



Reto Gadola, 28.11.2016

---

# **Schlussbericht Bewertungskriterien zur Beurteilung der Gebäudehülle in der SIA 380/1**

Auslegeordnung im Hinblick auf künftige  
Anforderungen an die Wärmedämmung von  
Bauten

---

**Auftraggeber:**

Bundesamt für Energie BFE, 3003 Bern

**Auftragnehmer:**

Hochschule Luzern – Technik & Architektur, Technikumstrasse 21, 6048 Horw  
Fachhochschule Nordwestschweiz, St. Jakob-Strasse 84, 4132 Muttenz

**Autor:**

Reto Gadola, Hochschule Luzern

**Projektgruppe**

Christoph Sibold, FHNW  
Claudia Bless, Hochschule Luzern  
Andrii Zakovorotnyi, Hochschule Luzern

**Qualitätssicherung**

Urs-Peter Menti, Hochschule Luzern

**Begleitgruppe:**

Christoph Gmür, EnFK, Arbeitsgemeinschaft MuKE  
Olivier Brenner, EnFK, Arbeitsgemeinschaft MuKE  
Matthias Haldi, Energiefachstelle Kanton Bern  
Stefan Mennel, SIA Kommission 380/1  
Thomas Ammann, SIA Kommission 380/1

**BFE-Bereichsleiter:** Olivier Meile

**BFE-Vertragsnummer:** SI/401880-01

Für den Inhalt ist allein der/die Studiennehmer/in verantwortlich.



# Zusammenfassung

Heute wird die energetische Qualität der Gebäudehülle wahlweise anhand des Systemnachweises oder des Einzelbauteilnachweises nach der Norm SIA 380/1 nachgewiesen. Durch immer tiefere  $U$ -Werte – und grössere südorientierte Fensterflächen – ist der Heizwärmebedarf stetig gesunken, nicht aber der Heizleistungsbedarf. Bei Neubauten, vor allem im Wohnbereich, kommen heute überwiegend Wärmepumpen zum Einsatz. Die Mehrzahl dieser Wärmepumpen verfügt über einen Elektro-Heizstab mit dem bei sehr kalten Aussentemperaturen direkt geheizt wird. Befürchtet wird nun, bei tiefen Aussentemperaturen, eine Überlastung des Stromnetzes. Dieser Überlastung soll mit einem Leistungsmerkmal vorgebeugt werden. Mit der vorliegenden Studie liegt nun eine Auslegeordnung im Hinblick auf künftige Leistungsanforderungen vor.

Die Recherche nach geeigneten Methoden hat eine Auswahl von zwölf Varianten ergeben, welche für die Formulierung einer neuen Anforderung in Frage kommen. Unter Berücksichtigung vorgegebener Beurteilungskriterien wurden folgende sechs Methoden weiter verfolgt. Berechnung nach

- Methode A SIA 180/1,
- Methode B SIA 384.201,
- Methode D Einzelbauteil-Nachweis nach SIA 380/1,
- Methode F Deutsche Energieeinsparverordnung (EnEV),
- Methode I prEN 52018-1,
- Methode J MuKE n 2014 (nur Grenzwert  $P_{n,ii}$ ).

Ausser beim Einzelbauteilnachweis (Methode D) dienen  $U$ -Werte, Bauteilflächen und  $b$ -Werte als Berechnungsgrundlage und die Berechnungen sind daher sehr ähnlich. Die Komplexität wird gesteigert mit der Berücksichtigung der Wärmebrücken, der Lüftungswärmeverluste und der Raum- sowie Aussenlufttemperaturen. Um die Umsetzbarkeit zu testen, wurden in einem ersten Schritt die gewählten Methoden in einem Excel programmiert und anhand zahlreicher Gebäude Berechnungen durchgeführt. Diese Tests haben gezeigt, dass die gewählten Methoden umsetzbar sind.

In einem zweiten Schritt wurden die absoluten Werte in Abhängigkeit der EBF, Gebäudehüllfläche oder des Gebäudevolumens dargestellt. Untersucht wurde, ob sich dadurch andere Kompensationsmöglichkeiten öffnen. Für die Untersuchung kamen synthetische Gebäude mit gleichen  $U$ -Werten und Fensterflächenanteilen zum Einsatz. Auch wenn die Werte in den Diagrammen sehr unterschiedlich dargestellt werden, die Aussage ändert sich nicht.

Die Norm prEN 52018-1 (Methode I) ist eine Sammlung bestehender Methoden im europäischen Raum. Darin wird für die Beurteilung der Gebäudehülle ein Gesamtwärmeübertragungskoeffizient ( $H_{tr}$ ) vorgeschlagen. Im dritten und letzten Schritt wurde dieser Koeffizient genauer analysiert. Dafür wurde ein synthetisches Gebäude erstellt und der Fensterflächenanteil variiert. Wird der Grenzwert mit einem Vergleichsprojekt bestimmt, können damit alle möglichen Bauten nachgewiesen werden. Die Nachteile sind aber nicht unerheblich, vor allem bei Gebäuden mit Fensteranteilen von über 70% braucht es grosse technische und finanzielle Anstrengungen um die Anforderung zu erfüllen. Eine Entschärfung könnte hier das Vakuumglas bringen. Diese Technologie ist aber noch nicht marktfähig.

Die vorliegende Studie liefert eine solide Grundlage über mögliche Leistungsmerkmale der Gebäudehülle. Keine der Methoden überzeugt aber vollständig. Es wird empfohlen, weiter nach einem Bewertungs- und Leistungskriterium der Gebäudehülle zu suchen. Dabei müsste aber der vorgegebene Rahmen geöffnet werden um neue Wege beschreiten zu können.



# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Ziele.....	5
1.2	Vorgehensweise.....	5
1.3	Vorhandene Gebäudedaten.....	5
2	Recherche.....	7
2.1	Übersicht der recherchierten Methoden.....	7
2.2	Beschreibung der Methoden.....	7
2.2.1	Methode A (SIA 180/1).....	7
2.2.2	Methode B (SIA 384.201).....	8
2.2.3	Methode C (Norm SIA 384/3).....	8
2.2.4	Methode D (prSIA 380/1, Einzelbauteil).....	9
2.2.5	Methode E (Leistungskriterien Minergie-P).....	9
2.2.6	Methode F (EnEV Deutschland).....	10
2.2.7	Methode G ( $Q_T$ nach SIA 380/1).....	11
2.2.8	Methode H ( $Q_{of}$ nach SIA 380/1).....	11
2.2.9	Methode I (prEN ISO 52018-1).....	11
2.2.10	Methode J (MuKE n 2014).....	12
2.2.11	Methode K (SIA 382/2).....	12
2.2.12	Methode L (Klimaflächen).....	12
3	Überprüfung der Methoden.....	14
3.1	Überprüfung anhand summativer Beurteilungskriterien.....	14
3.2	Gewählte Methoden.....	14
4	Grundlagen für die Berechnung.....	16
4.1	Projektwert (Einzelbauteilanforderung).....	16
4.2	Oberer Grenze (Anforderung der SIA 180:2014).....	16
4.3	Unterer Grenze (Zielwert).....	16
5	Resultate.....	18
5.1	Unterschiedliche Gebäude.....	18
5.1.1	Methode A.....	18
5.1.2	Methode B.....	19
5.1.3	Methode D.....	20
5.1.4	Methode F.....	20
5.1.5	Methode I.....	21
5.1.6	Methode J.....	22
5.2	Gebäude mit variabler Gebäudehüllzahl.....	23
5.2.1	Absolute Werte.....	24
5.2.2	Bezogen auf die Gebäudehülle.....	25
5.2.3	Bezogen auf die Energiebezugsfläche.....	27
5.2.4	Bezogen auf das Gebäudevolumen.....	28
5.2.5	Anpassung der Abszisse.....	29
5.3	Konstantes Gebäude mit variablem Glasanteil.....	30
6	Diskussion.....	36
7	Nächste Schritte.....	39
8	Literaturverzeichnis.....	40
9	Indexverzeichnis.....	42
10	Anhang.....	43



# 1 Einleitung

Seit der Energiekrise anfangs der 70er-Jahre bestehen Anforderungen an die Dämmung der Gebäudehülle. Im Laufe der Jahre wurden diese Anforderungen laufend verschärft. Heute lässt die Norm SIA 380/1 zwei Arten von Nachweisen zu: Den Einzelbauteilnachweis und den Systemnachweis. Vor allem beim Systemnachweis zeigen sich aber bei der Anwendung Grenzen. Die Transmissionswärmeverluste sind in den letzten Jahren deutlich kleiner geworden, demgegenüber ist der solare Wärmeintrag durch immer grössere Fensterflächen und höhere  $g$ -Werte gestiegen. Heute sind die Transmissionswärmeverluste und die genutzten Wärmeeinträge in etwa gleich gross, eine kleine Veränderung bei den Wärmeeinträgen hat einen vergleichsweise grossen Einfluss auf den Heizwärmebedarf. Durch die immer grösseren Fensterflächen ist der mittlere  $U$ -Wert über die Gebäudehülle in den letzten Jahren in etwa konstant geblieben, obwohl sich die  $U$ -Werte der Bauteile laufend verbessert haben. Ein tiefer Heizwärmebedarf ist somit alleine kein Indikator mehr für einen tiefen Heizwärmeleistungsbedarf. Diese Entkoppelung ist ein Problem, werden so doch die Bestrebungen an ein energetisch gutes Gebäude mit tiefem Heizleistungsbedarf untergraben. Mit der Einführung der MuKE 2014 wurde seitens Gesetzgebung reagiert und eine neue Anforderung an die spezifische Heizleistung  $P_H$  eingeführt. Die Vertreter der Kantone äusserten im Rahmen der Überarbeitung der Norm SIA 380/1 den Wunsch, diese neue Anforderung in die Norm SIA 380/1 aufzunehmen. Aufgrund fehlender Grundlagen konnte aber keine neue Leistungsanforderung in die Norm SIA 380/1 aufgenommen werden.

## 1.1 Ziele

Es sollen fundierte Vorschläge erarbeitet werden, wie die Qualität der Gebäudehülle anhand eines Leistungsmerkmals beurteilt werden kann. Neben der Berechnung des Projektwerts sollen auch verschiedene Wege erarbeitet werden, wie ein Grenzwert festzulegen ist. Die Erkenntnisse bilden die Grundlage für künftige Anforderungen in Normen und Gesetze.

## 1.2 Vorgehensweise

Die Vorgehensweise beinhaltet folgende Schritte:

- Recherchen
- Wahl geeigneter Methoden
- Sensitivitätsanalyse
- Beurteilung

Für die Recherchen wurden Schweizer- und EN-Normen durchleuchtet. Hier sind vor allem die in Bearbeitung stehenden EPBD II Normen von Interesse. Eine weitere Quelle bilden Expertenbefragungen sowie Recherchen im Internet (europäischer Raum). Die gefundenen Methoden zur Beurteilung der Gebäudehülle wurden zusammengetragen und dokumentiert. Um geeignete Methoden zu wählen, wurden summative Beurteilungskriterien formuliert und anhand dieser eine erste Triage vorgenommen. Die gewählten Methoden wurden in Excel programmiert und anhand vorhandener Gebäudedaten verschiedene Berechnungen durchgeführt. Die gewonnen Erkenntnisse sind in diesem Bericht zusammengefasst.

## 1.3 Vorhandene Gebäudedaten

Um die Anwendbarkeit und die Korrektheit der Methoden zu prüfen, wurden mit 323 Gebäuden umfangreiche Tests durchgeführt. Die Gebäude weisen folgende Nutzungen auf:

- Wohnen MFH 74 Gebäude
- Wohnen EFH 96 Gebäude
- Verwaltung 60 Gebäude



- Schule 8 Gebäude
- Verkauf 27 Gebäude
- Restaurant 1 Gebäude
- Industrie 38 Gebäude
- Lager 18 Gebäude
- Sportbauten 1 Gebäude

Dabei handelt es sich um real existierende Gebäude aus dem Analysetool der EnFK. 200 Gebäude entsprechen der MuKE n 2000, die restlichen 123 Gebäude der MuKE n 2008. 23 Gebäude wurden im Rahmen dieser Studie hinzugefügt. Mit dem Analysetool kann der Heizwärmebedarf der Gebäude mit den Originaldaten (*U*-Wert, Glasanteil, *g*-Wert, Wärmebrücken) oder mit definierten Vergleichswerten berechnet werden.

Für die Sensitivitätsanalyse wurden weitere Gebäude modelliert. So wurden zehn Gebäude mit identischen Bauteileigenschaften mit Gebäudehüllzahlen zwischen 0.6 und 5.33 erstellt. Weiter wurde ein EFH modelliert, bei welchem der Fensterflächenanteil zwischen 10% und 100% variiert (in 10%-Schritten).



## 2 Recherche

### 2.1 Übersicht der recherchierten Methoden

Anhand der Recherche wurden die folgenden zwölf Methoden gefunden.

Methode A.	Empfehlung SIA 180/1, mittlerer $k$ -Wert [1]
Methode B.	Norm SIA 384.201 [6]
Methode C.	Norm SIA 384/3 [7]
Methode D.	prSIA 380/1 Einzelbauteilnachweis [4]
Methode E.	Leistungskriterien Minergie-P [12]
Methode F.	Energieeinsparverordnung Deutschland [13]
Methode G.	SIA 380/1 $Q_T$ [3]
Methode H.	SIA 380/1 $Q_{\alpha}$ [3]
Methode I.	prEN 52018-1 [11]
Methode J.	MuKE n 2014 [8]
Methode K.	SIA 382/2 [5]
Methode L.	Klimaflächen [15]

Nachfolgend sind die Methoden zusammenfassend beschrieben, weitere Informationen können den angegebenen Quellen entnommen werden.

### 2.2 Beschreibung der Methoden

#### 2.2.1 Methode A (SIA 180/1)

Im Jahre 1988 hat der SIA die Empfehlung SIA 180/1, Nachweis des mittleren  $k$ -Wertes der Gebäudehülle, publiziert. Die Empfehlung beschreibt einen Weg, wie der mittlere  $k$ -Wert, heute  $U$ -Wert genannt, berechnet wird und gibt zudem eine Methode an, einen Grenz- und Zielwert zu berechnen. Die Berechnung des mittleren  $k$ -Wertes erfolgte nach Gleichung 1.

$$\bar{k} = \frac{\sum b \cdot k_W \cdot A_W + \sum s \cdot k_f \cdot A_f + \sum b \cdot k_d \cdot A_d + \sum b \cdot k_b \cdot A_b}{A}$$

Gleichung 1

Darin bedeuten:

$\bar{k}$	mittlerer $k$ -Wert in $W/(m^2K)$
$A_W, A_f, A_d, A_b$	Wand-, Fenster-, Dach- und Bodenflächen in $m^2$
$k_W, k_f, k_d, k_b$	Wärmedurchgangskoeffizient für Wand, Fenster, Dach und Boden in $W/(m^2 \cdot K)$
$b$	Korrekturfaktor für Bauteile gegen: <ul style="list-style-type: none"><li>- Aussenklima <math>b_1 = 1.0</math></li><li>- unbeheizte Räume <math>b_2 = 0.5</math></li><li>- Erdreich <math>b_3 = 0.5</math></li><li>- beheizte Räume <math>b_4 = 0</math></li></ul>
$s$	Besonnungskoeffizient für Fenster gegen: <ul style="list-style-type: none"><li>- N/NW/NO <math>s_1 = 1.0</math></li><li>- W/E <math>s_2 = 0.9</math></li><li>- S/SE/SW <math>s_3 = 0.7</math></li><li>- horizontale Oberlichter <math>s_4 = 0.8</math></li></ul>

Für die einzelnen Wärmedurchgangskoeffizienten existiert zwecks Feuchte- und Schimmelpilzvermeidung eine obere Grenze (vergleichbar mit dem Verfahren der heutigen SIA 180 [2]).



Der Grenz- und Zielwert wird ebenfalls anhand der Gebäudegeometrie berechnet, siehe dazu Gleichung 2.

$$\bar{k}_{zul} = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \quad \text{Gleichung 2}$$

Darin bedeuten:

$\bar{k}_{zul}$	Anforderung an den mittleren $k$ -Wert in $W/(m^2 \cdot K)$ .	
$C_0$	- Grenzwert	$C_0 = 0.75$
	- Zielwert	$C_0 = 0.65$
$C_1$	Mit dem Faktor wird das Verhältnis der Fläche zum Volumen berücksichtigt. Für $A/V$ (in $m^{-1}$ ) gilt:	
	- 0 bis $0.2 m^{-1}$	$C_1 = 1.4$
	- $0.2$ bis $0.4 m^{-1}$	$C_1 = 1.8 - 2 \cdot A/V$
	- $0.4$ bis $0.8 m^{-1}$	$C_1 = 1.2 - 0.5 \cdot A/V$
	- $> 0.8 m^{-1}$	$C_1 = 0.8$
	$A$ ist die Fläche der Gebäudehülle in $m^2$ , $V$ das Gebäudevolumen mit den Aussenmassen des Gebäudes berechnet in $m^3$ .	
$C_2$	Dieser Faktor berücksichtigt die Höhe über Meer.	
	- 0 bis 1500 m	$C_2 = 1.1 - 0.0002 \cdot H$
	- $> 1500$ m	$C_2 = 0.8$
	Die Höhe über Meer $H$ wird in m eingegeben.	
$C_3$	Dieser Faktor berücksichtigt die Raumtemperatur.	
	- 10 bis $17^\circ C$	$C_3 = 1.2$
	- 17 bis $23^\circ C$	$C_3 = 2.33 - \theta_i/15$
	- $> 23^\circ C$	$C_3 = 0.8$

### 2.2.2 Methode B (SIA 384.201)

Die Norm SIA 384.201 [6] *Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-Heizlast* dient in erster Linie zur Auslegung der Heizflächen in den Räumen. Die Norm-Heizlast wird berechnet nach Gleichung 3.

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad \text{Gleichung 3}$$

Darin bedeuten:

$\Phi_{HL,i}$	Norm-Heizlast des beheizten Raumes (i) in W
$\Phi_{T,i}$	Transmissionswärmeverlust des beheizten Raumes (i) in W
$\Phi_{V,i}$	Lüftungswärmeverlust des beheizten Raumes (i) in W
$\Phi_{RH,i}$	zusätzliche Aufheizleistung des beheizten Raumes (i) zum Ausgleich der Auswirkungen durch unterbrochenes Heizen, in W

Die zusätzliche Aufheizleistung wird im Regelfall nicht berücksichtigt. Weitere Details zur Berechnung können in der Norm SIA 384.201 [6] nachgelesen werden. Die Norm kennt keine Grenzwertberechnung.

### 2.2.3 Methode C (Norm SIA 384/3)

Die Norm SIA 384/3 [6] ist im Jahre 2013 mit dem Titel *Heizungsanlagen in Gebäuden – Energiebedarf* erschienen. Für die Berechnung des Energiebedarfs kann die Bin-Methode



(Temperaturknoten) oder die Typologie-Methode (Tabellenwerte) angewendet werden. Die Resultate der Berechnung nach der SIA 380/1 [3] bilden die Ausgangslage und werden bei der Bin-Methode in Temperaturklassen umgerechnet und als Leistung angegeben. Bei der Norm-Aussentemperatur ergibt sich dadurch die maximale Heizwärmeleistung (siehe Gleichung 4).

$$\Phi_{H,max}^* = Q_{tot} \cdot \frac{(\theta_i - \theta_{e,0})}{\sum [t_{B,i} \cdot (\theta_i - \theta_{e,i})]} \quad \text{Gleichung 4}$$

Darin bedeuten:

$\Phi_{H,max}^*$	maximale Heizwärmeleistung in kW
$Q_{tot}$	gesamte Heizwärmeverluste in kWh
$\theta_i$	Raumtemperatur in °C
$\theta_{e,i}$	Bin-Temperatur in °C
$\theta_{e,0}$	Norm-Aussentemperatur in °C
$t_{B,i}$	Bin-Dauer in h

Solare Wärmeeinträge und die internen Lasten werden in dieser Methode nicht berücksichtigt.

#### 2.2.4 Methode D (prSIA 380/1, Einzelbauteil-Nachweis)

Die Norm prSIA 380/1 [4] bietet die Methode des Einzelbauteil-Nachweises an. Für jedes Bauteil wird der Wärmedurchgangskoeffizient nach EN ISO 6948 [18] berechnet und mit den Grenzwerten aus nachfolgender Tabelle verglichen. Die Grenzwerte beziehen sich auf eine Raumtemperatur von 20°C, bei abweichenden Raumtemperaturen wird der Grenzwert korrigiert.

Bauteile gegen	Grenzwerte $U_{ij}$ W/(m <sup>2</sup> ·K)	
	Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich	unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich
Bauteile		
opake Bauteile (Dach, Decke, Wand, Boden)	0.17	0.25
Fenster, Fenstertüren	1.0	1.3
Türen	1.2	1.5
Tore (gemäss SIA 343 [19])	1.7	2.0
Storenkasten	0.50	0.50

Tabelle 1: Neubau-Grenzwerte für U-Werte bei 20°C Raumtemperatur. Quelle prSIA 380/1 [4]

#### 2.2.5 Methode E (Leistungskriterien Minergie-P)

Bei einem Minergie-P Gebäude kann die Wärmeverteilung über die Lüftungsanlage erfolgen. Um den Komfort im Raum sicher zu stellen, wird die Heizwärmeleitung auf 10 Watt pro Energiebezugsfläche begrenzt. Die Berechnung baut auf der SIA 380/1 [3] auf und ist im Anforderungsprofil [12] der Kantone beschrieben. Gerechnet wird mit den Klimadaten eines trüben und eines klaren Tages. Massgebend ist der höchste Wert. Nachfolgend ist die Berechnung für den klaren Tag ersichtlich, die Berechnung des trüben Tages folgt dem gleichen Prinzip.

$$q_{h,A} = \frac{H_{MeP,qh} \cdot (\theta_0 - \theta_{e,A,korr})}{A_E} - q_{ug,A} - q_{MeP,El} \quad \text{Gleichung 5}$$

Darin bedeuten:



- $q_{h,A}$  spezifische Heizwärmeleistung für den klaren Tag in  $W/m^2$
- $H_{MeP,qh}$  Wärmeverlustkoeffizient mit angepasstem Luftwechsel in  $W/K$
- $\theta_0$  Raumtemperatur in  $^{\circ}C$
- $\theta_{e,A,korr}$  korrigierte Aussentemperatur für den klaren Tag in  $^{\circ}C$
- $A_E$  Energiebezugsfläche in  $m^2$
- $q_{ug,A}$  genutzte Wärmegewinne in  $W/m^2$
- $q_{El}$  reduzierte elektrische Leistung in  $W/m^2$

### 2.2.6 Methode F (EnEV Deutschland)

Bei der Energieeinsparverordnung (EnEV) [13] aus Deutschland wird ab 2016 die Einhaltung eines Grenzwertes an den spezifischen Transmissionswärmeverlust verlangt.

$$H'_T = \frac{H_T}{A}$$

Gleichung 6

Darin bedeuten:

- $H'_T$  spezifischer Transmissionswärmeverlust in  $W/(m^2 \cdot K)$
- $H_T$  Transmissionswärmeverlust in  $W/K$
- $A$  Wärmeübertragende Umfassungsfläche in  $m^2$

$H_T$  wird nach der DIN V 4108-6 [10] berechnet (deckt sich mit der EN ISO 13789 [14]).

Der spezifische Transmissionswärmeverlust muss einen Grenzwert aus nachfolgender Tabelle unterschreiten.

Zeile	Gebäudetyp	Höchstwert des spezifischen Transmissionswärmeverlusts
1	Freistehendes Wohngebäude	mit $A_N \leq 350 m^2$
		mit $A_N > 350 m^2$
2	Einseitig angebautes Wohngebäude	
3	Alle anderen Wohngebäude*	
4	Erweiterungen und Ausbauten von Wohngebäuden gemäss § 9 Absatz 5	
* Einseitig angebaut ist ein Wohngebäude, wenn von den vertikalen Flächen dieses Gebäudes, die nach einer Himmelsrichtung weisen, ein Anteil von 80% oder mehr an ein anderes Gebäude mit einer Raum-Solltemperatur von mindestens $19^{\circ}C$ angrenzt.		

Tabelle 2: Grenzwerte der EnEV.

Die Gebäudenutzfläche  $A_N$  für Gebäude mit einer Etagenhöhe zwischen 2.5 m und 3 m wird gebildet aus:

$$A_N = 0.32m^{-1} \cdot V_e$$

Gleichung 7

Darin bedeuten:

- $A_N$  genormte Gebäudenutzfläche in  $m^2$
- $V_e$  Gebäudevolumen in  $m^3$

Bei Etagenhöhe von mehr als 3 m oder weniger als 2.5 m wird die genormte Gebäudenutzfläche gebildet aus:



$$A_N = \left( \frac{1}{h_G} - 0.04 \text{m}^{-1} \right) \cdot V_e$$

Gleichung 8

Darin bedeuten:

$A_N$	genormte Gebäudenutzfläche in $\text{m}^2$
$h_G$	Etagenhöhe in m
$V_e$	beheiztes Gebäudevolumen in $\text{m}^3$

Die Bemessungsregeln sind in der DIN V 185991: 2011-12 Abschnitt 8 [9] angegeben. Der Transmissionswärmeverlust wird nach der DIN V 4108-6: 2003-06 [10] bestimmt.

### 2.2.7 Methode G ( $Q_T$ nach SIA 380/1)

Für die Beurteilung der Gebäudehülle soll anstelle des Heizwärmebedarfs  $Q_h$  der Transmissionswärmeverlust  $Q_T$  der Norm SIA 380/1 [3] verwendet werden. Die Norm definiert keinen Grenzwert für  $Q_T$ .

### 2.2.8 Methode H ( $Q_{ot}$ nach SIA 380/1)

Für die Beurteilung der Gebäudehülle soll anstelle des Heizwärmebedarfs  $Q_h$  der Gesamtwärmeverlust  $Q_{ot}$  der Norm SIA 380/1 [3] verwendet werden. Die Norm definiert keinen Grenzwert für  $Q_{ot}$ .

### 2.2.9 Methode I (prEN ISO 52018-1)

In den Europäischen Normen ist die neue Norm prEN 52018-1 [11] in der Vernehmlassung. Die Norm trägt den langen Titel *Energieeffizienz von Gebäuden – Gebäude und Gebäudeelemente – Indikatoren für EPB-Teil Anforderungen im Hinblick auf die Wärmeenergiebilanz und Funktion der Bausubstanz – Teil 1: Überblick über die Möglichkeiten*. In Ziffer 11 dieser Norm wird auf einen mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der gesamten thermischen Hülle  $U_{mn}$  verwiesen. Alternativ kann auch der Gesamtwärmeübertragungskoeffizient  $H_{tr}$  verwendet werden. Beide Grössen werden nach prEN ISO 13789 [16] berechnet, wobei die Wärmebrücken zu berücksichtigen sind.

$$H_{tr} = H_d + H_g + H_u + H_a$$

Gleichung 9

Darin bedeuten:

$H_{tr}$	Gesamtwärmeübertragungskoeffizient in W/K
$H_d$	Wärmeübertragungskoeffizient gegen aussen in W/K
$H_g$	Wärmeübertragungskoeffizient gegen das Erdreich in W/K
$H_u$	Wärmeübertragungskoeffizient gegen unbeheizte Räume in W/K
$H_a$	Wärmeübertragungskoeffizient gegen beheizte Räume in W/K

Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient wird vom Gesamtwärmeübertragungskoeffizient abgeleitet.

$$U_{mn} = \frac{H_{tr}}{\sum A_i}$$

Gleichung 10

Darin bedeuten:

$U_{mn}$	mittlere Wärmedurchgangskoeffizient in $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
$H_{tr}$	Gesamtwärmeübertragungskoeffizient in W/K
$A_i$	Summe der Flächen aller Elemente $i$ der Gebäudehülle in $\text{m}^2$



Im Wärmeübertragungskoeffizient gegen aussen werden die längen- und punktbezogenen Wärmebrücken berücksichtigt. Die Berechnung deckt sich mit der Berechnung nach Norm SIA 384.201 [6]. Bei den Verlusten gegen das Erdreich wird auf die prEN ISO 13370 [17] verwiesen und mit einem äquivalenten  $U$ -Wert gerechnet. Im Gegensatz zur SIA 384.201 [6] erfolgt keine Korrektur der Temperaturschwankung, was zu doppelt so hohen Verlusten führt. Die Verluste gegen unbeheizte/beheizte Räume werden mit einem  $b$ -Wert korrigiert. Die Definition entspricht der SIA 380/1 [3] und 384.201 [6]. Der Lüftungswärmeübertragungskoeffizient wird nicht berücksichtigt.

Konkrete Vorschläge, wie ein Grenzwert zu bilden ist, macht die Norm nicht. Hier wird auf den nationalen Anhang verwiesen, welcher noch zu erstellen ist. Eine mögliche Bezugsgrösse ist  $U_{mn,ref}$ .

### 2.2.10 Methode J (MuKE n 2014)

Mit der MuKE n 2014 [8] wird für Wohngebäude, Verwaltung und Schule ein spezifischer Heizleistungsgrenzwert  $P_{h,li}$  eingeführt. Der Grenzwert bezieht sich auf eine Aussentemperatur von  $-8^{\circ}\text{C}$ . Die Raumtemperatur der Nutzungen liegt bei  $20^{\circ}\text{C}$ .

Gebäudekategorie		Grenzwert für Neubauten $P_{h,li}$ $\text{W/m}^2$
I	Wohnen MFH	20
II	Wohnen EFH	25
III	Verwaltung	25
IV	Schule	20

Tabelle 3: Grenzwerte  $P_{h,li}$  der MuKE n 2014.

Weicht die Aussentemperatur von den  $-8^{\circ}\text{C}$  ab, wird der Grenzwert nach Gleichung 11 korrigiert.

$$P_{h,li,korr} = P_{h,li} \cdot \frac{(\theta_o - \theta_e)}{(\theta_o - \theta_{e,li})}$$

Gleichung 11

Darin bedeuten:

- $P_{h,li,korr}$  Aussentemperaturkorrigierte spezifische Heizleistung in  $\text{W/m}^2$
- $P_{h,li}$  Basiswert für den Grenzwert in  $\text{W/m}^2$
- $\theta_o$  Raumtemperatur in  $^{\circ}\text{C}$
- $\theta_e$  Aussentemperatur der verwendeten Klimastation in  $^{\circ}\text{C}$
- $\theta_{e,li}$  Bezugsgrösse der Aussentemperatur in  $^{\circ}\text{C}$ . Hier wird immer  $-8^{\circ}\text{C}$  eingesetzt.

Wie genau der Projektwert  $P_h$  berechnet wird, lässt die MuKE n 2014 [8] offen.

### 2.2.11 Methode K (SIA 382/2)

Die Norm SIA 382/2 [5] aus dem Jahre 2011 trägt den Titel *Klimatisierte Gebäude – Leistungs- und Energiebedarf*. Die Berechnung verfolgt den ganzheitlichen Ansatz und erfolgt im Stundenschritt. Berechnet werden der Leistungs- und Energiebedarf unter Berücksichtigung der Personen, Geräte, Beleuchtung und solare Wärmeeinträge. Neben der Gebäudehülle inkl. Sonnenschutzeinrichtung wird die gesamte Gebäudetechnik (HLK) abgebildet.

Für die Primärenergie und den  $\text{CO}_2$ -Ausstoss existieren Grenzwerte welche anhand eines Vergleichsprojekts berechnet werden.

### 2.2.12 Methode L (Klimaflächen)

Die Methode mit dem Titel *Die quantitative gebäuderelevante Darstellung von Klimadaten: Die Klimaflächen* [15] wurde 1996 von der ETH Zürich definiert und 2001 optimiert [21]. Ziel der Methode ist es, anhand weniger Eingaben das Verhalten der Raumtemperatur zu beschreiben. Dabei werden dynamische Effekte bedingt durch Wärmeeinträge, Aussentemperatur und Wärmespeichervermögen



berücksichtigt. Die Darstellung der Resultate erfolgt auf Basis der Zeitkonstante  $\tau$  und dem Gewinn-Verlust Verhältnis  $\gamma$ . Für den Raum wird eine Leerlauftemperatur berechnet. In einem zweiten Schritt wird dem Raum Wärme zu- oder abgeführt um eine Soll-Raumtemperatur zu halten.

$$\tau = \frac{C}{K}$$

Gleichung 12

Darin bedeuten:

$\tau$	Zeitkonstante in s
$C$	Dynamische Wärmekapazität in $J/(m^2 \cdot K)$
$K$	Thermischer Verlustfaktor in $W/(m^2 \cdot K)$

$$\gamma = \frac{G}{K'}$$

Gleichung 13

Darin bedeuten:

$\gamma$	Gewinn zu Verlust Verhältnis in $m^2 \cdot K/W$
$G$	Apertur des Raumes
$K'$	Verallgemeinerter Verlustfaktor in $W/(m^2 \cdot K)$



### 3 Überprüfung der Methoden

Die Beurteilung der gefundenen Methoden erfolgt in einem ersten Schritt anhand summariver Beurteilungskriterien. Danach werden die Methoden, welche den Beurteilungskriterien genügen, zahlreiche Berechnungen durchgeführt.

#### 3.1 Überprüfung anhand summariver Beurteilungskriterien

Folgende Beurteilungskriterien wurden definiert:

Einfache Eingabe	Idealerweise werden <i>U</i> -Werte, Bauteilflächen und zwei, drei zusätzliche Eingaben benötigt. In jedem Fall sollen für die Eingaben die gleichen Definitionen verwendet werden wie in der heutigen Berechnung nach SIA 380/1 [3].
Gut nachvollziehbare Berechnungsmethode	Der Berechnungsgang soll möglichst vollständig und übersichtlich dargestellt werden. So genannte „Black-Boxen“ sind nicht gewünscht.
Umsetzbarkeit/Praxistauglichkeit	Der Architekt soll schon im Entwurf anhand weniger Eckdaten beurteilen können, ob sein Entwurf dem Grenzwert genügt. Die Methode muss fordern, darf aber nicht zu sehr einschränken.
Vollzugstauglichkeit	Die Vollzugstauglichkeit setzt voraus, dass die Methode für alle bewilligungspflichtigen Gebäude angewendet werden kann, vom kleinen Kiosk bis zum grossen Flughafengebäude.

Für die Beurteilung wurde ein Punktesystem gewählt, 1 Punkt bedeutet gut erfüllt, 5 Punkte bedeuten gar nicht erfüllt. Methoden welche insgesamt 10 Punkte oder weniger erreichen, werden weiter verfolgt, alle übrigen Methoden werden fallen gelassen.

#### 3.2 Gewählte Methoden

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
	SIA 180/1	SIA 384.201	SIA 384/3	Einzelbauteil	Minergie-P	EnEV	SIA 380/1 $Q_T$	SIA 380/1 $Q_{ot}$	prEN 52018-1	MuKEn 2014	SIA 382/2	Klimafächen
Einfache Eingabe	2	3	4	1	4	2	3	3	2	3	5	5
Nachvollziehbare Berechnung	2	3	3	1	3	2	2	2	2	2	5	5
Umsetzbarkeit/Praxistauglich	2	2	3	1	2	2	3	3	2	3	3	3
Vollzugstauglichkeit	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	3	4
<b>Summe</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>4</b>	<b>11</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>17</b>

Tabelle 4: Bewertung nach den summariven Beurteilungskriterien. Je tiefer die Punktzahl ist, desto besser ist die Methode geeignet.

Die Methoden C, E, K und L weisen mehr als 10 Punkte auf und werden daher fallen gelassen. Die Methoden G und H erreichen genau 10 Punkte, werden aber auch fallen gelassen. In der nachfolgenden Tabelle ist die Begründung für die Punktevergabe und den Entscheid aufgeführt (formative Beurteilung).



	<b>Methode</b>	<b>Begründung</b>
C	Norm SIA 384/3	Die Anwendung setzt eine Systemberechnung nach der Norm SIA 380/1 [3] voraus, es sind weit mehr Eingaben erforderlich als gewünscht. Weiter werden die Resultate in Temperaturklassen gegliedert, das erschwert die Nachvollziehbarkeit und Umsetzbarkeit.
E	Leistungskriterien Minergie-P	Auch hier wird die Systemberechnung nach der Norm SIA 380/1 [3] vorausgesetzt, was den Eingabeumfang erhöht. Der Berechnungsgang ist gut beschrieben, aber aufwendig.
G	SIA 380/1 $Q_T$	Die Methoden erfüllen die gestellten Beurteilungskriterien. Berechnet wird hier die Wärme, das heisst, Methode B mal die Zeit. Da die Methode B schon berücksichtigt wird, werden die Methoden G und H aus Zeitgründen fallen gelassen.
H	SIA 380/1 $Q_{ot}$	
K	SIA 382/2	Die Eingaben sind sehr umfangreich, die Berechnung schwer nachvollziehbar. In der Praxis wird die Methode vereinzelt in Zusammenhang mit der Notwendigkeit einer Kühlung und der Kühllastberechnung eingesetzt.
L	Klimaflächen	Die Eingaben sind sehr umfangreich, die Berechnung sehr schwer nachvollziehbar und die Interpretation der Resultate erfordert viel Erfahrung.

**Tabelle 5: Fallengelassene Methoden mit Begründung.**



## 4 Grundlagen für die Berechnung

Um die Praxistauglichkeit und Umsetzbarkeit der gewählten Methoden zu Prüfen werden die Methoden in Excel programmiert und verschiedene Berechnungen durchgeführt. Neben den Grenzwerten (werden bei den Resultaten beschrieben) gibt es drei verschiedene Projektwerte: Der Projektwert, die obere Grenze und die untere Grenze.

### 4.1 Projektwert (Einzelbauteilanforderung)

An verschiedenen Stellen werden die Resultate der Berechnung „Projektwert“ angegeben. Dieser Berechnung liegen die Einzelbauteilanforderungen der MuKE n 2014 zu Grunde, welche mit den Grenzwerten der Einzelbauteilanforderung der Norm prSIA 380/1 [4] übereinstimmen.

	Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich	unbeheizte Räume oder mehr als 2 m im Erdreich
	W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/(m <sup>2</sup> ·K)
opake Bauteile (Dach, Decke, Wand, Boden)	0.17	0.25
Fenster, Fenstertüren	1.0	1.3
Türen	1.2	1.5

Tabelle 6: U-Werte für die Berechnung Projektwert

Wo nichts anderes vermerkt ist, werden die *b*-Werte und die Wärmebrücken anhand der Projektangaben berücksichtigt. Die *U*-Werte wurden für die Nutzungen Industrie (38 Gebäude), Lager (18 Gebäude) und Sportbauten (1 Gebäude) aufgrund tieferer Raumtemperatur nicht korrigiert. Die Nutzungen Spital und Hallenbad fehlen.

### 4.2 Oberer Grenze (Anforderung der SIA 180:2014)

Bei den detaillierten Analysen wird in den Diagrammen eine obere Grenze angegeben. Dabei werden die *U*-Werte der Norm SIA 180:2014 eingesetzt. Berechnungen mit diesen *U*-Werten stellt die obere Grenze dar, bei keinem Bauteil darf ein höherer *U*-Wert gewählt werden.

	Aussenklima oder weniger als 2 m im Erdreich	unbeheizte Räume	mehr als 2 m im Erdreich
	W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/(m <sup>2</sup> ·K)	W/(m <sup>2</sup> ·K)
Dach	0.4	0.5	0.6
Wand	0.4	0.6	0.6
Fenster, Fenstertüren, Türe, Tore	2.4	2.4	-
Boden	0.3	0.6	0.6

Tabelle 7: U-Werte für die Berechnung der oberen Grenze.

Bei Bauteilen gegen Erdreich und gegen unbeheizte Räume werden die gleichen *b*-Werte berücksichtigt wie beim Projektwert. Die Wärmebrücken sind pauschal mit 10% berücksichtigt.

### 4.3 Unterer Grenze (Zielwert)

Ebenfalls in einer separaten Berechnung werden die Zielwerte Einzelbauteil-Nachweis der Norm prSIA 380/1 [4] berücksichtigt. Damit wird eine untere Grenze berechnet. Bauteile sollten keine tieferen *U*-Werte aufweisen als in Tabelle 8 aufgeführt.



	W/(m <sup>2</sup> ·K)
opake Bauteile (Dach, Decke, Wand, Boden)	0.10
Fenster, Fenstertüren, Türe, Tore	0.80

**Tabelle 8: U-Werte (Zielwert aus der prSIA 380/1) für die Berechnung der unteren Grenze.**

Bei Bauteilen gegen Erdreich und gegen unbeheizte Räume werden auch hier die gleichen *b*-Werte berücksichtigt wie beim Projektwert. Die Wärmebrücken sind pauschal mit 10% berücksichtigt.



## 5 Resultate

In einem ersten Schritt (Ziffer 5.1) werden die gewählten Methoden anhand der zur Verfügung stehenden 323 Gebäude auf ihre Praxistauglichkeit überprüft. Neben dem Projektwert wird jeweils auch ein Grenzwert angegeben. Im zweiten und dritten Schritt wird eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt, wobei im zweiten Schritt (Ziffer 5.2) Gebäude mit verschiedenen Gebäudehüllzahlen modelliert werden um Auswirkungen auf verschiedene Grenzwertlegungen zu analysieren. Beim dritten Schritt (Ziffer 5.3) wird bei einem Gebäude nur der Fensterflächenanteil variiert, damit der Spielraum bei den  $U$ -Werten analysiert werden kann.

### 5.1 Unterschiedliche Gebäude

Insgesamt standen 323 Gebäude mit unterschiedlicher Nutzung zur Verfügung. Für die Berechnung der Projektwerte wurden die Original-Bauteilflächen und Wärmebrücken verwendet. Die  $U$ -Werte wurden jedoch gemäss Ziffer 4.1 eingesetzt. Die Grenzwerte entsprechen der jeweiligen Methode und werden nachfolgend erläutert.

#### 5.1.1 Methode A

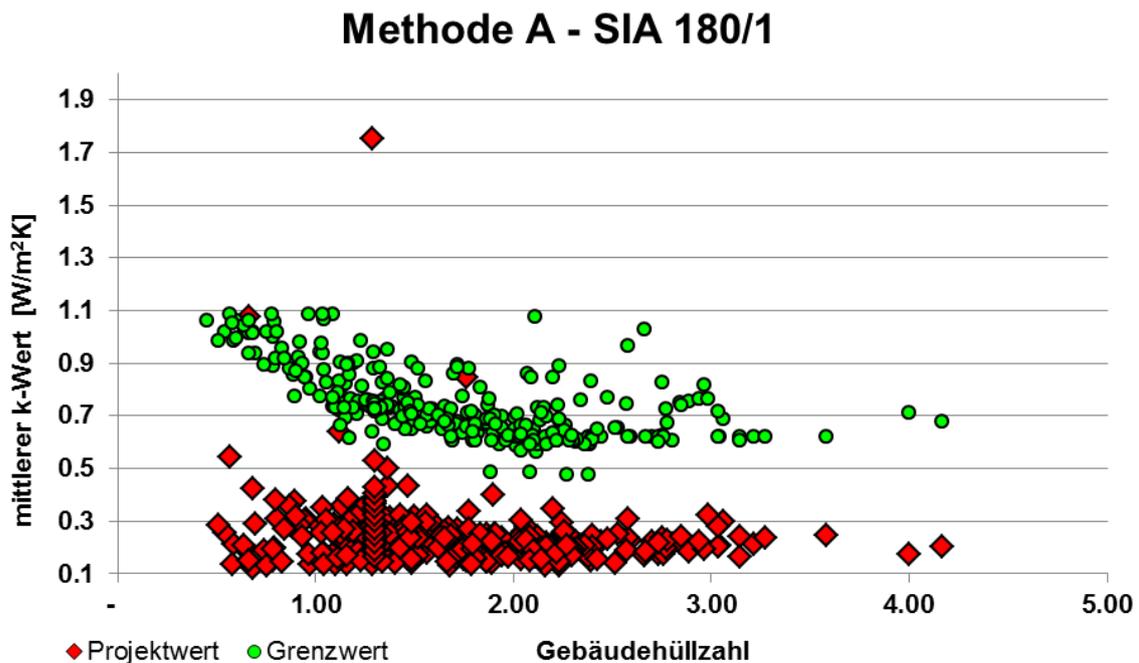


Abbildung 1: Resultate der Berechnung nach SIA 180/1 inkl. Grenzwert (bezogen auf Gebäudehülle). Für  $C_0$  wurde 0.75 eingesetzt.

In dieser Methode wird der mittlere  $k$ -Wert, heute  $U$ -Wert genannt, über die Gebäudehülle berechnet. Der Grenzwert wurde nach den Vorgaben der Empfehlung SIA 180/1 [1] aus dem Jahre 1988 berechnet. Es verwundert daher nicht, dass 318 der insgesamt 323 Gebäude die Anforderung erfüllen. Bei den fünf Gebäuden die nicht erfüllen, sind die Gebäudedaten unvollständig. Gemäss Gleichung 2 wird für die Grenzwertbildung das Gebäudevolumen  $V$  benötigt. Leider ist diese Grösse in den Gebäudedaten nicht enthalten. Daher wurde das Volumen aus der EBF und der Raumhöhe berechnet. Bei fehlender Raumhöhe wurde mit 2.5 m gerechnet. Für die Höhe über Meer wurden jeweils die Werte der Klimastation eingesetzt.



Mit dem Wert  $C_0$  aus der Gleichung 2 kann der Grenzwert sehr leicht beeinflusst werden. In der Abbildung 2 wurde der Wert  $C_0 = 0.75$  durch  $C_0 = 0.25$  ersetzt, dadurch erfüllen noch 192 Gebäude (60%) die Anforderung.

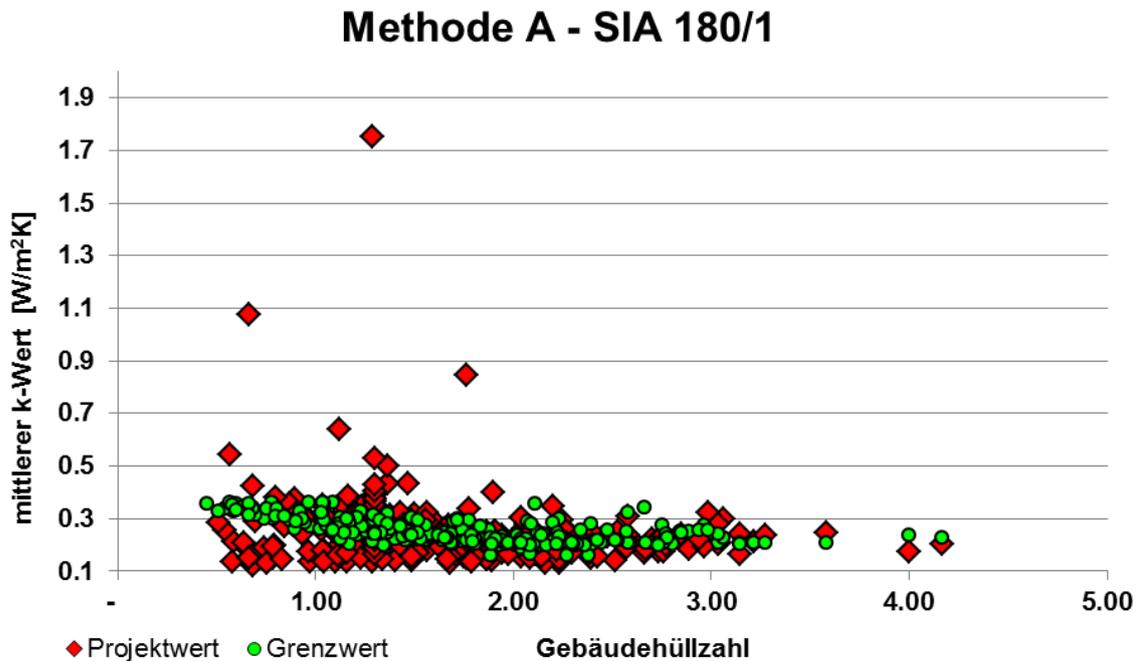


Abbildung 2: Resultate der Berechnung nach SIA 180/1 inkl. Grenzwert (bezogen auf Gebäudehülle). Für  $C_0$  wurde 0.25 eingesetzt.

#### 5.1.2 Methode B

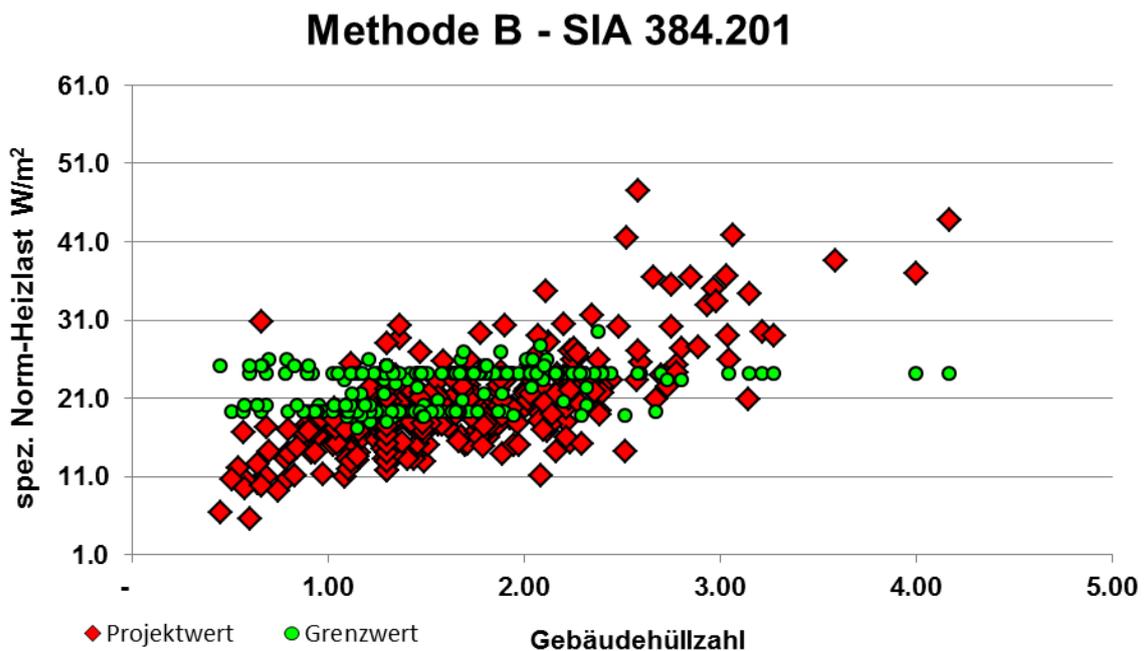


Abbildung 3: Resultate der Berechnung nach SIA 384.201 inkl. MuKen-Grenzwert  $P_{H,ii}$  (bezogen auf EBF).

Die Berechnung der Norm-Heizlast wird in der Norm SIA 384.201 beschrieben. Als Grenzwert wurde hier die spezifische Heizleistung  $P_{H,ii}$  der MuKen 2014 gewählt. Dieser Grenzwert ist abhängig von der



Gebäudenutzung und der Aussentemperatur der gewählten Klimastation. Von den 238 Gebäuden (Wohnen, Verwaltung und Schulen) erfüllen 175 (75%) den Grenzwert. Tendenziell erfüllen primär Gebäude mit einer hohen Gebäudehüllzahl den Grenzwert nicht.

Aufgrund fehlender Angaben mussten auch hier Kompromisse eingegangen werden. Beim Lüftungswärmeverlust wurde nur der hygienisch minimale Volumenstrom mit einem Luftwechsel von  $0.24 \text{ h}^{-1}$  berücksichtigt. Dieser setzt sich zusammen aus dem hygienisch min. Luftwechsel von  $n_{min} = 0.3 \text{ h}^{-1}$  und der Gebäudegleichzeitigkeit von  $F = 0.8$ . Für das Bruttovolumen wurden die EBF und die Raumhöhe verwendet, bei fehlender Raumhöhe wird mit 2.5 m gerechnet. Für die Umrechnung auf das Nettovolumen wurde der Faktor 0.8 eingesetzt.

### 5.1.3 Methode D

Für den Projektwert wurden die  $U$ -Werte des Einzelbauteilnachweises eingesetzt, daher erfüllen alle 323 Gebäude die Anforderung.

### 5.1.4 Methode F

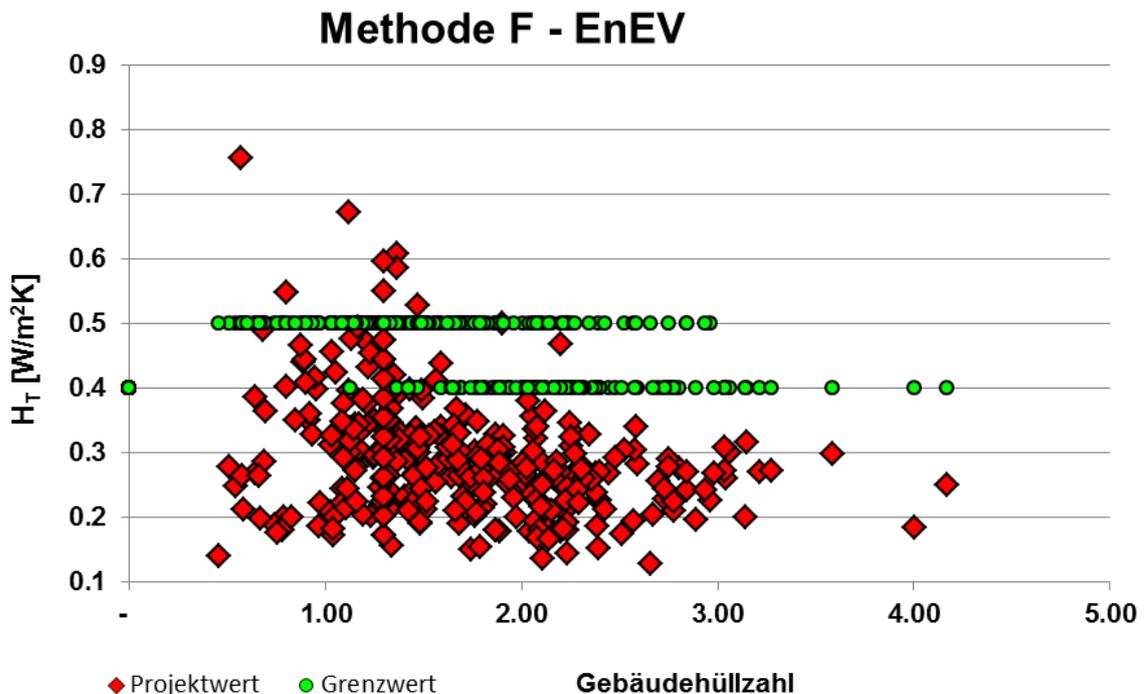


Abbildung 4: Resultate nach der Berechnung der EnEV inkl. Grenzwert.

Bei dieser Methode wird der spezifische Gesamtwärmeübertragungskoeffizient berechnet und mit dem Grenzwert aus der EnEV dargestellt. Diese Methode wird nur für Wohngebäude angewendet, wobei der Grenzwert von einer genormten Gebäudenutzfläche abhängt. Von den 170 Wohngebäuden erfüllen 160 die Anforderung. In Abweichung zur Methode B (Abbildung 3) erfüllen Gebäude mit einer tiefen Gebäudehüllzahl die Anforderung nicht.

Das fehlende Gebäudevolumen wurde aus der EBF gerechnet. Ist aus den vorhandenen Gebäudedaten keine Raumhöhe bekannt wurde 2.75 m eingesetzt. Für die Berechnung des Grenzwerts sind alle Gebäude freistehend. Die genormte Gebäudenutzfläche wurde nach der Gleichung 5 oder Gleichung 6 berechnet.



### 5.1.5 Methode I

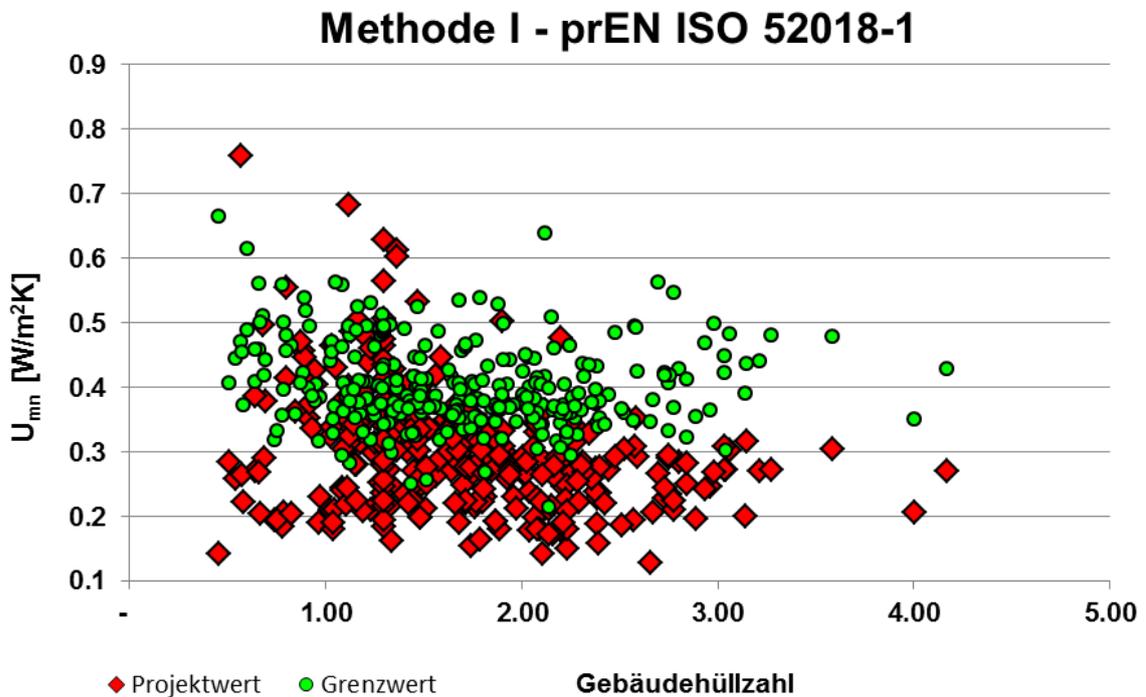


Abbildung 5: Resultate der Berechnung nach prEN ISO 52018-2 inkl. Grenzwert.

Berechnet wird in einem ersten Schritt der Gesamtwärmeübertragungskoeffizient  $H_{tr}$  nach Gleichung 9 (prEN ISO 13789 [16]). Die  $U$ -Werte werden gemäss Ziffer 4.1 gewählt. Der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $U_{mn}$  berechnet sich nach Gleichung 10. Von den 323 Gebäuden erfüllen 277, also 85%.

Der Grenzwert wird anhand eines Vergleichsprojekts berechnet. Das heisst, die Bauteilflächen entsprechen dem realen Gebäude. In Abweichung werden andere Fensterflächen,  $b$ -Werte und  $U$ -Werte verwendet, wie in den nachfolgenden Tabellen dargestellt. Die Wärmebrücken sind Pauschal mit 10% berücksichtigt.

Anforderungen an Bauteile	Aussen W/(m <sup>2</sup> ·K)	Erdreich Unbeheizt W/(m <sup>2</sup> ·K)
Dach, Decke Wand und Boden	0.17	0.25
Fenster	1.0	1.3
Tür	1.2	1.5

Tabelle 9: Im Vergleichsprojekt verwendete  $U$ -Werte.

Nachbarbeziehung	$b$ -Werte
gegen aussen	1.0
gegen unbeheizt	0.7
gegen Erdreich	0.7
gegen beheizt	0

Tabelle 10: Im Vergleichsprojekt verwendete  $b$ -Werte



Nutzung	Glasanteil
I: Wohnen MFH	30%
II: Wohnen EFH	30%
III: Verwaltung	50%
IV: Schule	50%
V: Verkauf	50%
VI: Restaurant	50%
VII: Versammlungslokal	50%
VIII: Spital	50%
IX: Industrie	50%
X: Lager	30%
XI: Sportbaute	50%
XII: Hallenbad	50%

**Tabelle 11: Nutzungsabhängiger Glasanteil gem. Merkblatt SIA 2024 [20]. Der Fensterrahmenanteil ist konstant mit 75% berücksichtigt.**

#### **5.1.6 Methode J**

Die Methode beschreibt lediglich den Grenzwert  $P_{H,ii}$  und wurde in der Methode B berücksichtigt.



## 5.2 Gebäude mit variabler Gebäudehüllzahl

In diesem Abschnitt wird die Basis für die Resultatdarstellung analysiert. In Frage kommen neben den absoluten Werten auch Werte bezogen auf die Gebäudehüllfläche, die Energiebezugsfläche und das Gebäudevolumen.

Für die Untersuchung wurden Gebäude mit Gebäudehüllzahlen zwischen 0.6 und 5.3 modelliert.

Berechnet wurde der Gesamtwärmeübertragungskoeffizient  $H_{ti}$  nach Methode I. Die  $b$ -Werte und der Fensterflächenanteil bezogen auf die Gebäudehülle ( $F_f = 40\%$ ) sind bei allen Gebäuden gleich. Das Dach weist keine Fensterflächen auf.

Gebäudenummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Länge N/S	m	60	50	30	20	20	10	10	8	8	3
Breite O/W	m	60	40	30	20	10	7	6	5	4	3
Geschosshöhe	m	3	3	3	3	3	3	3	2.5	3	2.5
Anzahl Etagen	Stk.	5	5	5	5	5	4	3	2	2	1
EBF	m <sup>2</sup>	18000	10000	4500	2000	1000	280	180	80	64	9
Gebäudehüllfläche	m <sup>2</sup>	10800	6700	3600	2000	1300	548	408	210	208	48
<b>Gebäudehüllzahl</b>	-	<b>0.60</b>	<b>0.67</b>	<b>0.80</b>	<b>1.00</b>	<b>1.30</b>	<b>1.96</b>	<b>2.27</b>	<b>2.63</b>	<b>3.25</b>	<b>5.33</b>
Fassade N, S	m <sup>2</sup>	1800	1500	900	600	600	240	180	80	96	15
Fassade O, W	m <sup>2</sup>	1800	1200	900	600	300	168	108	50	48	15
Dach	m <sup>2</sup>	3600	2000	900	400	200	70	60	40	32	9
Boden	m <sup>2</sup>	3600	2000	900	400	200	70	60	40	32	9

Tabelle 12: Geometrie Gebäude mit variabler Gebäudehüllzahl.

Berechnet wurden der Projektwert nach Ziffer 4.1, die obere Grenze nach Ziffer 4.2 und die untere Grenze nach Ziffer 4.3. Der Wärmebrückenzuschlag im Projektwert beträgt 10%, alle Aussenwände und das Dach sind gegen Aussenklima. Die Bodenplatte liegt auf dem Erdreich, der  $b$ -Wert ist für alle Gebäude mit 0.7 berücksichtigt.

Ebenfalls berechnet und in den Abbildungen ersichtlich ist der Grenzwert nach der Empfehlung SIA 180/1 [1]. Die Höhe über Meer ist mit 556 m berücksichtigt, die Raumtemperatur liegt bei 20°C. Weiter ist auch der Grenzwert  $P_{h,li}$  der MuKE 2014 ersichtlich. Die Umrechnung auf den Gesamtwärmeübertragungskoeffizient erfolgt nach Gleichung 14.

$$H_{ti} = \frac{P_{h,li} \cdot A_E}{\theta_o - \theta_{e,li}} - V_G \cdot n_{min} \cdot c_p \cdot \rho$$

Gleichung 14

Darin bedeuten:

$H_{li}$	spezifischer Grenzwert in W/K
$P_{h,li}$	Grenzwert für Neubauten gem. Tabelle 3 in W/m <sup>2</sup>
$A_E$	Energiebezugsfläche in m <sup>2</sup>
$\theta_o$	Raumtemperatur, konstant mit 20°C
$\theta_{e,li}$	Bezugsgrösse der Aussentemperatur, konstant mit -8°C
$V_G$	Gebäudevolumen in m <sup>3</sup>
$n_{min}$	minimaler, hygienische Luftwechsel, konstant mit 0.24h <sup>-1</sup>
$c_p \cdot \rho$	Wärmeinhalt der Luft, konstant mit 0.34 Wh/(m <sup>3</sup> ·K)



### 5.2.1 Absolute Werte

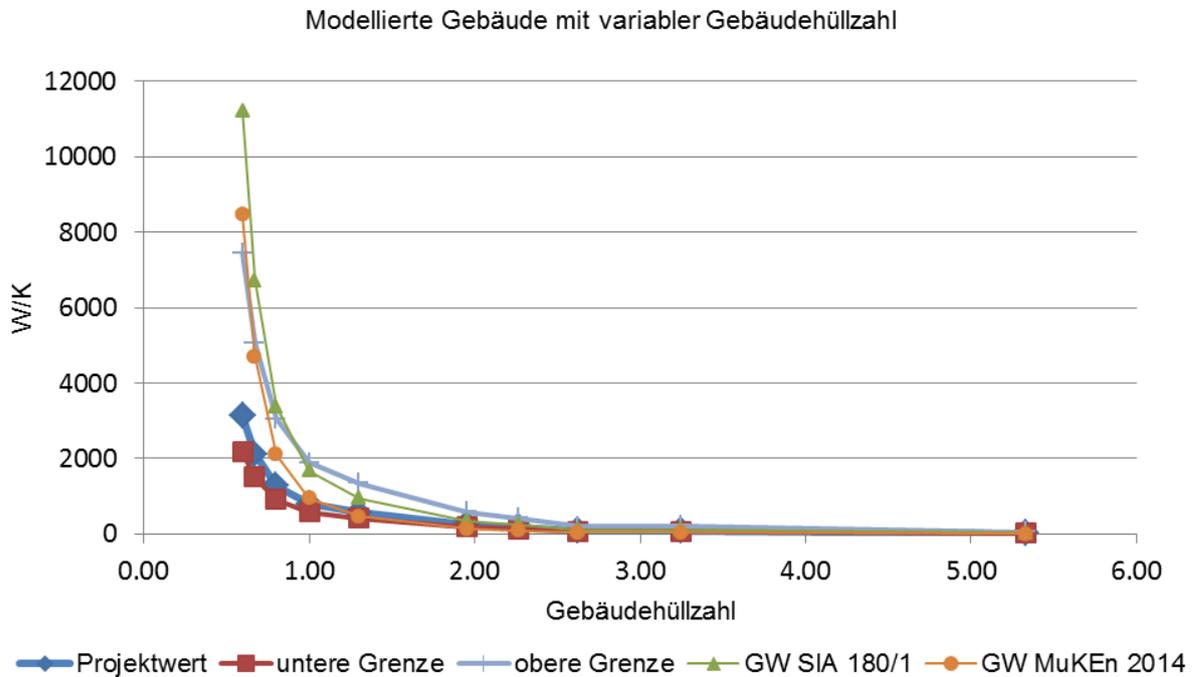


Abbildung 6: Modellerte Gebäude mit variabler Gebäudehüllzahl.

In der Abbildung 6 sind die Resultate des Gesamtwärmeübertragungskoeffizienten absolut dargestellt. Bei kompakten Gebäuden steigt der Wert dadurch rasch an. Aber nicht nur der Projektwert, sondern auch die Grenzwerte steigen mit zunehmender Kompaktheit exponentiell an.

Da die Linien in der Abbildung 6 sehr nahe zusammenliegen, wird in Abbildung 7 ein kleiner Ausschnitt dargestellt. Interessant ist vor allem der Verlauf Grenzwert MuKEEn 2014. Für Gebäude mit einer Gebäudehüllzahl kleiner 1 ist der Grenzwert eingehalten. Ab Gebäude mit einer Gebäudehüllzahl grösser 2 stellt der Grenzwert die strengste Anforderung dar. Der Grenzwert der SIA 180/1 verläuft nahezu gleich wie die Projektwerte.

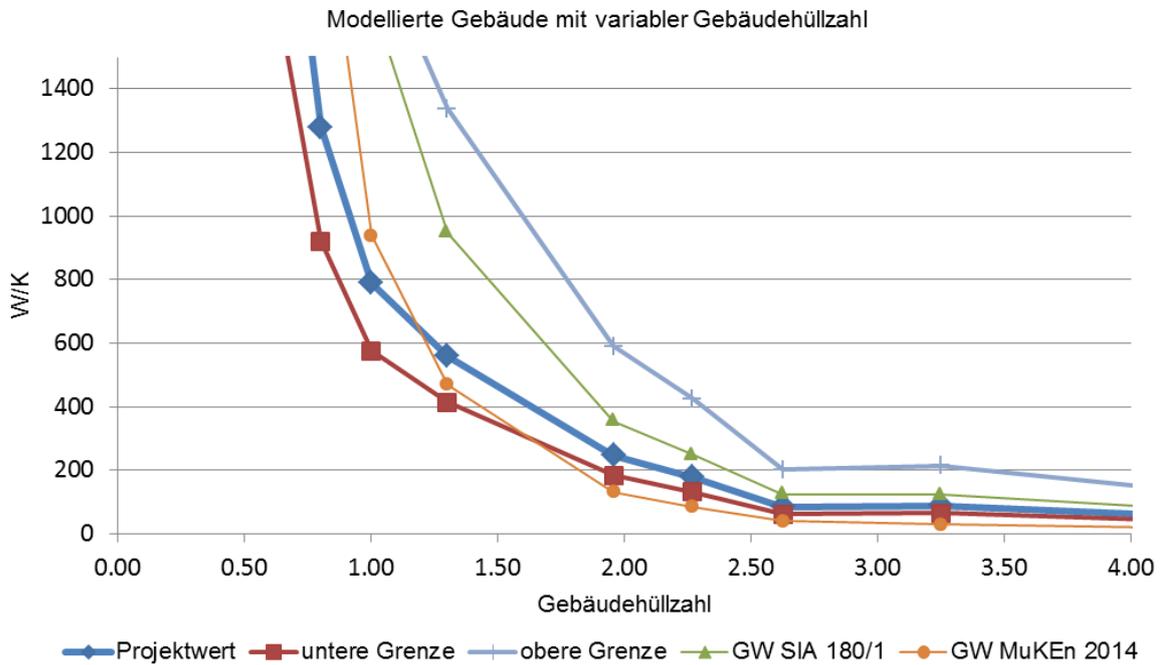


Abbildung 7: Ausschnitt von Abbildung 6.

### 5.2.2 Bezogen auf die Gebäudehülle

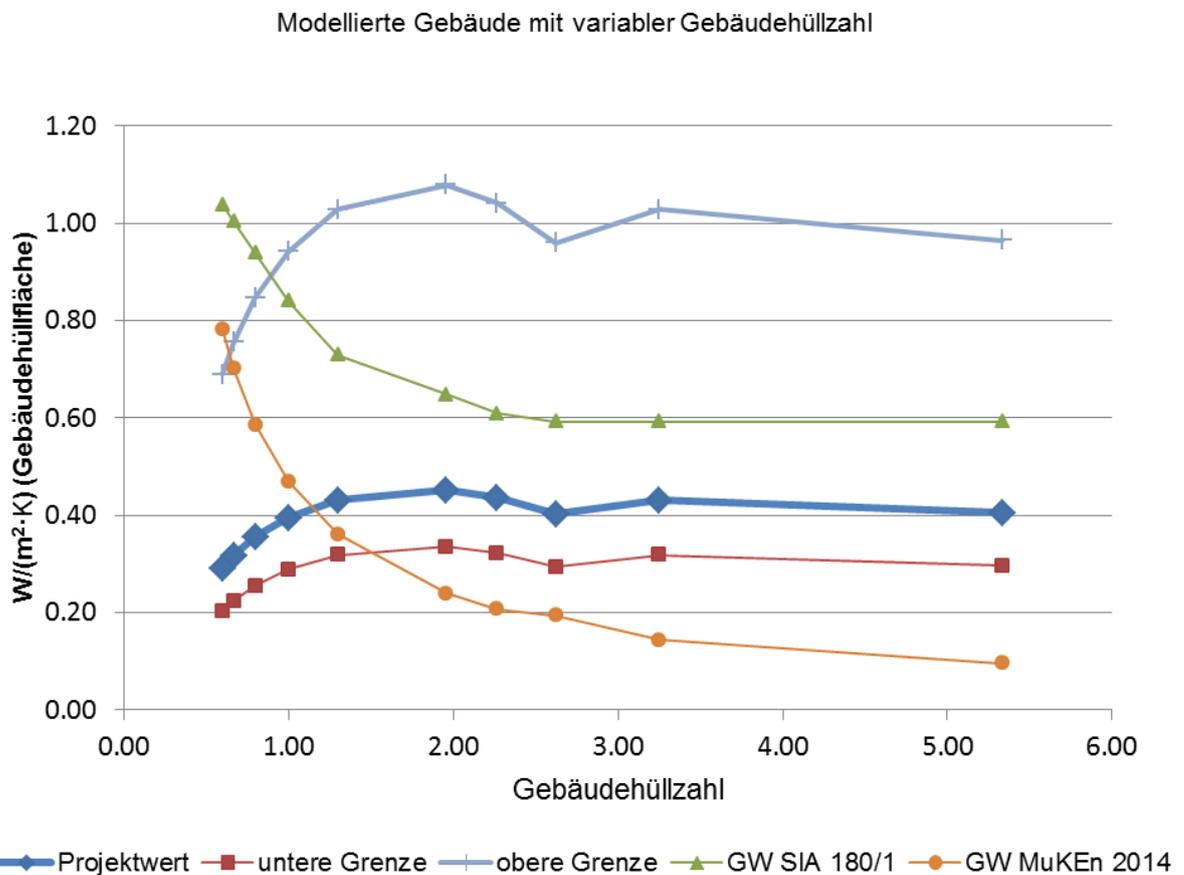


Abbildung 8: Modellierte Gebäude wie Abbildung 6, Basis: Gebäudehüllfläche. Der Knick bei der Gebäudehüllzahl 2.63 ist bedingt durch die Gebäudegeometrie.



Im Diagramm wird auf der Ordinate der Gesamtwärmeübertragungskoeffizient dividiert durch die Gebäudehüllfläche dargestellt. Auf der Abszisse steht wiederum die Gebäudehüllzahl. Bei tiefen Gebäudehüllzahlen steigen die Grenzwerte sehr stark an, demgegenüber fallen im gleichen Bereich die Projektwerte. Für den Planer bedeutet dies ein sehr grosser Spielraum bei den  $U$ -Werten und Fensterflächen. Bei Gebäudehüllzahlen über 1.5 verhalten sich die Werte genau umgekehrt. Der Grenzwert der MuKE n 2014 fällt hier unter die untere Grenze. Für den Planer wird es sehr schwer, diese Anforderung zu erfüllen.

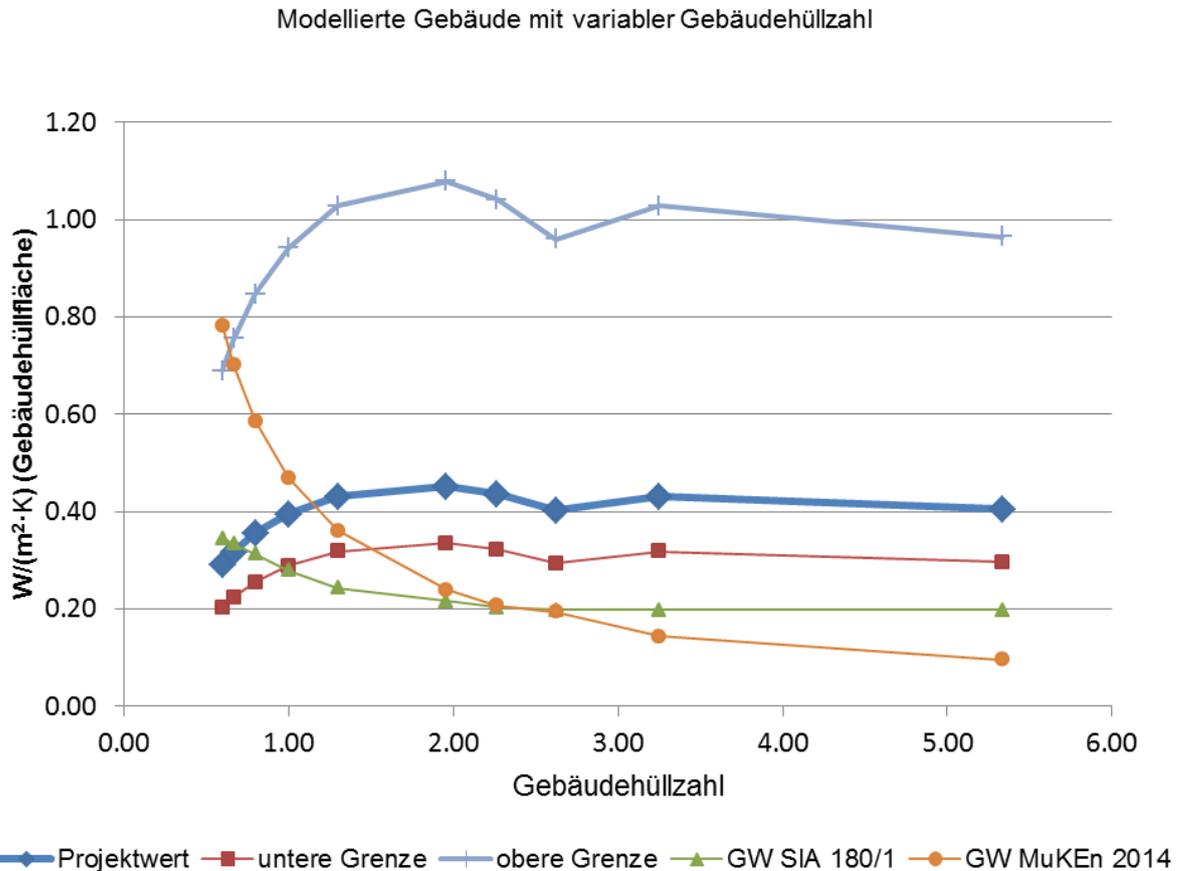


Abbildung 9: Modellierte Gebäude wie Abbildung 8, für GW SIA 180/1 ist aber  $C_0 = 0.25$ . Der Knick bei der Gebäudehüllzahl 2.63 ist bedingt durch die Gebäudegeometrie.

Wie schon für Abbildung 2 wird für den Grenzwert der SIA 180/1  $C_0 = 0.25$  eingesetzt. Damit wird es schon für Gebäude ab einer Gebäudehüllzahl grösser 1 sehr schwierig diese Anforderung zu erfüllen.



### 5.2.3 Bezogen auf die Energiebezugsfläche

Modellierte Gebäude mit variabler Gebäudehüllzahl

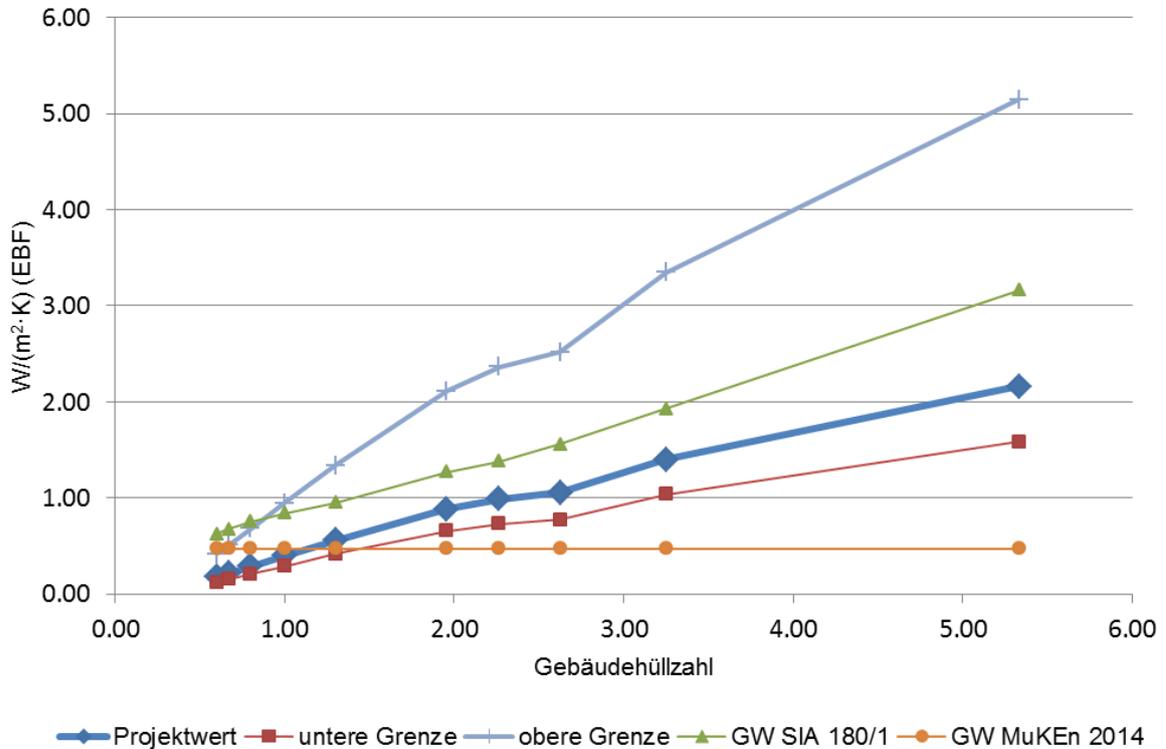


Abbildung 10: Modellierte Gebäude wie Abbildung 6, Basis: EBF.

In Abbildung 10 ist die EBF als Basis gewählt worden. Mit Ausnahme des Grenzwerts MuKE 2014 liegen die Werte auf einer Linie, die mit grösser werdender Gebäudehüllzahl ansteigt. Beim Gebäude mit einer Gebäudehüllzahl von 0.6 liegt der Projektwert bei  $0.17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , die obere Grenze bei  $0.41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  (140% höher). Beim Gebäude mit einer Gebäudehüllzahl von 5.33 liegt der Projektwert bei  $2.16 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , die obere Grenze bei  $5.15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  also auch rund 140% höher.



## 5.2.4 Bezogen auf das Gebäudevolumen

Modellierte Gebäude mit variabler Gebäudehüllzahl

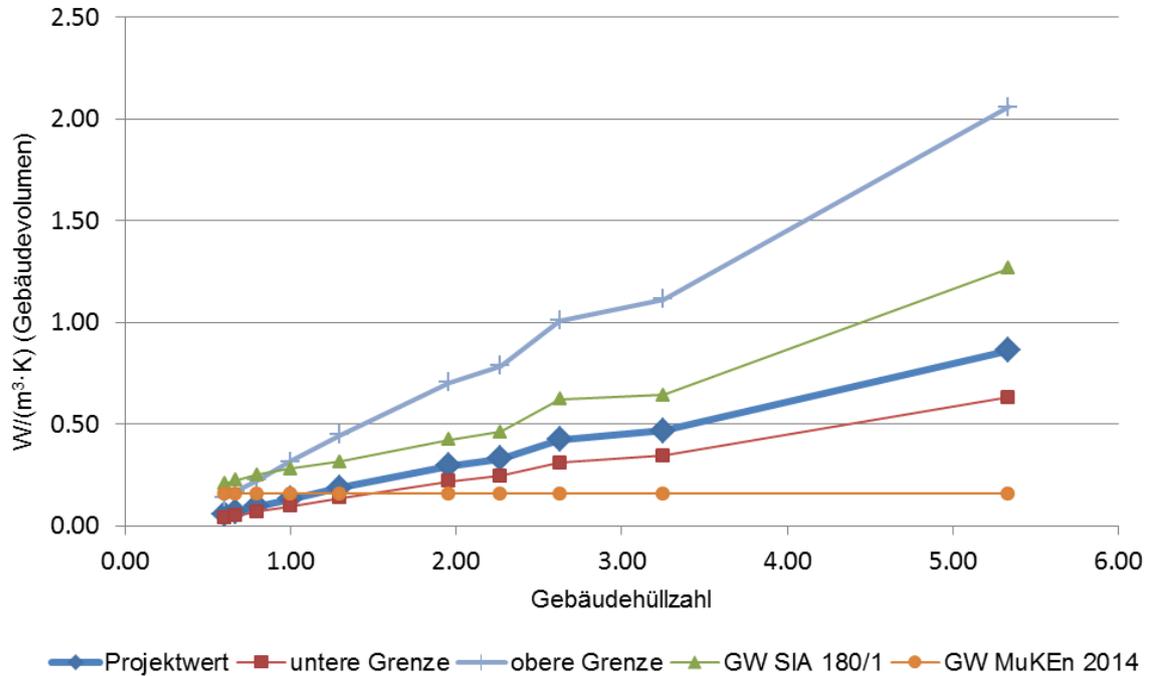


Abbildung 11: Modellierte Gebäude wie Abbildung 6, Basis: Gebäudevolumen.

Werden die Gesamtwärmeübertragungskoeffizienten auf das Gebäudevolumen bezogen, verlaufen die Linien gleich wie in Abbildung 10. Die Werte auf der Ordinate sind aber kleiner.



### 5.2.5 Anpassung der Abszisse

In den nachfolgenden Diagrammen wird auf der Ordinate immer der Gesamtwärmeübertragungskoeffizient in W/K angegeben. Auf der Abszisse werden wahlweise die Gebäudehüllzahl, Energiebezugsfläche, Gebäudehüllfläche und das Gebäudevolumen angegeben.

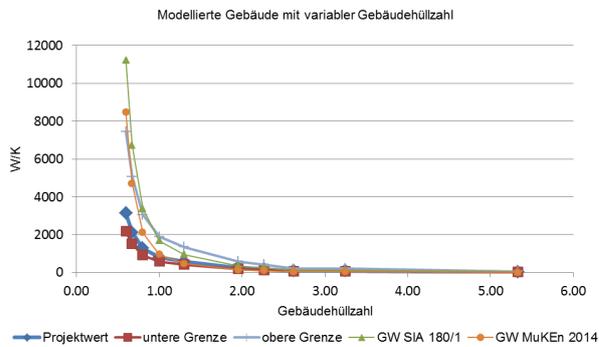


Abbildung 12:  $H_{tr}$  bezogen auf die Gebäudehüllzahl

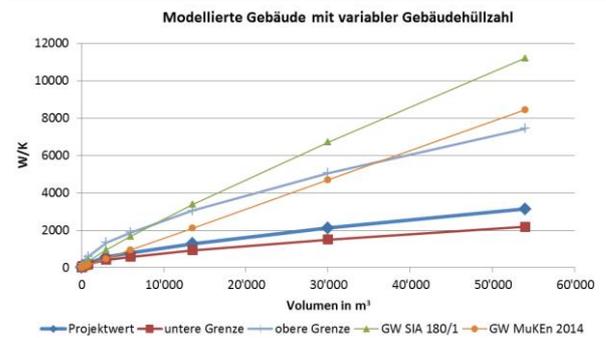


Abbildung 13:  $H_{tr}$  bezogen auf die Energiebezugsfläche

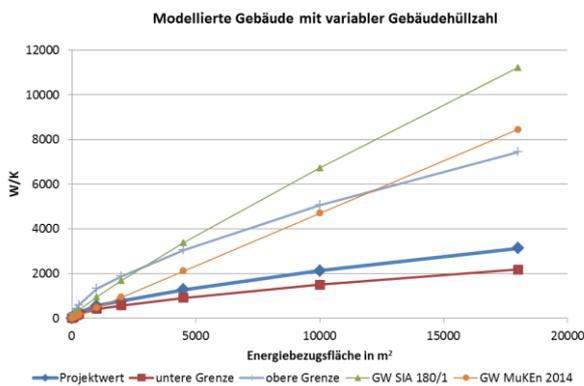


Abbildung 14:  $H_{tr}$  bezogen auf die Gebäudehüllfläche

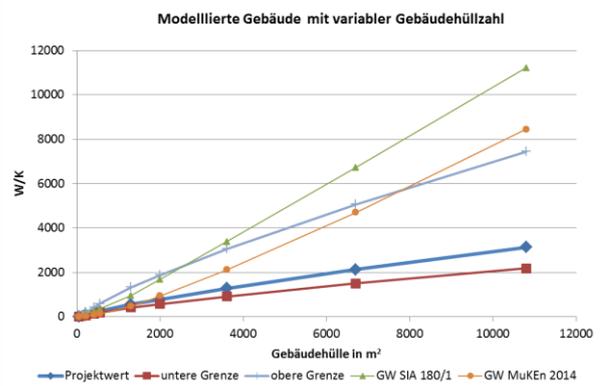


Abbildung 15:  $H_{tr}$  bezogen auf das Gebäudevolumen

Die Abbildung 13, Abbildung 14 und Abbildung 15 sehen etwa gleich aus, in Abweichung zu Abbildung 12 ist aber das kompakte Gebäude rechts. Die Aussage bleibt aber gleich, somit spielt auch die Basis der Abszisse keine Rolle.



### 5.3 Konstantes Gebäude mit variablem Glasanteil

Nachfolgend wird analysiert, welche Auswirkungen ein Grenzwert berechnet aus dem Vergleichsprojekt in der Praxis hat. Für die nachfolgende Analyse wurde ein Gebäude mit fixen Abmessungen definiert. Die Abmessungen sind in Tabelle 13 ersichtlich, die Bedeutung der Bezeichnung in Abbildung 16. Bei den Aussenwänden wird der Fensterflächenanteil zwischen 10% und 100% variiert. Alle anderen Grössen wie  $U$ -Werte,  $g$ -Werte, Wärmebrücken usw. bleiben konstant.

Gebäudedaten		
Länge N,S	10	m
Breite, O,W	8	m
Höhe Fassade S	6	m
Tiefe im Erdreich	2	m
Dachneigung	0	°
EBF	240	m <sup>2</sup>

Tabelle 13: Geometrie Modellgebäude

Berechnet wird der Gesamtwärmeübertragungskoeffizient ( $H_{tr}$ ) nach der Methode I ( $A \cdot U \cdot b$ ). Die Wärmebrücken sind mit 10% Zuschlag auf  $H_{tr}$  berücksichtigt. Die  $U$ -Werte entsprechen der Ziffer 4.1.

Neben dem Projektwert wird ein Grenzwert berechnet, welcher ebenfalls im Diagramm aufgeführt ist. Dieser Grenzwert wird aufgrund der vorhandenen Gebäudeflächen, den  $U$ -Werten nach Ziffer 4.1 und einem Fensterflächenanteil von 40% berechnet. Dadurch ergibt sich eine Gerade. Liegen die Projektwerte unter der Geraden wird der Grenzwert erfüllt, Projektwerte über der Gerade erfüllen nicht.

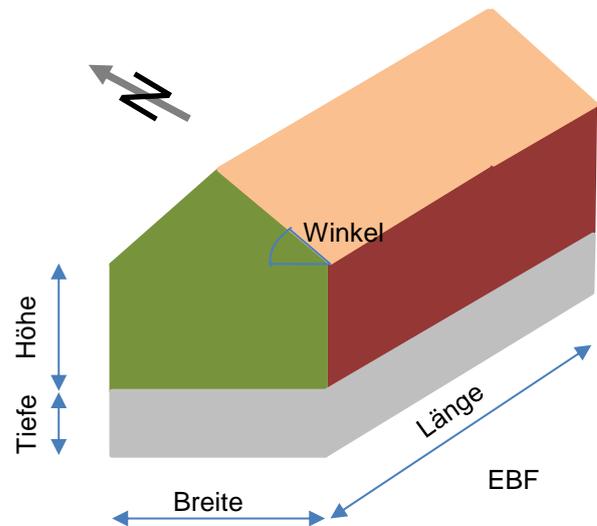


Abbildung 16: Schematische Darstellung des modellierten Gebäudes.

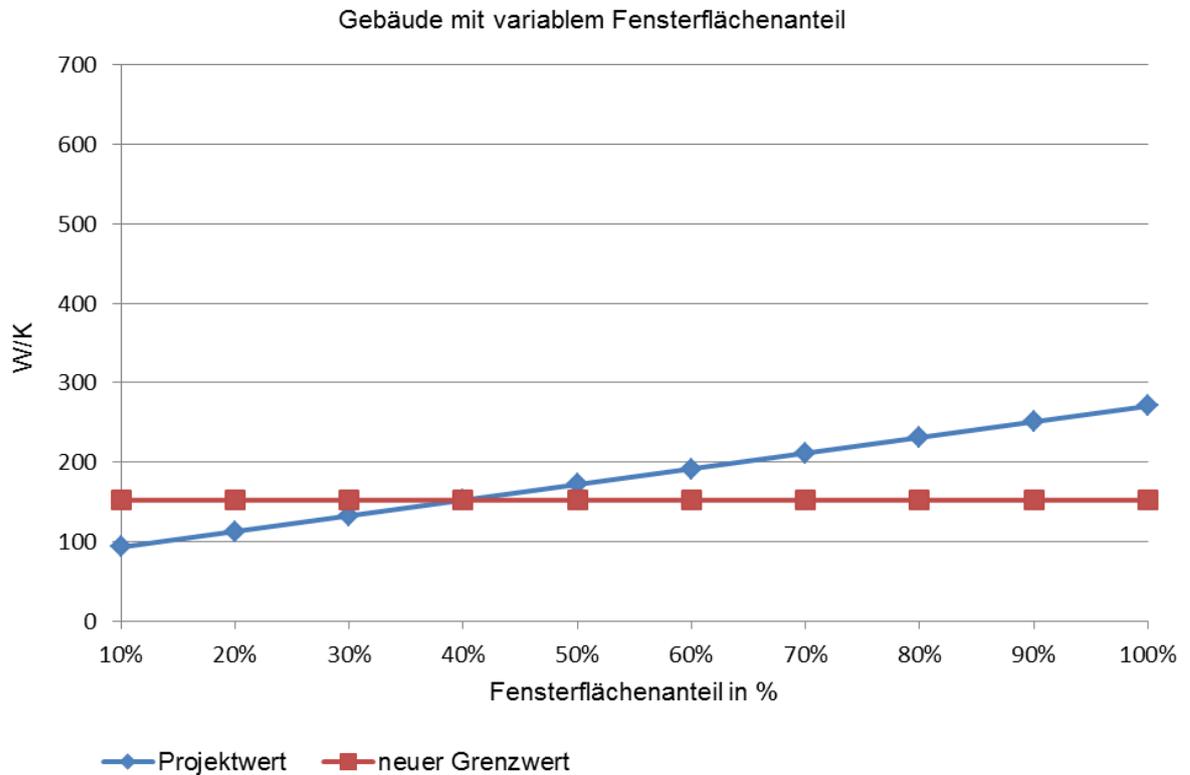


Abbildung 17: Modellgebäude mit variablem Fensterflächenanteil, Projektwerte inkl. neuer Grenzwert.

Wird ein Gebäude mit einem Fensterflächenanteil von 10% gebaut, können die  $U$ -Werte der Bauteile angehoben werden und der Grenzwert wird noch immer erfüllt. Als Grenze für diese  $U$ -Werte werden die Anforderungen der Norm SIA 180:2014 [2] angesehen. Im nachfolgenden Diagramm wurden neben dem Projektwert noch die untere und obere Grenze eingetragen (nach den Ziffern 4.2 und 4.3).

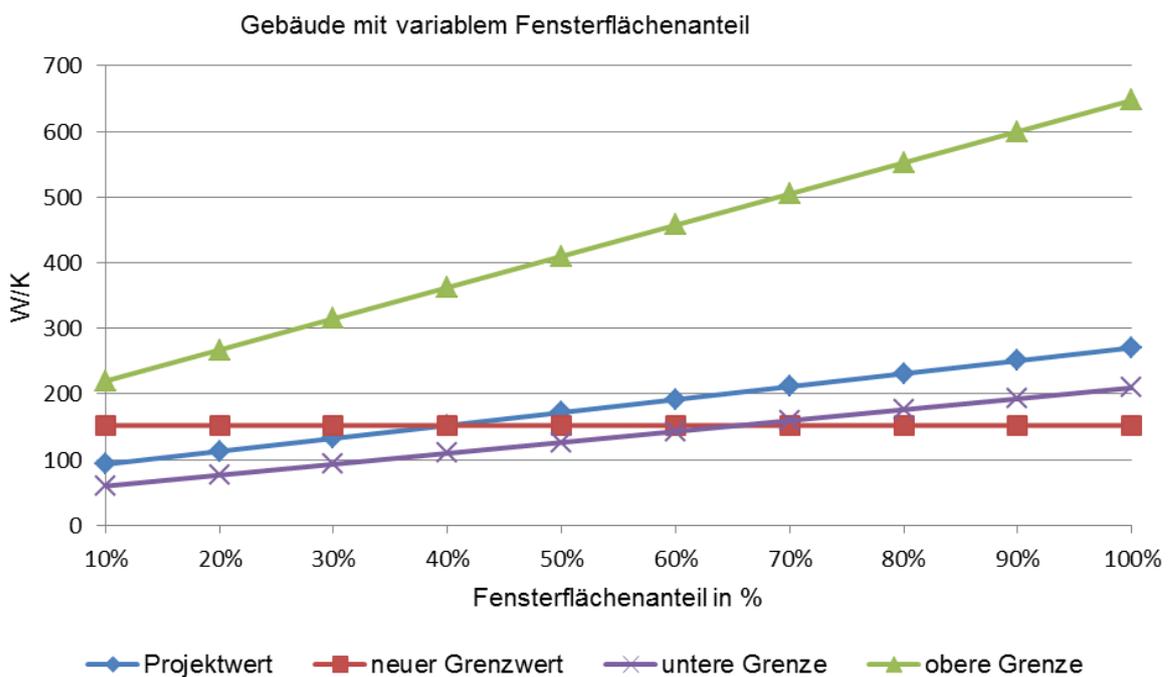


Abbildung 18: Modellgebäude wie Abbildung 17 zusätzlich mit oberer und unterer Grenze.



Wie in Abbildung 18 zu sehen ist, liegt die obere Grenze deutlich über dem neuen Grenzwert. Selbst die  $U$ -Werte beim Gebäude mit 10% Fensterflächenanteil überschreiten nicht die obere Grenze. Ab einem Fensterflächenanteil über 70% unterschreitet der Projektwert die untere Grenze. Mit den  $U$ -Werten (Zielwerte) der Norm prSIA 380/1 [4] wird der Projektwert nicht erfüllt.

In nachfolgenden Abbildungen wurden die Abmessungen des Gebäudes angepasst.

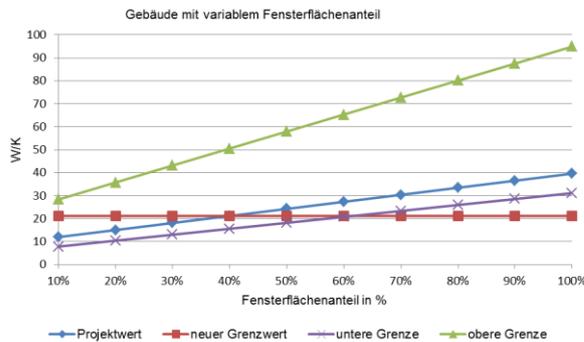


Abbildung 19: Konstantes Gebäude mit Länge = 3 m, Breite = 3 m, Höhe = 2.8 m und EBF = 9 m<sup>2</sup>

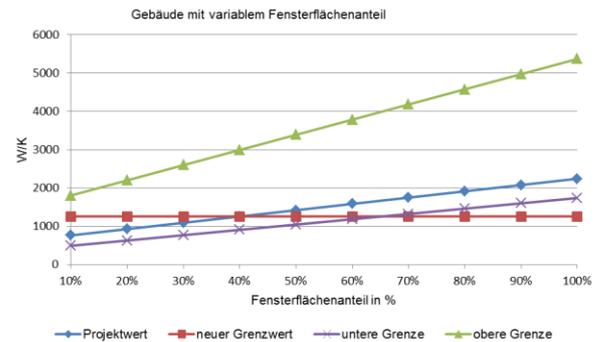
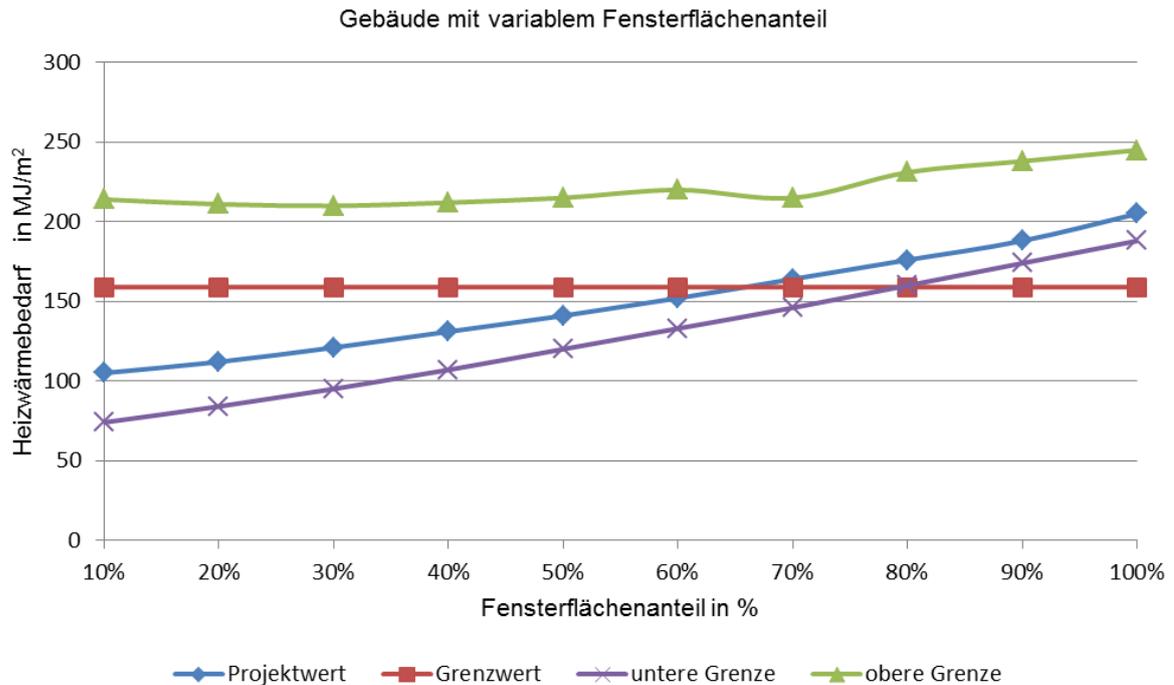


Abbildung 20: Konstantes Gebäude mit Länge = 30 m, Breite = 30 m, Höhe = 15 m und EBF = 4500 m<sup>2</sup>

Bis auf die Werte der Ordinate sind Abbildung 18, Abbildung 19 und Abbildung 20 identisch.



Die  $U$ -Werte im Projektwert entsprechen der Ziffer 4.1, damit erfüllt jeder Punkt den Einzelbauteil-Nachweis nach der prSIA 380/1 [4]. Nachfolgend wurde nach dem gleichen Prinzip wie in Abbildung 18 der Heizwärmebedarf nach SIA 380/1 [3] gerechnet. Verwendet wurde die Klimastation Zürich MeteoSchweiz. Das Fenster wurde mit einem  $g$ -Wert von 52 % und den Verschattungswinkeln  $S_1 = 20\%$ ,  $S_2 = 10\%$  und  $S_3 = 5\%$  berücksichtigt.



**Abbildung 21: Heizwärmebedarf für Modellgebäude mit variablem Fensterflächenanteil.**

Da an der Gebäudehüllfläche, der Energiebezugsfläche und den  $b$ -Werten nichts verändert wurde, ist auch der Grenzwert  $Q_{h,fl}$  für alle Berechnungen gleich. Der Projektwert und die untere Grenze verlaufen in etwa Parallel, mit höherem Fensterflächenanteil gleichen sie sich an. Die obere Grenzkurve verläuft bis 70% Fensterflächenanteil nahezu konstant, danach steigt der Wert an.

Heute weist ein EFH vor allem im Süden grosse Fensterflächen auf, im Norden werden die Fensterflächen aber klein gehalten. In der nachfolgenden Abbildung 22 wurde dem Rechnung getragen, so wird im Norden mit einem maximalen Fensterflächenanteil von 10%, im Osten und Westen mit 40%, immer bezogen auf die Fassade, gerechnet. Im Süden werden nach wie vor 100% eingesetzt. Dadurch sinkt der gesamte maximale Fensterflächenanteil auf 48%.

N	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
W/O	10%	20%	30%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
Süden	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Mittel	10%	17%	24%	32%	34%	37%	40%	43%	46%	48%

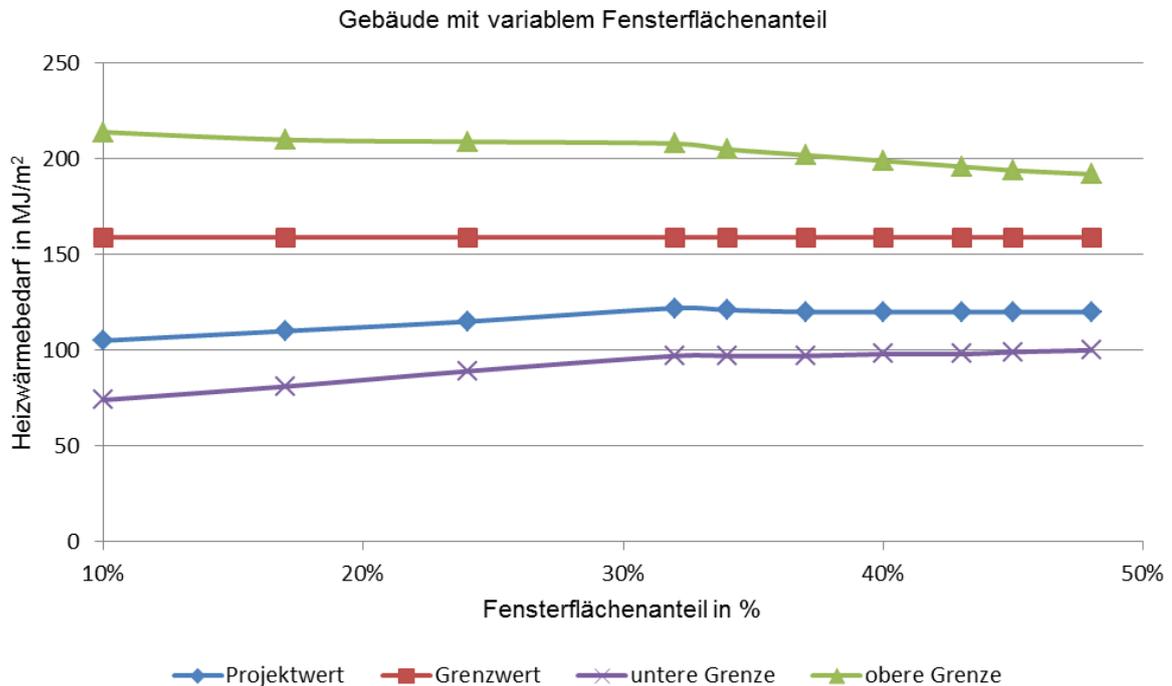


Abbildung 22: Heizwärmebedarf, max. Fensterflächenanteil  $S = 100\%$ ,  $O/W = 40\%$  und  $N=10\%$ .

Der Einfluss der solaren Wärmeeinträge im Süden ist nun gut sichtbar. Ab einem Fensterflächenanteil von 32% bleibt der Heizwärmebedarf konstant oder nimmt sogar ab. Zu sehen ist auch ein grosser Spielraum bei Gebäude mit einem Fensterflächenanteil unter 32%.

Als Grenzwert wird ein Vergleichsgebäude vorgeschlagen. Um in einer frühen Phase den Grenzwert abschätzen zu können wurde ein Nomogramm entwickelt, aus dem der Grenzwert abgelesen werden kann. Aus der vorliegenden Version kann der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient  $U_{mn}$  nach Gleichung 10 herausgelesen werden. Das eingetragene Beispiel entspricht dem Grenzwert aus Abbildung 17, der mittlere Wärmedurchgangskoeffizient beträgt  $U_{mn} = 0.34 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Dem Nomogramm ist ein konstanter  $b$ -Wert von 0.7 hinterlegt. Aufgrund des sehr kleinen Einflusses auf den Grenzwert wurde die Dachneigung vernachlässigt. Um einen Wert aus dem Nomogramm zu lesen ist die Tiefe im Erdreich  $z$ , die Gebäudehöhe und ein Parameter nach Gleichung 15 erforderlich.

$$p = \frac{2 \cdot (L + B)}{L \cdot B}$$

Gleichung 15

Darin bedeuten:

- $p$  Parameter in  $\text{m}^{-1}$
- $L$  Gebäudelänge in m
- $B$  Gebäudebreite in m

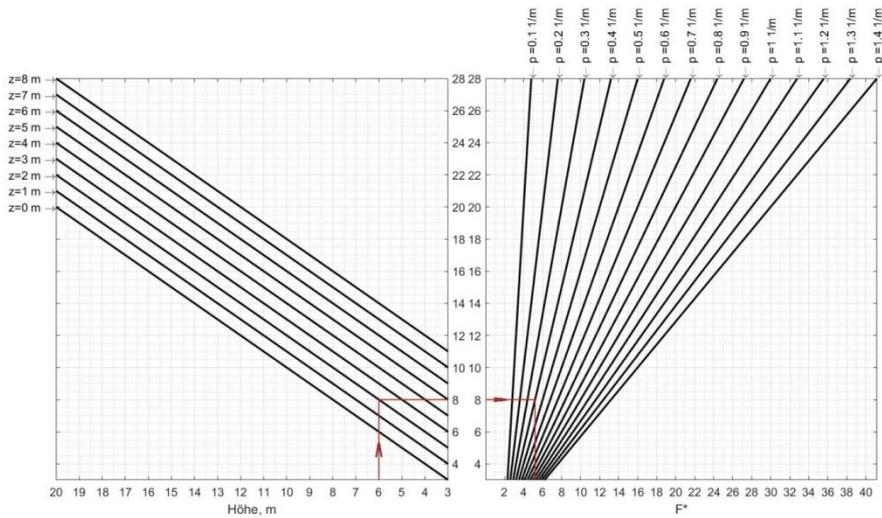


Abbildung 23: Nomogramm, erster Schritt

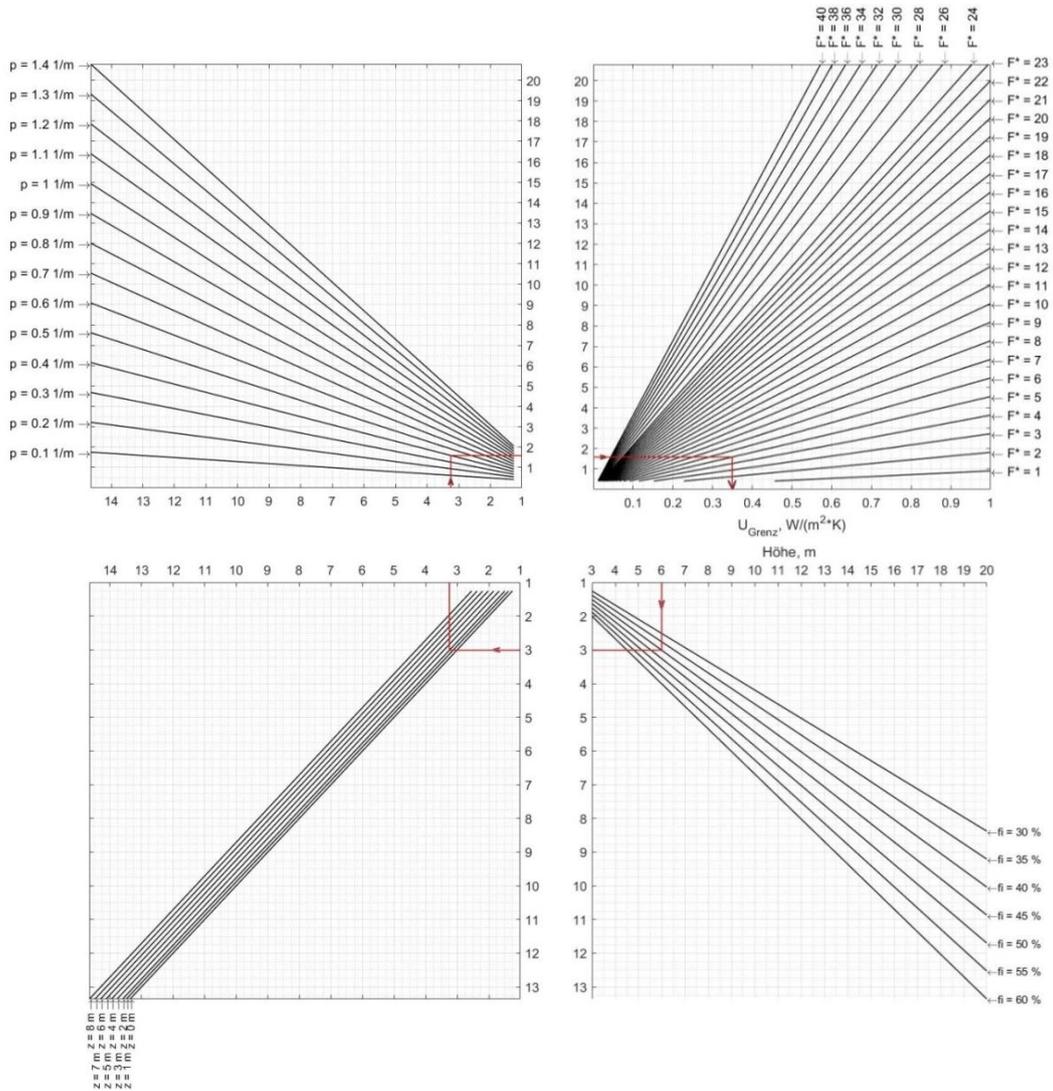


Abbildung 24: Nomogramm, zweiter Schritt.



## 6 Diskussion

Ziel der Arbeit ist es, fundierte Vorschläge zu erarbeiten, wie die Qualität der Gebäudehülle anhand eines Leistungsmerkmals beurteilt werden kann. Bevor die Resultate diskutiert werden, wird die Frage aufgeworfen, warum brauchen wir noch ein Leistungsmerkmal für die Gebäudehülle? Initiiert hat die neue Anforderung der Gesetzgeber. Er ist gemäss Artikel 89 Absatz 1 der Bundesverfassung (BV; SR 101) im Rahmen seiner Zuständigkeit verpflichtet, für eine ausreichende, breit gefächerte, sichere, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung sowie für einen sparsamen und rationellen Energieverbrauch zu sorgen. Die Bemühungen der letzten Jahre haben dazu geführt, dass bei Neubauten, vor allem im Wohnbereich, überwiegend Wärmepumpen eingesetzt werden. Die Mehrzahl dieser Wärmepumpen verfügt über einen Elektro-Heizstab mit dem bei sehr kalten Aussentemperaturen direkt geheizt wird. Befürchtet wird nun, bei tiefen Aussentemperaturen, eine Überlastung des Stromnetzes. Dieser Überlastung soll nun mit einem Leistungsmerkmal vorgebeugt werden.

Warum kann das mit den vorhandenen Anforderungen nicht erfüllt werden? Der Fensterflächenanteil heutiger Gebäude ist in vielen Fällen grösser als noch vor Jahren. Das haben Auswertungen der Arbeitsgemeinschaft MuKE n gezeigt. Aufgrund dieser Tatsache wird vermutet, dass der Leistungsbedarf solcher Gebäude in den letzten Jahren in etwa gleich geblieben ist. Berechtigterweise kann hier angeführt werden, dass ein Leistungskriterium in Abhängigkeit der Wärmeerzeugung erfolgen sollte. Bei einer Holzheizung wird das Stromnetz bei sehr kalten Aussentemperaturen ja nicht zusätzlich belastet. Dieser Einwand ist berechtigt, birgt aber bei der Umsetzung einige Schwierigkeiten. Wird während der Projektplanung die Wärmeerzeuger in letzter Minute angepasst, müsste das ganze Projekt überarbeitet werden. Weiter ist auch der Detaillierungsgrad einer solchen Berechnung sehr hoch. Es gibt aber auch Vorteile, ein hoher Detaillierungsgrad bringt immer auch mehrere Kompensationsmöglichkeiten mit sich. Ob in der Praxis die Schwierigkeiten oder die Vorteile überwiegen, ist offen.

Der Fokus dieser Studie liegt beim einfachen Leistungsmerkmal ohne Berücksichtigung der Wärmeerzeugung. Auch Aspekte des Wärmeschutzes im Sommer wurden ausgeblendet. Gefunden wurden so 12 verschiedene Methoden. Neben den Recherchen im Internet und in den Normen wurde am 7. Juli 2015 ein Experten-Workshop in Olten durchgeführt. Insgesamt haben sich 14 Personen angemeldet. Zu den 12 bereits recherchierten Methoden kamen keine neuen Methoden hinzu.

Zu den Resultaten. In einem ersten Schritt wurde die Praxistauglichkeit untersucht. Die gewählten Methoden wurden in einem Excel programmiert und mit den Gebäudedaten aus dem Analysetool der EnFK durchgerechnet. Die Gebäudedaten basieren auf real gebaute Gebäude, sie bilden dadurch die Grundlage für einen umfassenden Praxistest. Leider sind nicht alle Gebäudedaten komplett, so fehlen zum Beispiel bei einigen Gebäuden die EBF oder die Gebäudehüllfläche ist nicht vollständig. Daher sind in den Diagrammen auch einige Ausreisser ersichtlich. Die Analyse zeigt, dass alle gewählten Methoden umgesetzt werden können. Interessant hier ist der Unterschied der Abbildung 3 (Methode B) zur Abbildung 4 und Abbildung 5 (Methode F und Methode I). In Abbildung 3 steigen die Projektwerte mit steigender Gebäudehüllzahl, in den anderen Abbildungen sinkt der Projektwert. Der Grund dafür liegt beim gewählten Wert der Ordinate, so wird bei der Methode B die Leistung durch die EBF dargestellt. Diese ist bei sehr grossen Gebäuden im Verhältnis zur Gebäudehülle gross. Bei den anderen Methoden wird der Wert auf die Gebäudehülle bezogen.

In einem zweiten Schritt wurde bei Gebäuden mit variabler Gebäudehüllzahl der Gesamtwärmeübertragungskoeffizient berechnet und auf die EBF, Gebäudehüllfläche und das Gebäudevolumen bezogen. So wurde im zweiten Schritt untersucht, ob diese unterschiedlichen Bezugsgrössen einen Einfluss auf die Grenzwerte haben. Vordergründig sehen die Abbildungen sehr unterschiedlich aus, die Aussage der Abbildungen bleibt aber gleich. Es wurde kein Einfluss



festgestellt. Wird der Grenzwert nicht eingehalten, gibt es drei Möglichkeiten, den Projektwert zu verbessern.

1. Die  $U$ -Werte werden verbessert.
2. Die Fensterflächen werden verkleinert.
3. Die Kompaktheit wird verbessert.

In der Praxis ist eine Grundstücksgrösse gegeben und diese wird in der Regel so gut wie möglich ausgenutzt. Demzufolge hängt die Kompaktheit eines Gebäudes üblicherweise von der Parzellenform ab. Bei nicht kompakten Gebäuden muss über den  $U$ -Wert und/oder den Fensterflächenanteil kompensiert werden. In jedem Fall hat die Art der Grenzwertlegung einen Einfluss auf die Gebäudehülle und somit auch auf die Architektur. Bei einem konstanten Grenzwert bezogen auf die EBF werden kompakte Gebäude bevorzugt. Hingegen haben es sehr kleine Gebäude schwer, diesen Grenzwert zu erfüllen. Wie in Abbildung 9 bis Abbildung 11 zu sehen ist, wird schon ab einer Gebäudehüllzahl von 1.5 der Grenzwert nicht mehr eingehalten. Dieser Effekt ist auch in der Abbildung 3 ersichtlich, trotzdem erfüllen dort 75% der Gebäude. Um sicher zu gehen, dass die Berechnungen korrekt sind, wurden die Gebäude mit unterschiedlicher Gebäudehüllzahl nach Norm SIA 384.201 [6] berechnet. Die nachfolgende Abbildung 25 zeigt die Ergebnisse. Berechnet wurden ein natürlich belüftetes Gebäude und ein mechanisch belüftetes Gebäude. Die Klimastation ist Zürich MeteoSchweiz, die Raumtemperatur wurde mit 21°C berücksichtigt.

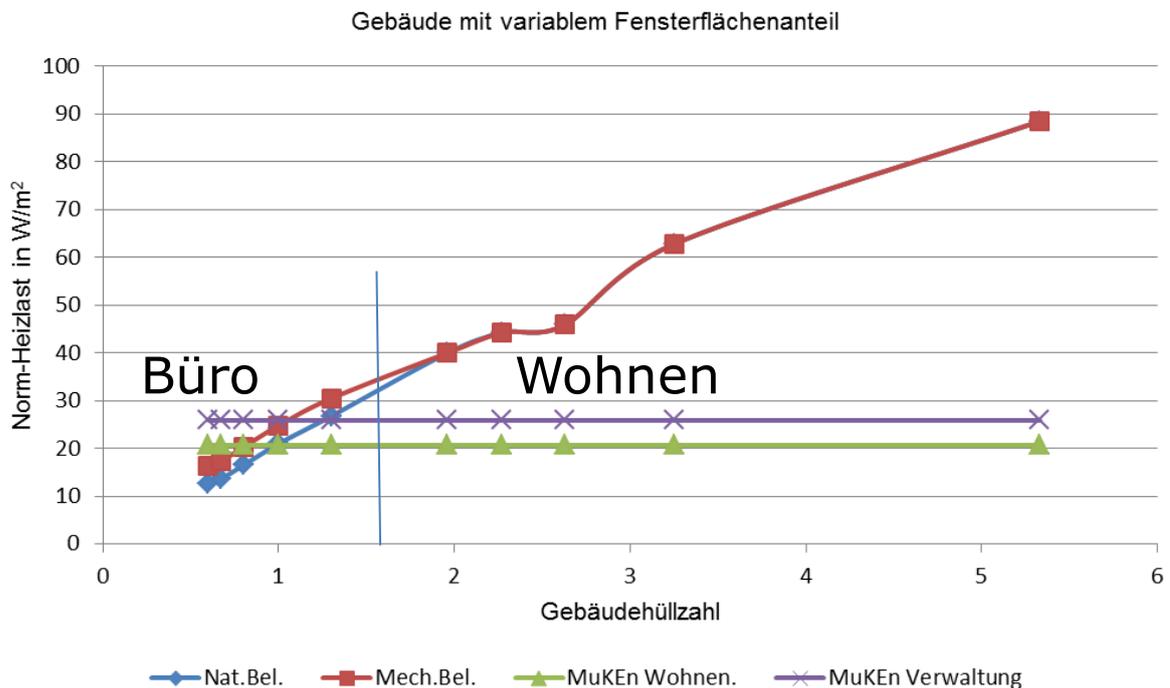


Abbildung 25: Norm-Heizlast nach Norm SIA 384.201.

Die Abbildung 25 zeigt, dass ab einer Gebäudehüllzahl von 1.5 der Grenzwert sehr schwer einzuhalten ist.

Wird der Grenzwert mit Hilfe eines Vergleichsgebäudes berechnet, können solche Schwierigkeiten umgangen werden. Dies wurde mit den Untersuchungen im dritten Schritt erkannt. Ob nun ein kleiner Kiosk oder ein Flughafen-Terminal berechnet wird, für alle Gebäude sieht das Diagramm wie Abbildung 18 aus. Bei einem Fensterflächenanteil unter 30% besteht in der Planung ein grosser



Spielraum bei den  $U$ -Werten. So kann für das Fenster  $1.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  und für die opaken Bauteile  $0.3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  eingesetzt werden und der neue Grenzwert wird immer noch eingehalten (bei 10% Fensterflächenanteil). Werden solche  $U$ -Werte nicht erwünscht, kann dies mit einer Koppelung von Anforderungen aufgefangen werden. Hier bietet sich der Einzelbauteilgrenzwert an. Bei Fensterflächenanteilen über 70% wird es sehr schwierig. Hier sind  $U$ -Werte gefragt, die unter den Zielwerten der Einzelbauteilanforderung nach der Norm prSIA 380/1 liegen. Das Schwergewicht liegt hier beim Fenster, es sind  $U$ -Werte von  $0.6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  erforderlich. In der Praxis sind heute solche  $U$ -Werte zwar möglich, sie sind aber mit einem tiefen  $g$ -Wert verbunden. Wie aus Abbildung 26 zu sehen ist, steigt zudem auch der Preis sehr stark an.

### Relative Preisentwicklung in Abhängigkeit des $U$ -Wertes (2016)

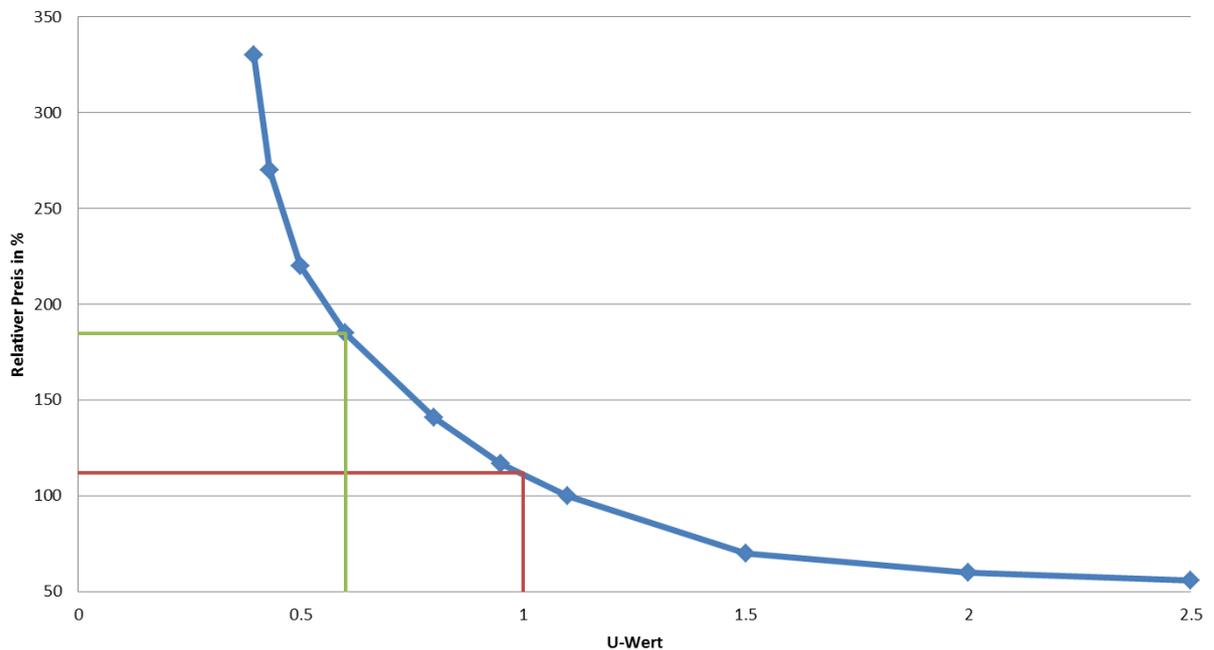


Abbildung 26: Relative Einbaupreise einer Isolierverglasung.



## 7 Nächste Schritte

Die vorliegende Studie liefert eine solide Grundlage über mögliche Leistungsmerkmale der Gebäudehülle. Keine der Methoden überzeugt aber vollständig. Mit dem Gesamtwärmeübertragungskoeffizienten ( $H_{tr}$ ) kann das Gebäude mit wenigen Parametern erfasst und berechnet werden. Wird der Grenzwert mit einem Vergleichsprojekt bestimmt, können damit alle möglichen Bauten nachgewiesen werden. Die Nachteile sind aber nicht unerheblich, vor allem bei Gebäuden mit Fensteranteilen von über 70% braucht es grosse technische und finanzielle Anstrengungen. Eine Entschärfung könnte hier das Vakuumglas bringen. Diese Technologie ist aber noch nicht marktfähig.

Ein grosser Anreiz, ein Leistungskriterium für die Gebäudehülle einzuführen, ist die Vermutung, dass der mittlere  $U$ -Wert der Gebäudehülle in den letzten Jahren konstant hoch geblieben ist. Diese Vermutung sollte anhand vorhandener Daten, zum Beispiel aus anderen BFE-Studien, überprüft werden. Sollte die Vermutung bestätigt werden, wird empfohlen, weiter nach einem Bewertungs- und Leistungskriterium der Gebäudehülle zu suchen. Dabei müsste aber der vorgegebene Rahmen geöffnet werden um neue Wege beschreiten zu können.



## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Empfehlung SIA 180/1, Nachweis des mittleren k-Wertes der Gebäudehülle  
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
1988
- [2] Norm SIA 180, Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden  
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
2014
- [3] Norm SIA 380/1, Thermische Energie im Hochbau  
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
2009
- [4] Norm prSIA 380/1, Heizwärmebedarf  
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
Entwurf 2016
- [5] Norm SIA 382/2, Klimatisierte Gebäude – Leistungs- und Energiebedarf  
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
2011
- [6] Norm SIA 384.201, Heizungsanlagen in Gebäuden – Verfahren zur Berechnung der Norm-  
Heizlast  
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
2003
- [7] Norm SIA 384/3, Heizungsanlagen in Gebäuden – Energiebedarf  
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
2013
- [8] Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE)  
[www.endk.ch](http://www.endk.ch)  
2014
- [9] DIN V 185991:2011-12, Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End-  
und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwasser und Beleuchtung  
Deutsches Institut für Normung  
2011
- [10] DIN V 4108-6:2003-06, Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden  
Deutsches Institut für Normung  
2003
- [11] prEN 52018-1, Energieeffizienz von Gebäuden – Gebäude und Gebäudeelemente –  
Indikatoren für EPB-Teilforderungen im Hinblick auf die Wärmeenergiebilanz und Funktion  
der Bausubstanz – Teil 1: Überblick über die Möglichkeiten  
Juli 2015
- [12] Anforderungsprofil an behördentaugliche EDV-Programme für den Nachweis gemäss Norm  
SIA 380/1, Ausgabe 2009  
Version 1.3, Ausgabe 30.11.2012  
AWEL, Abteilung Energie
- [13] Energieeinsparverordnung EnEV 2014  
<http://www.enev-online.com>
- [14] EN ISO 13789, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissions-  
und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren  
2007



- [15] Die quantitative gebäuderelevante Darstellung von Klimadaten: Die Klimaflächen  
Harald Burmeister Dipl Phys. ETH  
DISS ETH Nr. 11586  
1996
- [16] prEN ISO 13789, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Spezifischer Transmissions-  
und Lüftungswärmedurchgangskoeffizient – Berechnungsverfahren  
Mai 2015
- [17] prEN ISO 13370, Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmeübertragung über das  
Erdreich – Berechnungsverfahren  
Mai 2015
- [18] EN ISO 6948, Bauteile – Wärmedurchlasswiderstand und Wärmedurchgangskoeffizient –  
Berechnungsverfahren  
1996
- [19] SIA 343, Türen und Tore  
SIA Schweizerischer Ingenieuren und Architektenverband  
2014
- [20] MB 2024, Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik  
SIA Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
2006
- [21] Die massgebenden Klimagrößen für den Energiebedarf eines Raumes  
Sabine Bödefeld, Dipl Phys. Uni Regensburg  
DISS ETH Nr. 14010  
2001



## 9 Indexverzeichnis

Abbildung 1: Resultate der Berechnung nach SIA 180/1 inkl. Grenzwert (bezogen auf Gebäudehülle). Für $C_o$ wurde 0.75 eingesetzt. ....	18
Abbildung 2: Resultate der Berechnung nach SIA 180/1 inkl. Grenzwert (bezogen auf Gebäudehülle). Für $C_o$ wurde 0.25 eingesetzt. ....	19
Abbildung 3: Resultate der Berechnung nach SIA 384.201 inkl. MuKE-Grenzwert $P_{h,li}$ (bezogen auf EBF). ....	19
Abbildung 4: Resultate nach der Berechnung der EnEV inkl. Grenzwert. ....	20
Abbildung 5: Resultate der Berechnung nach prEN ISO 52018-2 inkl. Grenzwert. ....	21
Abbildung 6: Modellierte Gebäude mit variabler Gebäudehüllzahl. ....	24
Abbildung 7: Ausschnitt von Abbildung 6. ....	25
Abbildung 8: Modellierte Gebäude wie Abbildung 6, Basis: Gebäudehüllfläche. Der Knick bei der Gebäudehüllzahl 2.63 ist bedingt durch die Gebäudegeometrie. ....	25
Abbildung 9: Modellierte Gebäude wie Abbildung 8, für GW SIA 180/1 ist aber $C_o = 0.25$ . Der Knick bei der Gebäudehüllzahl 2.63 ist bedingt durch die Gebäudegeometrie. ....	26
Abbildung 10: Modellierte Gebäude wie Abbildung 6, Basis: EBF. ....	27
Abbildung 11: Modellierte Gebäude wie Abbildung 6, Basis: Gebäudevolumen. ....	28
Abbildung 12: $H_{tr}$ bezogen auf die Gebäudehüllzahl. ....	29
Abbildung 13: $H_{tr}$ bezogen auf die Energiebezugsfläche. ....	29
Abbildung 14: $H_{tr}$ bezogen auf die Gebäudehüllfläche. ....	29
Abbildung 15: $H_{tr}$ bezogen auf das Gebäudevolumen. ....	29
Abbildung 16: Schematische Darstellung des modellierten Gebäudes. ....	30
Abbildung 17: Modellgebäude mit variablem Fensterflächenanteil, Projektwerte inkl. neuer Grenzwert. ....	31
Abbildung 18: Modellgebäude wie Abbildung 17 zusätzlich mit oberer und unterer Grenze. ....	31
Abbildung 19: Konstantes Gebäude mit Länge = 3 m, Breite = 3 m, Höhe = 2.8 m und EBF = 9 m <sup>2</sup> . ....	32
Abbildung 20: Konstantes Gebäude mit Länge = 30 m, Breite = 30 m, Höhe = 15 m und EBF = 4500 m <sup>2</sup> . ....	32
Abbildung 21: Heizwärmebedarf für Modellgebäude mit variablem Fensterflächenanteil. ....	33
Abbildung 22: Heizwärmebedarf, max. Fensterflächenanteil S = 100%, O/W =40% und N=10%. ....	34
Abbildung 23: Nomogramm, erster Schritt. ....	35
Abbildung 24: Nomogramm, zweiter Schritt. ....	35
Abbildung 25: Norm-Heizlast nach Norm SIA 384.201. ....	37
Abbildung 26: Relative Einbaupreise einer Isolierverglasung. ....	38
Tabelle 1: Neubau-Grenzwerte für $U$ -Werte bei 20°C Raumtemperatur. Quelle prSIA 380/1 [4]. ....	9
Tabelle 2: Grenzwerte der EnEV. ....	10
Tabelle 3: Grenzwerte $P_{h,li}$ der MuKE 2014. ....	12
Tabelle 4: Bewertung nach den summativen Beurteilungskriterien. Je tiefer die Punktzahl ist, desto besser ist die Methode geeignet. ....	14
Tabelle 5: Fallengelassene Methoden mit Begründung. ....	15
Tabelle 6: $U$ -Werte für die Berechnung Projektwert. ....	16
Tabelle 7: $U$ -Werte für die Berechnung der oberen Grenze. ....	16
Tabelle 8: $U$ -Werte (Zielwert aus der prSIA 380/1) für die Berechnung der unteren Grenze. ....	17
Tabelle 9: Im Vergleichsprojekt verwendete $U$ -Werte. ....	21
Tabelle 10: Im Vergleichsprojekt verwendete $b$ -Werte. ....	21
Tabelle 11: Nutzungsabhängiger Glasanteil gem. Merkblatt SIA 2024 [20]. Der Fensterrahmenanteil ist konstant mit 75% berücksichtigt. ....	22
Tabelle 12: Geometrie Gebäude mit variabler Gebäudehüllzahl. ....	23
Tabelle 13: Geometrie Modellgebäude. ....	30



## 10 Anhang

Im Anhang sind exemplarisch einige Berechnungen abgelegt.

Berechnungen variables Gebäude

Berechnungen konstantes Gebäude (Einfamilienhaus)

Feedback Expertenworkshop

SIA 380/1 Berechnungen (konstantes Gebäude mit 40% Fensterfläche)

SIA 384.201 Berechnung (Variables Gebäude mit Gebäudehüllzahl von 1.3)

## Berechnung "Variables Gebäude"

Gebäudenummer		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Länge N/S	m	60	50	30	20	20	10	10	8	8	3
Breite O/W	m	60	40	30	20	10	7	6	5	4	3
Geschosshöhe	m	3	3	3	3	3	3	3	2.5	3	2.5
Anzahl	Stk.	5	5	5	5	5	4	3	2	2	1
EBF	m2	18000	10000	4500	2000	1000	280	180	80	64	9
Hülle	m2	10800	6700	3600	2000	1300	548	408	210	208	48
Hüllzahl	-	0.60	0.67	0.80	1.00	1.30	1.96	2.27	2.63	3.25	5.33
Volumen	m3	54'000	30'000	13'500	6'000	3'000	840	540	200	192	23
Fassade N, S	m2	1800.00	1500.00	900.00	600.00	600.00	240.00	180.00	80.00	96.00	15.00
Fassade O, W	m2	1800.00	1200.00	900.00	600.00	300.00	168.00	108.00	50.00	48.00	15.00
Dach	m2	3600.00	2000.00	900.00	400.00	200.00	70.00	60.00	40.00	32.00	9.00
Boden	m2	3600.00	2000.00	900.00	400.00	200.00	70.00	60.00	40.00	32.00	9.00

Gebäude		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fenster	N	%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
		m2	360	300	180	120	120	48	36	16	19.2
Fenster	O	%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
		m2	360	240	180	120	60	33.6	21.6	10	9.6
Fenster	S	%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
		m2	360	300	180	120	120	48	36	16	19.2
Fenster	W	%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
		m2	360	240	180	120	60	33.6	21.6	10	9.6
Fenster	U-Wert	W/m2K	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		1440.00	1080.00	720.00	480.00	360.00	163.20	115.20	52.00	57.60
Aussenwand	N	m2	540	450	270	180	180	72	54	24	28.8
Aussenwand	O	m2	540	360	270	180	90	50.4	32.4	15	14.4
Aussenwand	S	m2	540	450	270	180	180	72	54	24	28.8
Aussenwand	W	m2	540	360	270	180	90	50.4	32.4	15	14.4
Aussenwand	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		367.20	275.40	183.60	122.40	91.80	41.62	29.38	13.26	14.69
Dach Aussen	Fläche	m2	3600.00	2000.00	900.00	400.00	200.00	70.00	60.00	40.00	32.00
Dach Aussen	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		612.00	340.00	153.00	68.00	34.00	11.90	10.20	6.80	5.44
Boden Erdreich (<=2)	Fläche	m2	3600.00	2000.00	900.00	400.00	200.00	70.00	60.00	40.00	32.00
Boden Erdreich (<=2)	b-Wert	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Boden Erdreich (<=2)	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		428.40	238.00	107.10	47.60	23.80	8.33	7.14	4.76	3.81
Summe	W/K		2847.60	1933.40	1163.70	718.00	509.60	225.05	161.92	76.82	81.54
Zuschlag Wärmebrücken			10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Total Transmissionswäeverl.	W/K		3132.36	2126.74	1280.07	789.80	560.56	247.55	178.11	84.50	89.69
Bezogen auf Hülle	W/Km2		0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.45	0.44	0.40	0.43
Bezogen auf EBF	W/Km2		0.17	0.21	0.28	0.39	0.56	0.88	0.99	1.06	1.40
Bezogen auf Volumen	W/Km3		0.06	0.07	0.09	0.13	0.19	0.29	0.33	0.42	0.47

Berechnung Grenzwert											
Fenster		%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
	Fläche	m2	1440	1080	720	480	360	163.2	115.2	52	57.6
	U-Wert	W/m2K	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		1440.00	1080.00	720.00	480.00	360.00	163.20	115.20	52.00	57.60
Aussenwand	Fläche	m2	2160.00	1620.00	1080.00	720.00	540.00	244.80	172.80	78.00	86.40
	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		367.20	275.40	183.60	122.40	91.80	41.62	29.38	13.26	14.69
Dach Aussen	Fläche	m2	3600.00	2000.00	900.00	400.00	200.00	70.00	60.00	40.00	32.00
	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		612.00	340.00	153.00	68.00	34.00	11.90	10.20	6.80	5.44
Boden Erdreich	Fläche	m2	3600.00	2000.00	900.00	400.00	200.00	70.00	60.00	40.00	32.00
Bis (und mit) 2m	b-Wert	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		428.40	238.00	107.10	47.60	23.80	8.33	7.14	4.76	3.81
Summe	W/K		2847.60	1933.40	1163.70	718.00	509.60	225.05	161.92	76.82	81.54
Zuschlag Wärmebrücken			10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
Total Transmissionswäeverl.	W/K		3132.36	2126.74	1280.07	789.8	560.56	247.5506	178.1076	84.502	89.6896
Bezogen auf Hülle	W/Km2		0.29	0.32	0.36	0.39	0.43	0.45	0.44	0.40	0.43
Bezogen auf EBF	W/Km2		0.17	0.21	0.28	0.39	0.56	0.88	0.99	1.06	1.40
Bezogen auf Volumen	W/Km3		0.06	0.07	0.09	0.13	0.19	0.29	0.33	0.42	0.47

Berechnung Grenzwert - SIA 180/1											
Faktor C0			0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Faktor C1			1.40	1.35	1.27	1.13	0.98	0.87	0.82	0.80	0.80
	Hülle	m2	10'800	6'700	3'600	2'000	1'300	548	408	210	208
	Volumen	m3	54'000	30'000	13'500	6'000	3'000	840	540	200	192
	A/V		0.20	0.22	0.27	0.33	0.43	0.65	0.76	1.05	1.08
Faktor C2			0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Faktor C3			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Grenzwert absolut			11'212.99	6'724.33	3'381.70	1'680.96	948.01	355.11	248.78	124.59	123.40
Grenzwert auf Hülle			1.04	1.00	0.94	0.84	0.73	0.65	0.61	0.59	0.59
Grenzwert auf EBF			0.62	0.67	0.75	0.84	0.95	1.27	1.38	1.56	1.93
Bezogen auf Volumen	W/Km3		0.21	0.22	0.25	0.28	0.32	0.42	0.46	0.62	0.64

Berechnung Grenzwert - SIA 180 Einzelbautiel												
Einzelbauteilnachweis												
Dach, Decke	U-Wert	0.40	1'440.00	800.00	360.00	160.00	80.00	28.00	24.00	16.00	12.80	3.60
Wand	U-Wert	0.40	864.00	648.00	432.00	288.00	216.00	97.92	69.12	31.20	34.56	7.20
Wand Erdreich bis 2m	U-Wert	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wand Erdreich ab 2m	U-Wert	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boden Erdreich bis 2m	U-Wert	0.40	1'008.00	560.00	252.00	112.00	56.00	19.60	16.80	11.20	8.96	2.52
Boden Erdreich ab 2m	U-Wert	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenster	U-Wert	2.40	3'456.00	2'592.00	1'728.00	1'152.00	864.00	391.68	276.48	124.80	138.24	28.80
<b>Grenzwert absolut (inkl. Wbr.)</b>			<b>7'444.80</b>	<b>5'060.00</b>	<b>3'049.20</b>	<b>1'883.20</b>	<b>1'337.60</b>	<b>590.92</b>	<b>425.04</b>	<b>201.52</b>	<b>214.02</b>	<b>46.33</b>
Grenzwert auf Hülle			0.69	0.76	0.85	0.94	1.03	1.08	1.04	0.96	1.03	0.97
Grenzwert auf EBF			0.41	0.51	0.68	0.94	1.34	2.11	2.36	2.52	3.34	5.15
Bezogen auf Volumen	W/Km3		0.14	0.17	0.23	0.31	0.45	0.70	0.79	1.01	1.11	2.06

Berechnung Grenzwert - SIA 380/1												
Einzelbauteilnachweis												
Dach, Decke	U-Wert	0.20	720.00	400.00	180.00	80.00	40.00	14.00	12.00	8.00	6.40	1.80
Wand, Boden	U-Wert	0.20	1'152.00	724.00	396.00	224.00	148.00	62.96	46.56	23.60	23.68	5.40
Wand, Boden>2m im Erd	U-Wert	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenster	U-Wert	1.60	2'304.00	1'728.00	1'152.00	768.00	576.00	261.12	184.32	83.20	92.16	19.20
Türen	U-Wert	1.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Grenzwert absolut</b>			<b>4'176.00</b>	<b>2'852.00</b>	<b>1'728.00</b>	<b>1'072.00</b>	<b>764.00</b>	<b>338.08</b>	<b>242.88</b>	<b>114.80</b>	<b>122.24</b>	<b>26.40</b>
Grenzwert auf Hülle			0.39	0.43	0.48	0.54	0.59	0.62	0.60	0.55	0.59	0.55
Grenzwert auf EBF			0.23	0.29	0.38	0.54	0.76	1.21	1.35	1.44	1.91	2.93
Bezogen auf Volumen	W/Km3		0.08	0.10	0.13	0.18	0.25	0.40	0.45	0.57	0.64	1.17

Berechnung Zielwert - SIA 380/1												
Einzelbauteilnachweis												
Dach, Decke	U-Wert	0.10	360.00	200.00	90.00	40.00	20.00	7.00	6.00	4.00	3.20	0.90
Wand	U-Wert	0.10	216.00	162.00	108.00	72.00	54.00	24.48	17.28	7.80	8.64	1.80
Wand Erdreich bis 2m	U-Wert	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wand Erdreich ab 2m	U-Wert	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boden Erdreich bis 2m	U-Wert	0.10	252.00	140.00	63.00	28.00	14.00	4.90	4.20	2.80	2.24	0.63
Boden Erdreich ab 2m	U-Wert	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenster	U-Wert	0.80	1'152.00	864.00	576.00	384.00	288.00	130.56	92.16	41.60	46.08	9.60
Türen	U-Wert	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Grenzwert absolut</b>			<b>2'178.00</b>	<b>1'502.60</b>	<b>920.70</b>	<b>576.40</b>	<b>413.60</b>	<b>183.63</b>	<b>131.60</b>	<b>61.82</b>	<b>66.18</b>	<b>14.22</b>
Grenzwert auf Hülle			0.20	0.22	0.26	0.29	0.32	0.34	0.32	0.29	0.32	0.30
Grenzwert auf EBF			0.12	0.15	0.20	0.29	0.41	0.66	0.73	0.77	1.03	1.58
Bezogen auf Volumen	W/Km3		0.04	0.05	0.07	0.10	0.14	0.22	0.24	0.31	0.34	0.63

Berechnung Grenzwert - MuKEn												
Grenzwert Wohnen MFH	W/m2	20										
Aussentemperatur		-8										
Volumen	m3		54'000.00	30'000.00	13'500.00	6'000.00	3'000.00	840.00	540.00	200.00	192.00	22.50
Luftwechsel	h-1	0.24	12'960.00	7'200.00	3'240.00	1'440.00	720.00	201.60	129.60	48.00	46.08	5.40
	W/m3K	0.34	4'406.40	2'448.00	1'101.60	489.60	244.80	68.54	44.06	16.32	15.67	1.84
<b>Grenzwert absolut</b>	W/K		<b>8'450.74</b>	<b>4'694.86</b>	<b>2'112.69</b>	<b>938.97</b>	<b>469.49</b>	<b>131.46</b>	<b>84.51</b>	<b>40.82</b>	<b>30.05</b>	<b>4.59</b>
Grenzwert auf Hülle			0.78	0.70	0.59	0.47	0.36	0.24	0.21	0.19	0.14	0.10
Grenzwert auf EBF			0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.51	0.47	0.51
Grenzwert auf EBF	für Diagramm		0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Bezogen auf Volumen	W/Km3		0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16

Berechnung Projektwert - 384.201												
Temperaturdifferenz 28 °C												
<b>Projektwert*</b>	W/m2		<b>12.7</b>	<b>13.6</b>	<b>16.5</b>	<b>21</b>	<b>26.8</b>	<b>40</b>	<b>44.2</b>	<b>45.9</b>	<b>62.8</b>	<b>88.5</b>
Absolut	W/Km2	28	0.45	0.49	0.59	0.75	0.96	1.43	1.58	1.64	2.24	3.16
Hülle	W/K		0.27	0.33	0.47	0.75	1.24	2.80	3.58	4.30	7.29	16.86
	W/Km2		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.02	0.04	0.35

\*inkl. Lüftungsverluste

## Berechnung "Konstantes Gebäude"

### Flächenzusammenzug

Gebäudedaten				Bis 2 m		ab 2 m	
Länge N,S	m	10	Fassade N, S	m2	120.00		
Breite O,W	m	8	Fassade O, W	m2	96.00		
Höhe Fassade S	m	6	Wa. Erdr N, S	m2		40.00	0.00
tiefe im Erdreich	m	2	Wa. Erdr O, W	m2		32.00	0.00
Dachneigung	°	0	Dach	m2	80.00		
EBF	m2	240	Boden	m2	80.00		
			Hülle	m2	448.00		

Gebäude			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fenster	N	%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		m2	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Fenster	O	%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		m2	4.8	9.6	14.4	19.2	24	28.8	33.6	38.4	43.2	48
Fenster	S	%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		m2	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60
Fenster	W	%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
		m2	4.8	9.6	14.4	19.2	24	28.8	33.6	38.4	43.2	48
Fenster	U-Wert	W/m2K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		21.60	43.20	64.80	86.40	108.00	129.60	151.20	172.80	194.40	216.00
Aussenwand	N	m2	54	48	42	36	30	24	18	12	6	0
Aussenwand	O	m2	43.2	38.4	33.6	28.8	24	19.2	14.4	9.6	4.8	0
Aussenwand	S	m2	54	48	42	36	30	24	18	12	6	0
Aussenwand	W	m2	43.2	38.4	33.6	28.8	24	19.2	14.4	9.6	4.8	0
Aussenwand	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		33.05	29.38	25.70	22.03	18.36	14.69	11.02	7.34	3.67	0.00
Dach Aussen	Fläche	m2	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Dach Aussen	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60
Wand Erdreich (<=2)	Fläche	m2	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
Wand Erdreich (<=2)	b-Wert	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Wand Erdreich (<=2)	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568
Boden Erdreich (<=2)	Fläche	m2	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
Boden Erdreich (<=2)	b-Wert	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Boden Erdreich (<=2)	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62
Wand Erdreich (> 2)	Fläche	m2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Wand Erdreich (> 2)	b-Wert	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Wand Erdreich (>2)	U-Wert	W/m2K	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boden Erdreich (>2)	Fläche	m2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Boden Erdreich (>2)	b-Wert	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
Boden Erdreich (>2)	U-Wert	W/m2K	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Summe</b>	<b>W/K</b>		<b>84.43</b>	<b>102.36</b>	<b>120.29</b>	<b>138.22</b>	<b>156.14</b>	<b>174.07</b>	<b>192.00</b>	<b>209.93</b>	<b>227.86</b>	<b>245.78</b>
Zuschlag Wärmebrücken			10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
<b>Total Transmissionswäeverl.</b>	<b>W/K</b>		<b>92.88</b>	<b>112.60</b>	<b>132.32</b>	<b>152.04</b>	<b>171.76</b>	<b>191.48</b>	<b>211.20</b>	<b>230.92</b>	<b>250.64</b>	<b>270.36</b>
Bezogen auf Hülle	W/Km2		0.21	0.25	0.30	0.34	0.38	0.43	0.47	0.52	0.56	0.60
Bezogen auf EBF	W/Km2		0.39	0.47	0.55	0.63	0.72	0.80	0.88	0.96	1.04	1.13
			2600.5056	3152.688	3704.8704	4257.0528	4809.2352	5361.4176	5913.6	6465.7824	7017.9648	7570.1472
<b>Berechnung neuer Grenzwert - Referenzgebäude</b>												
Fenster	%		40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%
	Fläche	m2	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4	86.4
	U-Wert	W/m2K	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40	86.40
Aussenwand	Fläche	m2	129.60	129.60	129.60	129.60	129.60	129.60	129.60	129.60	129.60	129.60
	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		22.03	22.03	22.03	22.03	22.03	22.03	22.03	22.03	22.03	22.03
Dach Aussen	Fläche	m2	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60
Wand Erdreich	Fläche	m2	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00	72.00
Bis (und mit) 2m	b-Wert	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568	8.568
Boden Erdreich	Fläche	m2	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
	b-Wert	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
	U-Wert	W/m2K	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62	7.62
Wand Erdreich	Fläche	m2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ab 2m	b-Wert	-	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	U-Wert	W/m2K	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Boden Erdreich	Fläche	m2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	b-Wert	-	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56
	U-Wert	W/m2K	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
spez. Transmissionswäeverlust	W/K		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Summe</b>	<b>W/K</b>		<b>138.22</b>									
Zuschlag Wärmebrücken			10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%	10%
<b>Total Transmissionswäeverl.</b>	<b>W/K</b>		<b>152.04</b>									
Bezogen auf Hülle	W/Km2		0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
Bezogen auf EBF	W/Km2		0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63

Berechnung Grenzwert - SIA 180/1												
Faktor C0			0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Faktor C1			0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
	Hülle	m2	448.00	448.00	448.00	448.00	448.00	448.00	448.00	448.00	448.00	448.00
	Volumen	m3	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00
	A/V		0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
Faktor C2			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Faktor C3			1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Grenzwert absolut			285.60	285.60	285.60	285.60	285.60	285.60	285.60	285.60	285.60	285.60
Grenzwert auf Hülle			0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64
Grenzwert auf EBF			1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19

Berechnung SIA 180 Einzelbauteil obere Grenze												
Einzelbauteilnachweis												
Dach, Decke	U-Wert	0.40	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00
Wand	U-Wert	0.40	77.76	69.12	60.48	51.84	43.20	34.56	25.92	17.28	8.64	-
Wand Erdreich bis 2m	U-Wert	0.40	20.16	20.16	20.16	20.16	20.16	20.16	20.16	20.16	20.16	20.16
Wand Erdreich ab 2m	U-Wert	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boden Erdreich bis 2m	U-Wert	0.40	17.92	17.92	17.92	17.92	17.92	17.92	17.92	17.92	17.92	17.92
Boden Erdreich ab 2m	U-Wert	0.60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenster	U-Wert	2.40	51.84	103.68	155.52	207.36	259.20	311.04	362.88	414.72	466.56	518.40
Grenzwert absolut (inkl. Wbr)			219.65	267.17	314.69	362.21	409.73	457.25	504.77	552.29	599.81	647.33
Grenzwert auf Hülle			0.49	0.60	0.70	0.81	0.91	1.02	1.13	1.23	1.34	1.44
Grenzwert auf EBF			0.92	1.11	1.31	1.51	1.71	1.91	2.10	2.30	2.50	2.70

Berechnung Grenzwert - SIA 380/1												
Einzelbauteilnachweis												
Dach, Decke	U-Wert	0.20	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00	16.00
Wand	U-Wert	0.20	69.28	64.96	60.64	56.32	52.00	47.68	43.36	39.04	34.72	30.40
Wand Erdreich bis 2m	U-Wert	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Wand Erdreich ab 2m	U-Wert											
Boden Erdreich bis 2m	U-Wert											
Boden Erdreich ab 2m	U-Wert											
Fenster	U-Wert	1.60	34.56	69.12	103.68	138.24	172.80	207.36	241.92	276.48	311.04	345.60
Türen	U-Wert	1.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grenzwert absolut			119.84	150.08	180.32	210.56	240.80	271.04	301.28	331.52	361.76	392.00
Grenzwert auf Hülle			0.27	0.34	0.40	0.47	0.54	0.61	0.67	0.74	0.81	0.88
Grenzwert auf EBF			0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.26	1.38	1.51	1.63

Berechnung Zielwert - SIA 380/1												
Einzelbauteilnachweis												
Dach, Decke	U-Wert	0.10	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Wand	U-Wert	0.10	19.44	17.28	15.12	12.96	10.80	8.64	6.48	4.32	2.16	-
Wand Erdreich bis 2m	U-Wert	0.10	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04	5.04
Wand Erdreich ab 2m	U-Wert	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Boden Erdreich bis 2m	U-Wert	0.10	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48	4.48
Boden Erdreich ab 2m	U-Wert	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenster	U-Wert	0.80	17.28	34.56	51.84	69.12	86.40	103.68	120.96	138.24	155.52	172.80
Türen	U-Wert	0.80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grenzwert absolut (inkl. Wbr)			59.66	76.30	92.93	109.56	126.19	142.82	159.46	176.09	192.72	209.35
Grenzwert auf Hülle			0.13	0.17	0.21	0.24	0.28	0.32	0.36	0.39	0.43	0.47
Grenzwert auf EBF			0.25	0.32	0.39	0.46	0.53	0.60	0.66	0.73	0.80	0.87

Berechnung Grenzwert - MuKE												
Grenzwert Wohnen MFH W/m2		20	20.7142857	20.71428571	20.7142857	20.7142857	20.7142857	20.7142857	20.7142857	20.7142857	20.7142857	20.7142857
Ausstemperatur		-8										
Volumen	m3		640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00	640.00
Luftwechsel	h-1	0.24	153.60	153.60	153.60	153.60	153.60	153.60	153.60	153.60	153.60	153.60
	W/m3K	0.34	52.22	52.22	52.22	52.22	52.22	52.22	52.22	52.22	52.22	52.22
Grenzwert absolut			119.20	119.20	119.20	119.20	119.20	119.20	119.20	119.20	119.20	119.20
Grenzwert auf Hülle			0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27
Grenzwert auf EBF			0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50

Berechnung Grenzwert - 380/1 2009												
Projektwert	MJ/m2		123	133	143	157	171	185	199	214	229	244
Grenzwert	MJ/m2		165	165	165	165	165	165	165	165	165	165

Berechnung Projektwert - 384.201												
Temperaturdifferenz 28 °C												
Projektwert*	W/m2	240	3848	4596	5343	6090	6838	7585	8333	9080	9828	10575
	W/Km2	28	0.57	0.68	0.80	0.91	1.02	1.13	1.24	1.35	1.46	1.57
Absolut	W/K		137.43	164.14	190.82	217.50	244.21	270.89	297.61	324.29	351.00	377.68
Hülle	W/Km2	448	0.31	0.37	0.43	0.49	0.55	0.60	0.66	0.72	0.78	0.84
*inkl. Lüftungsverluste												
		4500	44989	51218	57447	63675	69904	76133	82362	88591	94820	101048
			10.0	11.4	12.8	14.2	15.5	16.9	18.3	19.7	21.1	22.5

## Projekt: SIA 380/1 - Beurteilung der Gebäudehülle

### Workshop / Gedankenaustausch von Experten/Expertinnen

Im FH Campus Olten am Dienstag, 07.07.2015 17:00 -18:30 Uhr

## Zusammenfassung der Resultate

---

### Leitung

Reto Gadola, HSLU, ZIG, Christoph Sibold, FHNW

### Zeitplan, Ablauf

17:00 **Start:** Begrüssung  
17:10 **Kürzest-Einführung** Thematik  
17:20 **Fragen-Auslese:** 4 Fragen für 4 Teams, thematisch  
17:30 **Teamarbeit:** Diskussion Gedankenaustausch, Beantwortung der Frage im Team  
18:00 Vorstellung der Antworten im Plenum, Kommentare, Diskussion  
18:30 Apéro im Lichthof - Diskussionen, Kontakte

### Teamarbeit

in Teams von 2 bis 4 Experten/Expertinnen

30 Minuten Zeit für Diskussion, Formulieren (darstellen) der Antworten auf 1 Flipchart-Blatt

kurze Vorstellung im Plenum, Diskussion, Kommentare

### Ziel der Arbeit

Beantwortung eine der gestellten Fragen und der Frage: Bewerten diese Methoden, Werte die Energieeffizienz der Gebäudehülle oder nicht?

### Gestellte Fragen

- Was spricht gegen ein Revival des mittleren k-Werts?
- **Warum reicht der Einzelbauteilnachweis nicht aus?**
- Was soll die Berechnung SIA 380/1 liefern können?
- **Wie steht ein heutiger Neubau im Jahr 2050 energetisch da?**
- Wie gross darf der Aufwand für den Energienachweis sein?
- **Ist der Heizwärmebedarf Qh der richtige Grenzwert für die Gebäudehülle?**
- **Ist die Wärmeleistung der richtige Grenzwert?**

Von den 4 Teams wurden die Fett dargestellten Fragen gewählt und während 30 Minuten bearbeitet. Die Antworten wurden je auf einem Flipchart-Blatt zusammengefasst.

Die weiteren Fragen wurden ansatzweise im Plenum oder bilateral angesprochen

### Anwesenheitsliste

	Anrede	Vorname	Nachname	Firma	Strasse	PLZ	Ort	Email
1	Herr	Christoph	Blaser	Minergie Schweiz	Steinerstrasse 37	3006	Bern	<a href="mailto:christoph.blaser@minergie.ch">christoph.blaser@minergie.ch</a>
2	Frau	Bettina	Ebert-Stoll	Architekturbüro Ebert Stoll	Gewerbestrasse 12	8132	Egg	<a href="mailto:info@ebertstoll.ch">info@ebertstoll.ch</a>
3	Herr	Reto	Gadola	HSLU-ZIG Zentrum für integrale Gebäude	Technikumstrasse 21	6048	Horw	<a href="mailto:reto.gadola@hslu.ch">reto.gadola@hslu.ch</a>
4	Herr	Markus	Haller	Haller Architektur	rössliweg 29b	4852	Rothrist	<a href="mailto:markus.haller@hallerarchitektur.ch">markus.haller@hallerarchitektur.ch</a>
5	Herr	Hans	Hatt	Lenum AG	Gewerbeweg 15	9490	Vaduz	<a href="mailto:hatt@lenum.com">hatt@lenum.com</a>
6	Herr	Harald	Huth	3D Bauphysik Huth GmbH	Chrämerweg 6	4856	Glashütten	<a href="mailto:huth@3dbauphysik.ch">huth@3dbauphysik.ch</a>
7	Herr	Stephan	Kämpfen	Abteilung Energie Kanton AG, Leiter Sekt	Entfelderstrasse 22	5001	Aarau	<a href="mailto:Stephan.Kaempfen@ag.ch">Stephan.Kaempfen@ag.ch</a>
8	Herr	Tibor	Lamoth	Lamoth Architekten GmbH	Speerstrasse 14	8832	Wilten SZ	<a href="mailto:tiamoth@bluewin.ch">tiamoth@bluewin.ch</a>
9	Herr	Iwan	Plüss	RSP Bauphysik AG	Bleicherstrasse 11	6003	Luzern	<a href="mailto:iwan.pluess@rsp.lu">iwan.pluess@rsp.lu</a>
10	Frau	Caroline	Roth	FHNW-Institut Energie am Bau	St. Jakob-Strasse 84	4132	Muttenz	<a href="mailto:caroline.roth@fhnw.ch">caroline.roth@fhnw.ch</a>
11	Herr	Christoph	Sibold	FHNW-Institut Energie am Bau	St. Jakob-Strasse 84	4132	Muttenz	<a href="mailto:christoph.sibold@fhnw.ch">christoph.sibold@fhnw.ch</a>
12	Herr	David	Siegrist	edelmann energie	Kalkbreitestrasse 12	8003	Zürich	<a href="mailto:siegrist@edelmann-energie.ch">siegrist@edelmann-energie.ch</a>
13	Herr	Urs	Tischhauser	Atelier Tischhauser, dipl. Architekt FH	Oberdorfgrasse 1	8708	Männedorf	<a href="mailto:urs-tischhauser@aut.ch">urs-tischhauser@aut.ch</a>
14	Frau	Daniela	Wohlgemuth	Aicher, De Martin, Zweng AG	Würzenbachstrasse 56	6000	Luzern 15	<a href="mailto:daniela.wohlgemuth@adz.ch">daniela.wohlgemuth@adz.ch</a>

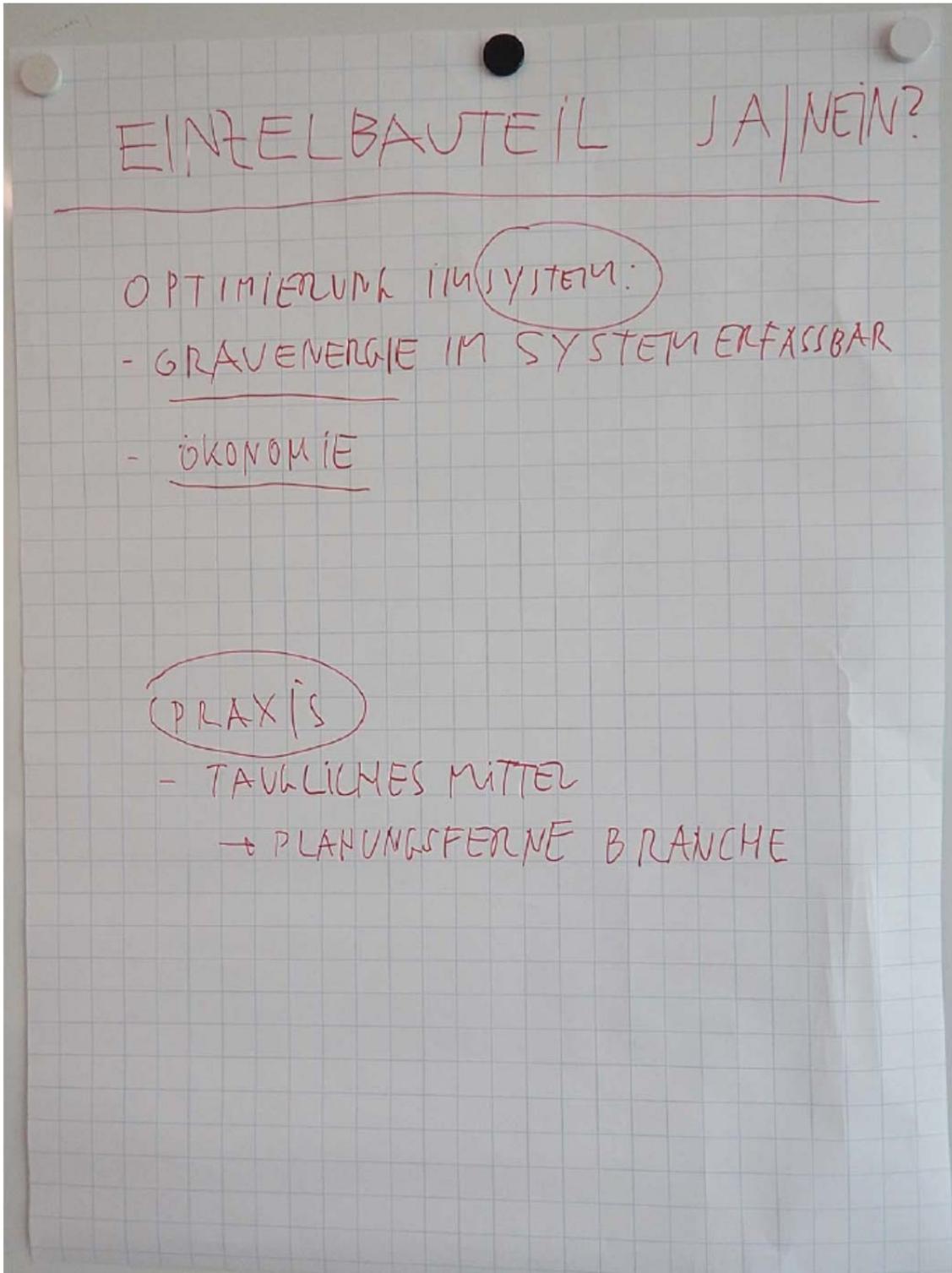
Wir bedanken uns bei den Expertinnen und Experten für die engagierte Mitarbeit. Wir werden Sie über den Fortschritt des Projekts informieren.

## Diskussionspunkte, aufgeworfene Themen, Zusammenfassung

Der Fokus der Diskussion lag klar auf der Gebäudehülle, einige aufgeworfene Themen aus dem Kontext wurden nicht weiterverfolgt, sollen hier aber als Stichworte aufgelistet sein:

- Solare Gewinne sind von vielen (dynamischen) Randbedingungen abhängig (Heizungssystem, Wärmeabgabe, usw.), daher soll die Heizungsanlage mitberücksichtigt werden.
- Die Lebensdauer der Bauelemente ist entscheidend (Gebäude 50-100a, Haustechnik 20-30a), Gebäudemassnahmen nicht mit Haustechniklösungen kompensieren.
- Die Dynamik der Energiebilanz (Zeitschritt der Berechnung) entscheidet über das Resultat.
- Bezugsgrösse spezifische Energie, pro m<sup>2</sup> (EBF) oder pro Person?
- Die Experten waren sich einig, dass der Aufwand für den Nachweis möglichst klein gehalten werden soll.
- Die Grenzwertsetzung hat Auswirkungen auf die Architektur (Fenster). Der Einfluss der Fenstergeometrie auf die Energiebilanz muss untersucht werden. (Ziel: "keine weiteren Einschränkungen für die Architekten")
- Der Betrieb des Gebäudes sollte berücksichtigt werden (Monitoring, Benutzerverhalten?)
- Kann oder soll ein Energienachweis die Schadensfreiheit garantieren?
- Warum wird der bewegliche Sonnenschutz nicht berücksichtigt?

Frage:  
Warum reicht der Einzelbauteilnachweis nicht aus?



Team: Bettina Ebert-Stoll, Daniela Wohlgemuth, Tibor Lamoth

#### Aussagen des Teams (Zusammenfassung)

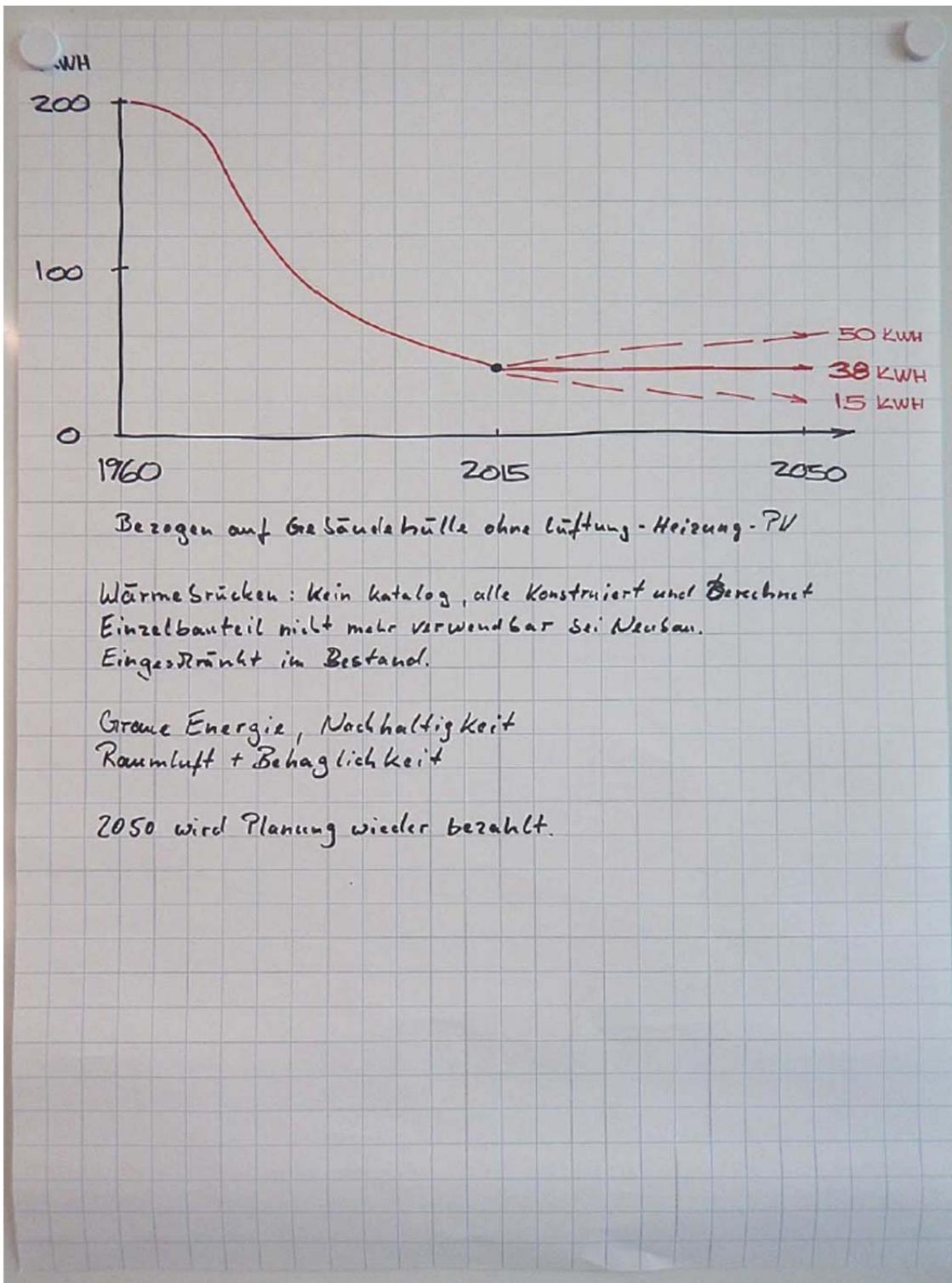
Der Einzelbauteilnachweis ist sehr praktisch, einfach und schnell gemacht.

Der Systemnachweis dagegen ist mit grösserem Arbeitsaufwand (Flächenauszug Gebäude) verbunden. Es ist aber möglich, hohe U-Werte mit tiefen U-Werten oder einem hohen Solargewinn zu kompensieren.

Die Resultate können für weitere Berechnungen verwendet werden.

**Fazit: Einzelbauteil ist sehr praxistauglich, Systemnachweis bietet mehr Möglichkeiten.**

Frage:  
Wie steht ein heutiger Neubau im Jahr 2050 energetisch da?



Team: Caroline Roth, Harald Huth

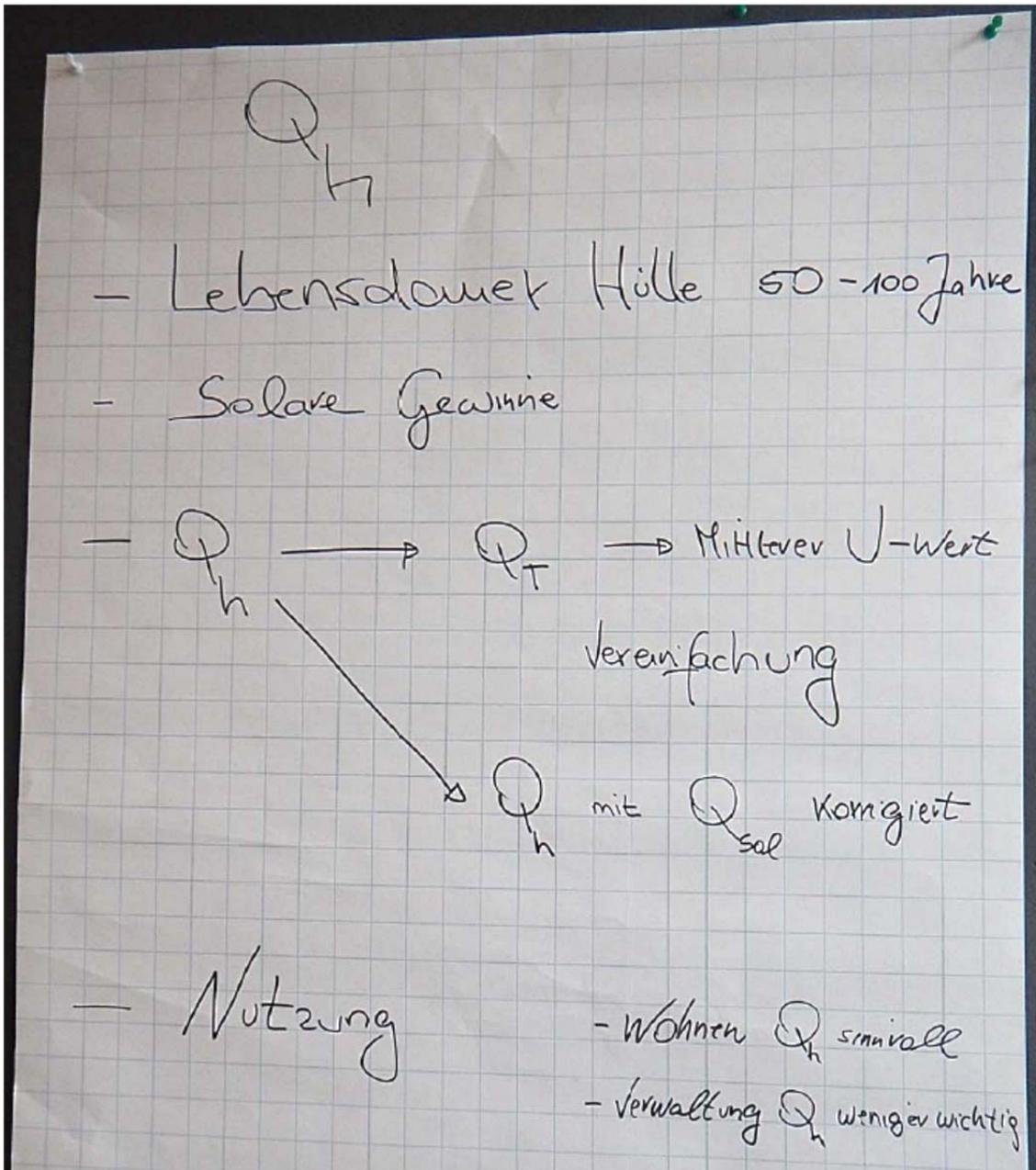
### Aussagen des Teams (Zusammenfassung)

Der heutige Stand der Gebäudehüllen-Anforderung wird sich halten, eine gewisse Senkung der Grenzwerte, bzw. Verfeinerung der Berechnung ist noch möglich durch neu entwickelte ("intelligente") Materialien, bessere Berücksichtigung der Wärmebrücken. Eine 0-kWh-Gebäudehülle ist unmöglich, weitere Senkung des Energiebedarfs muss auf der Seite Haustechnik erfolgen (End-, Primärenergiebetrachtung?). Wo ist die Grenze, wieviel Gebäudehülleneffizienz soll es sein?

**Fazit: Bei der Gebäudehülle sind weitere energetische Optimierungen nur mit neuen Materialien möglich. Unter Berücksichtigung der HLK-Systeme weniger strenge Anforderung an die Gebäudehülle ermöglichen.**

**Frage:**

Ist der Heizwärmebedarf  $Q_h$  der richtige Grenzwert für die Gebäudehülle?



Team: Hans Hatt, Iwan Plüss, David Siegrist

**Aussagen des Teams (Zusammenfassung)**

Einige Gründe sprechen für die Beibehaltung des Heizwärmebedarfs  $Q_h$  als Grenzwert für die Gebäudehülle: Bewährtes, eingeführtes und funktionierendes Verfahren, Lebensdauer der Hülle.

Lösungsansatz der zu grossen Solaren Wärmegevinne: Berechnung anpassen, weitere Einflüsse berücksichtigen (z.B. Sonnenschutzanlage, Betrieb).

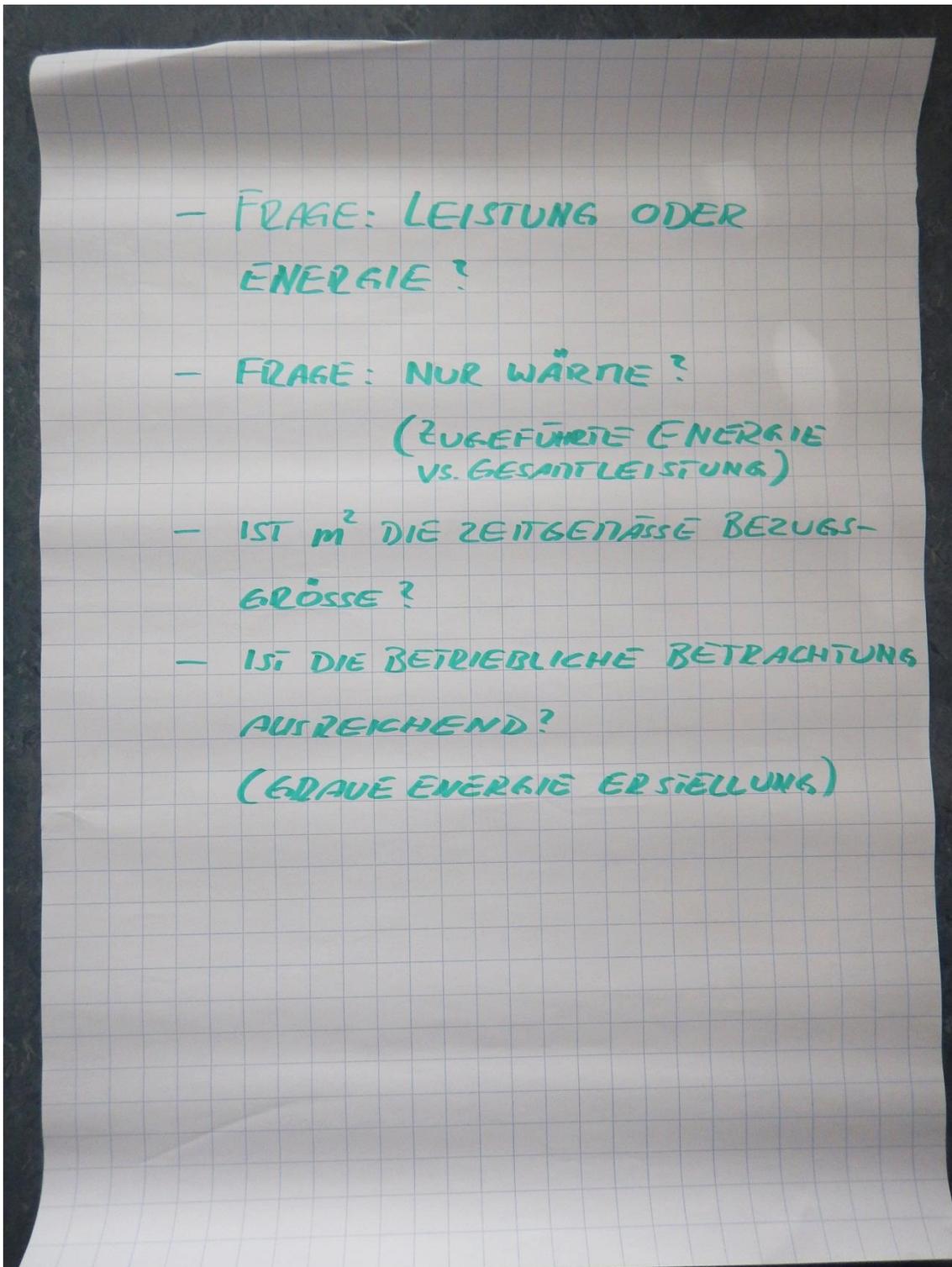
Die Sonnenenergiegewinne könnten anders "gewichtet" werden.

Ohne Berücksichtigung der solaren Gewinne entfallen Vorteile für die Solar-Architektur. Mit dem mittleren U-Wert geht etwas verloren.

Beim Verfahren Gebäudenutzung berücksichtigen, anderes Verfahren bei Wohnbau als bei Wirtschaftsbauten.

**Fazit:  $Q_h$  hat weiterhin seine Berechtigung.**

Frage:  
Ist die Wärmeleistung der richtige Grenzwert?



Team: Christoph Blaser, Markus Haller, Stephan Kämpfen, Urs Tischhauser

#### **Aussagen des Teams (Zusammenfassung)**

Die Fragestellung führte zu einer Diskussion betreffend Nachweis-Methode: Der Heizwärmebedarf bildet die Energiebilanz der Hülle ab. Damit ist eine Kompensation (und Optimierung) über die Energieflüsse möglich. Das Leistungskriterium dagegen ist ein Deckel-Wert der nicht überschritten werden darf. Bei der Leistung stellt sich die Frage nach dem Zeitpunkt.

Soll nur der Energiebedarf Wärme berücksichtigt werden oder würde die Berücksichtigung weiterer Energieflüsse (z.B. graue Energie von Bauteilen) Sinn machen?

**Fazit: Leistung als zusätzliche Grenze einführen.**

Die von Reto Gadola erstellte Methodenmatrix zeigt verschiedene Methoden im Vergleich und deren Eignung für die Anwendung.

<b>Methodenmatrix</b>											
Gadola Reto, 1. Juli 2015, Beurteilung der Gebäudehülle											
Methoden	SIA 180/1	SIA 382/2	SIA 384.201	SIA 384/3	SIA 380/1 Einzelbauteilnachw.	Minerige (qMeP) Luftheizung	Deutsche EnEV	SIA 380/1 QT	SIA 380/1 QT + QV	Berechnung nach Klimafäche	MuKEn 2014
U-Wert	x	x	x	x	x	x	(x)	x	x		
Bauteilflächen	x	x	x	x		x	(x)	x	x		
Wärmebrücken		x	x	x		x	(x)	x	x		
b-Werte (gegen beheizt und unbeheizt)	(x)	x	x	x		x	(x)	x	x		
Lüftungsverluste		x	x	x					x		
WRG (bei Lüftungsanlagen)		x	x								
Solare Erträge	(x)	x									
Interne Erträge		x				x					
Energie Wh/kWh / spez		x						x	x		
Leistung W / kW /spez. (auch W/m2K)	x		x	x	x	x	x				
Einzelanforderung					x		x				
Systemanforderung mittels Energieziel	x			(x)		x		x	x		
Systemanforderung mittels Vergleichsprojekt		x									
x = wird berücksichtigt, ist Bestandteil											
(x) = wird berücksichtigt, wenn auch in einem abgeschwächten Rahmen.											
Geeignet für kleine Gebäude		+	+	++	++	+		++	++		
Geeignet für grosse Gebäude		++	++	+	++	+		++	++		
Auf alle Nutzungen anwendbar		++	++	++	++	+		++	++		
Berücksichtigt Kompaktheit		+	-	+		-		++	++		
Berücksichtigt das Klima		++	++	++		++		++	++		
Gebäudeträgheit		++	+	++		+		++	++		
Flächenverhältnisse werden berücksichtigt		++	++	++	--	++		++	++		
Gleiche Eingaben wie 380/1 Einzelbauteilnachw.		--	--	--	++	--		--	--		
Gleiche Eingaben wie 380/1 Systemnachweis		-	++	+		++		++	++		
Beurteilung im Entwurf möglich		--	-	-	++	-		-	-		
Berücksichtigt Energieträger		++	--	++	--	--		--	--		
++ gut + es geht so - eher nicht -- überhaupt nicht											

**SIA 380/1: 2009**

Norm SIA 380/1:2009, BFE/ENFK-Zert-Nr.:0930

Akten-Nr.:	
<b>Projekt:</b>	<b>Konstantes Gebäude</b>
Haus	Projektwert
Projektadresse:	Konstantes Gebäude mit 40% Fensteranteil

<b>Bauherrschaft</b>	Bubdesamt für Energie	
Adresse		
Tel.:	Fax:	e-mail:
<b>evtl. BauherrenvertreterIn:</b>		
Adresse		
Tel.:	Fax:	e-mail:
<b>Wärmedämmprojekt</b>		
Adresse		
Tel.:	Fax:	e-mail:
<b>Verfasser Nachweis</b>	Hochschule Luzern, ZIG, Gadola Reto	
Adresse	Technikumstrasse 21, 6048 Horw	
Tel.:	Fax:	e-mail:

Art Bauvorhaben Neubau

**Systemnachweis**

Anforderungen gemäss	SIA 380/1:2009		
Klimastation	Zürich-MeteoSchweiz		
Energiebezugsfläche	240.0 m <sup>2</sup>	Gebäudehüllzahl	1.63 -
Verschattungsfaktor der Fassade mit der grössten verglasten Fläche:			0.94 -
Summe der Längen aller Wärmebrücken	(14% von Q(t))		259.2 m
Gebäude mit Bodenheizung:	nein		
Regelungszuschlag	0 K	System:	Einzelraumregulierung

Heizwärmebedarf	Projektwert Q(h)	131 MJ/m <sup>2</sup>	Grenzwert Q(h,li)	159 MJ/m <sup>2</sup>
<b>Systemanforderungen</b>	<b>erfüllt</b>			

Die Unterzeichnenden bestätigen hiermit mit ihrer Unterschrift die Richtigkeit und Vollständigkeit der in diesem Nachweis gemachten Angaben.

Verfasser des Wärmedämmprojekts: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Verfasser des Nachweises: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_

1. Energiebezugsfläche und Grenzwert

Thermische Zone	Gebäudekategorie	A(E) m <sup>2</sup>	A(th)/A(E) -	Q(h,li) MJ/m <sup>2</sup>
Wohnen EFH	Wohnen EFH	240.0	1.63	159
Total		240.0		

Temperaturkorrektur: -7.2%

**Wohnen EFH**

2. Gebäudehüllfläche

Flächen m <sup>2</sup>	Aussen	unbeheizt		Erdreich		beheizt	Total Flächen	
		ohne Reduktionsfaktor	mit Reduktionsfaktor	ohne Reduktionsfaktor	mit Reduktionsfaktor		ohne Reduktionsfaktor	mit Reduktionsfaktor
Dach (a,E)	80.0						80.0	80.0
Aussenwand (a,E)	216.0						216.0	216.0
Boden (a,E)								
Innenwand (U)		72.0	50.4				72.0	50.4
Decke (U)		80.0	44.8				80.0	44.8
<b>Total</b>	<b>296.0</b>	<b>152.0</b>	<b>95.2</b>				<b>448.0</b>	<b>391.2</b>

a = aussen, E = Erdreich, u = unbeheizt

Gebäudehüllzahl A(th)/A(E) = 1.63 -

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

Flächen m <sup>2</sup>	Dach	Aussenwand/Innenwand								Decke	Boden	Total
		N	NE	E	SE	S	SW	W	NW			
opake Bauteile	80.0	56.0		44.8		56.0		44.8		80.0		361.6
Fenster / Türen		24.0		19.2		24.0		19.2				86.4
<b>Total</b>	<b>80.0</b>	<b>80.0</b>		<b>64.0</b>		<b>80.0</b>		<b>64.0</b>		<b>80.0</b>		<b>448.0</b>
Anteil Fenster/Türen an op. Bauteilen		0.30		0.30		0.30		0.30				0.19
Verschattungsfaktor F(S) (flächengewichteter Mittelwert)												
F(S1) Horizontal		0.97		0.81		0.82		0.81				
F(S2) Überhang		0.97		0.97		0.97		0.97				
F(S3) Seitenblende		1.00		0.97		0.98		0.97				
F(S) = F(S1) * F(S2) * F(S3)		0.94		0.76		0.78		0.76				

**4. Einzelbauteile**

4.1 Flächige Bauteile

Nr.	Bezeichnung	Dämmst. cm	BTH	U-Wert W/(m²K)	Fläche m²	Code	H(U*A*b) W/K	Verlust	
								MJ/m²	%
Total					361.6			72.2	
1	AW PW		nein	0.17	129.6		22.04	30.70	9.9
2	AWE PW		nein	0.17	72.0		8.57	11.94	3.8
3	BO PW		nein	0.17	80.0		7.62	10.61	3.4
4	DA PW		nein	0.17	80.0		13.61	18.95	6.1

4.2 Fenster und Türen

Nr.	Bezeichnung	g-Wert Glas	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	Fläche m <sup>2</sup>	Code	H(U*A*b) W/K	Verlust	
							MJ/m <sup>2</sup>	%
Total				86.4			120.7	
1	FE (U=1.00) ( FE PW)	0.52	1.00	86.40		86.68	120.7	38.9

4.3 Linienbezogene Wärmebrücken

Nr.	Bezeichnung	$\psi$ W/(mK)	Länge m	Code	H(U*A*b) W/K	Verlust	
						MJ/m <sup>2</sup>	%
Total			259.2			43.3	
1	FE PW (Sturz)	0.12	64.80		7.78	10.8	3.5
2	FE PW (Brüstung)	0.16	64.80		10.37	14.4	4.7
3	FE PW (Leibung)	0.10	129.60		12.96	18.1	5.8

**SIA 380/1: 2009**

Norm SIA 380/1:2009, BFE/ENFK-Zert-Nr.:0930

4.4 Punktbezogene Wärmebrücken

Nr.	Bezeichnung	X	Stück	Code	H(U*A*b)	Verlust	
		W/K	-		W/K	MJ/m <sup>2</sup>	%
Total							

5. Spezielle Eingabedaten

Thermische Zone	Wärmespeicherfähigkeit C(AE) MJ/m <sup>2</sup> K	Temp. Zuschlag Regulierung °C	max. Vorlautemp. für Flächenheizung °C	max. Vorlautemp. für HK vor Fenster °C	th. Vol. m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> h)
Wohnen EFH	0.3	0			0.70

Die Vorlauftemperaturen sind in der Tabelle Bauteile der einzelnen Zonen aufgeführt.

6. Energiebilanz

Thermische Zone	Q(T) MJ/m <sup>2</sup>	Q(V) MJ/m <sup>2</sup>	Q(l) MJ/m <sup>2</sup>	Q(S) MJ/m <sup>2</sup>	η(g) -	Q(h) MJ/m <sup>2</sup>	Q(h.li) MJ/m <sup>2</sup>	H W/K
Wohnen EFH	236	74	74	218	0.61	131	159	223
Total						131	159	

**Detailbericht Wohnen EFH**

Gewählte Standardnutzung

Bezeichnung	Wohnen EFH	
Innentemperatur	°C	20
Personenfläche	m²/P	60
Wärmeabgabe Personen	W/P	70
Präsenzzeit pro Tag	h	12
Elektrizitätsverbrauch	MJ/m²	80
Reduktionsfaktor Elektrizitätsbedarf	-	0.7
Aussenluft-Volumenstrom	m³/hm²	0.7
Wärmebedarf Warmwasser	MJ/m²	50
Parameter Ausnutzung	-	1
Referenzzeitkonstante	h	15
Temperaturzuschlag für Regulierung	K	0
Wärmespeicherfähigkeit	MJ/m²K	0.3

Energie nach Monaten

Bezeichnung	Einheit	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Sum.	
Tage	d	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365	
Ausstemperatur	°C	0.4	1.6	5.5	8.4	13.4	16.2	18.4	18.4	14	9.9	4.2	1.8		
Strahlung Horizontal	°C	104	165	311	417	536	570	595	522	355	214	109	80		
Strahlung Nord	MJ/m²	43	63	94	111	150	166	166	134	91	62	39	32		
Strahlung Ost	MJ/m²	67	109	185	233	281	295	311	287	192	112	62	51		
Strahlung Süd	MJ/m²	177	235	313	290	284	270	297	332	311	254	158	137		
Strahlung West	MJ/m²	80	123	198	231	287	303	327	295	218	142	75	59		
Bauteile (gegen aussen, ohne BTH)	Q	MJ/m²	7.8	6.6	5.8	4.5	2.6	1.5	0.6	0.6	2.3	4.0	6.1	7.2	49.7
Bauteile (gegen aussen, mit BTH)	Q	MJ/m²													
Bauteile (gegen Erdreich, ohne BTH)	Q	MJ/m²													
Bauteile (gegen Erdreich, mit BTH)	Q	MJ/m²													
Bauteile (gegen unbeheizt, ohne BTH)	Q	MJ/m²	3.5	3.0	2.6	2.0	1.2	0.7	0.3	0.3	1.0	1.8	2.8	3.3	22.6
Bauteile (gegen unbeheizt, mit BTH)	Q	MJ/m²													
Bauteile (gegen beheizt, ohne BTH)	Q	MJ/m²													
Bauteile (gegen beheizt, mit BTH)	Q	MJ/m²													
Fenster/Türen ohne vorgelagerten HK	Q	MJ/m²	19.0	16.1	14.0	10.9	6.4	3.6	1.5	1.5	5.6	9.8	14.8	17.6	120.7
Fenster/Türen mit vorgelagerten HK	Q	MJ/m²													
Wärmebrücken	Q	MJ/m²													
gesamt	Q(T)	MJ/m²	37.1	31.5	27.5	21.3	12.5	7.0	3.0	3.0	11.0	19.1	28.9	34.5	236.3
Lüftungswärmeverlust	Q(V)	MJ/m²	11.7	9.9	8.6	6.7	3.9	2.2	1.0	1.0	3.5	6.0	9.1	10.8	74.2
Gesamtwärmeverlust	Q(t)	MJ/m²	48.8	41.3	36.1	27.9	16.4	9.1	4.0	4.0	14.4	25.1	38.0	45.3	310.5
Gewinn Glas Horizontal	Q(sH)	MJ/m²													
Gewinn Glas Norden	Q(sN)	MJ/m²	1.4	2.1	3.1	3.7	5.0	5.5	5.5	4.4	3.0	2.1	1.3	1.1	38.1
Gewinn Glas Nordost	Q(sNE)	MJ/m²													
Gewinn Glas Osten	Q(sE)	MJ/m²	1.4	2.3	4.0	5.0	6.0	6.3	6.7	6.1	4.1	2.4	1.3	1.1	46.8
Gewinn Glas Südost	Q(sSE)	MJ/m²													
Gewinn Glas Süden	Q(sS)	MJ/m²	4.8	6.4	8.5	7.9	7.7	7.4	8.1	9.1	8.5	6.9	4.3	3.7	83.4
Gewinn Glas Südwest	Q(sSW)	MJ/m²													
Gewinn Glas Westen	Q(sW)	MJ/m²	1.7	2.6	4.2	4.9	6.1	6.5	7.0	6.3	4.7	3.0	1.6	1.3	50.0
Gewinn Glas Nordwest	Q(sNW)	MJ/m²													
Wärmegewinne Solar	Q(s)	MJ/m²	9.4	13.5	19.8	21.5	24.9	25.7	27.3	26.0	20.3	14.4	8.5	7.2	218.3
Wärmegewinne Elektrizität	Q(IE)	MJ/m²	4.8	4.3	4.8	4.6	4.8	4.6	4.8	4.6	4.8	4.6	4.8	4.8	56.0
Wärmegewinne Personen	Q(IP)	MJ/m²	1.6	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	1.5	1.6	1.6	18.4
Wärmegewinne Intern	Q(I)	MJ/m²	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	Q(g)	MJ/m²	15.7	19.2	26.2	27.6	31.2	31.8	33.6	32.3	26.4	20.7	14.6	13.5	292.7
Wärmegewinne/-verlust Verhältnis	-		0.3	0.5	0.7	1.0	1.9	3.5	8.4	8.1	1.8	0.8	0.4	0.3	
Zeitkonstante	h		89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	89.7	
Parameter für Ausnutzungsgrad	a	-	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne	n(g)	-	1.00	1.00	0.97	0.88	0.52	0.29	0.12	0.12	0.54	0.94	1.00	1.00	
Genutzte Wärmegewinne	Q(ug)	MJ/m²	15.71	19.12	25.34	24.30	16.33	9.15	3.98	3.98	14.35	19.53	14.63	13.47	179.9
Heizwärmebedarf	Q(h)	MJ/m²	33.04	22.22	10.73	3.63	0.09	0.00	0.00	0.00	0.10	5.60	23.40	31.81	130.6

Energiebezugsfläche

Etagen/Bereich	Nutzung Norm SIA 380/1	C Wh/K	A(E) m <sup>2</sup>
Total			240.0
Beheiztes Volumen	Wohnen EFH		240.00

Wärmespeicherfähigkeit berechnet aus den Raumeingaben (für die Berechnung keine Bedeutung). MJ/m<sup>2</sup>K

## Bauteile

Nr.	Bauteil	Art	Etage/Raum	Orient.	Fläche Länge m <sup>2</sup> / m	Fläche HK m <sup>2</sup>	Anzahl -	Abzug m <sup>2</sup>	Netto- fläche m <sup>2</sup>	U-Wert W/(m <sup>2</sup> K)	b-Wert -	V(L) °C
Total									448.0			
1	W 01 1 S	Aussenwand	EFH/Raum1	S	60.00		1	24.00	36.00	0.17	1.00	
2	FE 1 1 S	Fenster			24.00		1.0		24.00	1.00	1.00	
3		Sturz			18.00		1.0			0.12	1.00	
4		Leibung			36.00		1.0			0.10	1.00	
5		Brüstung			18.00		1.0			0.16	1.00	
6	W 01 1 W	Aussenwand	EFH/Raum1	W	48.00		1	19.20	28.80	0.17	1.00	
7	FE 1 1 W	Fenster			19.20		1.0		19.20	1.00	1.00	
8		Sturz			14.40		1.0			0.12	1.00	
9		Leibung			28.80		1.0			0.10	1.00	
10		Brüstung			14.40		1.0			0.16	1.00	
11	W 01 1 N	Aussenwand	EFH/Raum1	N	60.00		1	24.00	36.00	0.17	1.00	
12	FE 1 1 N	Fenster			24.00		1.0		24.00	1.00	1.00	
13		Sturz			18.00		1.0			0.12	1.00	
14		Leibung			36.00		1.0			0.10	1.00	
15		Brüstung			18.00		1.0			0.16	1.00	
16	W 01 1 E	Aussenwand	EFH/Raum1	E	48.00		1	19.20	28.80	0.17	1.00	
17	FE 1 1 E	Fenster			19.20		1.0		19.20	1.00	1.00	
18		Sturz			14.40		1.0			0.12	1.00	
19		Leibung			28.80		1.0			0.10	1.00	
20		Brüstung			14.40		1.0			0.16	1.00	
21	DA 1	Dach (DA)	EFH/Raum1	H	80.00		1		80.00	0.17	1.00	
22	AWE 1	Innenwand	EFH/Raum1	S	20.00		1		20.00	0.17	0.70	
23	AWE 1	Innenwand	EFH/Raum1	W	16.00		1		16.00	0.17	0.70	
24	AWE 1	Innenwand	EFH/Raum1	N	20.00		1		20.00	0.17	0.70	
25	AWE 1	Innenwand	EFH/Raum1	E	16.00		1		16.00	0.17	0.70	
26	BO 1	Decke	EFH/Raum1	H	80.00		1		80.00	0.17	0.56	

Glasflächen

Nr.	Glasfläche	Typ	Etage/Raum	Orient.	Anzahl	Fläche m <sup>2</sup>	F(G)	Glasfl. m <sup>2</sup>	F(S1)	F(S2)	F(S3)	g-Wert
Total						86.4		64.8				
1	FE 1 1 S	FE PW	EFH/Raum1	S	1.00	24.00	0.75	18.00	0.82	0.97	0.98	0.52
2	FE 1 1 W	FE PW	EFH/Raum1	W	1.00	19.20	0.75	14.40	0.81	0.97	0.97	0.52
3	FE 1 1 N	FE PW	EFH/Raum1	N	1.00	24.00	0.75	18.00	0.97	0.97	1.00	0.52
4	FE 1 1 E	FE PW	EFH/Raum1	E	1.00	19.20	0.75	14.40	0.81	0.97	0.97	0.52

# Berechnung der Norm-Heizlast

Norm SIA 384.201

## Objekt

Bezeichnung Bewertung Gebäudehülle  
Adresse Variables Gebäude mit Gebäudehüllzahl von 1.3

## Bauherrschaft

Anschrift \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Telefon \_\_\_\_\_  
E-Mail \_\_\_\_\_

## Architekt:

Anschrift \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Telefon \_\_\_\_\_  
E-Mail \_\_\_\_\_

## Verfasser Nachweis

Anschrift \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Telefon \_\_\_\_\_  
E-Mail \_\_\_\_\_

Datum und Ort 17.11.2016, 10:18

Unterschrift:

# Projektgrundlagen

Norm SIA 384.201

## Gebäude

Standorthöhe		450 m ü.M.
spez. Wärmekapazität		0.32 Wh/(m³K)
Luftdurchlässigkeit n(50)	ND.5.3	0 h(-1)
Abschirmung	ND.5.4	keine

## Klima

Massgebende Klimastation	Zürich-MeteoSchweiz	
Norm-Aussentemperatur der Klimastation		-8 °C
Höhe über Meter der Klimastation		566 m ü.M.
Temperaturkorrektur*		0 K
Jahresmitteltemp.		9.4 °C

\* Die berechnete Korrektur 1K genau runden.

## Zusammenfassung der Räume

Norm SIA 384.201

### Raumzusammenstellung Bewertung Gebäudehülle, , Gebäude 2\_5

Kurzbez.	Bezeichnung	Anzahl	A m <sup>2</sup>	θ(int) °C	θ(e,korr) °C	Φ(T) W	Φ(V) W	Φ(HL) W	q(HL) W/m <sup>2</sup>	V' m <sup>3</sup> /h	v' m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
	Etage1										
2	Raum2	1	185	21.0	-8.0	3802	1295	5097	28	139	0.8
	Etage2										
4	Raum3	1	185	21.0	-8.0	3371	1295	4666	25	139	0.8
	Etage3										
5	Raum1	1	185	21.0	-8.0	3371	1295	4666	25	139	0.8
	Etage4										
6	Raum2	1	185	21.0	-8.0	3371	1295	4666	25	139	0.8
	Etage5										
1	Raum1	1	185	21.0	-8.0	4364	1295	5659	31	139	0.8
	Summe	5	926			18280	6475	24755	26.7	695	0.8

### Norm-Heizlast des Gebäudes

Transmissionswärmeverluste		Lüftungswärmeverluste		Norm-Heizlast Gebäude
F(T,HL)		F	F(V,HL)	F(HL)
W		-	W	W
18280		0.8	5180	23460

# Raumdetails

Norm SIA 384.201

<b>Raumblatt</b>		Kurzbez. 2				Bezeichnung		Raum2						
Nutzung MB2024		Temperatur					Raum-Innenabmessungen							
	$\theta(\text{int})$	$\theta(\text{e})$	T	Korr.	$\theta(\text{e,korr})$	$\theta(\text{m,e})$	l	b	A	h	V	G(W)	h(G)	
	°C	°C	h	K	°C	°C	m	m	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>	-	m	
Wohnraum, Schlafzimmer	21	-8	-	0.0	-8.0	9.4	19.5	9.5	185	2.5	463	1.0	0.0	

**Transmission**

Nr.	Orientierung	Bezeichnung	unbeheizt beheizt Erreich	Fläche	Länge	Anzahl	Abzug	Fläche für Berech.	b $\theta(j)$ f(g1)	f(j) f(g2)	X $\Psi$ U	H(T)	$\Phi(T)$
				m <sup>2</sup>	m	-	m <sup>2</sup> ,Nr.	m <sup>2</sup>	°C	-	W/K W/(m <sup>2</sup> K)	W/K	W
Gegen aussen													
1	S	W 01 2 S		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
2	S	FE (U=1.00)		24			1	24			1.00	24.1	698
3		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
4		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
5		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
6	W	W 01 2 W		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
7	W	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
8		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
9		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
10		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
11	N	W 01 2 N		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
12	N	FE (U=1.00)		24			11	24			1.00	24.1	698
13		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
14		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
15		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
16	E	W 01 2 E		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
17	E	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
18		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
19		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
20		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
Gegen beheizt													
21	H	D 12 2 H		200			0.0	200.0	21	0	0.22	0.0	0
Gegen Erreich													
22	H	B 01 2 H		200			0.0	200.0	1.50	0.40	0.12	14.8	430
Summe												131.1	3802

**Lüftung**

<b>Natürliche Lüftung</b>				<b>Mechanische Lüftung</b>								
Volumen Infiltration				Zuluft im Raum				Nachströmluft aus Nachbarräumen				
n50	e	$\epsilon$	V'(inf)	$\theta(\text{su})$	f(v)	V'(su)	V'(su,th)	Bezeichnung	$\theta(\text{int,i})$	f(v,j)	V'(su)	V'(su,th)
h(-1)	-	-	m <sup>3</sup> /h	°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h		°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
0.0	0.05	1.0	0.0	13.8	0.25	0	0.0	adiabat	22.0	-0.03	0	0.0
Hygienischer min. Volumenstrom				Abluftüberschuss								
n(min)	V'(min)			V'(m,inf)								
h(-1)	m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h								
0.30	138.9			0								
Massgebender Volumenstrom				Lüftungswärmeverlust								
V'				V'(th)				c <sup>*</sup> p	H(v)	$\Phi(v)$		
m <sup>3</sup> /h				m <sup>3</sup> /h				Wh/(m <sup>2</sup> K)	W/K	W		
139				139				0.32	45	1295		

**Norm-Heizlast**

	f(hl)	H(HL)	$\Phi(HL)$
	-	W/K	W
	1	176	5097

# Raumdetails

Norm SIA 384.201

<b>Raumblatt</b>		Kurzbez. 4				Bezeichnung Raum3							
Nutzung MB2024		Temperatur				Raum-Innenabmessungen							
	$\theta(\text{int})$ °C	$\theta(\text{e})$ °C	T h	Korr. K	$\theta(\text{e,korr})$ °C	$\theta(\text{m,e})$ °C	l m	b m	A m <sup>2</sup>	h m	V m <sup>3</sup>	G(W) -	h(G) m
Wohnraum, Schlafzimmer	21	-8	-	0.0	-8.0	9.4	19.5	9.5	185	2.5	463	1.0	3.0

**Transmission**

Nr.	Orientierung	Bezeichnung	unbeheizt beheizt Erreich	Fläche	Länge	Anzahl	Abzug	Fläche für Berechnung	b $\theta(j)$ f(g1)	f(j) f(g2)	X $\Psi$ U	H(T)	$\Phi(T)$
-				m <sup>2</sup>	m	-	m <sup>2</sup> ,Nr.	m <sup>2</sup>	°C	-	W/K W/(m <sup>2</sup> K)	W/K	W
Gegen aussen													
1	S	W 01 4 S		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
2	S	FE (U=1.00)		24			1	24			1.00	24.1	698
3		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
4		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
5		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
6	W	W 01 4 W		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
7	W	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
8		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
9		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
10		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
11	N	W 01 4 N		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
12	N	FE (U=1.00)		24			11	24			1.00	24.1	698
13		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
14		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
15		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
16	E	W 01 4 E		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
17	E	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
18		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
19		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
20		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
Gegen beheizt													
21	H	D 12 4 H		200			0.0	200.0	21	0	0.22	0.0	0
22	H	D 12 4 H		200			0.0	200.0	21	0	0.22	0.0	0
Summe												116.3	3371

**Lüftung**

<b>Natürliche Lüftung</b>				<b>Mechanische Lüftung</b>								
Volumen Infiltration				Zuluft im Raum				Nachströmluft aus Nachbarräumen				
n50	e	$\epsilon$	V'(inf)	$\theta(\text{su})$	f(v)	V'(su)	V'(su,th)	Bezeichnung	$\theta(\text{int,i})$	f(v,j)	V'(su)	V'(su,th)
h(-1)	-	-	m <sup>3</sup> /h	°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h		°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
0.0	0.05	1.0	0.0	13.8	0.25	0	0.0	adiabat	22.0	-0.03	0	0.0
Hygienischer min. Volumenstrom				Abluftüberschuss								
n(min)	V'(min)			V'(m,inf)								
h(-1)	m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h								
0.30	138.9			0								
Massgebender Volumenstrom								Lüftungswärmeverlust				
V'				V'(th)				c <sup>p</sup>	H(v)	$\Phi(v)$		
m <sup>3</sup> /h				m <sup>3</sup> /h				Wh/(m <sup>3</sup> K)	W/K	W		
139				139				0.32	45	1295		

**Norm-Heizlast**

	f(hl)	H(HL)	$\Phi(HL)$
	-	W/K	W
	1	161	4666

# Raumdetails

Norm SIA 384.201

<b>Raumblatt</b>		Kurzbez. 5					Bezeichnung Raum1						
Nutzung MB2024		Temperatur					Raum-Innenabmessungen						
	$\theta(\text{int})$ °C	$\theta(\text{e})$ °C	T h	Korr. K	$\theta(\text{e,korr})$ °C	$\theta(\text{m,e})$ °C	l m	b m	A m <sup>2</sup>	h m	V m <sup>3</sup>	G(W) -	h(G) m
Wohnraum, Schlafzimmer	21	-8	-	0.0	-8.0	9.4	19.5	9.5	185	2.5	463	1.0	6.0

**Transmission**

Nr.	Orien- tie- rung	Bezeichnung	unbeheizt beheizt Erreich	Fläche	Länge	Anzahl	Abzug	Fläche für Berech.	b $\theta(j)$ f(g1)	f(j) f(g2)	X $\Psi$ U	H(T)	$\Phi(T)$
-				m <sup>2</sup>	m	-	m <sup>2</sup> ,Nr.	m <sup>2</sup>	°C	-	W/K W/(m <sup>2</sup> K)	W/K	W
Gegen aussen													
1	S	W 01 5 S		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
2	S	FE (U=1.00)		24			1	24			1.00	24.1	698
3		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
4		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
5		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
6	W	W 01 5 W		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
7	W	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
8		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
9		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
10		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
11	N	W 01 5 N		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
12	N	FE (U=1.00)		24			11	24			1.00	24.1	698
13		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
14		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
15		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
16	E	W 01 5 E		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
17	E	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
18		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
19		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
20		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
Gegen beheizt													
21	H	D 12 5 H		200			0.0	200.0	21	0	0.22	0.0	0
22	H	D 12 5 H		200			0.0	200.0	21	0	0.22	0.0	0
Summe												116.3	3371

**Lüftung**

<b>Natürliche Lüftung</b>				<b>Mechanische Lüftung</b>								
Volumen Infiltration				Zuluft im Raum				Nachströmluft aus Nachbarräumen				
n50	e	$\epsilon$	V'(inf)	$\theta(\text{su})$	f(v)	V'(su)	V'(su,th)	Bezeichnung	$\theta(\text{int,i})$	f(v,j)	V'(su)	V'(su,th)
h(-1)	-	-	m <sup>3</sup> /h	°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h		°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
0.0	0.05	1.0	0.0	13.8	0.25	0	0.0	adiabat	22.0	-0.03	0	0.0
Hygienischer min. Volumenstrom				Abluftüberschuss								
n(min)	V'(min)			V'(m,inf)								
h(-1)	m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h								
0.30	138.9			0								
Massgebender Volumenstrom								Lüftungswärmeverlust				
V'				V'(th)				c <sup>*</sup> p	H(v)	$\Phi(v)$		
m <sup>3</sup> /h				m <sup>3</sup> /h				Wh/(m <sup>3</sup> K)	W/K	W		
139				139				0.32	45	1295		

**Norm-Heizlast**

	f(hl)	H(HL)	$\Phi(HL)$
	-	W/K	W
	1	161	4666

# Raumdetails

Norm SIA 384.201

Raumblatt		Kurzbez. 6					Bezeichnung Raum2							
Nutzung MB2024		Temperatur					Raum-Innenabmessungen							
	$\theta(\text{int})$ °C	$\theta(\text{e})$ °C	T h	Korr. K	$\theta(\text{e,korr})$ °C	$\theta(\text{m,e})$ °C	l m	b m	A m <sup>2</sup>	h m	V m <sup>3</sup>	G(W)	h(G) m	
Wohnraum, Schlafzimmer	21	-8	-	0.0	-8.0	9.4	19.5	9.5	185	2.5	463	1.0	9.0	

## Transmission

Nr.	Orien- tie- rung	Bezeichnung	unbeheizt beheizt Erreich	Fläche	Länge	Anzahl	Abzug	Fläche für Berech.	b $\theta(\text{j})$ f(g1)	f(j) f(g2)	X $\Psi$ U	H(T)	$\Phi(\text{T})$
				m <sup>2</sup>	m	-	m <sup>2</sup> ,Nr.	m <sup>2</sup>	°C	-	W/K W/(mK) W/(m <sup>2</sup> K)	W/K	W
Gegen aussen													
1	S	W 01 6 S		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
2	S	FE (U=1.00)		24			1	24			1.00	24.1	698
3		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
4		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
5		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
6	W	W 01 6 W		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
7	W	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
8		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
9		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
10		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
11	N	W 01 6 N		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
12	N	FE (U=1.00)		24			11	24			1.00	24.1	698
13		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
14		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
15		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
16	E	W 01 6 E		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
17	E	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
18		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
19		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
20		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
Gegen beheizt													
21	H	D 12 6 H		200			0.0	200.0	21	0	0.22	0.0	0
22	H	D 12 6 H		200			0.0	200.0	21	0	0.22	0.0	0
Summe												116.3	3371

## Lüftung

Natürliche Lüftung				Mechanische Lüftung								
Volumen Infiltration				Zuluft im Raum				Nachströmluft aus Nachbarräumen				
n50	e	$\epsilon$	V'(inf)	$\theta(\text{su})$	f(v)	V'(su)	V'(su,th)	Bezeichnung	$\theta(\text{int,i})$	f(v,j)	V'(su)	V'(su,th)
h(-1)	-	-	m <sup>3</sup> /h	°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h		°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
0.0	0.05	1.0	0.0	13.8	0.25	0	0.0	adiabat	22.0	-0.03	0	0.0
Hygienischer min. Volumenstrom				Abluftüberschuss				Lüftungswärmeverlust				
n(min)	V'(min)			V'(m,inf)					c <sup>p</sup>	H(v)	$\Phi(v)$	
h(-1)	m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h					Wh/(m <sup>3</sup> K)	W/K	W	
0.30	138.9			0					0.32	45	1295	
Massgebender Volumenstrom												
V'				V'(th)								
m <sup>3</sup> /h				m <sup>3</sup> /h								
139				139								

## Norm-Heizlast

	f(hl)	H(HL)	$\Phi(\text{HL})$
	-	W/K	W
	1	161	4666

# Raumdetails

Norm SIA 384.201

Raumblatt		Kurzbez. 1					Bezeichnung Raum1						
Nutzung MB2024		Temperatur					Raum-Innenabmessungen						
	$\theta(\text{int})$ °C	$\theta(\text{e})$ °C	T h	Korr. K	$\theta(\text{e,korr})$ °C	$\theta(\text{m,e})$ °C	l m	b m	A m <sup>2</sup>	h m	V m <sup>3</sup>	G(W)	h(G) m
Wohnraum, Schlafzimmer	21	-8	-	0.0	-8.0	9.4	19.5	9.5	185	2.5	463	1.0	12.0

## Transmission

Nr.	Orien- tie- rung	Bezeichnung	unbeheizt beheizt Erreich	Fläche	Länge	Anzahl	Abzug	Fläche für Berech.	b $\theta(\text{j})$ f(g1)	f(j) f(g2)	X $\Psi$ U	H(T)	$\Phi(\text{T})$
-				m <sup>2</sup>	m	-	m <sup>2</sup> ,Nr.	m <sup>2</sup>	°C	-	W/K W/(mK) W/(m <sup>2</sup> K)	W/K	W
Gegen aussen													
1	S	W 01 1 S		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
2	S	FE (U=1.00)		24			1	24			1.00	24.1	698
3		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
4		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
5		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
6	W	W 01 1 W		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
7	W	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
8		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
9		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
10		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
11	N	W 01 1 N		60			24.0	36.0			0.17	6.0	175
12	N	FE (U=1.00)		24			11	24			1.00	24.1	698
13		Sturz			18.0						0.12	2.2	63
14		Leibung			36.0						0.10	3.6	104
15		Brüstung			18.0						0.16	2.9	84
16	E	W 01 1 E		30			12.0	18.0			0.17	3.0	87
17	E	FE (U=1.00)		12			6	12			1.00	12.0	349
18		Sturz			9.0						0.12	1.1	31
19		Leibung			18.0						0.10	1.8	52
20		Brüstung			9.0						0.16	1.4	42
21	H	D 01 1 H		200			0.0	200.0			0.17	34.2	993
Gegen beheizt													
22	H	D 12 1 H		200			0.0	200.0	21	0	0.22	0.0	0
Summe												150.5	4364

## Lüftung

Natürliche Lüftung				Mechanische Lüftung								
Volumen Infiltration				Zuluft im Raum				Nachströmluft aus Nachbarräumen				
n50	e	$\epsilon$	V'(inf)	$\theta(\text{su})$	f(v)	V'(su)	V'(su,th)	Bezeichnung	$\theta(\text{int,i})$	f(v,j)	V'(su)	V'(su,th)
h(-1)	-	-	m <sup>3</sup> /h	°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h		°C	-	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h
0.0	0.05	1.3	0.0	13.8	0.25	0	0.0	adiabat	22.0	-0.03	0	0.0
Hygienischer min. Volumenstrom				Abluftüberschuss				Lüftungswärmeverlust				
n(min)	V'(min)			V'(m,inf)								
h(-1)	m <sup>3</sup> /h			m <sup>3</sup> /h								
0.30	138.9			0								
Massgebender Volumenstrom												
V'				V'(th)				c <sup>p</sup>	H(v)	$\Phi(v)$		
m <sup>3</sup> /h				m <sup>3</sup> /h				Wh/(m <sup>3</sup> K)	W/K	W		
139				139				0.32	45	1295		

## Norm-Heizlast

	f(hl)	H(HL)	$\Phi(\text{HL})$
	-	W/K	W
	1	195	5659

**Zusammenfassung opake Bauteile (Eingabedaten)**

Opake Konstruktionen										
Nr.	Kurzbez.	Bezeichnung	Art	Wärmed.- koef. U <sub>o</sub>	Boden- fläche A	Expon. Perimeter P	Charakt. Fläche B'	Tiefe im Erdreich z	Wärmed.- koef. U	Fläche A
				W/(m²K)	m²	m		m	W/(m²K)	m²
1	D 01	Bt-Kat. Nr. D 01	Dach (DA)						0.17	200.0
2	W 37	Bt-Kat. Nr. W 37	Aussenwand						0.17	540.0
3	D 12	Bt-Kat. Nr. D 12	Decke						0.22	1600.0
4	B 14	Bt-Kat. Nr. B 14	BO Erdreich	0.22	80.0	36.0	4.4	3.3	0.12	200.0

# opake Konstruktion

## Eingabedaten

### Opake Konstruktion

Kurzbez.	D 01	
Bezeichnung	Bt-Kat. Nr. D 01	
Grafik für Aufbau 1 Dach (DA) Homogen		

Aufbau 1							
Nr.	Material / Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	sp. W.kap.	R-Wert	
		m	W/(mK)	kg/m <sup>3</sup>	kJ/(kgK)	m <sup>2</sup> K/W	
	Wärmeübergang innen Rsi					0.13	
1	Beton armiert mit 2% Stahl	0.22	2.5	2400	1	0.088	
2	Erdreich Sand und Kies	0.06	2	2000	1.05	0.030	
3	Polyethylen; hohe Rohdichte	0.001	0.5	980	1.8	0.002	
4	Bitumen als Membran / Bahn	0.0035	0.23	1100	1	0.015	
5	Bitumen als Membran / Bahn	0.0042	0.23	1100	1	0.018	
6	swissporLAMBDA Roof	0.16	0.029	23	1.45	5.517	
	Wärmeübergang aussen Rse					0.04	
	Summe	0.449			m <sup>2</sup> K/W	5.84	
	U-Wert				W/(m <sup>2</sup> K)	0.171	
Wirk. Wärmekap. (mit Rsi/Rse)		innen	23.0	Wh/(m <sup>2</sup> K)	Aussen	1.0	Wh/(m <sup>2</sup> K)
Wirk. Wärmekap. (ohne Rsi/Rse)		innen	86.0	Wh/(m <sup>2</sup> K)	Aussen	1.0	Wh/(m <sup>2</sup> K)

# opake Konstruktion

## Eingabedaten

### Opake Konstruktion

Kurzbez.	W 37	
Bezeichnung	Bt-Kat. Nr. W 37	
Grafik für Aufbau 1 Aussenwand Homogen		

Aufbau 1						
Nr.	Material / Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	sp. W.kap.	R-Wert
		m	W/(mK)	kg/m³	kJ/(kgK)	m²K/W
	Wärmeübergang innen Rsi					0.13
1	Beton armiert mit 2% Stahl	0.2	2.5	2400	1	0.080
2	Bitumen als Membran / Bahn	0.001	0.23	1100	1	0.004
3	Jackodur KF 300	0.2	0.035	34	1.45	5.714
	Wärmeübergang aussen Rse					0.04
	Summe	0.401				m²K/W 5.97
	U-Wert					W/(m²K) 0.168
Wirk. Wärmekap. (mit Rsi/Rse)	innen	24.0	Wh/(m²K)	Aussen	1.0	Wh/(m²K)
Wirk. Wärmekap. (ohne Rsi/Rse)	innen	91.0	Wh/(m²K)	Aussen	2.0	Wh/(m²K)

# opake Konstruktion

## Eingabedaten

### Opake Konstruktion

Kurzbez.	D 12	
Bezeichnung	Bt-Kat. Nr. D 12	
Grafik für Aufbau 1 Decke Homogen		

Aufbau 1						
Nr.	Material / Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	sp. W.kap.	R-Wert
		m	W/(mK)	kg/m³	kJ/(kgK)	m²K/W
	Wärmeübergang innen Rsi					0.13
1	Beton armiert mit 2% Stahl	0.22	2.5	2400	1	0.088
2	swissporEPS 30	0.14	0.033	30	1.45	4.242
	Wärmeübergang aussen Rse					0.13
	Summe	0.36				m²K/W 4.59
	U-Wert					W/(m²K) 0.218
Wirk. Wärmekap. (mit Rsi/Rse)	innen	24.0	Wh/(m²K)	Aussen	1.0	Wh/(m²K)
Wirk. Wärmekap. (ohne Rsi/Rse)	innen	91.0	Wh/(m²K)	Aussen	1.0	Wh/(m²K)

# opake Konstruktion

## Eingabedaten

### Opake Konstruktion

Kurzbez.	B 14	
Bezeichnung	Bt-Kat. Nr. B 14	
Grafik für Aufbau 1 BO Erdreich Homogen		

Aufbau 1							
Nr.	Material / Baustoff	Dicke	Lambda	Dichte	sp. W.kap.	R-Wert	
		m	W/(mK)	kg/m <sup>3</sup>	kJ/(kgK)	m <sup>2</sup> K/W	
	Wärmeübergang innen Rsi					0.13	
1	Platte Keramik/Porzellan	0.02	1.3	2300	0.84	0.015	
2	Zementmörtel	0.06	1.4	2200	1	0.043	
3	Polyethylen; hohe Rohdichte	0.001	0.5	980	1.8	0.002	
4	swissporEPS 30	0.14	0.033	30	1.45	4.242	
5	Beton armiert mit 2% Stahl	0.22	2.5	2400	1	0.088	
6	Bitumen als Membran / Bahn	0.0035	0.23	1100	1	0.015	
	Wärmeübergang aussen Rse					0	
	Summe	0.444			m <sup>2</sup> K/W	4.54	
	U-Wert				W/(m <sup>2</sup> K)	0.221	
Wirk. Wärmekap. (mit Rsi/Rse)		innen	22.0	Wh/(m <sup>2</sup> K)	Aussen	72.0	Wh/(m <sup>2</sup> K)
Wirk. Wärmekap. (ohne Rsi/Rse)		innen	46.0	Wh/(m <sup>2</sup> K)	Aussen	72.0	Wh/(m <sup>2</sup> K)

Hochschule Luzern, 6048 Horw  
**Fenster (Eingabedaten)**

Eingabedaten

Eingabedaten der Fenster																								
Kurzbez.	Bezeichnung	Höhe	Breite	Leibung	Sturz	Brüstung	Ist ein Fenster?	Rahmen seitlich Breite	Anzahl	Rahmen mitte Breite	Anzahl	Rahmen oben	Rahmen unten	U-Glas	U-Wert Rahmen	Glasrand Verbund	Fläche	Glasfläche	Glasanteil	U-Wert	g-Wert Glas	g(tot)-Wert	max. Windlast	Gesamtfläche
		m	m	W/(mK)	W/(mK)	W/(mK)		m	Stk	m	Stk	m	m	W/(m²K)	W/(m²K)		m²	m²	-	W/(m²K)	-	-	km/h	m²
	Summe																							360.0
FE 1	FE (U=1.00)	1.15	1.55	0.1	0.12	0.16	True	0.055	2	0.11	1	0.055	0.09	0.5	1.6	0.06	1.78	1.33	0.75	1.00	0.45	0.07	92.0	360.0

# Zusammenfassung Wärmebrücken

Norm SIA 384.201

## Wärmebrücken

Nr.	Kurzbez.	Bezeichnung	Psi-Chi W/(mK) W/K	Wert m Stk
1	FE 1	Sturz	0.12	270.0
2	FE 1	Leibung	0.1	540.0
3	FE 1	Brüstung	0.16	270.0