61	1.20	1.7	0.50	0.04	0.89
Fenster West	0.61	1.16	1.7	0.50	0.04	0.89

Resultate

Test Nr. 1a																
Klima Zürich-SMA																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153	153		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	49.6	42.1	36.7	28.4	16.7	9.3	4.0	4.0	14.7	25.6	38.7	46.1	315.9	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Solare Wärmegewinne	Q_s	MJ/m ²	8.2	11.5	16.7	17.5	19.5	19.8	21.3	20.9	17.0	12.4	7.4	6.3	178.5	
Wärmegewinne total	Q_g	MJ/m ²	14.5	17.2	23.0	23.6	25.9	26.0	27.6	27.2	23.1	18.7	13.5	12.6	252.9	
Wärmegewin-/verlust-Verhältnis	γ	-	0.292	0.410	0.626	0.831	1.548	2.788	6.808	6.726	1.571	0.733	0.349	0.273	0.800	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	1.000	1.000	0.998	0.976	0.644	0.359	0.147	0.149	0.635	0.992	1.000	1.000	0.677	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	14.5	17.2	22.9	23.0	16.7	9.3	4.0	4.0	14.7	18.6	13.5	12.6	171.1	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	49.6	42.1	36.7	29.0	25.9	26.0	27.6	27.2	23.1	25.7	38.7	46.1	397.7	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	35.1	24.8	13.8	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	25.2	33.5	144.8	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	37.1	24.2	17.2	2.9	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	21.7	35.0	145.2	
Wärmegewinne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	6.7	12.8	15.3	17.9	17.3	19.8	18.7	20.2	15.3	14.1	8.4	6.1	172.6	
Wärmegewinne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegewinne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	13.0	18.5	21.6	24.0	23.6	25.9	25.0	26.5	21.4	20.4	14.5	12.4	247.0	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	50.1	42.7	38.8	26.9	26.6	25.9	25.0	26.5	21.4	24.5	36.2	47.4	392.2	

Test Nr. 1b																
Klima Davos																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA380/1																
Zeitkonstante	τ	h	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	60.7	53.7	51.8	43.3	31.4	24.0	18.9	18.9	27.6	36.6	49.2	57.5	473.5	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Solare Wärmegewinne	Q_s	MJ/m ²	18.2	22.2	29.4	26.9	21.6	19.6	20.4	20.4	19.1	18.3	15.4	14.5	246.0	
Wärmegewinne total	Q_g	MJ/m ²	24.5	27.9	35.7	33.0	28.0	25.7	26.7	26.8	25.2	24.6	21.5	20.8	320.4	
Wärmegewin-/verlust-Verhältnis	γ	-	0.405	0.520	0.690	0.763	0.889	1.071	1.414	1.415	0.913	0.673	0.437	0.362	0.677	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	1.000	1.000	0.996	0.989	0.963	0.885	0.703	0.703	0.955	0.997	1.000	1.000	0.933	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	24.5	27.9	35.6	32.7	26.9	22.7	18.8	18.8	24.0	24.5	21.5	20.8	298.8	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	60.7	53.7	52.0	43.6	32.5	27.0	26.8	26.9	28.7	36.7	49.2	57.5	495.1	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	36.1	25.7	16.2	10.6	4.5	1.3	0.1	0.1	3.5	12.1	27.7	36.7	174.7	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	32.7	26.4	17.4	10.3	4.8	1.6	0.0	0.0	0.0	7.5	26.6	34.7	162.0	
Wärmegewinne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	18.8	21.4	28.4	24.2	21.3	19.4	20.8	20.3	19.5	20.1	17.3	15.1	246.6	
Wärmegewinne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegewinne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	25.1	27.1	34.7	30.3	27.6	25.5	27.1	26.6	25.6	26.4	23.4	21.4	321.0	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	57.8	53.5	52.1	40.6	32.4	27.1	27.1	26.6	25.6	33.9	50.0	56.1	483.0	

Test Nr. 1c																
Klima Lugano																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152	152		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	42.6	35.0	29.1	21.5	10.7	1.7	0.0	0.0	6.7	18.1	30.1	39.6	235.1	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Solare Wärmegewinne	Q_s	MJ/m ²	12.3	14.7	19.1	17.0	18.3	19.9	21.8	22.4	18.7	14.6	10.9	10.3	200.1	
Wärmegewinne total	Q_g	MJ/m ²	18.6	20.4	25.4	23.1	24.6	26.0	28.2	28.8	24.8	21.0	17.0	16.7	274.5	
Wärmegewin-/verlust-Verhältnis	γ	-	0.437	0.582	0.872	1.077	2.294	15.026	0.000	0.000	3.722	1.157	0.564	0.421	1.167	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	1.000	0.999	0.965	0.879	0.436	0.067	0.000	0.000	0.269	0.836	0.999	1.000	0.562	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	18.6	20.4	24.5	20.3	10.7	1.7	0.0	0.0	6.7	17.5	17.0	16.7	154.1	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	42.6	35.1	30.0	24.3	24.6	26.0	28.2	28.8	24.8	21.6	30.1	39.6	355.5	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	24.0	14.7	4.6	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	13.1	22.9	81.0	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	22.0	11.7	5.7	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	10.5	23.3	78.3	
Wärmegewinne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	14.2	16.3	20.1	14.9	16.9	18.5	20.4	22.2	19.9	13.6	11.2	9	197.2	
Wärmegewinne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegewinne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	20.5	22.0	26.4	21.0	23.2	24.6	26.7	28.5	26.0	19.9	17.3	15.3	271.6	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	42.5	33.7	32.1	25.1	23.2	24.6	26.7	28.5	26.0	20.9	27.8	38.6	349.9	

Angaben zur Gebäudehülle

1. Energiebezugsfläche, Volumen

Projektbezeichnung	A_E (m ²)	A_{th} (m ²)	A_{th}/A_E	V (m ³)
EFH	216	477.6	2.21	756

2. Gebäudehüllfläche

Flächen m ²	Aussen	Unbeheizt		Erdreich		Beheizt	Total Fläche	
		Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor	Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor		Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor
Dach	108						108	108
Wand	294						294	294
Boden		108	75.6				108	75.6
Total	402	108	75.6				510	477.6

3. Aufteilung der Fenster/Türen-Flächen auf Fassaden/Dach/Boden

Flächen m ²	Dach	Fassade				Opake Fläche: 215.2		Fensterfläche: 78.8		Boden	Total
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
Opake Bauteile	108	71.725		50.75		41.975		50.75		108	431.2
Fenster + Türen		12.275		12.25		42.025		12.25			78.8
Total	108	84		63		84		63		108	510
Fensteranteil A_W/A_F		14.6%		19.4%		50.0%		19.4%			
Anzahl Fenster		4 *F1+F3		5*F1		2*F1+6*F2		5*F1			
Glasfläche A_g		8.46		8.72		33.70		8.72			59.60
Rahmenfläche A_r		3.82		3.53		8.33		3.53			19.20
davon Storenkasten (Rahmenverbreiterung) $A_{r,sh}$		1.26		1.58		3.60		1.58			
Glasrandlänge L_g		35.78		38.10		93.36		38.10			205.34
Fensterleibungslänge L_w		31.90		31.50		72.60		31.50			167.50
FF (Abminderung durch Rahmen)		0.69		0.71		0.80		0.71			
FS1 (Horizont)		1.00		0.94		0.96		0.94			
FS2 (Überhang)		1.00		1.00		1.00		1.00			
FS3 (Seitenblende)		1.00		1.00		1.00		1.00			
FS=FS1*FS2*FS3		1.00		0.94		0.96		0.94			
FF*FS		0.69		0.67		0.77		0.67			
Glasanteil $f_g=A_g/A_F$		10%		14%		40%		14%			

Flächenanteil Fenster+Türen an A_E =

16.5%

4. Fensterabmessungen

Fensterbezeichnung	Breite	Höhe	Rahmen				Fenster	Glas	Rahmen	Storenkasten	Glasrand	Leibung
	B_w	H_w	$x_{li}+x_{le}$	x_{mi}	y_o+y_u	Storenkasten H_{st}	A_w	A_g	A_r	$A_{r,sh}$	L_g	L_w
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	m ²	m ²	m ²	m ²	m	m
F1: 2-flg_HM	175	140	10	12	8	18	2.45	1.74	0.71	0.32	7.62	6.30
F2: 2-flg_HM	275	225	10	12	8	18	6.19	5.03	1.15	0.50	13.02	10.00
F3: Türe mit Glaseinsatz	110	225	30	0	40	0	2.48	1.48	1.00	0	5.30	6.70

5. Wärmebrückenabmessungen

Bezeichnung	Länge (m)	Ψ W/(mK)
Dach/Wandanschluss	42.00	0.00
Geschossdecke	42.00	0.00
Fensterleibung	167.50	0.10
Gebäudesockel	42.00	0.10

6. Fenster U-Wert

Bezeichnung	U_g W/(m ² K)	U_r W/(m ² K)	$U_{r,0}$ W/(m ² K)	$U_{r,sh}$ W/(m ² K)	Ψ_g W/(mK)	U_w W/(m ² K)
Fenster Nord	0.61	1.30	1.7	0.50	0.04	0.94
Fenster Ost	0.61	1.16	1.7	0.50	0.04	0.89
Fenster Süd	0.61	1.18	1.7	0.50	0.04	0.81
Fenster West	0.61	1.16	1.7	0.50	0.04	0.89

Resultate

Test Nr. 2a																
Klima Zürich-SMA																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142	142		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	52.5	44.5	38.8	30.1	17.7	9.9	4.3	4.3	15.6	27.1	41.0	48.8	334.4	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Solare Wärmegewinne	Q_s	MJ/m ²	13.7	18.8	26.4	26.5	28.4	28.2	30.5	31.2	26.6	20.3	12.3	10.5	273.4	
Wärmegewinne total	Q_g	MJ/m ²	20.0	24.5	32.7	32.6	34.7	34.3	36.8	37.5	32.7	26.6	18.4	16.8	347.8	
Wärmegewin/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.381	0.551	0.842	1.084	1.961	3.485	8.583	8.759	2.104	0.984	0.450	0.345	1.040	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	1.000	0.999	0.970	0.871	0.510	0.287	0.117	0.114	0.475	0.920	1.000	1.000	0.621	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	20.0	24.5	31.7	28.4	17.7	9.9	4.3	4.3	15.6	24.5	18.4	16.8	216.0	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	52.5	44.5	39.8	34.3	34.7	34.3	36.8	37.5	32.7	29.2	41.0	48.8	466.2	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	32.5	20.0	7.1	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	22.5	31.9	118.4	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	35.9	20.1	13.5	0.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	18.8	34.0	125.2	
Wärmegewinne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	11.3	21.1	23.9	26.9	24.7	27.5	26.3	29.7	23.9	23.2	14.3	10.3	263.1	
Wärmegewinne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegewinne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	17.6	26.8	30.2	33.0	31.0	33.6	32.6	36.0	30.0	29.5	20.4	16.6	337.5	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	53.5	46.9	43.7	33.7	32.2	33.6	32.6	36.0	30.0	30.5	39.2	50.6	462.7	

Test Nr. 2b																
Klima Davos																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146	146		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	64.3	56.9	54.9	45.9	33.3	25.5	20.0	20.0	29.2	38.8	52.2	60.9	502.0	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Solare Wärmegewinne	Q_s	MJ/m ²	30.7	36.2	46.1	40.4	31.7	28.0	29.6	31.0	30.2	30.5	26.0	24.6	385.1	
Wärmegewinne total	Q_g	MJ/m ²	37.0	41.9	52.4	46.5	38.0	34.1	36.0	37.3	36.3	36.8	32.1	30.9	459.5	
Wärmegewin/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.576	0.736	0.953	1.014	1.141	1.342	1.793	1.861	1.243	0.950	0.615	0.508	0.915	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	0.999	0.990	0.935	0.908	0.843	0.737	0.557	0.537	0.788	0.936	0.998	1.000	0.855	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	37.0	41.5	49.0	42.2	32.1	25.2	20.0	20.0	28.6	34.5	32.0	30.9	393.0	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	64.4	57.3	58.4	50.1	39.3	34.4	36.0	37.3	36.9	41.1	52.2	60.9	568.5	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	27.3	15.4	6.0	3.6	1.3	0.3	0.0	0.0	0.6	4.3	20.1	30.0	109.0	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	24.5	18.0	7.7	4.8	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	18.4	28.0	104.5	
Wärmegewinne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	32.2	35.3	44.7	35.8	30.8	27.2	29.7	30.2	30.6	33.8	29.5	26.2	386.0	
Wärmegewinne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegewinne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	38.5	41.0	51.0	41.9	37.1	33.3	36.0	36.5	36.7	40.1	35.6	32.5	460.4	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	63.0	59.0	58.7	46.7	38.2	33.3	36.0	36.5	36.7	42.1	54.0	60.5	564.9	

Test Nr. 2c																
Klima Lugano																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141	141		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	45.1	37.1	30.8	22.7	11.3	1.8	0.0	0.0	7.1	19.2	31.9	41.8	248.8	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Solare Wärmegewinne	Q_s	MJ/m ²	21.2	24.4	30.5	25.8	26.7	28.4	31.5	33.7	29.4	24.2	18.6	17.9	312.3	
Wärmegewinne total	Q_g	MJ/m ²	27.5	30.1	36.8	32.0	33.0	34.5	37.8	40.0	35.5	30.5	24.7	24.3	386.7	
Wärmegewin/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.610	0.812	1.196	1.406	2.908	18.855	0.000	0.000	5.030	1.590	0.776	0.580	1.554	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	0.998	0.976	0.811	0.705	0.344	0.053	0.000	0.000	0.199	0.627	0.983	0.999	0.510	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	27.4	29.4	29.9	22.5	11.3	1.8	0.0	0.0	7.1	19.1	24.3	24.2	197.1	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	45.2	37.8	37.7	32.1	33.0	34.5	37.8	40.0	35.5	30.5	32.3	41.9	438.3	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	17.6	7.7	0.9	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7.6	17.6	51.7	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	15.4	4.5	3.0	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	5.4	19.6	49.9	
Wärmegewinne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	24.7	27.7	32.4	22.1	24.1	26	29	33	31.3	22.6	19.3	15.8	308.0	
Wärmegewinne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegewinne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	31.0	33.4	38.7	28.2	30.4	32.1	35.3	39.3	37.4	28.9	25.4	22.1	382.4	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	46.4	37.9	41.7	29.1	30.4	32.1	35.3	39.3	37.4	30.0	30.8	41.7	432.3	

Test Nr. 3a																
Klima Zürich-SMA																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	52.5	44.5	38.8	30.1	17.7	9.9	4.3	4.3	15.6	27.1	41.0	48.8	334.4	
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	13.7	18.8	26.4	26.5	28.4	28.2	30.5	31.2	26.6	20.3	12.3	10.5	273.4	
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	20.0	24.5	32.7	32.6	34.7	34.3	36.8	37.5	32.7	26.6	18.4	16.8	347.8	
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.381	0.551	0.842	1.084	1.961	3.485	8.583	8.759	2.104	0.984	0.450	0.345	1.040	
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.986	0.955	0.861	0.765	0.492	0.285	0.116	0.114	0.462	0.805	0.976	0.990	0.583	
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	19.7	23.4	28.1	24.9	17.1	9.8	4.3	4.3	15.1	21.4	18.0	16.7	202.9	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$			MJ/m ²	52.8	45.6	43.4	37.7	35.3	34.4	36.8	37.5	33.2	32.3	41.4	48.9	479.3
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	32.8	21.1	10.7	5.1	0.6	0.1	0.0	0.0	0.4	5.6	23.0	32.1	131.5	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	36.5	20.9	14.7	4.8	2.9	0.2	0.0	0.0	1.2	5.5	21.0	34.0	141.7	
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	11.3	21.1	23.9	26.9	24.7	27.5	26.3	29.7	23.9	23.2	14.3	10.3	263.1	
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	17.6	26.8	30.2	33.0	31.0	33.6	32.6	36.0	30.0	29.5	20.4	16.6	337.5	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	54.1	47.7	44.9	37.8	33.9	33.8	32.6	36.0	31.2	35.0	41.4	50.6	479.2	

Test Nr. 3b																
Klima Davos																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	64.3	56.9	54.9	45.9	33.3	25.5	20.0	20.0	29.2	38.8	52.2	60.9	502.0	
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	30.7	36.2	46.1	40.4	31.7	28.0	29.6	31.0	30.2	30.5	26.0	24.6	385.1	
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	37.0	41.9	52.4	46.5	38.0	34.1	36.0	37.3	36.3	36.8	32.1	30.9	459.5	
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.576	0.736	0.953	1.014	1.141	1.342	1.793	1.861	1.243	0.950	0.615	0.508	0.915	
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.952	0.903	0.821	0.796	0.746	0.671	0.533	0.516	0.707	0.822	0.941	0.967	0.781	
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	35.2	37.8	43.0	37.0	28.4	22.9	19.2	19.3	25.7	30.3	30.2	29.9	358.9	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$			MJ/m ²	66.1	61.0	64.3	55.3	43.0	36.7	36.8	38.1	39.9	45.4	54.1	61.9	602.6
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	29.1	19.1	12.0	8.8	5.0	2.6	0.9	0.8	3.6	8.5	22.0	31.0	143.2	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	26.8	20.8	13.4	7.4	3.6	2.2	0.1	1.1	2.1	7.5	20.9	29.5	135.4	
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	32.2	35.3	44.7	35.8	30.8	27.2	29.7	30.2	30.6	33.8	29.5	26.2	386.0	
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	38.5	41.0	51.0	41.9	37.1	33.3	36.0	36.5	36.7	40.1	35.6	32.5	460.4	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	65.3	61.8	64.4	49.3	40.7	35.5	36.1	37.6	38.8	47.6	56.5	62.0	595.8	

Test Nr. 3c																
Klima Lugano																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	45.1	37.1	30.8	22.7	11.3	1.8	0.0	0.0	7.1	19.2	31.9	41.8	248.8	
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	21.2	24.4	30.5	25.8	26.7	28.4	31.5	33.7	29.4	24.2	18.6	17.9	312.3	
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	27.5	30.1	36.8	32.0	33.0	34.5	37.8	40.0	35.5	30.5	24.7	24.3	386.7	
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.610	0.812	1.196	1.406	2.908	18.855	0.000	0.000	5.030	1.590	0.776	0.580	1.554	
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.939	0.871	0.721	0.645	0.341	0.053	0.000	0.000	0.199	0.587	0.884	0.947	0.471	
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	25.8	26.2	26.5	20.6	11.2	1.8	0.0	0.0	7.0	17.9	21.9	23.0	182.1	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$			MJ/m ²	46.8	40.9	41.1	34.1	33.1	34.5	37.8	40.0	35.5	31.8	34.7	43.1	453.4
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	19.3	10.9	4.2	2.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	10.0	18.9	66.7	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	17.9	6.5	4.6	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	9.2	20.6	66.9	
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	24.7	27.7	32.4	22.1	24.1	26	29	33	31.3	22.6	19.3	15.8	308.0	
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	6.3	5.7	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	6.3	6.1	6.3	6.1	6.3	74.4	
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	31.0	33.4	38.7	28.2	30.4	32.1	35.3	39.3	37.4	28.9	25.4	22.1	382.4	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	48.9	39.9	43.3	32.2	30.4	32.1	35.3	39.3	37.4	33.0	34.6	42.7	449.3	

Angaben zur Gebäudehülle

1. Energiebezugsfläche, Volumen

Projektbezeichnung	$A_E \text{ (m}^2\text{)}$	$A_{th} \text{ (m}^2\text{)}$	A_{th}/A_E	$V \text{ (m}^3\text{)}$
MFH oder VERW	2250	2498	1.11	6300

2. Gebäudehüllfläche

Flächen m^2	Aussen	Unbeheizt		Erdreich		Beheizt	Total Fläche	
		Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor	Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor		Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor
Dach	450						450	450
Wand	1652						1652	1652
Boden	270	180	126				450	396
Total	2372						2552	2498

3. Aufteilung der Fenster/Türen-Flächen auf Fassaden/Dach/Boden

Flächen m ²	Dach	Fassade				Opake Fläche:	857.7	Fensterfläche:	794.3	Boden	Total
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
Opake Bauteile	450	90.6		576.5		90.6		100.00		450	1757.7
Fenster + Türen		35.40		123.50		35.40		600.00			794.3
Total	450	126		700		126		700		450	2552
Fensteranteil A_{Wf}/A_F		28.1%		17.6%		28.1%		85.7%			
Anzahl Fenster		5*(F4+F5)	5*(5*F6+5*F7+5*F8)				5*(F4+F5)	5*(10*F1+5*F2+5*F3)			
Glasfläche A_g		31.01		96.70		31.01		525.45			684.16
Rahmenfläche A_r		4.39		26.81		4.39		74.55			110.14
davon Storenkasten (Rahmenverbreiterung) $A_{r,sh}$		0.00		0.00		0.00		0.00			
Glasrandlänge L_g		96.10		336.50		96.10		1256.00			1784.70
Fensterleibungslänge L_w		77.50		377.50		77.50		980.00			1512.50
FF (Abminderung durch Rahmen)		0.88		0.78		0.88		0.88			
FS1 (Horizont)		0.90		0.90		0.90		0.90			
FS2 (Überhang)		1.00		0.60		1.00		0.60			
FS3 (Seitenblende)		1.00		1.00		1.00		0.94			
FS=FS1*FS2*FS3		0.90		0.54		0.90		0.51			
FF*FS		0.79		0.42		0.79		0.44			
Glasanteil $f_g=A_g/A_F$		25%		14%		25%		75%			
Flächenanteil Fenster+Türen an A_E =		35.3%									

4. Fensterabmessungen

Fensterbezeichnung	Breite	Höhe	Rahmen				Fenster	Glas	Rahmen	Storenkasten	Glasrand	Leibung
	B_w	H_w	$x_{li}+x_{le}$	x_{mi}	y_o+y_u	Storenkasten H_{st}	A_w	A_g	A_r	$A_{r,sh}$	L_g	L_w
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	m^2	m^2	m^2	m^2	m	m
F1: 2-flg. HM	300	240	10	10	14	0	7.20	6.33	0.87	0.00	14.64	10.80
F2: Fest.Vergl. HM	200	240	10	0	14	0	4.80	4.29	0.51	0.00	8.32	8.80
F3: 2-flg. HM	200	240	10	10	14	0	4.80	4.07	0.73	0.00	12.64	8.80
F4: 2-flg. HM	215	240	8	10	10	0	5.16	4.53	0.63	0.00	13.14	9.10
F5: 1-flg. HM	80	240	8	0	8	0	1.92	1.67	0.25	0.00	6.08	6.40
F6: 1-flg. HM	135	130	8	0	8	0	1.76	1.55	0.21	0.00	4.98	5.30
F7: 1-flg. HM	50	85	8	0	8	0	0.43	0.32	0.10	0.00	2.38	2.70
F8: Türe mit Glaseinsatz	115	240	20	0	30	0	2.76	2.00	0.77	0.00	6.10	7.10

5. Wärmebrückenabmessungen

Bezeichnung	Länge (m)	$\Psi \text{ W/(mK)}$
Dach/Wandanschluss	118.00	0.05
Geschossdecke/Balkon	200.00	0.18
Fensteranschlag	1512.50	0.08
Gebäudesockel	118.00	0.12

6. Fenster U-Wert

Bezeichnung	U-Glas $W/(m^2K)$	$U_i \text{ W/(m}^2K\text{)}$	$U_{r,g} \text{ W/(m}^2K\text{)}$	$U_{r,sh} \text{ W/(m}^2K\text{)}$	$\Psi_g \text{ W/(mK)}$	$U_w \text{ W/(m}^2K\text{)}$
Fenster Nord	0.61	1.5	1.5	1.5	0.04	0.83
Fenster Ost	0.61	1.5	1.5	1.5	0.04	0.91
Fenster Süd	0.61	1.5	1.5	1.5	0.04	0.83
Fenster West	0.61	1.5	1.5	1.5	0.04	0.80

Resultate

Test Nr. 4a																
Klima Zürich-SMA																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	38.9	33.0	28.8	22.3	13.1	7.3	3.2	3.2	11.5	20.1	30.4	36.2	247.9	
Solarer Wärmegewinntotal	Q_s	MJ/m ²	5.5	8.4	13.2	15.2	18.4	19.3	20.8	19.0	14.2	9.4	5.1	4.1	152.7	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinntotal	Q_g	MJ/m ²	13.8	15.8	21.5	23.2	26.7	27.4	29.1	27.3	22.2	17.7	13.2	12.4	250.3	
Wärmegewinnt-/verlust-Verhältnis	γ	-	0.355	0.480	0.746	1.040	2.039	3.747	9.144	8.600	1.925	0.881	0.433	0.344	1.009	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	1.000	1.000	0.994	0.908	0.490	0.267	0.109	0.116	0.520	0.971	1.000	1.000	0.612	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	13.8	15.8	21.3	21.0	13.1	7.3	3.2	3.2	11.5	17.2	13.2	12.4	153.1	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne	$Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$	MJ/m ²	38.9	33.0	28.9	24.4	26.7	27.4	29.1	27.3	22.2	20.6	30.4	36.2	345.1	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	25.1	17.2	7.5	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	17.2	23.7	94.8	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	27.1	17.3	11.1	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	15.9	24.9	98.6	
Wärmegewinntotal Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	4.5	9.3	12.6	16.8	16.7	21.2	19.7	18.6	12.4	10.6	5.1	4.1	151.6	
Wärmegewinntotal interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinntotal HELIOS	Q_g	MJ/m ²	12.8	16.8	20.9	24.8	25.0	29.2	28.0	26.9	20.4	18.9	13.1	12.4	249.2	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	39.9	34.1	32.0	25.1	25.4	29.2	28.0	26.9	20.4	20.5	29.0	37.3	347.8	

Test Nr. 4b																
Klima Davos																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	47.2	41.8	40.3	33.7	24.5	18.7	14.7	14.7	21.5	28.5	38.3	44.7	368.4	
Solarer Wärmegewinntotal	Q_s	MJ/m ²	11.8	15.7	22.6	22.3	18.7	17.5	18.0	16.8	14.3	12.2	9.7	9.1	188.6	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinntotal	Q_g	MJ/m ²	20.0	23.1	30.9	30.3	27.0	25.5	26.3	25.0	22.3	20.5	17.7	17.4	286.2	
Wärmegewinnt-/verlust-Verhältnis	γ	-	0.425	0.554	0.765	0.902	1.105	1.368	1.785	1.702	1.040	0.719	0.463	0.390	0.777	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	1.000	1.000	0.993	0.967	0.875	0.728	0.560	0.587	0.910	0.996	1.000	1.000	0.876	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	20.0	23.1	30.6	29.4	23.6	18.6	14.7	14.7	20.3	20.4	17.7	17.4	250.7	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne	$Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$	MJ/m ²	47.2	41.8	40.5	34.6	27.8	25.6	26.3	25.0	23.5	28.5	38.3	44.7	403.9	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	27.2	18.6	9.7	4.3	0.8	0.1	0.0	0.0	1.2	8.1	20.5	27.3	117.8	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	26.0	20.5	12.6	5.5	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6	21.3	27.4	120.7	
Wärmegewinntotal Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	11.7	14.5	22.1	20.6	18.7	18.0	19.7	17.7	14.9	13.4	10.5	9.0	190.8	
Wärmegewinntotal interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinntotal HELIOS	Q_g	MJ/m ²	20.0	22.0	30.4	28.6	27.0	26.0	28.0	26.0	22.9	21.7	18.5	17.3	288.4	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	46.0	42.5	43.0	34.1	28.8	26.0	28.0	26.0	22.9	27.3	39.8	44.7	409.1	

Test Nr. 4c																
Klima Lugano																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	33.5	27.6	22.9	16.9	8.4	1.4	0.0	0.0	5.2	14.2	23.7	31.1	184.9	
Solarer Wärmegewinntotal	Q_s	MJ/m ²	7.8	10.2	14.5	14.6	17.0	19.4	21.1	20.3	15.2	10.4	7.0	6.5	164.1	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinntotal	Q_g	MJ/m ²	16.1	17.7	22.8	22.7	25.3	27.4	29.4	28.6	23.3	18.7	15.0	14.8	261.7	
Wärmegewinnt-/verlust-Verhältnis	γ	-	0.480	0.641	0.995	1.342	3.003	20.174	0.000	0.000	4.434	1.313	0.634	0.475	1.415	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	1.000	0.999	0.929	0.741	0.333	0.050	0.000	0.000	0.226	0.756	0.999	1.000	0.499	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	16.1	17.6	21.1	16.8	8.4	1.4	0.0	0.0	5.2	14.1	15.0	14.8	130.6	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne	$Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$	MJ/m ²	33.5	27.6	24.5	22.8	25.3	27.4	29.4	28.6	23.3	18.8	23.7	31.1	316.0	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	17.4	9.9	1.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	8.7	16.3	54.3	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	17.2	9.0	3.4	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	17.0	55.2	
Wärmegewinntotal Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	8.6	10.8	15.9	14.6	16.2	17.6	21.2	20.9	16.2	9.5	7.0	5.5	164.0	
Wärmegewinntotal interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinntotal HELIOS	Q_g	MJ/m ²	16.9	18.3	24.2	22.6	24.5	25.6	29.5	29.2	24.2	17.8	15.0	13.8	261.6	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	34.1	27.3	27.6	23.9	24.5	25.6	29.5	29.2	24.2	17.8	22.3	30.8	316.8	

Test Nr. 5a																
Klima Zürich-SMA																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79	79		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	38.9	33.0	28.8	22.3	13.1	7.3	3.2	3.2	11.5	20.1	30.4	36.2	247.9	
Solarer Wärmegewinntotal	Q_s	MJ/m ²	5.5	8.4	13.2	15.2	18.4	19.3	20.8	19.0	14.2	9.4	5.1	4.1	152.7	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinntotal	Q_g	MJ/m ²	13.8	15.8	21.5	23.2	26.7	27.4	29.1	27.3	22.2	17.7	13.2	12.4	250.3	
Wärmegewinnt/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.355	0.480	0.746	1.040	2.039	3.747	9.144	8.600	1.925	0.881	0.433	0.344	1.009	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	0.999	0.995	0.954	0.844	0.487	0.267	0.109	0.116	0.515	0.910	0.997	0.999	0.597	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	13.8	15.8	20.5	19.6	13.0	7.3	3.2	3.2	11.4	16.1	13.1	12.4	149.4	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne	$Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$	MJ/m ²	38.9	33.1	29.8	25.9	26.8	27.4	29.1	27.3	22.3	21.6	30.4	36.2	348.8	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	25.1	17.2	8.3	2.7	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	4.0	17.3	23.7	98.6	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	27.1	17.4	11.3	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	15.9	24.9	99.9	
Wärmegewinne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	4.5	9.3	12.6	16.8	16.7	21.1	19.7	18.6	12.4	10.6	5.1	4.1	151.5	
Wärmegewinne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	12.8	16.8	20.9	24.8	25.0	29.1	28.0	26.9	20.4	18.9	13.1	12.4	249.1	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	39.9	34.2	32.2	25.5	25.7	29.1	28.0	26.9	20.4	20.8	29.0	37.3	349.0	

Test Nr. 5b																
Klima Davos																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	47.2	41.8	40.3	33.7	24.5	18.7	14.7	14.7	21.5	28.5	38.3	44.7	368.4	
Solarer Wärmegewinntotal	Q_s	MJ/m ²	11.8	15.7	22.6	22.3	18.7	17.5	18.0	16.8	14.3	12.2	9.7	9.1	188.6	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinntotal	Q_g	MJ/m ²	20.0	23.1	30.9	30.3	27.0	25.5	26.3	25.0	22.3	20.5	17.7	17.4	286.2	
Wärmegewinnt/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.425	0.554	0.765	0.902	1.105	1.368	1.785	1.702	1.040	0.719	0.463	0.390	0.777	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	0.998	0.990	0.952	0.906	0.819	0.702	0.554	0.580	0.848	0.963	0.996	0.999	0.848	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	20.0	22.9	29.4	27.5	22.1	17.9	14.6	14.5	18.9	19.7	17.7	17.4	242.6	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne	$Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$	MJ/m ²	47.2	42.0	41.8	36.5	29.3	26.3	26.4	25.2	24.8	29.2	38.3	44.7	412.0	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	27.2	18.9	11.0	6.2	2.3	0.7	0.2	0.2	2.5	8.8	20.6	27.3	125.8	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	26.2	20.8	13.0	5.9	2.0	0.2	0.0	0.0	0.0	6.2	21.4	27.5	123.2	
Wärmegewinne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	11.7	14.5	22.1	20.6	18.7	18.0	19.7	17.7	14.9	13.4	10.5	9.0	190.8	
Wärmegewinne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	20.0	22.0	30.4	28.6	27.0	26.0	28.0	26.0	22.9	21.7	18.5	17.3	288.4	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	46.2	42.8	43.4	34.5	29.0	26.2	28.0	26.0	22.9	27.9	39.9	44.8	411.6	

Test Nr. 5c																
Klima Lugano																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	33.5	27.6	22.9	16.9	8.4	1.4	0.0	0.0	5.2	14.2	23.7	31.1	184.9	
Solarer Wärmegewinntotal	Q_s	MJ/m ²	7.8	10.2	14.5	14.6	17.0	19.4	21.1	20.3	15.2	10.4	7.0	6.5	164.1	
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinntotal	Q_g	MJ/m ²	16.1	17.7	22.8	22.7	25.3	27.4	29.4	28.6	23.3	18.7	15.0	14.8	261.7	
Wärmegewinnt/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.480	0.641	0.995	1.342	3.003	20.174	0.000	0.000	4.434	1.313	0.634	0.475	1.415	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	0.994	0.976	0.863	0.710	0.333	0.050	0.000	0.000	0.225	0.722	0.977	0.995	0.485	
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	16.0	17.2	19.7	16.1	8.4	1.4	0.0	0.0	5.2	13.5	14.7	14.7	126.9	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne	$Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$	MJ/m ²	33.6	28.0	26.0	23.5	25.3	27.4	29.4	28.6	23.3	19.4	24.0	31.2	319.7	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	17.5	10.3	3.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	9.0	16.4	58.0	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	17.3	9.2	3.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	7.6	17.0	56.5	
Wärmegewinne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	8.6	10.8	15.9	14.6	16.2	17.6	21.2	20.9	16.2	9.5	7.0	5.5	164.0	
Wärmegewinne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.3	7.5	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	8.3	8.0	8.3	8.0	8.3	97.6	
Wärmegewinne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	16.9	18.3	24.2	22.6	24.5	25.6	29.5	29.2	24.2	17.8	15.0	13.8	261.6	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	34.2	27.5	28.0	24.1	24.5	25.6	29.5	29.2	24.2	17.9	22.6	30.8	318.1	

Test Nr. 6a																
Klima Zürich-SMA																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176	176		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	38.9	33.0	28.8	22.3	13.1	7.3	3.2	3.2	11.5	20.1	30.4	36.2	247.9	
Solarer Wärmege Gewinn total	Q_s	MJ/m ²	5.5	8.4	13.2	15.2	18.4	19.3	20.8	19.0	14.2	9.4	5.1	4.1	152.7	
Interne Wärmege winne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmege winne total	Q_g	MJ/m ²	14.3	16.3	22.0	23.7	27.2	27.9	29.6	27.8	22.7	18.2	13.6	12.9	256.2	
Wärmege winn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.368	0.494	0.763	1.062	2.078	3.814	9.303	8.759	1.967	0.906	0.449	0.357	1.033	
Ausnutzungsgrad für Wärmege winne	η_g	-	0.977	0.949	0.860	0.745	0.458	0.260	0.107	0.114	0.480	0.805	0.960	0.979	0.559	
Genutzte Wärmege winne	Q_{ug}	MJ/m ²	14.0	15.5	18.9	17.6	12.5	7.2	3.2	3.2	10.9	14.6	13.1	12.6	143.3	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	39.3	33.8	31.9	28.3	27.9	27.9	29.6	27.8	23.3	23.6	30.9	36.4	360.8	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	24.9	17.5	9.9	4.7	0.6	0.1	0.0	0.0	0.6	5.4	17.3	23.5	104.6	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	26.4	17.6	11.6	3.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.5	4.6	15.6	24.7	106.0	
Wärmege winne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	4.6	9.4	12.7	16.9	16.8	21.2	19.8	18.6	12.4	10.7	5.2	4.2	152.5	
Wärmege winne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.5	8.0	9.0	8.4	8.8	8.7	8.5	9.0	8.7	8.5	8.7	8.8	103.6	
Wärmege winne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	13.1	17.4	21.7	25.3	25.6	29.9	28.3	27.6	21.1	19.2	13.9	13.0	256.1	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	39.5	35.0	33.3	28.9	27.0	29.9	28.3	27.6	21.6	23.8	29.5	37.7	362.1	

Test Nr. 6b																
Klima Davos																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183	183		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	47.2	41.8	40.3	33.7	24.5	18.7	14.7	14.7	21.5	28.5	38.3	44.7	368.4	
Solarer Wärmege Gewinn total	Q_s	MJ/m ²	11.8	15.7	22.6	22.3	18.7	17.5	18.0	16.8	14.3	12.2	9.7	9.1	188.6	
Interne Wärmege winne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmege winne total	Q_g	MJ/m ²	20.6	23.6	31.4	30.8	27.5	26.0	26.8	25.5	22.8	21.0	18.2	17.9	292.1	
Wärmege winn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.435	0.565	0.778	0.916	1.125	1.394	1.819	1.736	1.063	0.736	0.476	0.401	0.793	
Ausnutzungsgrad für Wärmege winne	η_g	-	0.966	0.933	0.859	0.806	0.726	0.633	0.515	0.535	0.749	0.875	0.957	0.973	0.780	
Genutzte Wärmege winne	Q_{ug}	MJ/m ²	19.9	22.0	27.0	24.9	20.0	16.5	13.8	13.7	17.1	18.3	17.4	17.4	227.9	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	47.9	43.4	44.7	39.6	32.0	28.2	27.7	26.6	27.2	31.1	39.1	45.2	432.7	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	27.3	19.8	13.4	8.8	4.5	2.2	0.9	1.0	4.4	10.1	20.8	27.3	140.5	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	25.8	21.4	15.6	8.1	3.6	1.8	0.1	0.6	2.7	9.2	21.1	27.4	137.4	
Wärmege winne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	11.8	14.6	22.2	20.7	18.8	18.1	19.8	17.8	15.0	13.5	10.5	9.1	191.9	
Wärmege winne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	8.0	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.7	
Wärmege winne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	20.8	22.6	31.0	29.1	27.8	26.5	28.6	26.8	23.1	22.5	19.2	17.6	295.6	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	46.6	44.0	46.6	37.2	31.4	28.3	28.7	27.4	25.8	31.7	40.3	45.0	433.0	

Test Nr. 6c																
Klima Lugano																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174	174		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	33.5	27.6	22.9	16.9	8.4	1.4	0.0	0.0	5.2	14.2	23.7	31.1	184.9	
Solarer Wärmege Gewinn total	Q_s	MJ/m ²	7.8	10.2	14.5	14.6	17.0	19.4	21.1	20.3	15.2	10.4	7.0	6.5	164.1	
Interne Wärmege winne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmege winne total	Q_g	MJ/m ²	16.6	18.1	23.3	23.2	25.8	27.9	29.9	29.1	23.7	19.2	15.5	15.3	267.6	
Wärmege winn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.495	0.657	1.017	1.370	3.063	20.533	0.000	0.000	4.527	1.349	0.654	0.491	1.447	
Ausnutzungsgrad für Wärmege winne	η_g	-	0.947	0.897	0.760	0.635	0.321	0.049	0.000	0.000	0.220	0.642	0.898	0.948	0.448	
Genutzte Wärmege winne	Q_{ug}	MJ/m ²	15.7	16.2	17.7	14.7	8.3	1.4	0.0	0.0	5.2	12.3	13.9	14.5	120.0	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	34.4	29.4	28.5	25.3	26.0	27.9	29.9	29.1	23.8	21.1	25.3	31.9	332.6	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	17.8	11.3	5.2	2.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.9	9.8	16.6	64.9	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	17.1	9.6	5.6	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	8.2	16.9	62.3	
Wärmege winne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	8.7	10.9	16.0	14.7	16.3	17.7	21.3	20.9	16.3	9.6	7.1	5.5	165.0	
Wärmege winne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	8.0	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.7	
Wärmege winne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	17.7	18.9	24.8	23.1	25.3	26.1	30.1	29.9	24.4	18.6	15.8	14.0	268.7	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	34.8	28.5	30.4	25.9	25.3	26.1	30.1	29.9	24.4	20.7	24.0	30.9	331.0	

Tets Nr. 7a																
Klima Zürich-SMA																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112	112		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	38.9	33.0	28.8	22.3	13.1	7.3	3.2	3.2	11.5	20.1	30.4	36.2	247.9	
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	5.5	8.4	13.2	15.2	18.4	19.3	20.8	19.0	14.2	9.4	5.1	4.1	152.7	
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	14.3	16.3	22.0	23.7	27.2	27.9	29.6	27.8	22.7	18.2	13.6	12.9	256.2	
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.368	0.494	0.763	1.062	2.078	3.814	9.303	8.759	1.967	0.906	0.449	0.357	1.033	
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.941	0.898	0.795	0.685	0.434	0.254	0.107	0.114	0.454	0.740	0.914	0.944	0.529	
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	13.5	14.6	17.5	16.2	11.8	7.1	3.2	3.2	10.3	13.5	12.5	12.2	135.5	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	39.8	34.7	33.3	29.8	28.5	28.1	29.6	27.9	23.9	24.8	31.5	36.9	368.7	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	25.5	18.4	11.3	6.1	1.3	0.2	0.0	0.0	1.2	6.6	17.9	23.9	112.5	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	27.0	17.7	12.1	4.5	2.1	0.2	0.0	0.0	0.8	5.1	16.2	24.5	110.2	
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	4.5	9.4	12.7	16.9	16.8	21.2	19.8	18.6	12.5	10.6	5.2	4.2	152.4	
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.5	8.0	9.0	8.4	8.8	8.7	8.5	9.0	8.7	8.5	8.7	8.8	103.6	
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	13.0	17.4	21.7	25.3	25.6	29.9	28.3	27.6	21.2	19.1	13.9	13.0	256.0	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	40.0	35.1	33.8	29.8	27.7	30.1	28.3	27.6	22.0	24.2	30.1	37.5	366.2	

Test Nr. 7b																
Klima Davos																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117	117		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	47.2	41.8	40.3	33.7	24.5	18.7	14.7	14.7	21.5	28.5	38.3	44.7	368.4	
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	11.8	15.7	22.6	22.3	18.7	17.5	18.0	16.8	14.3	12.2	9.7	9.1	188.6	
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	20.6	23.6	31.4	30.8	27.5	26.0	26.8	25.5	22.8	21.0	18.2	17.9	292.1	
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.435	0.565	0.778	0.916	1.125	1.394	1.819	1.736	1.063	0.736	0.476	0.401	0.793	
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.923	0.877	0.795	0.742	0.669	0.587	0.485	0.503	0.690	0.811	0.909	0.934	0.729	
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	19.0	20.7	24.9	22.9	18.4	15.3	13.0	12.8	15.7	17.0	16.6	16.8	213.0	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	48.8	44.7	46.8	41.6	33.6	29.4	28.5	27.4	28.5	32.4	39.9	45.9	447.6	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	28.2	21.1	15.4	10.8	6.1	3.4	1.7	1.9	5.7	11.5	21.7	28.0	155.4	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	26.7	21.6	16.0	9.2	5.1	2.4	0.4	1.2	3.3	9.5	21.5	27.3	144.2	
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	11.8	14.6	22.2	20.7	18.8	18.1	19.8	17.8	15.0	13.5	10.5	9.1	191.9	
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	8.0	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.7	
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	20.8	22.6	31.0	29.1	27.8	26.5	28.6	26.8	23.1	22.5	19.2	17.6	295.6	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	47.5	44.2	47.0	38.3	32.9	28.9	29.0	28.0	26.4	32.0	40.7	44.9	439.8	

Test Nr. 7c																
Klima Lugano																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111	111		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	33.5	27.6	22.9	16.9	8.4	1.4	0.0	0.0	5.2	14.2	23.7	31.1	184.9	
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	7.8	10.2	14.5	14.6	17.0	19.4	21.1	20.3	15.2	10.4	7.0	6.5	164.1	
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	16.6	18.1	23.3	23.2	25.8	27.9	29.9	29.1	23.7	19.2	15.5	15.3	267.6	
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.495	0.657	1.017	1.370	3.063	20.533	0.000	0.000	4.527	1.349	0.654	0.491	1.447	
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.896	0.834	0.699	0.588	0.311	0.049	0.000	0.000	0.216	0.594	0.835	0.898	0.420	
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	14.9	15.1	16.3	13.6	8.0	1.4	0.0	0.0	5.1	11.4	13.0	13.7	112.5	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	35.2	30.6	29.9	26.4	26.2	27.9	29.9	29.1	23.9	22.0	26.2	32.7	340.1	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	18.6	12.4	6.6	3.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	2.8	10.7	17.4	72.5	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	18.2	10.2	6.1	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	9.0	17.0	65.9	
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	8.7	10.9	16.0	14.7	16.3	17.7	21.3	20.9	16.3	9.6	7.1	5.5	165.0	
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	8.0	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.7	
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	17.7	18.9	24.8	23.1	25.3	26.1	30.1	29.9	24.4	18.6	15.8	14.0	268.7	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	35.9	29.1	30.9	26.2	25.3	26.1	30.1	29.9	24.4	20.9	24.8	31.0	334.6	

Test Nr. 8a																
Klima Zürich-SMA																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	38.9	33.0	28.8	22.3	13.1	7.3	3.2	3.2	11.5	20.1	30.4	36.2	247.9	
Solarer Wärmege Gewinn total	Q_s	MJ/m ²	5.5	8.4	13.2	15.2	18.4	19.3	20.8	19.0	14.2	9.4	5.1	4.1	152.7	
Interne Wärmege Winne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmege Winne total	Q_g	MJ/m ²	14.3	16.3	22.0	23.7	27.2	27.9	29.6	27.8	22.7	18.2	13.6	12.9	256.2	
Wärmege Winn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.368	0.494	0.763	1.062	2.078	3.814	9.303	8.759	1.967	0.906	0.449	0.357	1.033	
Ausnutzungsgrad für Wärmege Winne	η_g	-	0.897	0.844	0.735	0.632	0.409	0.246	0.106	0.112	0.426	0.683	0.863	0.901	0.498	
Genutzte Wärmege Winne	Q_{ug}	MJ/m ²	12.8	13.8	16.2	15.0	11.1	6.9	3.1	3.1	9.7	12.4	11.8	11.6	127.5	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	40.4	35.6	34.6	31.0	29.2	28.3	29.6	27.9	24.6	25.8	32.2	37.4	376.7	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	26.1	19.2	12.6	7.3	2.0	0.5	0.0	0.0	1.9	7.6	18.6	24.5	120.4	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	27.2	18.7	13.4	6.4	2.9	0.4	0.0	0.1	1.4	6.8	16.9	24.7	118.9	
Wärmege Winne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	4.5	9.4	12.7	16.9	16.8	21.2	19.8	18.6	12.5	10.6	5.2	4.2	152.4	
Wärmege Winne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.5	8.0	9.0	8.4	8.8	8.7	8.5	9.0	8.7	8.5	8.7	8.8	103.6	
Wärmege Winne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	13.0	17.4	21.7	25.3	25.6	29.9	28.3	27.6	21.2	19.1	13.9	13.0	256.0	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	40.2	36.1	35.1	31.7	28.5	30.3	28.3	27.7	22.6	25.9	30.8	37.7	374.9	

Test Nr. 8b																
Klima Davos																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	47.2	41.8	40.3	33.7	24.5	18.7	14.7	14.7	21.5	28.5	38.3	44.7	368.4	
Solarer Wärmege Gewinn total	Q_s	MJ/m ²	11.8	15.7	22.6	22.3	18.7	17.5	18.0	16.8	14.3	12.2	9.7	9.1	188.6	
Interne Wärmege Winne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmege Winne total	Q_g	MJ/m ²	20.6	23.6	31.4	30.8	27.5	26.0	26.8	25.5	22.8	21.0	18.2	17.9	292.1	
Wärmege Winn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.435	0.565	0.778	0.916	1.125	1.394	1.819	1.736	1.063	0.736	0.476	0.401	0.793	
Ausnutzungsgrad für Wärmege Winne	η_g	-	0.874	0.820	0.735	0.685	0.617	0.544	0.454	0.470	0.637	0.751	0.857	0.888	0.680	
Genutzte Wärmege Winne	Q_{ug}	MJ/m ²	18.0	19.3	23.1	21.1	17.0	14.2	12.2	12.0	14.5	15.7	15.6	15.9	198.6	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	49.8	46.0	48.6	43.4	35.0	30.5	29.3	28.3	29.7	33.7	40.9	46.7	462.0	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	29.2	22.4	17.3	12.5	7.5	4.5	2.6	2.7	6.9	12.7	22.7	28.8	169.9	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	27.8	23.1	18.6	11.6	7.3	3.7	1.4	2.1	5.6	11.3	22.6	28.0	163.1	
Wärmege Winne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	11.8	14.6	22.2	20.7	18.8	18.1	19.8	17.8	15.0	13.5	10.5	9.1	191.9	
Wärmege Winne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	8.0	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.7	
Wärmege Winne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	20.8	22.6	31.0	29.1	27.8	26.5	28.6	26.8	23.1	22.5	19.2	17.6	295.6	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	48.6	45.7	49.6	40.7	35.1	30.2	30.0	28.9	28.7	33.8	41.8	45.6	458.7	

Test Nr. 8c																
Klima Lugano																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74	74		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	33.5	27.6	22.9	16.9	8.4	1.4	0.0	0.0	5.2	14.2	23.7	31.1	184.9	
Solarer Wärmege Gewinn total	Q_s	MJ/m ²	7.8	10.2	14.5	14.6	17.0	19.4	21.1	20.3	15.2	10.4	7.0	6.5	164.1	
Interne Wärmege Winne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmege Winne total	Q_g	MJ/m ²	16.6	18.1	23.3	23.2	25.8	27.9	29.9	29.1	23.7	19.2	15.5	15.3	267.6	
Wärmege Winn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.495	0.657	1.017	1.370	3.063	20.533	0.000	0.000	4.527	1.349	0.654	0.491	1.447	
Ausnutzungsgrad für Wärmege Winne	η_g	-	0.842	0.775	0.645	0.545	0.298	0.049	0.000	0.000	0.210	0.550	0.776	0.844	0.393	
Genutzte Wärmege Winne	Q_{ug}	MJ/m ²	14.0	14.0	15.0	12.6	7.7	1.4	0.0	0.0	5.0	10.6	12.0	12.9	105.2	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	36.1	31.6	31.2	27.4	26.6	27.9	29.9	29.1	24.0	22.9	27.2	33.5	347.4	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	19.5	13.5	7.9	4.3	0.7	0.0	0.0	0.0	0.2	3.7	11.7	18.2	79.8	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	19.5	11.8	8.2	4.2	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	10.4	17.8	75.2	
Wärmege Winne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	8.7	10.9	16.0	14.7	16.3	17.7	21.3	20.9	16.3	9.6	7.1	5.5	165.0	
Wärmege Winne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	8.0	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.7	
Wärmege Winne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	17.7	18.9	24.8	23.1	25.3	26.1	30.1	29.9	24.4	18.6	15.8	14.0	268.7	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	37.2	30.7	33.0	27.3	25.6	26.1	30.1	29.9	24.4	21.6	26.2	31.8	343.9	

Angaben zur Gebäudehülle

1. Energiebezugsfläche, Volumen

Projektbezeichnung	$A_E \text{ (m}^2\text{)}$	$A_{th} \text{ (m}^2\text{)}$	A_{th}/A_E	$V \text{ (m}^3\text{)}$
Verwaltungsgebäude	1188	1732	1.46	3960

2. Gebäudehüllfläche

Flächen m^2	Aussen	Unbeheizt		Erdreich		Beheizt	Total Fläche	
		Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor	Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor		Ohne b-Faktor	Mit b-Faktor
Dach	396						396	396
Wand	940						940	940
Boden	396						396	396
Total	1732						1732	1732

3. Aufteilung der Fenster/Türen-Flächen auf Fassaden/Dach/Boden

Flächen m^2	Dach	Fassade				Opake Fläche: 615.584		Fensterfläche: 324.416		Boden	Total
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW		
Opake Bauteile	396	270.144		97.04		158.04		90.36		396	1407.58
Fenster + Türen		89.86		12.96		201.96		19.64			324.42
Total	396	360		110		360		110		396	1732.00
Fensteranteil A_W/A_F		25.0%		11.8%		56.1%		17.9%			
Anzahl Fenster		54*F3		6*F6		27*F1+27*F2		1F4+5*F5+1F6			
Glasfläche A_g		70.96		10.60		162.91		16.06			260.53
Rahmenfläche A_r		18.90		2.36		39.05		3.58			63.89
davon Storenkasten (Rahmenverbreiterung) $A_{r,sh}$		0.00		0.00		0.00		0.00			
Glasrandlänge L_g		412.56		32.04		489.24		42.40			976.24
Fensterleibungslänge L_w		285.12		35.40		421.20		46.70			788.42
FF (Abminderung durch Rahmen)		0.79		0.82		0.81		0.82			
FS1 (Horizont)		0.90		0.90		0.90		0.90			
FS2 (Überhang)		1.00		1.00		0.75		1.00			
FS3 (Seitenblende)		1.00		1.00		0.97		1.00			
FS=FS1*FS2*FS3		0.90		0.90		0.65		0.90			
FF*FS		0.71		0.74		0.53		0.74			
Glasanteil $f_g=A_g/A_F$		20%		10%		45%		15%			

Flächenanteil Fenster+Türen an A_E = 18.7%

4. Fensterabmessungen

Fensterbezeichnung	Breite	Höhe	Rahmen				Fenster	Glas	Rahmen	Storenkasten	Glasrand	Leibung
	B_W	H_W	$x_{li}+x_{le}$	x_{mi}	y_o+y_u	Storenkasten H_{st}	A_W	A_g	A_r	$A_{r,sh}$	L_g	L_w
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	m^2	m^2	m^2	m^2	m	m
F1: 2-flg_HM	190	220	18	12	18	0	4.18	3.23	0.95	0.00	11.28	8.20
F2: Fest.Vergl._HM	150	220	14	0	14	0	3.30	2.80	0.50	0.00	6.84	7.40
F3: 1-flg._HM	104	160	14	0	14	0	1.66	1.31	0.35	0.00	7.64	5.28
F4: Fest.Vergl._HM	120	260	14	0	14	0	3.12	2.61	0.51	0.00	7.04	7.60
F5: 1-flg_HM	135	160	14	0	14	0	2.16	1.77	0.39	0.00	5.34	5.90
F6: 2-flg.Türe mit Glaseinsatz	220	260	18	11	18	0	5.72	4.62	1.10	0.00	8.66	9.60

5. Wärmebrückenabmessungen

Bezeichnung	Länge (m)	$\Psi \text{ W/(mK)}$
Dach/Wandanschluss	94.00	0.05
Geschossdecke/Balkon	0.00	0.00
Fensteranschlag	788.42	0.10
Gebäudesockel	94.00	0.05

6. Fenster U-Wert

Bezeichnung	U-Glas $\text{W/(m}^2\text{K)}$	$U_r \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$U_{r,g} \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$U_{r,sh} \text{ W/(m}^2\text{K)}$	$\Psi_g \text{ W/(mK)}$	$U_W \text{ W/(m}^2\text{K)}$
Fenster Nord	0.61	1.5	1.5	1.5	0.04	0.98
Fenster Ost	0.61	1.5	1.5	1.5	0.04	0.87
Fenster Süd	0.61	1.5	1.5	1.5	0.04	0.88
Fenster West	0.61	1.5	1.5	1.5	0.04	0.86

Resultate

Test Nr. 9a															
Klima Zürich-SMA															
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
SIA 380/1															
Zeitkonstante	τ	h	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	37.9	32.1	28.0	21.7	12.8	7.1	3.1	3.1	11.2	19.5	29.6	35.2	241.2
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	8.0	10.9	15.1	14.9	16.0	15.9	17.1	17.4	15.0	11.7	7.2	6.2	155.4
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	16.8	18.9	23.8	23.4	24.8	24.4	25.9	26.2	23.5	20.5	15.7	14.9	258.9
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.444	0.587	0.851	1.079	1.941	3.439	8.370	8.481	2.098	1.049	0.531	0.425	1.073
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.782	0.718	0.620	0.552	0.386	0.250	0.113	0.112	0.365	0.561	0.742	0.791	0.462
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	13.1	13.5	14.8	12.9	9.6	6.1	2.9	2.9	8.6	11.5	11.6	11.8	119.5
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	41.5	37.4	37.1	32.2	28.0	25.4	26.0	26.4	26.2	28.5	33.6	38.3	380.6
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	24.7	18.6	13.2	8.8	3.2	1.0	0.2	0.2	2.6	8.0	17.9	23.4	121.7
HELIOS															
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	25.5	18.0	13.7	8.3	4.1	1.1	0.2	0.7	2.6	8.2	16.2	23.3	121.9
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	6.7	12.2	13.5	15.1	13.9	15.4	14.8	16.6	13.6	13.3	8.3	6.1	149.5
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.5	7.9	9.0	8.4	8.8	8.7	8.5	9.0	8.7	8.5	8.7	8.8	103.5
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	15.2	20.1	22.5	23.5	22.7	24.1	23.3	25.6	22.3	21.8	17.0	14.9	253.0
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	40.7	38.1	36.2	31.8	26.8	25.2	23.5	26.3	24.9	30.0	33.2	38.2	374.9

Test Nr. 9b															
Klima Davos															
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
SIA 380/1															
Zeitkonstante	τ	h	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	45.9	40.6	39.2	32.7	23.8	18.2	14.3	14.3	20.8	27.7	37.2	43.5	358.1
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	18.0	21.1	26.6	23.1	17.8	15.7	16.5	17.3	17.0	17.5	15.2	14.5	220.3
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	26.8	29.0	35.4	31.6	26.6	24.2	25.3	26.1	25.5	26.3	23.7	23.3	323.9
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.585	0.715	0.903	0.967	1.119	1.335	1.769	1.824	1.225	0.950	0.636	0.536	0.905
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.724	0.672	0.608	0.588	0.546	0.494	0.414	0.405	0.519	0.593	0.703	0.745	0.585
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	19.4	19.5	21.5	18.6	14.5	12.0	10.5	10.6	13.3	15.6	16.6	17.3	189.4
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	53.3	50.1	53.1	45.7	35.9	30.4	29.1	29.8	33.1	38.4	44.2	49.4	492.5
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	26.5	21.1	17.7	14.1	9.3	6.2	3.8	3.7	7.6	12.1	20.6	26.1	168.7
HELIOS															
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	25.5	21.9	19.1	13.0	9.1	5.2	3.2	3.8	7.0	12.3	20.7	25.8	166.6
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	18.9	20.5	25.6	20.2	17.4	15.1	16.3	16.7	17.1	19.3	17.2	15.4	219.7
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	7.9	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.6
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	27.9	28.4	34.4	28.6	26.4	23.5	25.1	25.7	25.2	28.3	25.9	23.9	323.3
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	53.4	50.3	53.5	41.6	35.5	28.7	28.3	29.5	32.2	40.6	46.6	49.7	489.9

Test Nr. 9c															
Klima Lugano															
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
SIA 380/1															
Zeitkonstante	τ	h	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	32.6	26.8	22.3	16.4	8.2	1.3	0.0	0.0	5.1	13.9	23.1	30.3	180.0
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	12.3	14.0	17.3	14.5	15.1	16.0	17.7	18.8	16.5	13.8	10.8	10.5	177.5
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	21.1	22.0	26.1	23.1	23.9	24.5	26.5	27.6	25.0	22.6	19.3	19.3	281.0
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.647	0.820	1.172	1.402	2.915	18.546	0.000	0.000	4.908	1.632	0.838	0.636	1.561
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.693	0.630	0.528	0.476	0.285	0.053	0.000	0.000	0.184	0.433	0.623	0.697	0.360
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	14.6	13.8	13.8	11.0	6.8	1.3	0.0	0.0	4.6	9.8	12.0	13.4	101.2
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	39.1	35.0	34.6	28.5	25.3	24.6	26.5	27.6	25.5	26.7	30.3	36.1	359.8
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	18.0	13.0	8.5	5.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.5	4.1	11.0	16.9	78.8
HELIOS															
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	18.8	11.4	9.0	5.4	1.1	0.1	0.0	0.0	0.2	4.0	10.4	16.9	77.3
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	14.4	15.9	18.2	12.6	13.7	14.8	16.1	18.2	17.6	12.9	11.2	9.3	174.9
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	8.0	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.7
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	23.4	23.9	27.0	21.0	22.7	23.2	24.9	27.2	25.7	21.9	19.9	17.8	278.6
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	42.2	35.3	36.0	26.4	23.8	23.3	24.9	27.2	25.9	25.9	30.3	34.7	355.9

Test N. 10a															
Klima Zürich SMA															
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
SIA 380/1															
Zeitkonstante	τ	h	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	37.9	32.1	28.0	21.7	12.8	7.1	3.1	3.1	11.2	19.5	29.6	35.2	241.2
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	8.0	10.9	15.1	14.9	16.0	15.9	17.1	17.4	15.0	11.7	7.2	6.2	155.4
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	16.8	18.9	23.8	23.4	24.8	24.4	25.9	26.2	23.5	20.5	15.7	14.9	258.9
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.444	0.587	0.851	1.079	1.941	3.439	8.370	8.481	2.098	1.049	0.531	0.425	1.073
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.919	0.867	0.765	0.683	0.460	0.281	0.119	0.117	0.433	0.693	0.888	0.925	0.551
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	15.4	16.3	18.2	16.0	11.4	6.9	3.1	3.1	10.2	14.2	13.9	13.8	142.6
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	39.2	34.6	33.6	29.1	26.1	24.7	25.9	26.2	24.6	25.8	31.3	36.3	357.6
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	22.4	15.8	9.8	5.7	1.4	0.2	0.0	0.0	1.0	5.3	15.6	21.3	98.7
HELIOS															
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	24.6	16.3	11.9	5.8	2.8	0.4	0.0	0.1	1.2	5.7	14.5	22.4	105.7
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	6.7	12.2	13.5	15.1	13.9	15.4	14.8	16.6	13.6	13.3	8.3	6.1	149.5
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.5	7.9	9.0	8.4	8.8	8.7	8.5	9.0	8.7	8.5	8.7	8.8	103.5
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	15.2	20.1	22.5	23.5	22.7	24.1	23.3	25.6	22.3	21.8	17.0	14.9	253.0
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	39.8	36.4	34.4	29.3	25.5	24.5	23.3	25.7	23.5	27.5	31.5	37.3	358.7

Test Nr. 10a															
Klima Zürich SMA															
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
SIA 380/1															
Zeitkonstante	τ	h	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	45.9	40.6	39.2	32.7	23.8	18.2	14.3	14.3	20.8	27.7	37.2	43.5	358.1
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	18.0	21.1	26.6	23.1	17.8	15.7	16.5	17.3	17.0	17.5	15.2	14.5	220.3
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	26.8	29.0	35.4	31.6	26.6	24.2	25.3	26.1	25.5	26.3	23.7	23.3	323.9
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.585	0.715	0.903	0.967	1.119	1.335	1.769	1.824	1.225	0.950	0.636	0.536	0.905
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.873	0.823	0.751	0.728	0.674	0.607	0.498	0.486	0.640	0.734	0.854	0.891	0.715
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	23.4	23.9	26.6	23.0	17.9	14.7	12.6	12.7	16.3	19.3	20.2	20.8	231.4
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	49.3	45.7	48.0	41.3	32.4	27.7	27.0	27.7	30.0	34.7	40.7	46.0	450.5
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	22.5	16.7	12.6	9.7	5.8	3.5	1.7	1.6	4.5	8.4	17.0	22.7	126.7
HELIOS															
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	22.9	19.3	15.8	10.2	6.4	3.3	1.1	1.7	4.1	8.9	18.2	23.5	135.4
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	18.9	20.5	25.6	20.2	17.4	15.1	16.3	16.7	17.1	19.3	17.2	15.4	219.7
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	7.9	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.6
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	27.9	28.4	34.4	28.6	26.4	23.5	25.1	25.7	25.2	28.3	25.9	23.9	323.3
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	50.8	47.7	50.2	38.8	32.8	26.8	26.2	27.4	29.3	37.2	44.1	47.4	458.7

Test Nr. 10c															
Klima Lugano															
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
SIA 380/1															
Zeitkonstante	τ	h	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	114	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	32.6	26.8	22.3	16.4	8.2	1.3	0.0	0.0	5.1	13.9	23.1	30.3	180.0
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	12.3	14.0	17.3	14.5	15.1	16.0	17.7	18.8	16.5	13.8	10.8	10.5	177.5
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	21.1	22.0	26.1	23.1	23.9	24.5	26.5	27.6	25.0	22.6	19.3	19.3	281.0
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.647	0.820	1.172	1.402	2.915	18.546	0.000	0.000	4.908	1.632	0.838	0.636	1.561
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.842	0.775	0.651	0.582	0.326	0.054	0.000	0.000	0.200	0.524	0.768	0.846	0.435
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	17.8	17.0	17.0	13.4	7.8	1.3	0.0	0.0	5.0	11.9	14.8	16.3	122.4
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	35.9	31.8	31.4	26.1	24.3	24.5	26.5	27.6	25.1	24.6	27.5	33.2	338.6
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	14.8	9.8	5.3	3.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.1	2.0	8.2	14.0	57.6
HELIOS															
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	16.3	8.9	6.3	3.7	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	8.1	14.9	60.9
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	14.4	15.9	18.2	12.6	13.7	14.8	16.1	18.2	17.6	12.9	11.2	9.3	174.9
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	8.0	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.7
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	23.4	23.9	27.0	21.0	22.7	23.2	24.9	27.2	25.7	21.9	19.9	17.8	278.6
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	39.7	32.8	33.3	24.7	22.9	23.2	24.9	27.2	25.7	24.4	28.0	32.7	339.5

Test Nr. 11a																
Klima Zürich SMA																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173	173		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	37.9	32.1	28.0	21.7	12.8	7.1	3.1	3.1	11.2	19.5	29.6	35.2	241.2	
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	8.0	10.9	15.1	14.9	16.0	15.9	17.1	17.4	15.0	11.7	7.2	6.2	155.4	
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	16.8	18.9	23.8	23.4	24.8	24.4	25.9	26.2	23.5	20.5	15.7	14.9	258.9	
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.444	0.587	0.851	1.079	1.941	3.439	8.370	8.481	2.098	1.049	0.531	0.425	1.073	
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.960	0.920	0.824	0.736	0.485	0.287	0.119	0.118	0.454	0.747	0.937	0.964	0.582	
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	16.1	17.3	19.6	17.2	12.0	7.0	3.1	3.1	10.7	15.3	14.7	14.4	150.7	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	38.6	33.6	32.2	27.9	25.5	24.5	25.9	26.2	24.1	24.7	30.5	35.7	349.5	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	21.7	14.8	8.4	4.5	0.7	0.1	0.0	0.0	0.5	4.2	14.8	20.8	90.6	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	24.1	15.4	11.0	4.5	2.3	0.2	0.0	0.0	0.7	4.3	13.7	22.0	98.2	
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	6.7	12.2	13.5	15.1	13.9	15.4	14.8	16.6	13.6	13.3	8.3	6.1	149.5	
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	8.5	7.9	9.0	8.4	8.8	8.7	8.5	9.0	8.7	8.5	8.7	8.8	103.5	
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	15.2	20.1	22.5	23.5	22.7	24.1	23.3	25.6	22.3	21.8	17.0	14.9	253.0	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	39.3	35.5	33.5	28.0	25.0	24.3	23.3	25.6	23.0	26.1	30.7	36.9	351.2	

Test Nr. 11b																
Klima Davos																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	45.9	40.6	39.2	32.7	23.8	18.2	14.3	14.3	20.8	27.7	37.2	43.5	358.1	
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m ²	18.0	21.1	26.6	23.1	17.8	15.7	16.5	17.3	17.0	17.5	15.2	14.5	220.3	
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	26.8	29.0	35.4	31.6	26.6	24.2	25.3	26.1	25.5	26.3	23.7	23.3	323.9	
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.585	0.715	0.903	0.967	1.119	1.335	1.769	1.824	1.225	0.950	0.636	0.536	0.905	
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.925	0.880	0.809	0.784	0.726	0.650	0.526	0.513	0.688	0.791	0.908	0.940	0.764	
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	24.8	25.6	28.6	24.8	19.3	15.8	13.3	13.4	17.6	20.8	21.5	21.9	247.3	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	47.9	44.1	45.9	39.5	31.1	26.6	26.3	27.0	28.8	33.2	39.4	44.9	434.6	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	21.1	15.0	10.6	7.9	4.5	2.4	1.0	0.9	3.3	6.9	15.7	21.6	110.7	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	21.5	17.9	14.0	8.6	4.8	2.4	0.4	1.1	2.6	7.2	16.8	22.2	119.5	
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	18.9	20.5	25.6	20.2	17.4	15.1	16.3	16.7	17.1	19.3	17.2	15.4	219.7	
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	7.9	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.6	
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	27.9	28.4	34.4	28.6	26.4	23.5	25.1	25.7	25.2	28.3	25.9	23.9	323.3	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	49.4	46.3	48.4	37.2	31.2	25.9	25.5	26.8	27.8	35.5	42.7	46.1	442.8	

Test Nr. 11c																
Klima Lugano																
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	
SIA 380/1																
Zeitkonstante	τ	h	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171		
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	32.6	26.8	22.3	16.4	8.2	1.3	0.0	0.0	5.1	13.9	23.1	30.3	180.0	
Solarer Wärmegegninn total	Q_s	MJ/m2	12.3	14.0	17.3	14.5	15.1	16.0	17.7	18.8	16.5	13.8	10.8	10.5	177.5	
Interne Wärmegegninne	Q_i	MJ/m2	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5	
Wärmegegninne total	Q_g	MJ/m ²	21.1	22.0	26.1	23.1	23.9	24.5	26.5	27.6	25.0	22.6	19.3	19.3	281.0	
Wärmegegninn/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.647	0.820	1.172	1.402	2.915	18.546	0.000	0.000	4.908	1.632	0.838	0.636	1.561	
Ausnutzungsgrad für Wärmegegninne	η_g	-	0.898	0.834	0.701	0.624	0.336	0.054	0.000	0.000	0.203	0.558	0.827	0.902	0.464	
Genutzte Wärmegegninne	Q_{ug}	MJ/m ²	19.0	18.3	18.3	14.4	8.0	1.3	0.0	0.0	5.1	12.6	16.0	17.4	130.4	
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Geenninne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	34.8	30.5	30.1	25.1	24.1	24.5	26.5	27.6	25.1	23.9	26.4	32.2	330.6	
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	13.7	8.5	4.0	2.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	7.1	12.9	49.6	
HELIOS																
Heizwärmebedarf HELIOS	Q_h	MJ/m ²	14.8	7.4	4.8	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	6.8	14.0	52.9	
Wärmegegninne Fenster HELIOS	Q_s	MJ/m ²	14.4	15.9	18.2	12.6	13.7	14.8	16.1	18.2	17.6	12.9	11.2	9.3	174.9	
Wärmegegninne interne Lasten HELIOS	Q_i	MJ/m ²	9.0	8.0	8.8	8.4	9.0	8.4	8.8	9.0	8.1	9.0	8.7	8.5	103.7	
Wärmegegninne total HELIOS	Q_g	MJ/m ²	23.4	23.9	27.0	21.0	22.7	23.2	24.9	27.2	25.7	21.9	19.9	17.8	278.6	
Gesamtwärmeverluste HELIOS	Q_{tot}	MJ/m ²	38.2	31.3	31.8	24.0	22.7	23.2	24.9	27.2	25.7	24.0	26.7	31.8	331.5	

7.7 Reportformat

Die Ergebnisse der dynamischen Gebäudesimulation sind in die Tabelle 15 (Jahreswerte) und in die Tabelle 16 (Monatswerte der einzelnen Tests) einzutragen.

Test- Nr.	Testgebäude	Nutzungs-Kat.	Klima	Dach	Wand	Rahmen	Boden	Innenwand	Geschosdecke	Wärmebrücken	C/A _E MJ/(m ² K)	H= H _T + H _V W/K	Q _h (380/1) MJ/m ²	H= H _T + H _V W/K	Q _h (dyn.) MJ/m ²
01a	A1	EFH	ZH	DA1	AW1	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.52	204	145		
01b	A1	EFH	DAV	DA1	AW1	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.52	198	175		
01c	A1	EFH	LUG	DA1	AW1	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.52	206	81		
02a	A2	EFH	ZH	DA1	AW1	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.51	216	118		
02b	A2	EFH	DAV	DA1	AW1	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.51	210	109		
02c	A2	EFH	LUG	DA1	AW1	FR1	BO1	IW1	DE1	WB1	0.51	218	52		
03a	A2	EFH	ZH	DA2	AW2	FR1	BO1	IW2	DE2	WB1	0.16	216	132		
03b	A2	EFH	DAV	DA2	AW2	FR1	BO1	IW2	DE2	WB1	0.16	210	143		
03c	A2	EFH	LUG	DA2	AW2	FR1	BO1	IW2	DE2	WB1	0.16	218	67		
04a	B	MFH	ZH	DA1	AW3	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1669	95		
04b	B	MFH	DAV	DA1	AW3	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1605	118		
04c	B	MFH	LUG	DA1	AW3	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1686	54		
05a	B	MFH	ZH	DA3	AW3	FR2	BO3	IW1	DE4	WB2	0.21	1669	99		
05b	B	MFH	DAV	DA3	AW3	FR2	BO3	IW1	DE4	WB2	0.21	1605	126		
05c	B	MFH	LUG	DA3	AW3	FR2	BO3	IW1	DE4	WB2	0.21	1686	58		
06a	B	VERW	ZH	DA1	AW3	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1669	105		
06b	B	VERW	DAV	DA1	AW3	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1605	141		
06c	B	VERW	LUG	DA1	AW3	FR2	BO2	IW3	DE3	WB2	0.47	1686	65		
07a	B	VERW	ZH	DA1	AW3	FR2	BO2	IW1	DE5	WB2	0.30	1669	112		
07b	B	VERW	DAV	DA1	AW3	FR2	BO2	IW1	DE5	WB2	0.30	1605	155		
07c	B	VERW	LUG	DA1	AW3	FR2	BO2	IW1	DE5	WB2	0.30	1696	72		
08a	B	VERW	ZH	DA1	AW3	FR2	BO3	IW4	DE4	WB2	0.20	1669	120		
08b	B	VERW	DAV	DA1	AW3	FR2	BO3	IW4	DE4	WB2	0.20	1605	170		
08c	B	VERW	LUG	DA1	AW3	FR2	BO3	IW4	DE4	WB2	0.20	1686	80		
09a	C	VERW	ZH	DA4	AW4	FR2	BO4	IW4	DE6	WB3	0.10	857	122		
09b	C	VERW	DAV	DA4	AW4	FR2	BO4	IW4	DE6	WB3	0.10	824	169		
09c	C	VERW	LUG	DA4	AW4	FR2	BO4	IW4	DE6	WB3	0.10	866	79		
10a	C	VERW	ZH	DA4	AW4	FR2	BO5	IW2	DE7	WB3	0.30	857	99		
10b	C	VERW	DAV	DA4	AW4	FR2	BO5	IW2	DE7	WB3	0.30	824	127		
10c	C	VERW	LUG	DA4	AW4	FR2	BO5	IW2	DE7	WB3	0.30	866	58		
11a	C	VERW	ZH	DA5	AW5	FR2	BO6	IW1	DE8	WB3	0.45	857	91		
11b	C	VERW	DAV	DA5	AW5	FR2	BO6	IW1	DE8	WB3	0.45	824	111		
11c	C	VERW	LUG	DA5	AW5	FR2	BO6	IW1	DE8	WB3	0.45	866	50		

Tabelle 15: Testfälle zum Vergleich von Q_h der dynamischen Simulationsprogramme mit Q_h von SIA380/1

Tabelle 16: Darstellung Monatswerte am Beispiel Test Nr. 11c

Test Nr. 11c															
Klima Lugano															
Monat			Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
SIA 380/1															
Zeitkonstante	τ	h	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	171	
Gesamtwärmeverlust	Q_{tot}	MJ/m ²	32.6	26.8	22.3	16.4	8.2	1.3	0.0	0.0	5.1	13.9	23.1	30.3	180.0
Solarer Wärmegewinntotal	Q_s	MJ/m ²	12.3	14.0	17.3	14.5	15.1	16.0	17.7	18.8	16.5	13.8	10.8	10.5	177.5
Interne Wärmegewinne	Q_i	MJ/m ²	8.8	7.9	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	8.8	8.5	8.8	8.5	8.8	103.5
Wärmegewinntotal	Q_g	MJ/m ²	21.1	22.0	26.1	23.1	23.9	24.5	26.5	27.6	25.0	22.6	19.3	19.3	281.0
Wärmegewinnt/-verlust-Verhältnis	γ	-	0.647	0.820	1.172	1.402	2.915	18.546	0.000	0.000	4.908	1.632	0.838	0.636	1.561
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	η_g	-	0.898	0.834	0.701	0.624	0.336	0.054	0.000	0.000	0.203	0.558	0.827	0.902	0.464
Genutzte Wärmegewinne	Q_{ug}	MJ/m ²	19.0	18.3	18.3	14.4	8.0	1.3	0.0	0.0	5.1	12.6	16.0	17.4	130.4
Gesamtwärmeverlust + ungenutzte Gewinne: $Q_{tot} + (1 - \eta_g) \cdot Q_g$		MJ/m ²	34.8	30.5	30.1	25.1	24.1	24.5	26.5	27.6	25.1	23.9	26.4	32.2	330.6
Heizwärmebedarf SIA 380/1	Q_h	MJ/m ²	13.7	8.5	4.0	2.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	7.1	12.9	49.6
Dynamische Berechnung															
Heizwärmebedarf	Q_h	MJ/m ²													
Wärmegewinne Fenster	Q_s	MJ/m ²													
Wärmegewinne interne Lasten	Q_i	MJ/m ²													
Wärmegewinntotal	Q_g	MJ/m ²													
Gesamtwärmeverluste	Q_{tot}	MJ/m ²													