

Doz. Dr. Heinrich Manz
Nikolai Artmann, dipl. Ing. TUM
Markus Ettlin, dipl. Arch. ETH
Lubos Krajci, Dr. dipl. Ing. TU
Katrin Leuenberger, dipl. Arch. ETH
Stephan Rutz, dipl. Arch. ETH

A R C H

Anmeldung Übungen BTIV FS08

Übungen Frühlingssemester 2008

Persönliche Angaben

Name	
Vorname	
Leginummer	

Bitte dieses Blatt mit Übung 01 in einer Sichtmappe am Mittwoch 05.03.2008 bis 18.00 Uhr abgeben.

Name:

Vorname:

(auch auf allen Lösungsblättern angeben)

Bautechnologie III

Frühlingssemester2008

Professur für Bauphysik HIL E 47.2

Doz. Dr. Heinrich Manz
Nikolai Artmann, dipl. Ing. TUM
Markus Ettlin, dipl. Arch. ETH
Lubos Krajci, Dr. dipl. Ing. TU
Katrín Leuenberger, dipl. Arch. ETH
Andreas Rubin, dipl. Arch. EPFL
Stephan Rutz, dipl. Arch. ETH

A R C H

Übung 01

Heizwärmebedarf nach SIA 380/1

Ausgabe: Mo 03.03.08
Betreuung: Mo 03.03.08, 12.45 - 16.00
Abgabe: Mi 05.03.08, 18.00

In dieser Übung soll der Heizwärmebedarf der Reiheneinfamilienhäuser am Rebgässli in Allschwil (in diesem Beispiel Haus 9 b) nach der Schweizerischen Norm „SIA 380/1: Thermische Energie im Hochbau“ berechnet werden. Der Heizwärmebedarf Q_h ist die auf die Energiebezugsfläche bezogene Wärmemenge, die pro Jahr erforderlich ist, um ein Gebäude auf einer gewünschten Temperatur zu halten. Er bestimmt sich aus den Verlusten der Transmission und der Lüftung abzüglich des genutzten Anteils der internen und solaren Wärmegewinne. Die Bilanzierung der Wärmeverluste und -gewinne erfolgt monatsweise.

Aufgabe 1: Grenzwert und Zielwert für den Heizwärmebedarf

- a) Zeichnen Sie in den gegebenen Grundrissen und Querschnitten die Systemgrenze für die Berechnung des Heizwärmebedarfs ein. Der Patio soll zur beheizten Zone gezählt werden. Unterscheiden Sie Flächen gegen Aussenklima, gegen unbeheizte Räume und gegen beheizte Räume. (gegen aussen rot, gegen unbeheizt grün, gegen beheizt blau)
- b) Berechnen Sie die thermisch gewichtete Gebäudehüllfläche A_{th} (Auszug SIA 380/1, Definitionen). Für den Reduktionsfaktor für Flächen gegen den unbeheizten Keller (teilweise über dem Erdreich) kann der Rechenwert verwendet werden. (Auszug SIA 380/1, Tabelle 5)
- c) Berechnen Sie die Energiebezugsfläche A_E und die Gebäudehüllzahl A_{th}/A_E (Auszug SIA 380/1, Definitionen). Zeichnen Sie die Energiebezugsfläche in den Plänen ein.
- d) Wie gross ist der Grenzwert für den Heizwärmebedarf $Q_{h,li}$ bei 8,5 °C Jahresmitteltemperatur? (Auszug SIA 380/1, Grenz- und Zielwerte)
- e) Berechnen Sie den Grenzwert $Q_{h,li,korr}$ für die Klimastation Basel Binningen. (Auszug SIA 380/1, Grenz- und Zielwerte; Auszug SIA 380/1, Klima)
- f) Wie gross ist der Zielwert für Neubauten $Q_{h,ta}$? (Auszug SIA 380/1, Grenz- und Zielwerte)

Gebäude Aussenabmessungen

Breite	5.850 m
Länge	16.400 m
Höhe	6.140 m

Kellertreppe	
Treppenauge	5.44 m ²
Schotte	5.82 m ²
Innenwand	5.82 m ²
Boden	6.43 m ²

Patio

Breite	3.400 m
Länge	4.300 m

Kellertüre	3.14 m ²
------------	---------------------

Aufgabe 2: U-Werte

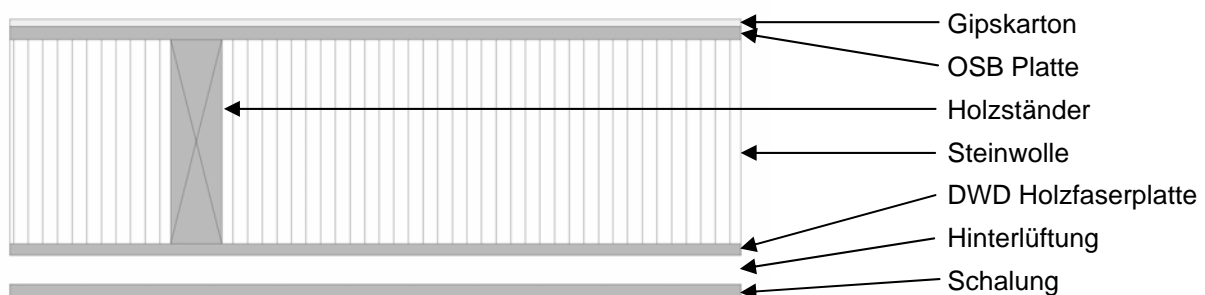
- a) Berechnen Sie den U-Wert der Aussenwände (Nord- und Südfassade). Die Hinterlüftung der Fassade wird durch einen reduzierten äusseren Wärmeübergangskoeffizienten berücksichtigt ($h_e = h_i = 7.7 \text{ W/m}^2\text{K}$) (BTIII S.69). Der Flächenanteil der Holzständer in der Steinwolle-Dämmung beträgt 7 %. (BTIII S.72, bzw. mit flächengewichtetem λ)

Tragen Sie den U-Wert in die Tabelle zur Berechnung des Transmissionsverlustfaktors (Lösungsblatt, Aufgabe 3b) ein.

Wandaufbau von innen nach aussen

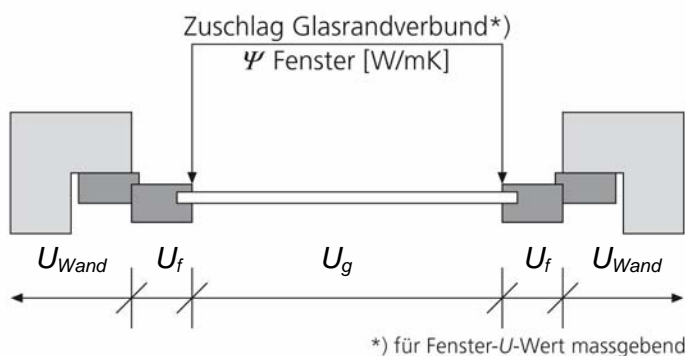
	$d \text{ (m)}$	$\lambda \text{ (W/mK)}$
Gipskarton	0.010	0.400
OSB Platte	0.018	0.130
Isolationsschicht	0.280	
Holzständer, 7 %		0.140
Steinwolle, 93 %		0.035
DWD Holzfaserplatte	0.016	0.130
Hinterlüftung	0.040	
Schalung	0.022	

Skizze: Wandaufbau



- b) Die Fenstertüren Nr. 2, 4, 6 und 7 (Breite: 0.94 m, Höhe: 2.08 m) bestehen aus einer Wärmeschutzverglasung ($U_g = 0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$) in einem Holz-Alu-Rahmen (Rahmenbreite: 0.068 m, $U_f = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$). Der linienbezogene Wärmedurchgangskoeffizient des Glasrandverbundes beträgt $\Psi = 0.05 \text{ W/mK}$. Berechnen Sie den U-Wert der Fenstertüren.

$$U_w = \frac{U_g \cdot A_g + U_f \cdot A_f + \Psi \cdot L}{A_w}$$



Aufgrund der ähnlichen Abmessungen und der gleichen Kennwerten kann für die Fenster Nr. 1 und 5 der gleiche U-Wert wie für die Fenstertüren Nr. 2, 4, 6 und 7 angenommen werden.

Tragen Sie die fehlenden Fenster U-Werte in die Tabelle zur Berechnung des Transmissionsverlustfaktors (Lösungsblatt, Aufgabe 3b) ein.

Aufgabe 3: Wärmeverlustfaktor

Die Wärmeverluste ergeben sich aus Transmissions- und Lüftungsverlusten.

- a) Markieren Sie die Wärmebrücken in den Plänen. Die zu berücksichtigenden Wärmebrücken sind in der Tabelle zur Berechnung des Transmissionsverlustfaktors (Lösungsblatt, Aufgabe 3b) aufgelistet.

Berechnen Sie die Längen der linienförmigen Wärmebrücken der Fenster 1 und 5, der Fenstertüren 2, 4 und 6 sowie der Türen 3 und 7 (siehe Tabelle: Fenster und verglaste Türen, bzw. Pläne: Nord- und Südfassade). Beachten Sie den erhöhten Ψ -Wert für den Fensteranschlag an den Oberkanten der Fenster und Fenstertüren mit Rollo (Fenster 1 und 5, Fenstertüren 2, 4 und 6). Tragen Sie die Ergebnisse in die Tabelle zur Berechnung des Transmissionsverlustfaktors (Lösungsblatt, Aufgabe 3b) ein.

- b) Berechnen Sie die Transmissionsverlustfaktoren der einzelnen Elemente $H_{T,i}$, sowie den Transmissionsverlustfaktor H_T des gesamten Gebäudes. (Reduktionsfaktor b aus Auszug SIA 380/1, Tabelle 5)

$$H_T = \sum_i H_{T,i} = \sum_j (A_j \cdot U_j \cdot b_j) + \sum_k (L_k \cdot \Psi_k \cdot b_k) + \sum_l (N_l \cdot \chi_l \cdot b_l) \quad [\text{W/K}]$$

- c) Der Aussenluftvolumenstrom wird gemäss Standardnutzung angenommen. Wie gross ist der Lüftungsverlustfaktor H_V ? (Auszug SIA 380/1, Standardnutzungen)
- d) Berechnen Sie den Wärmeverlustfaktor H .

$$H = H_T + H_V$$

Fenster und verglaste Türen

	Breite (m)	Höhe / Länge (m)	Fläche (m ²)	U (W/m ² K)	F_F (-)	g_{\perp} (-)
Oblicht Patio	3.940	5.360	21.12	0.860	0.64	0.40
Oblicht 1	0.650	1.240	0.806	0.860	0.50	0.41
Oblicht 2	1.240	0.650	0.806	0.860	0.50	0.41
Fenster 1	2.065	0.920	1.900		0.80	0.51
Fenstertüre 2	0.940	2.080	1.955		0.80	0.51
Türe 3	0.940	2.080	1.955	0.980	0.70	0.51
Fenstertüre 4	0.940	2.080	1.955		0.80	0.51
Fenster 5	2.065	1.290	2.664		0.80	0.51
Fenstertüre 6	0.940	2.080	1.955		0.80	0.51
Türe 7	0.940	2.080	1.955		0.80	0.51

Aufgabe 4: Wärmegewinne

Die Wärmegewinne ergeben sich aus internen und solaren Gewinnen.

- Berechnen Sie die täglichen internen Wärmegewinne, die sich gemäss Standardnutzung aus der Wärmeabgabe von Personen $Q_{iP,d}$ sowie dem Elektrizitätsbedarf $Q_{iEl,d}$ ergeben. (Auszug SIA 380/1, Standardnutzungen)
- Berechnen Sie die für die solaren Gewinne wirksamen Flächen A_s (siehe Tabelle: Fenster und verglaste Türen, Aufgabe 3). Dabei muss neben dem g-Wert der Verglasung ($g = 0.9 g_{\perp}$) und dem Abminderungsfaktor für die Fensterrahmen F_F die Verschattung der Fenster berücksichtigt werden. Der Horizontwinkel α beträgt 10° für die Südfassade, 30° für die Nordfassade und 0° für das Dach (Auszug SIA 380/1, Tabelle 6). Der Winkel β des Vordachs über der Türe 3 beträgt 45° (Auszug SIA 380/1, Tabelle 7). Die Verschattung aufgrund der zurückversetzten Position der Fenster kann in diesem Beispiel vernachlässigt werden.

Aufgabe 5: Jahresbilanz

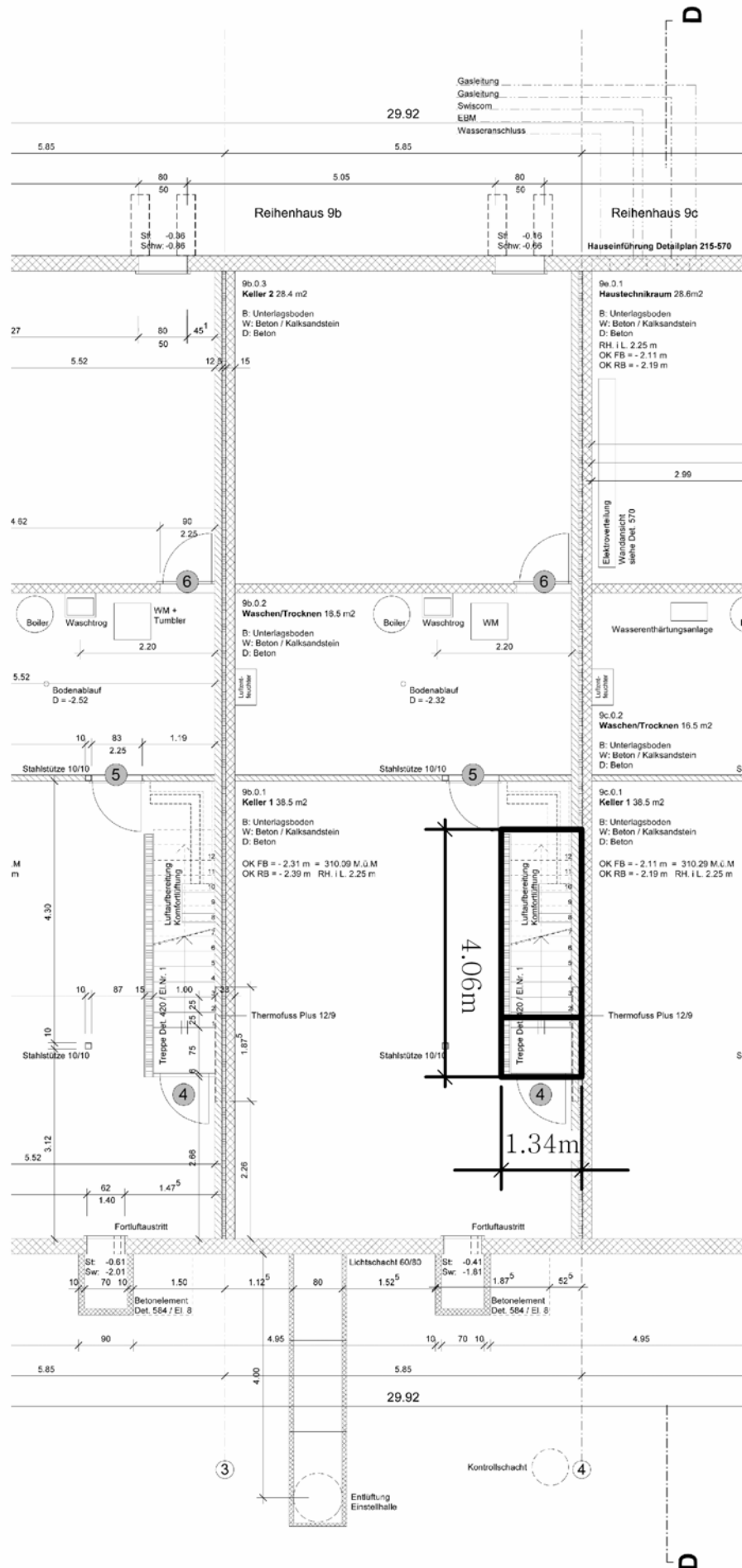
Die Wärmeverluste und Wärmegewinne werden monatsweise bilanziert. Der Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne hängt dabei vom Verhältnis der Gewinne zu den Verlusten und von der thermischen Trägheit des Gebäudes ab.

Tragen Sie die Resultate der folgenden Berechnungen in die vorgegebene Tabelle (Lösungsblatt, Jahresbilanz) ein.

- Bestimmen Sie die Raumtemperatur gemäss Standardnutzung (Auszug SIA 380/1). Da das Beispielgebäude keine konventionelle Heizung benötigt, kann der Regelungszuschlag zur Raumtemperatur $\Delta\theta_{i,g} = 0 \text{ K}$ angenommen werden. Wie gross ist die mittlere Temperaturdifferenz im Januar?
- Berechnen Sie die monatlichen Transmissions- Q_T , Lüftungs- Q_V und Gesamtwärmeverluste Q_{tot} im Januar. (Auszug SIA 380/1, Jahresbilanz)
- Berechnen Sie die monatlichen internen Q_i , solaren Q_S , sowie die totalen Wärmegewinne Q_g im Januar. (Auszug SIA 380/1, Jahresbilanz)
- Bestimmen Sie die Zeitkonstante τ des Gebäudes (Auszug SIA 380/1, Spezielle Eingabedaten). Für die Wärmespeicherfähigkeit pro Energiebezugsfläche kann der Rechenwert verwendet werden (mittelschwere Bauweise, Auszug SIA 380/1 Tabelle 9).
- Berechnen Sie das Wärmegewinn/-verlust-Verhältnis γ und den Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne η_g im Januar (Auszug SIA 380/1, Spezielle Eingabedaten).
- Berechnen Sie die genutzten Wärmegewinne Q_{ug} und den Deckungsgrad durch Wärmegewinne f_{ug} im Januar. (Auszug SIA 380/1, Jahresbilanz)
- Berechnen Sie den Heizwärmebedarf Q_h im Januar und für das ganze Jahr. (Auszug SIA 380/1, Jahresbilanz)

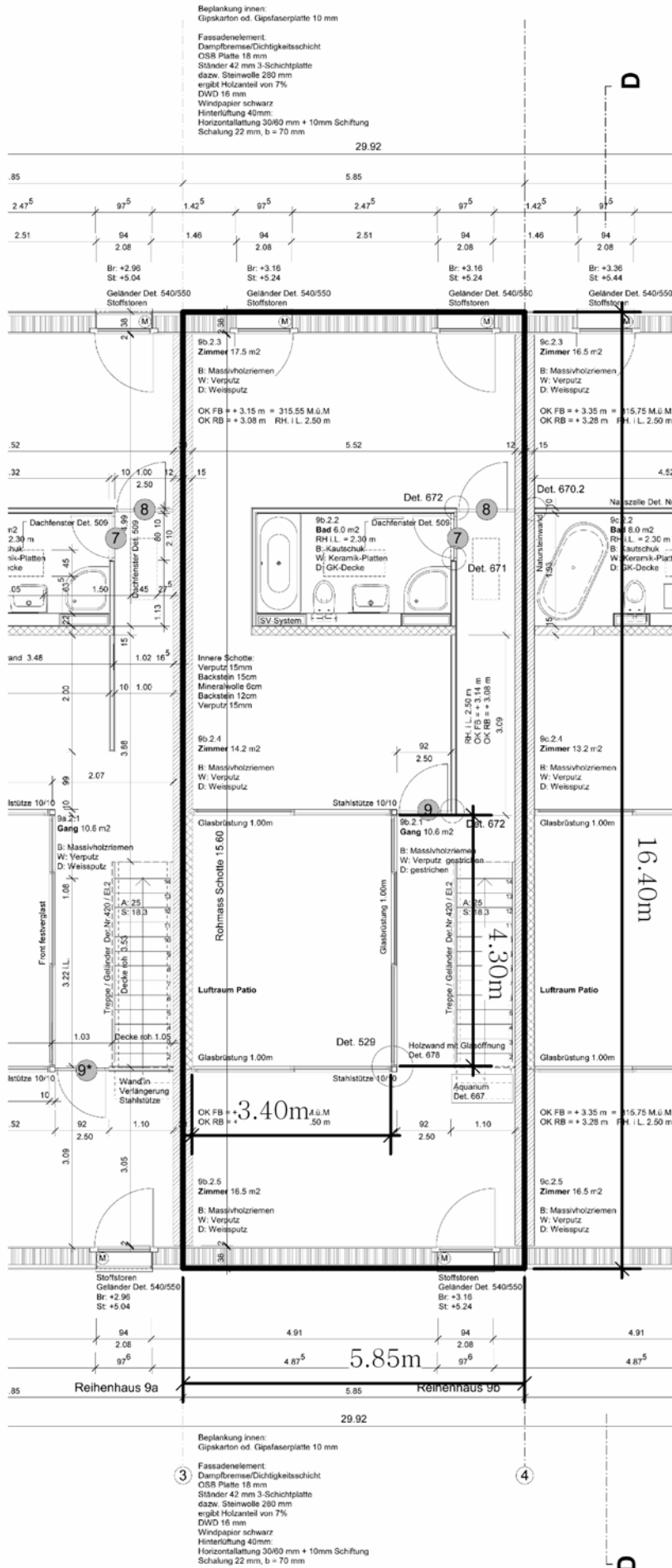
Aufgabe 6: Vergleich mit Grenzwert und Zielwert

Vergleichen Sie den berechneten Jahres-Heizwärmebedarf Q_h mit dem korrigierten Grenzwert $Q_{h,li,korr}$ und dem Zielwert für Neubauten $Q_{h,ta}$.



Kellergeschoss

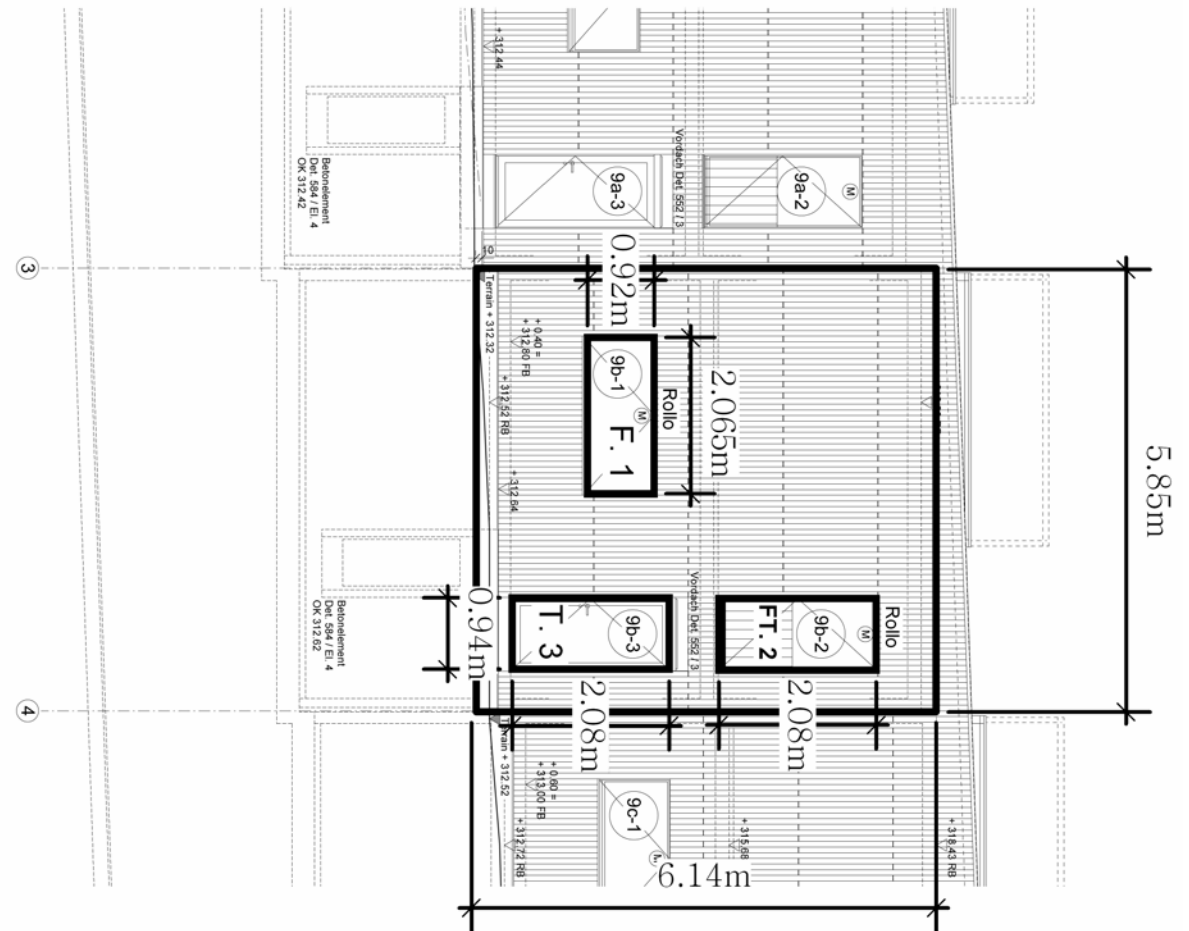
Obergeschoss



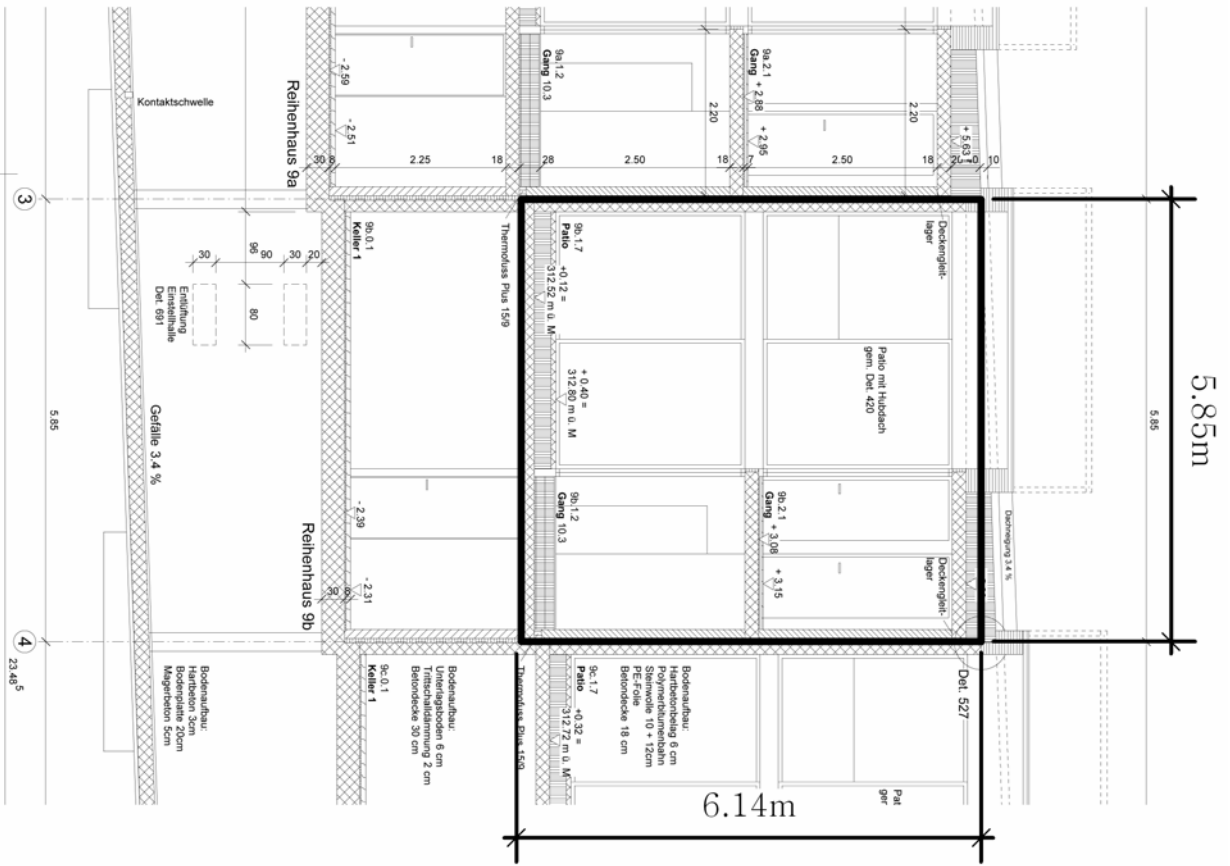
Nordfassade



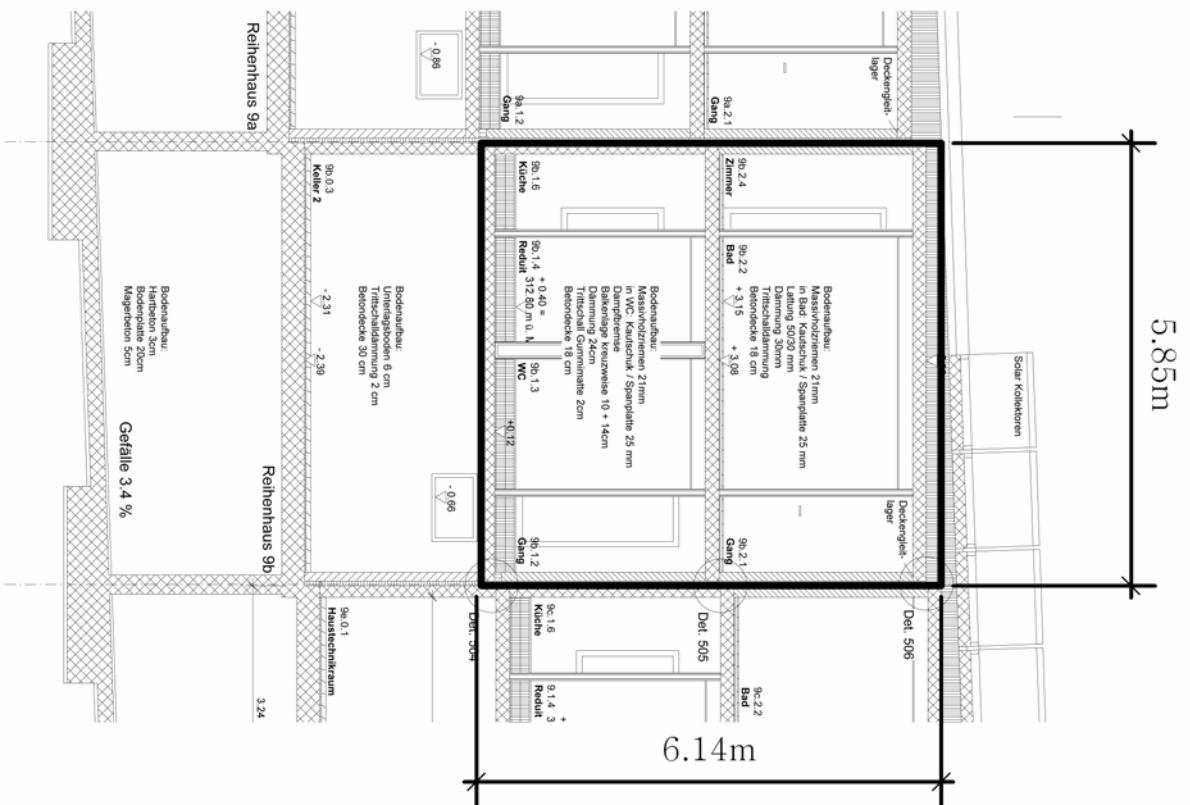
Südfassade

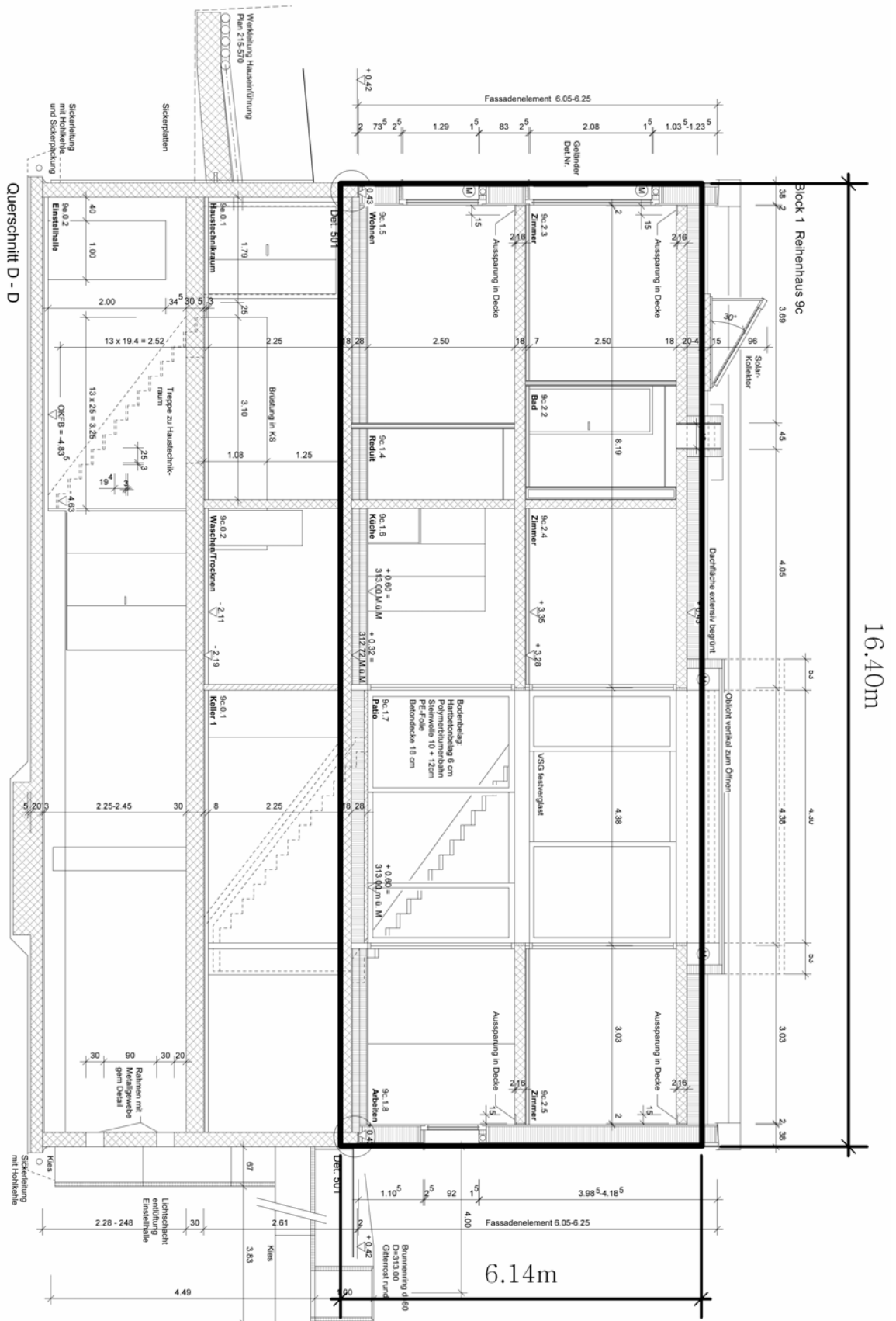


Querschnitt Patio



Querschnitt





Längsschnitt Patio

A R C H

Übung 01: Auszug aus der Norm SIA 380/1:2007 Thermische Energie im Hochbau

Ausgabe: Mo 03.03.08
Betreuung: Mo 03.03.08, 12.45 - 16.00
Abgabe: Mi 05.03.08, 18.00

DEFINITIONEN

Energiebezugsfläche (EBF) A_E (m^2)

Summe aller ober- und unterirdischen Geschossflächen, für deren Benutzung ein Beheizen oder Klimatisieren notwendig ist. Geschossflächen mit einer lichten Raumhöhe kleiner als $1,0 m$ zählen nicht zur Energiebezugsfläche. Gemäss SIA 416/1.

Gebäudehüllfläche A_{th} (m^2)

Die Gebäudehüllfläche ist die Fläche der thermischen Gebäudehülle (Aussenabmessungen). Sie setzt sich zusammen aus den Flächen gegen aussen, gegen unbeheizte Räume und gegen Erdreich sowie gegen allfällige benachbarte beheizte Räume.

Bei der Berechnung der thermischen Gebäudehüllfläche A_{th} werden die Flächen gegen unbeheizt und gegen Erdreich mit ihren jeweiligen Reduktionsfaktoren multipliziert. Flächen gegen benachbarte beheizte Räume werden nicht mitgezählt.

$$A_{th} = \sum_j A_{e,j} + \sum_k b_{u,k} A_{u,k} + \sum_l b_{G,l} A_{G,l}$$

A_{th} thermisch gewichtete Gebäudehüllfläche

$A_{e,j}$ Flächen gegen Aussenklima

b_{uk} Reduktionsfaktoren für Wärmeverluste gegen unbeheizte Räume (Tabelle 5)

A_{uk} Flächen gegen unbeheizte Räume

b_{Gl} Reduktionsfaktoren für Wärmeverluste gegen Erdreich (Tabelle 5)

A_{Gl} Flächen gegen Erdreich

Gebäudehüllzahl A_{th}/A_E (-)

Verhältnis der thermischen Gebäudehüllfläche A_{th} zur Energiebezugsfläche A_E . Sie charakterisiert die Form und die Abmessung des Gebäudes. Gemäss SIA 416/1.

Länge der Berechnungsperiode t_c (d)

Berechnungsperiode ist der Monat. Als Eingabegrösse wird die Anzahl Tage pro Monat verwendet:

$$t_c = 28, 30 \text{ bzw. } 31 \text{ d}$$

GEBÄUDEKATEGORIEN UND STANDARDNUTZUNGEN

Tabelle 1 Gebäudekategorien mit Beispielen

Gebäudekategorie	Nutzungen (Beispiele)
I Wohnen MFH	Mehrfamilienhäuser, Alterssiedlungen und -wohnungen, Hotels, Mehrfamilien-Ferienhäuser und Ferienheime, Kinder- und Jugendheime, Tagesheime, Behindertenheime, Drogenstationen, Kasernen, Strafanstalten
II Wohnen EFH	Ein- und Zweifamilienhäuser, Ein- und Zweifamilien-Ferienhäuser, Reihen-Einfamilienhäuser
III Verwaltung	private und öffentliche Bürobauten, Schalterhallen, Arztpraxen, Bibliotheken, Ateliers, Ausstellungsbauten, Kulturzentren, Rechenzentren, Fernmeldegebäude, Fernsehgebäude, Filmstudios
IV Schulen	Gebäude für Schulen aller Stufen, Kindergärten und -horte, Schulungsräume, Ausbildungszentren, Kongressgebäude, Labors, Forschungsinstitute, Gemeinschaftsräume, Freizeitanlagen
V Verkauf	Verkaufsräume aller Art inkl. Einkaufszentren, Messegebäude
VI Restaurants	Restaurants (inkl. Küchen), Cafeterias, Kantinen, Dancings, Diskotheken
VII Versammlungslokale	Theater, Konzertsäle, Kinos, Kirchen, Abdankungshallen, Aulas, Sporthallen mit viel Publikum
VIII Spitäler	Spitäler, psychiatrische Kliniken, Krankenhäuser, Altersheime, Rehabilitationszentren, Behandlungsräume
IX Industrie	Fabrikationsgebäude, Gewerbebauten, Werkstätten, Servicestationen, Werkhöfe, Bahnhöfe, Feuerwehrgebäude
X Lager	Lagerhallen, Verteilzentren
XI Sportbauten	Turn- und Sporthallen, Gymnastikräume, Tennishallen, Kegelbahnen, Fitnesszentren, Sportgarderoben
XII Hallenbäder	Hallenbäder, Lehrschwimmbecken, Saunagebäude, Heilbäder

Tabelle 2 Übersicht über die Standardnutzungswerte

Ziffer			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
			Wohnen MFH	Wohnen EFH	Verwaltung	Schulen	Verkauf	Restaurants	Versammlungs- lokale	Spitäler	Industrie	Lager	Sportbauten	Hallenbäder
3.5.1.1	Raumtemperatur	θ_i °C	20	20	20	20	20	20	20	22	18	18	18	28
3.5.1.2	Personenfläche	A_P m ² /P	40	60	20	10	10	5	5	30	20	100	20	20
3.5.1.3	Wärmeabgabe pro Person	Q_P W/P	70	70	80	70	90	100	80	80	100	100	100	60
3.5.1.4	Präsenzzeit pro Tag	t_P h/d	12	12	6	4	4	3	3	16	6	6	6	4
3.5.1.5	Elektrizitätsbedarf	Q_{EI} MJ/m ²	100	80	80	40	120	120	60	100	60	20	20	200
3.5.1.6	Reduktionsfaktor Elektrizitätsverbrauch	f_{EI} –	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7
3.5.1.7	Aussenluft-Volumenstrom	\dot{V}_E/A_E m ³ /h·m ²	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	0,3	0,7	0,7
4.3	Wärmebedarf Warmwasser	Q_{ww} MJ/m ²	75	50	25	25	25	200	50	100	25	5	300	300

Regelungszuschlag zur Raumtemperatur $\Delta\theta_{i,g}$ (K)

Die Berechnung des Heizwärmebedarfs beruht auf der Annahme einer idealen Regelung, die in allen Räumen die Raumtemperatur auf die Soll-Temperatur regelt und rasch auf veränderte Wärmegewinne reagiert. Der Regelungszuschlag zur Raumtemperatur beschreibt den Einfluss einer nicht idealen Regelung auf den Heizwärmebedarf.

Tabelle 3 Regelungszuschlag zur Raumtemperatur $\Delta\theta_{i,g}$ (Rechenwerte)

Art der Raumtemperaturregelung	$\Delta\theta_{i,g}$
Einzelraum-Temperaturregelung und/oder Vorlauftemperatur $\theta_{h,max} \leq 30$ °C bei Auslegungstemperatur	0 K
Referenzraum-Temperaturregelung	1 K
in den übrigen Fällen	2 K

Es gilt der niedrigste zutreffende Zuschlag.

korrigierte Raumtemperatur $\theta_{i,korr}$ (°C)

$$\theta_{i,korr} = \theta_i + \Delta\theta_{i,g}$$

Tägliche interne Wärmegewinne $Q_{i,d}$ ($J/m^2 d$)

Die auf die Energiebezugsfläche bezogenen täglichen Wärmegewinne von Personen $Q_{iP,d}$ ergeben sich aus der Personenfläche A_P , der Wärmeabgabe pro Person Q_P , und der Präsenzzeit pro Tag t_P (Tabelle 2).

$$Q_{iP,d} = \frac{Q_P}{A_P} \cdot t_P \cdot 3600 \text{ s/h}$$

Die auf die Energiebezugsfläche bezogenen täglichen Wärmegewinne von elektrischen Geräten $Q_{iEI,d}$ ergeben sich aus dem Elektrizitätsbedarf Q_{EI} und dem Reduktionsfaktor f_{EI} (Tabelle 2).

$$Q_{iEI,d} = \frac{Q_{EI} \cdot f_{EI}}{365 d}$$

Lüftungsverlustfaktor, H_V (W/K)

Der Lüftungsverlustfaktor berechnet sich aus dem Aussenluftvolumenstrom \dot{V}/A_E (Tabelle 2) und der Wärmespeicherefähigkeit der Luft ($\rho_a \cdot c_a$) (Klima, Höhenlage über Meer).

$$H_V = \frac{\dot{V}}{A_E} \cdot A_E \cdot \frac{(\rho_a \cdot c_a)}{3600 \text{ s/h}}$$

KLIMA**Klimadaten**

Basel Binningen Höhe: 316 m ü.M.

		Jan	Feb	Mär	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
θ_e	°C	0.0	2.1	4.8	9.5	13.0	16.7	18.3	17.3	15.0	10.4	5.0	0.3	9.4
G_{sH}	MJ/m ²	114	166	294	439	534	593	626	511	380	255	123	95	4130
G_{sS}	MJ/m ²	181	217	276	307	283	279	307	327	342	306	197	178	3200
G_{sE}	MJ/m ²	70	96	168	237	283	308	319	276	209	143	73	62	2244
G_{sW}	MJ/m ²	81	110	168	241	278	297	319	276	224	156	82	71	2303
G_{sN}	MJ/m ²	40	48	76	105	150	166	163	112	87	69	38	35	1089

Höhenlage über Meer h (m)

Beim Nachweis ist die Höhenlage der zu verwendenden Klimastation einzusetzen. Diese Angabe dient zur Berechnung der spezifischen Wärmespeicherefähigkeit der Luft nach der Formel

$$\rho_a \cdot c_a = 1220 - (0.14 \cdot h) \text{ in } J/(m^3 \cdot K)$$

GRENZ- UND ZIELWERTE

Grenzwert für den Heizwärmebedarf $Q_{h,li}$ (MJ/m^2)

Die Grenzwerte für Neubauten ergeben sich aus der folgenden Gleichung und mit den Werten aus Tabelle 4.

$$Q_{h,li} = Q_{h,li0} + \Delta Q_{h,li} \cdot (A_{th}/A_E)$$

Die mit den Tabellenwerten errechneten Grenzwerte gelten für eine Jahresmitteltemperatur θ_{ea} von $8,5^\circ C$. Sie werden um 4% pro K höhere oder tiefere Jahresmitteltemperatur reduziert bzw. erhöht. Es gilt die Jahresmitteltemperatur der für die Berechnung verwendeten Klimastation.

$$Q_{h,li,korr} = Q_{h,li} \cdot (1 + 0.04 \text{ 1/K} \cdot (8.5^\circ C - \theta_{ea}))$$

Zielwert für den Heizenergiebedarf $Q_{h,ta}$ (MJ/m^2)

Die Zielwerte $Q_{h,ta}$ für Neubauten betragen 60% der Grenzwerte für Neubauten.

Tabelle 4 Grenzwerte für den Heizwärmebedarf pro Jahr von Neubauten
(bei $8,5^\circ C$ Jahresmitteltemperatur)

Gebäudekategorie (s. Tabelle 1)		Grenzwerte	
		$Q_{h,li0}$ MJ/m^2	$\Delta Q_{h,li}$ MJ/m^2
I	Wohnen MFH	80	90
II	Wohnen EFH	90	90
III	Verwaltung	85	95
IV	Schulen	100	95
V	Verkauf	75	95
VI	Restaurants	115	95
VII	Versammlungslokale	120	95
VIII	Spitäler	100	100
IX	Industrie	85	90
X	Lager	85	85
XI	Sportbauten	105	85
XII	Hallenbäder	90	140

BAUTEILEIGENSCHAFTEN

Reduktionsfaktor für Wärmeverluste von Decke, Wand bzw. Boden gegen unbeheizte Räume: b_{uR} , b_{uW} , b_{uF} (-)

Der Reduktionsfaktor b ist gleich dem Verhältnis der Temperaturdifferenz zwischen Innenraum und unbeheiztem Raum zur Temperaturdifferenz zwischen Innenraum und Aussenklima.

Tabelle 5 Reduktionsfaktoren für Wärmeverluste gegen unbeheizte Räume (Rechenwerte)

unbeheizter Raum	b_{uR} , b_{uW} , b_{uF}
Estrichraum, Schrägdach ungedämmt	0,9
Estrichraum, Schrägdach gedämmt: $U_e < 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	0,7
Kellerraum ganz im Erdreich	0,7
Kellerraum teilweise oder ganz über dem Erdreich	0,8
angebauter Raum	0,8
Glasvorbau	0,9

Die Reduktionsfaktoren werden auch auf Wärmebrücken gegen unbeheizte Räume angewendet.

Gesamtenergiedurchlassgrad g (-)

Die Norm SN EN 410 gibt eine Methode zur Berechnung des Gesamtenergiedurchlassgrads g_{\perp} für senkrecht auftreffendes Licht. Die Produktwerte beziehen sich ebenfalls auf senkrecht einfallendes Licht. Um den durchschnittlichen Einfallswinkel und den durchschnittlichen Grad der Verschmutzung zu berücksichtigen, wird der nach Norm SN EN 410 berechnete Wert bzw. der Produktwert für alle Orientierungen um 10% vermindert ($g = 0,9 g_{\perp}$).

Abminderungsfaktor für Fensterrahmen F_F (-)

Der Abminderungsfaktor für Fensterrahmen ergibt sich aus dem Verhältnis der durchsichtigen Fläche zur Fensterfläche A_w . Sofern kein anderer Wert nachgewiesen ist, ist der Rechenwert 0,7 zu verwenden.

Verschattungsfaktor F_S (-)

Der Verschattungsfaktor berücksichtigt die Minderung der Sonneneinstrahlung durch die Topographie, durch andere Gebäude und durch feste bauliche Elemente des Gebäudes selbst (inkl. Position des Fensters in Bezug auf die Fassade).

Der Verschattungsfaktor F_S setzt sich aus drei Verschattungsfaktoren zusammen:

$$F_S = F_{S1} \cdot F_{S2} \cdot F_{S3}$$

F_{S1} Verschattungsfaktor Horizont (Topographie und andere Gebäude)

F_{S2} Verschattungsfaktor Überhang

F_{S3} Verschattungsfaktor Seitenblende

Verschattungsfaktor Horizont F_{S1} (-)

Der Verschattungsfaktor Horizont kann fassadenweise bestimmt werden. Der Horizontwinkel wird bezüglich der Fassadenmitte bestimmt. Es wird die im Zeitpunkt der Berechnung effektiv vorhandene Bauweise und bei aus mehreren Gebäuden bestehenden Projekten die Beschattung durch andere Gebäude des Projekts berücksichtigt.

Tabelle 6 Verschattungsfaktor Horizont F_{S1} (Rechenwerte)

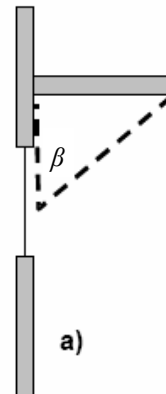
Horizontwinkel α	Orientierung der Fassade		
	Süd	Ost/West	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,96	0,94	1,00
20°	0,82	0,81	0,97
30°	0,59	0,68	0,94
40°	0,45	0,60	0,90

Verschattungsfaktor Überhang F_{S2} (-)

Der Verschattungsfaktor Überhang muss fensterweise bestimmt werden. Der Winkel wird bezüglich der Fenstermitte bestimmt.

Tabelle 7 Verschattungsfaktor Überhang F_{S2} (Rechenwerte)

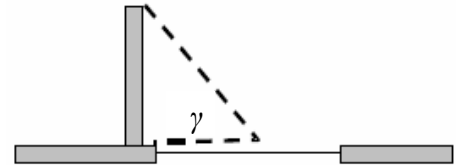
Winkel β des Überhangs	Orientierung des Fensters		
	Süd	Ost/West	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,95	0,95	0,96
30°	0,91	0,89	0,91
45°	0,75	0,77	0,80
60°	0,52	0,59	0,66

**Verschattungsfaktor Seitenblende F_{S3} (-)**

Der Verschattungsfaktor Seitenblende muss fensterweise bestimmt werden. Der Winkel wird bezüglich der Fenstermitte bestimmt. Der Rechenwert gilt für eine einseitige Blende. Bei nach Ost oder West orientierten Fenstern gilt er für auf der Südseite des Fensters liegende Seitenblenden; für auf der Nordseite liegende Seitenblenden gilt der Faktor 1.0. Für Südfenster mit beidseitigen Seitenblenden müssen die beiden Rechenwerte miteinander multipliziert werden.

Tabelle 8 Verschattungsfaktor Seitenblende F_{S3} (Rechenwerte)

Winkel γ der Seitenblende	Orientierung des Fensters		
	Süd	Ost/West	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,97	0,96	1,00
30°	0,94	0,92	1,00
45°	0,84	0,84	1,00
60°	0,72	0,75	1,00



Verschattungsfaktor für Fenster in horizontalen Flächen

Für Fenster in horizontalen Flächen wird nur der Verschattungsfaktor Horizont F_{S1} angewendet. Der Horizontwinkel wird für alle vier Himmelsrichtungen bzgl. der Fenstermitte bestimmt, wobei die Beschattung durch das Gebäude selbst mitberücksichtigt wird. Der Verschattungsfaktor F_S ergibt sich dann aus der Multiplikation der Werte für die vier Himmelsrichtungen.

SPEZIELLE EINGABEDATEN

Wärmespeicherfähigkeit pro Energiebezugsfläche C/A_E (MJ/m^2K)

Massgebend ist die effektive Wärmespeicherfähigkeit gemäss SN EN ISO 13786 Ziffer 7.2.2 ohne Berücksichtigung des Wärmeübergangswiderstandes R_{Si} für Wärmeschwankungen mit einer Periode von 24 h. Die Wärmespeicherfähigkeit wird auf die Energiebezugsfläche bezogen, damit einfache Rechenwerte angegeben werden können.

Tabelle 9 Wärmespeicherfähigkeit pro Energiebezugsfläche C/A_E : in $MJ/(m^2K)$ (Rechenwerte)

Bauweise	Beispiele	C/A_E
schwer	– mindestens zwei der drei thermisch aktiven Elemente (Decke, Boden, alle Wände) massiv und ohne Abdeckung	0,5
mittel	– mindestens eines der drei thermisch aktiven Elemente (Decke, Boden oder alle Wände) massiv und ohne Abdeckung – Holzbau: Blockbauweise	0,3
leicht	– Holzbau: Ständerbauweise	0,1
sehr leicht	– Industrie-Stahlbau	0,05

Zeitkonstante des Gebäudes τ (h)

Die Zeitkonstante, welche die thermische Trägheit des beheizten Raumes charakterisiert, ist gleich der Wärmespeicherfähigkeit geteilt durch den spezifischen Wärmeverlust des Gebäudes.

$$\tau = \frac{C}{H} = \frac{C/A_E}{H} A_E \frac{10^6}{3600 \text{ s/h}}$$

Wärmegewinn/-verlust-Verhältnis γ (-)

Verhältnis der Wärmegewinne zur Summe der Transmissions- und Lüftungswärmeverluste pro Berechnungsperiode (Monat).

$$\gamma = \frac{Q_g}{Q_{\text{tot}}}$$

Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne η_g (-)

Der Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne ist abhängig vom Verhältnis der Gewinne zu den Verlusten und von der thermischen Trägheit des Gebäudes. Simulationen haben ergeben, dass der Ausnutzungsgrad mit einer empirischen Formel beschrieben werden kann, welche diese Parameter enthält:

$$\eta_g = \frac{(1 - \gamma^a)}{(1 - \gamma^{a+1})} \quad \text{wenn } \gamma \neq 1$$

$$\eta_g = a/(a+1) \quad \text{wenn } \gamma = 1$$

γ Wärmegewinn/-verlust-Verhältnis

τ Zeitkonstante des Gebäudes

$$a = a_0 + (\tau/\tau_0) \quad (a_0, \tau_0 \text{ aus Tabelle 10})$$

Tabelle 10 Konstanten zur Bestimmung des Ausnutzungsgrads für Wärmegewinne

	a_0	τ_0 in h
für rund um die Uhr benutzte Gebäude (Standardnutzungen: Wohnen MFH, Wohnen EFH, Spitäler)	1,0	15
für nur während bestimmten Tageszeiten benutzte Gebäude (Standardnutzungen: Verwaltung, Schulen, Verkauf, Restaurants, Versammlungslokale, Industrie, Lager, Sportbauten, Hallenbäder)	0,8	70

JAHRESBILANZ

Monatliche Wärmeverluste

Monatliche Transmissionswärmeverluste Q_T (MJ/m^2)

$$Q_T = \frac{H_T \cdot \Delta\theta \cdot t_c \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 24 \text{ h/d}}{10^6 \cdot A_E}$$

Monatliche Lüftungswärmeverluste Q_V (MJ/m^2)

$$Q_V = \frac{H_V \cdot \Delta\theta \cdot t_c \cdot 3600 \text{ s/h} \cdot 24 \text{ h/d}}{10^6 \cdot A_E}$$

Monatliche Gesamtwärmeverluste Q_{tot} (MJ/m^2)

$$Q_{tot} = Q_V + Q_T$$

Monatliche Wärmegewinne Q_g (MJ/m^2)

Personen $Q_{iP} = Q_{iP,d} \cdot t_c$

Elektrisch $Q_{iEI} = Q_{iEI,d} \cdot t_c$

Interne Gewinne $Q_i = Q_{iP} + Q_{iEI}$

Solare Gewinne (G_s aus Klimadaten)

Horizontal $Q_{sH} = G_{sH} \frac{A_{sH}}{A_E}$

Süd $Q_{sS} = G_{sS} \frac{A_{sS}}{A_E}$

Ost $Q_{sE} = G_{sE} \frac{A_{sE}}{A_E}$

West $Q_{sW} = G_{sW} \frac{A_{sW}}{A_E}$

Nord $Q_{sN} = G_{sN} \frac{A_{sN}}{A_E}$

Solare Gewinne $Q_s = Q_{sS} + Q_{sE} + Q_{sW} + Q_{sN}$

Wärmegewinne Total $Q_g = Q_s + Q_i$

Genutzte Wärmegewinne Q_{ug} (MJ/m^2)

Anteil der monatlichen Wärmegewinne, die zu einer Verminderung des Heizwärmebedarfs führen.

$$Q_{ug} = Q_g \cdot \eta_g$$

η_g Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne (siehe Spezielle Eingabedaten)

Deckungsgrad durch Wärmegewinne f_{ug} (-)

Verhältnis der genutzten Gewinne zur Summe der Transmissions- und Lüftungsverluste

$$f_{ug} = Q_{ug} / Q_{tot}$$

Heizwärmebedarf Q_h (MJ/m^2)

$$Q_h = Q_{tot} - Q_{ug}$$

Name:

Vorname:

(auch auf allen Lösungsblättern angeben)

Bautechnologie III

Frühlingssemester 2008

Professur für Bauphysik HIL E 47.2

Doz. Dr. Heinrich Manz
Nikolai Artmann, dipl. Ing. TUM
Markus Ettlin, dipl. Arch. ETH
Lubos Krajci, Dr. dipl. Ing. TU
Katrín Leuenberger, dipl. Arch. ETH
Andreas Rubin, dipl. Arch. EPFL
Stephan Rutz, dipl. Arch. ETH

A R C H

Lösungsblatt Übung 01

Heizwärmebedarf nach SIA 380/1

Ausgabe: Mo 03.03.08

Betreuung: Mo 03.03.08, 12.45 - 16.00

Abgabe: Mit 05.03.08, 18.00

Aufgabe 1: Grenzwert und Zielwert für den Heizwärmebedarf

- a) Fläche gegen aussen: rot
 gegen unbeheizt: grün
 gegen beheizt: blau
- b) Thermisch gewichtete Gebäudehüllfläche A_{th}

	$A (m^2)$	b (-)	$A_{th} (m^2)$
Aussenwände			
Dach			
Boden			
Boden Kellertreppe	6.43		
Schotte Kellertreppe	5.82		
Innenwand Kellertreppe	5.82		
Kellertüre	3.14		
Thermisch gewichtete Gebäudehüllfläche			

- c) Energiebezugsfläche A_E

Gebäudehüllzahl A_{th}/A_E

d) Grenzwert für den Heizwärmebedarf $Q_{h,li}$

e) Grenzwert Klimastation Basel Binningen $Q_{h,li,korr}$

f) Zielwert für Neubauten $Q_{h,ta}$

Aufgabe 2: U-Werte

a) U-Wert Aussenwände

b) U-Wert Fenstertüren

Aufgabe 3: Wärmeverluste

a) Linienförmige Wärmebrücken der Fenster

b) Transmissionsverlustfaktor H_T

Verglaste Elemente	$A (m^2)$	$U (W/m^2K)$	$b (-)$	$H_{T,i} (W/K)$	Σ
Oblicht Patio	21.12	0.860	1	18.16	
Oblicht 1	0.806	0.860	1	0.69	
Oblicht 2	0.806	0.860	1	0.69	
Fenster 1	1.900		1		
Fenstertüre 2	1.955		1		
Türe 3	1.955	0.980	1	1.92	
Fenstertüre 4	1.955		1		
Fenster 5	2.664		1		
Fenstertüre 6	1.955		1		
Türe 7	1.955		1		
Opake Elemente	$A (m^2)$	$U (W/m^2K)$	$b (-)$	$H_{T,i} (W/K)$	Σ
Dach	73.21	0.134			
Aussenwand	57.50				
Boden	75.88	0.149			
Boden Patio	14.62	0.177			
Schotte Keller	5.82	0.435	0.8	2.03	
Innenwand Keller	5.82	0.20	0.8	0.93	
Boden Treppe	6.43	0.20	0.8	1.03	
Kellertüre	3.14	1.20	0.8	3.01	
Linienförmige Wärmebrücken	$L (m)$	$\Psi (W/mK)$	$b (-)$	$H_{T,i} (W/K)$	Σ
Fensteranschlag (o. Rollo)		0.08	1		
Fensteranschlag (m. Rollo)		0.20	1		
Fensteranschlag Oblicht Patio	18.60	0.06	1		
Fensteranschlag Oblichter 1, 2	7.56	0.05	1		
Boden/Schotte West	16.40	0.20	0.8	2.62	
Boden/Schotte Ost	12.34	0.08	0.8	0.79	
Boden/Innenwand (Bad, Küche)	3.52	0.23	0.8	0.65	
Punktförmige Wärmebrücken	$N (-)$	$\chi (W/K)$	$b (-)$	$H_{T,i} (W/K)$	Σ
Stahlstützen am Patio	2	0.27			
Transmissionsverlustfaktor H_T					

c) Aussenluftvolumenstrom \dot{V}/A_E

Speicherkapazität der Luft in Binningen (316 m ü.M.) $\rho_a \cdot c_a$

Lüftungsverlustfaktor H_V

d) Wärmeverlustfaktor H

Aufgabe 4: Wärmegewinne

a) Tägliche interne Wärmegewinne

Tägliche Wärmegewinne von Personen $Q_{iP,d}$

Tägliche Wärmegewinne von elektrischen Geräten $Q_{iEl,d}$

b) Für solare Gewinne wirksame Flächen A_s

	$A (m^2)$	$F_F (-)$	$g (-)$	$F_{S1} (-)$	$F_{S2} (-)$	$F_{S3} (-)$	$A_s (m^2)$
Oblicht Patio	21.12	0.64	0.360	1	1	1	4.866
Oblicht 1	0.806	0.50	0.369	1	1	1	0.149
Oblicht 2	0.806	0.50	0.369	1	1	1	0.149
Σ wirksame Gewinnfläche horizontal							5.163
Fenster 1	1.900	0.80					
Türe 2	1.955	0.80					
Türe 3	1.955	0.70					
Σ wirksame Gewinnfläche Süd							
Türe 4	1.955	0.80	0.459	0.94	1	1	0.675
Fenster 5	2.664	0.80	0.459	0.94	1	1	0.919
Türe 6	1.955	0.80	0.459	0.94	1	1	0.675
Türe 7	1.955	0.80	0.459	0.94	1	1	0.675
Σ wirksame Gewinnfläche Nord							2.944

Aufgabe 5: Jahresbilanz

a) Korrigierte Raumtemperatur $\theta_{i,korr}$

Mittlere Temperaturdifferenz im Januar $\theta_{i,korr} - \theta_{e,Jan}$

b) Transmissionswärmeverlust $Q_{T,Jan}$

Lüftungswärmeverlust $Q_{V,Jan}$

Gesamtwärmeverluste $Q_{tot,Jan}$

c) Wärmegewinne

Personen $Q_{iP,Jan}$

Elektrisch $Q_{iEl,Jan}$

Interne Gewinne $Q_{i,Jan}$

Solar horizontal $Q_{sH,Jan}$

Solar Süd $Q_{sS,Jan}$

Solar Nord $Q_{sN,Jan}$

Solare Gewinne $Q_{s,Jan}$

Wärmegewinne total $Q_{g,Jan}$

d) Zeitkonstante τ

e) Wärmegewinn/-verlust-Verhältnis γ_{Jan}

Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne $\eta_{g,Jan}$

f) Genutzte Wärmegewinne $Q_{ug,Jan}$

Deckungsgrad durch Wärmegewinne $f_{ug,Jan}$

g) Heizwärmebedarf $Q_{h,Jan}$

Jährlicher Heizwärmebedarf Q_h

Aufgabe 6: Vergleich mit Grenzwert und Zielwert

Jahresbilanz

		Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr
Länge der Berechnungsperiode, t_c	d	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
Temperaturdifferenz, $\theta_{l,korr} - \theta_e$	K		17.9	15.2	10.5	7.0	3.3	1.7	2.7	5.0	9.6	15.0	19.7	
Transmissionswärmeverlust, Q_T	MJ/m^2		19.32	18.16	12.14	8.36	3.82	2.03	3.23	5.78	11.47	17.35	23.54	
Lüftungswärmeverlust, Q_V	MJ/m^2		9.90	9.31	6.22	4.29	1.96	1.04	1.65	2.96	5.88	8.89	12.06	
Gesamtwärmeverlust, Q_{tot}	MJ/m^2		29.22	27.47	18.36	12.65	5.77	3.07	4.88	8.74	17.35	26.23	35.60	
Wärmegewinne Personen, Q_{iP}	MJ/m^2		1.41	1.56	1.51	1.56	1.51	1.56	1.56	1.51	1.56	1.51	1.56	
Wärmegewinne Elektrisch, Q_{iEL}	MJ/m^2		4.30	4.76	4.60	4.76	4.60	4.76	4.76	4.60	4.76	4.60	4.76	
Interne Wärmegewinne, Q_i	MJ/m^2		5.71	6.32	6.11	6.32	6.11	6.32	6.32	6.11	6.32	6.11	6.32	
Solare Gewinne Dach, Q_{sH}	MJ/m^2		4.84	8.56	12.79	15.55	17.27	18.23	14.88	11.07	7.43	3.58	2.77	
Solare Gewinne Süd, Q_{sS}	MJ/m^2		2.22	2.82	3.14	2.89	2.85	3.14	3.34	3.49	3.13	2.01	1.82	
Solare Gewinne Nord, Q_{sN}	MJ/m^2		0.80	1.26	1.74	2.49	2.76	2.71	1.86	1.44	1.15	0.63	0.58	
Solare Gewinne total, Q_s	MJ/m^2		7.85	12.65	17.67	20.94	22.88	24.08	20.09	16.01	11.70	6.23	5.17	
Wärmegewinne total, Q_g	MJ/m^2		13.56	18.96	23.78	27.26	29.00	30.40	26.40	22.12	18.02	12.34	11.49	
Gewinn-/Verlust-Verhältnis, γ	-		0.464	0.690	1.295	2.154	5.024	9.894	5.411	2.530	1.039	0.470	0.323	
Ausnutzungsgrad für Wärmegewinne, η_g	-		1.000	0.990	0.755	0.464	0.199	0.101	0.185	0.395	0.884	0.999	1.000	
Genutzte Wärmegewinne, Q_{ug}	MJ/m^2		13.55	18.77	17.95	12.65	5.77	3.07	4.88	8.74	15.93	12.34	11.49	
Deckungsgrad durch Wärmegewinne, f_{ug}	-		0.46	0.68	0.98	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	0.47	0.32	
Heizwärmebedarf, Q_h	MJ/m^2		15.67	8.70	0.41	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.41	13.90	24.12	