

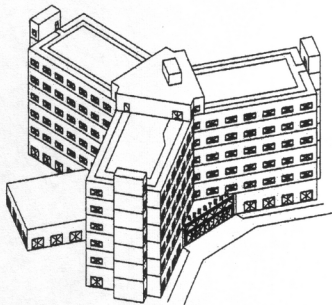


**Staatliche Technikerschule Berlin**

## **Projektarbeit**

### **Hotel Seestern**

Nordflügel Bettenhaus



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>VORWORT .....</b>	<b>3</b>
<b>1.BAUBESCHREIBUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>2.U- WERTE .....</b>	<b>5</b>
<b>VORGEHENSWEISE.....</b>	<b>6</b>
<b>3.KÜHLLASTBERECHNUNG .....</b>	<b>7</b>
3.1. VORBETRACHTUNG ZUR KÜHLLASTBERECHNUNG.....	7
3.2. BERECHNUNGSGRUNDLAGEN/ FESTLEGUNGEN.....	9
3.3. BESCHATTUNG DER FASSADE.....	10
3.4. BERECHNUNGSBEISPIELE .....	10
3.4.1.KÜHLLAST DER EINZELNEN RÄUME IM VERGLEICH .....	18
<b>4.HEIZLAST .....</b>	<b>19</b>
<b>5.ANLAGENAUSLEGUNG.....</b>	<b>21</b>
5.1. AUSLEGUNG GESAMT .....	21
5.2. ANLAGE RAUMWEISE.....	23
5.3. AUSLEGUNG IM H,X – DIAGRAMM .....	25
5.4. AUSLEGUNG MASSENSTRÖME .....	27
5.5. LUFTSTRÖME.....	29
5.6. LUFTAUSLÄSSE UND ABSAUGUNG INNERHALB DER GÄSTEZIMMER .....	29
5.7. ROHR-BZW. KANAL AUSLEGUNG .....	32
5.8. BRANDSCHUTZKLAPPEN .....	32

## Vorwort

Diese Projektarbeit dient dazu, dass im Unterricht erworbene Fachwissen praxisnah zu vertiefen. Die Ausarbeitung stellt die komplette Planung für den Einbau einer Klimaanlage in einem Hotel vor.

Für die Planung der Anlage ermittelten wir durch Berechnung die maximale Kühllast der Räume (Zeitpunkt der höchsten Kühllast) sowie die Heizlast des NW-Flügels des Hotels. Um die in den Räumen auftretenden Lasten abführen zu können, errechneten wir die notwendigen Massen- und Volumenströme.

Die Anlage wurde weiterhin im h,x-Diagramm für den Sommer und Winter ausgelegt. Die Luftauslässe für jeden Raum legten wir mit Hilfe der vorgenannten Werte fest und bestimmten, unter Beachtung der zulässigen Luftgeschwindigkeiten, das Rohr- bzw. Kanalsystem.

Die Ausarbeitung enthält Angaben über Größe und Einbauort von Brandschutzklappen, Volumenstromreglern, Schalldämpfern und der Klimazentrale auf dem Dach, sowie Zeichnungen des Hotelflügels einschließlich Rohr- und Kanalführung der Klimazentrale.

## Abstract

In this project the contents we have learned during our studies were applied and consolidated. In this elaboration you will find the complete planning of an air conditioning system for a hotel.

For the planning of the installation the maximum cooling load of the rooms

(i.e. the time of the highest cooling load) as well as the heating load of the north west wing of the hotel were calculated. To be able to exhaust the loads arising in the rooms we calculated the necessary mass flow and volume flow rates.

The building was laid out for summer- and winter operating conditions by using the h,x- diagram. With the help of the calculated values, the air outlets were specified for each room separately. In respect to the valid air speeds, we recalculated the pipework systems.

Below you will find the calculations, drafts and diagrams of the hotel, including the air pipework, information about size and location of the fire protection flaps, the flow rate controllers and the sound absorbers, as well as the construction manual of the central air conditioning system.

## 1. Baubeschreibung

Für das nachfolgende Projekt Hotel „Seestern“, sollte die Klimatisierung im Gästebereich durch eine geeignete Klimaanlage erfolgen. Der gesamte Bau ist freistehend, dass somit eine diffuse Bestrahlung durch großflächige Glasfassaden von Nachbargebäuden oder reflektierenden Wasserflächen vernachlässigt werden kann. Der Raumtyp „M“, der nach VDI 2078 eine mittlere Bauschwere aufweist, besitzt eine gute Speicherfähigkeit.

Der gesamte Bau besteht im Allgemeinen aus drei Flügeln, die über einen Mitteltrakt verbunden sind. Die Klimaanlage ist in der auf dem Dach vorhandenen Zentrale installiert. Die gesamte Außenwand ist zweischalig aufgebaut und wird an den jeweiligen Stirnseiten eines jeden Flügels durch ein sich vom EG bis über das Dach hinaus führende Treppenhaus begrenzt. In den Treppenhäusern ist in jeder Etage ein Stahlfenster mit Doppelverglasung (2-Scheiben Normalglas) mit einem U-Wert von  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  vorhanden.

Das 2-Schalige Außenmauerwerk ist innen mit  $1,5 \text{ cm}$  Kalkzementputz versehen, die anschließende tragende Wand besteht aus  $24 \text{ cm}$  Kalksandstein mit einer Rohdichte von  $1800 \text{ kg/m}^3$ . Auf dieser ist ein mineralischer Faserdämmstoff nach DIN 18165 Teil 1 (WLG 035) aufgebracht. Getrennt durch eine Luftschicht bildet eine  $2 \text{ cm}$  dicke, helle Marmorplatte nach außen hin den Abschluss. Somit sind die Außenfassaden eben und ohne Vorsprünge.

Jedes Hotelzimmer hat ein Wohn/ Schlafräum, in dem ein Außenfenster mit den Abmessungen  $2,51 \times 1,385 \text{ m}$  vorhanden ist. Diese Fenster sind durch eine zusätzliche aufgebrachte Reflexionsschicht an der Innenseite der Außenscheibe ein Sichtschutz und im Sommer Sonnenschutz bietet. In jedem Zimmer ist ein Bad vorhanden. Die Trennwände im Raum, sowie die Trennwände von Zimmer zu Zimmer und die an den Hotelflur grenzenden Wände sind aus  $24 \text{ cm}$  bzw.  $11,5 \text{ cm}$  Kalksandstein gefertigt, die beiderseits mit jeweils  $1,5 \text{ cm}$  dicken Kalkzementputz versehen sind. In den Räumlichkeiten befindet sich hinter der Zimmereingangstür ein aus  $11,5 \text{ cm}$  Kalksandstein gemauerter Installationsschacht. Dieser verläuft senkrecht vom Dach bis in das Erdgeschoß des Hotelgebäudes und dient der Installation von Versorgungsleitungen. Weitere Schächte befinden sich in dem Mitteltrakt jeweils rechts und links neben den Aufzügen.

Im gesamten Gebäude wurde eine Zwischendecke vorgesehen. Diese Decken bestehen aus einem  $2 \text{ cm}$  dicken Material. In den somit entstanden Hohlraum von  $61 \text{ cm}$  in der 1. bis 5. Etage und  $81 \text{ cm}$  im Erdgeschoß ist es möglich, den Hotelflur, den Mitteltrakt und die einzelnen Zimmer des Hotels mit der Klimaanlage zu versorgen.

Die Decken, beziehungsweise der Fußbodenaufbau, der die einzelnen Etagen voneinander trennt, bestehen aus  $18 \text{ cm}$  Stahlbeton auf dem  $4 \text{ cm}$  PUR- Hartschaum Platten verlegt wurden und anschließend ein Estrich von  $5 \text{ cm}$  aufgebracht ist. Der  $18 \text{ cm}$  dicke Stahlbeton, die  $10 \text{ cm}$  starke PUR- Dämmung und eine  $2 \text{ cm}$  dicke Bitumenbahn mit einer  $5 \text{ cm}$  hellen Kiesschicht bilden das Flachdach.

Der gesamte Gebäudekomplex wurde mittels der Klimaanlage auf eine ganzjährige Raumtemperatur von  $22 \text{ °C}$  ausgelegt. Da es sich um ein Hotel handelt, sind anfallende Schadstoffe wie Tabak nicht auszuschließen und wurden deshalb in der Auslegung mit berücksichtigt. Das gesamte Gebäude ist für Normaldruck ausgelegt.

Die genauen U- Werte zu weiteren Berechnungen, entnehmen Sie bitte aus den Tabellen auf Seite 5 dieses Projektes.



## 2.U- Werte

Außenwand:

U- Wert 0,35 W/ m<sup>2</sup>K

Schicht	D in m	$\lambda$ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W
Luft innen Übergang			0,13
Kalkzement-Putz	0,015	0,70	0,0214
Kalksandstein	0,240	0,99	0,2424
Steinwool-Dämmung	0,080	0,035	2,2857
Luftschicht	0,020	0,16	0,1429
Fassadenplatte aus Marmor	0,020	3,50	0,0057
Luft außen Übergang			0,0400
$R_s =$			2,8681 m <sup>2</sup> K/W
<b>U = 0,35</b>			<b>W/ m<sup>2</sup>K</b>

Innenwände:

U- Wert 1,83 W/ m<sup>2</sup>K

Schicht	d in m	$\lambda$ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W
Luft innen Übergang			0,13
Kalkzement-Putz	0,015	0,70	0,0214
Kalksandstein	0,240	0,99	0,2424
Kalkzement-Putz	0,015	0,70	0,0214
Luft außen Übergang			0,13
$R_s =$			0,5452 m <sup>2</sup> K/W
<b>U = 1,83</b>			<b>W/ m<sup>2</sup>K</b>

Fenster:

U- Wert 1,0 W/m<sup>2</sup>K

Türen:

U- Wert 2,36 W/m<sup>2</sup>K

Decken und Fußböden:

U- Wert 0,18 W/ m<sup>2</sup>K

Schicht	d in m	$\lambda$ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W
Luft innen Übergang			0,10
Estrich	0,05	1,4	0,04
Hartschaum	0,040	0,035	1,14
Stahlbeton	0,180	2,10	0,09
Luftraum	0,610	0,17	3,59
Dämmplatte	0,020	0,04	0,50
Luft außen Übergang			0,04
$R_s =$			5,49 m <sup>2</sup> K/W
<b>U = 0,18</b>			<b>W/ m<sup>2</sup>K</b>

Dach:

U- Wert (Winter) 0,31 W/ m<sup>2</sup>K, (Sommer) 0,30 W/ m<sup>2</sup>K

Schicht	d in m	$\lambda$ W/mK	R m <sup>2</sup> K/W
Luft innen Übergang			0,10/0,17
Normalbeton	0,180	2,10	0,0857
Hartschaum	0,100	0,035	2,8571
Bitumendachbahn	0,020	0,17	0,1176
Kies	0,050	0,70	0,0714
Luft außen Übergang			0,0400
$R_s =$			3,27 / 3,34 m <sup>2</sup> K/W
<b>U = 0,31/ 0,30</b>			<b>W/ m<sup>2</sup>K</b>

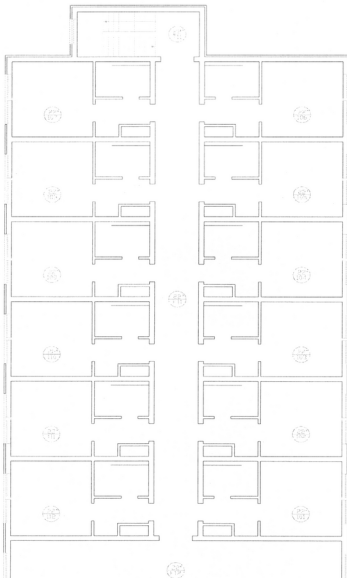
## Vorgehensweise

Um die Kühllast ermitteln zu können, sind einige Informationen über das Gebäude und den Standort des Gebäudes notwendig. Viele Informationen bekommt man aus den Bauzeichnungen, z.B. alle Maße. Nach dem ermitteln der Himmelsrichtung der einzelnen Räume, deren Grundflächen, den U- Werten der Bauteile, Art und Anzahl der Fenster wird die innere Kühllast mittels Formblatt A errechnet.

- Ermitteln der inneren Lasten durch Personen, Maschinen, Wärmequellen
- Beleuchtungsquellen und Beleuchtungszeit festlegen (durch Flächen oder Vorgabe)
- Den Zeitpunkt der maximalen Last bestimmen durch abschätzen oder berechnen der einzelnen Lasten (Sonnenstrahlung, innere Lasten)

Die Vergleichsberechnung einer angenommenen Südfassade im September ergab eine etwas erhöhte Kühllast bedingt durch Sonneneinstrahlung. Da wir aber keine reine Südfassade haben, konnten wir den Juli als Berechnungsmonat heranziehen. Danach kann mit den Formblättern B und C die äußere Kühllast errechnet werden. Hier erfolgt ein Vergleich, ob ein anderer Zeitpunkt eventuell eine größere Kühllast bringt. Wir haben die Kühllast über 24 Stunden berechnet und den Zeitpunkt der höchsten Last zur weiteren Auslegung genommen.

Die Gesamtkühllast für das Gebäude wird aus den Kühllasten der Räume berechnet. Nachdem die Kühllast ermittelt wurde erfolgt die Bestimmung der Größe der Anlage mittels der Formblätter D, E und F sowie dem h,x- Diagramm. Aus den errechneten Massenströmen kann z.B. die Größe des Nacherhitzers sowie die Flächen der Kanäle bestimmt werden.



Nebenstehen ist die von uns gewählte Raumnummerierung dargestellt. Die letzte Zahl der Raumnummer entspricht gleichzeitig der jeweiligen Strangnummer (Beispiel Raum 104 = Strang 4).

Gleichzeitig kann man sich für die Berechnung auf 8 Räume beschränken, da die Räume 101- 105 ; 108 – 112 in der 1-4 Etage Baugleich sind.

Baugleich sind auch die sich in der 5. Etage befindlichen Räume 501 – 505 sowie die Räume 508 – 512 .

Die Räume an der Stirnseite eines jeden Flügels mit der Endziffer „7“ sind von der 1. – 4. Etage identisch und werden durch das Treppenhaus begrenzt. Die 5.Etage wird nach oben außerdem durch das Dach abgegrenzt. Die mit der Endziffer „6“ gekennzeichneten Räume sind ebenfalls von der 1.-4. Etage Baugleich außer der zum Dach hin angrenzende Raum.

### 3. Kühllastberechnung

#### 3.1. Vorbetrachtung zur Kühllastberechnung

Wir hatten die Aufgabe, die Kühllast des nordwestlich gelegenen Flügels ( 1.- 5. Etage ) vom Hotel „ Seestern “ Berlin zu ermitteln. Im genannten Hotelflügel gibt 60 Zimmer mit gleicher Größe und Ausstattung. Anhand der Lage der Zimmer stellten wir fest, dass nur 8 Zimmertypen eine unterschiedliche Kühllast aufweisen können. Nachfolgend sind die Zimmer aufgeführt die uns zur Berechnung dienen.

Raum Nr.

- 104 1 Fassadenseite mit Fenster nach NO, von allen anderen Seiten eingebaut von weiteren Zimmern
- 106 1 Fassadenseite mit Fenster nach NO, 1 Fassadenseite nach NW, von allen anderen Seiten eingebaut
- 107 1 Fassadenseite mit Fenster nach SW, 1 Fassadenseite nach NW, von allen anderen Seiten eingebaut
- 109 1 Fassadenseite mit Fenster nach SW, von allen anderen Seiten eingebaut
  
- 504 Lage wie Zimmer 104 mit Dach
- 506 Lage wie Zimmer 106 mit Dach
- 507 Lage wie Zimmer 107 mit Dach
- 509 Lage wie Zimmer 109 mit Dach

Zusätzlich berechneten wir die Kühllast für den Hotelflur auf jeder Etage. Für die Berechnung wurde jedes einzelne Zimmer in Bauteile zerlegt. Die Bezeichnung der Bauteile und die Verteilung auf die jeweiligen Zimmer können sie der folgenden Tabelle (Seite 8) entnehmen.

Raum	Bauteil	Räume im Gebäude mit ähnlicher Lage															
		Innere Kühllast Wohnbereich	Innere Kühllast Bad	Innere Kühllast Flur	Innere Kühllast Hotelflur	Innere Kühllast durch Wände Hotelflur	Äußere Kühllast durch Fenster NO	Äußere Kühllast durch Fenster SW	Äußere Kühllast durch Wände NO	Äußere Kühllast durch Wände SW	Äußere Kühllast durch Wände NW	Äußere Kühllast durch Wände NW	Äußere Kühllast vom Dach Wohnbereich	Äußere Kühllast vom Dach Bad	Äußere Kühllast vom Dach Flur	Äußere Kühllast durch Dächer Hotelflur	
Raum 104	20	x	x	x		x	x										
Raum 106	4	x	x	x		x		x		x	x						
Raum 107	4	x	x	x				x		x	x	x					
Raum 109	20	x	x	x				x		x							
Raum 504	5	x	x	x		x		x				x	x	x			
Raum 506	1	x	x	x		x		x		x		x	x	x			
Raum 507	1	x	x	x				x		x	x		x	x	x		
Raum 509	5	x	x	x				x		x			x	x	x		
Hotelflur	4					x	x										
Hotelflur 5. OG	1					x	x										x

x) Bauteil ist im Raum vorhanden

Die inneren Kühllasten sind in allen Zimmern gleich hoch. Unterschiede in der Kühllast der einzelnen Zimmer ergeben sich nur durch die unterschiedlichen Fassadenausrichtung und die damit verbundene unterschiedliche Sonneneinstrahlung. In dem Zimmer der oberen Etage kommt es auf Grund der Sonneneinstrahlung auf das Dach zu einer erhöhten Kühllast.

### 3.2. Berechnungsgrundlagen/ Festlegungen

Standort:	Berlin
<i>Innere Kühllast</i>	
Berechnungszeitpunkt (ganztägig):	0 <sup>00</sup> - 24 <sup>00</sup> Uhr
Kühllastzone:	3
Gewünschte Raumlufttemperatur:	22 °C
Raumtyp:	„M“ mittel
Personenzahl:	2 (Gästezimmer/ Hotelflur)
Aktivitätsgrad:	I
Art der Leuchten:	Leuchtstofflampe unbelüftet, angebaut (30% Konvektivanteil)
Beleuchtungszeit:	8 <sup>00</sup> - 20 <sup>00</sup> Uhr
Gleichzeitigkeitsfaktor Wohn/ Schlafräum:	0,34 (4,74 m <sup>2</sup> / 14,14 m <sup>2</sup> )
Gleichzeitigkeitsfaktor Bad:	1,00
Gleichzeitigkeitsfaktor Flur:	1,00
Der Raum kann von außen 2,50 m tief durch Tageslicht beleuchtet werden	

#### *Geräte*

Stehlampe, Gästezimmer:	2x 80 Watt, Gleichzeitigkeitsfaktor 0,34 (s.O.)
Fön, Bad:	2000 Watt, Gleichzeitigkeitsfaktor 0,25 (15 min Benutzung/ Stunde)

#### *Äußere Kühllast*

Himmelsrichtung:	NO, SW, NW
Monat der Berechnung:	Juli
Max. Außenlufttemperatur:	32 °C
Mittlere Außenlufttemperatur:	24,6 °C
Wärmedurchgangskoeffizient:	Fenster 1,0 W/ m <sup>2</sup> K
Maueröffnungsmaß Fenster:	3,48 m <sup>2</sup>
Fensterbauart:	Stahlfenster (Doppelverglasung) 2,51 m x 1,385 m
Glasflächenanteil:	0,88
Glasfläche je Fenster:	3,06 m <sup>2</sup>
Sonnenschutz:	Reflexionsschicht an Außenscheibe (Metalloxid)
Durchlassfaktor b:	0,55 (Tabelle A 13)

#### *Wand- und Dachflächen*

Außenwand NO:	11,56 m <sup>2</sup> (ohne Fenster)
Außenwand SW:	11,56 m <sup>2</sup> (ohne Fenster)
Außenwand NW:	25,08 m <sup>2</sup>
Dachfläche Gästezimmer:	24,00 m <sup>2</sup>
Dachfläche Hotelflur:	44,76 m <sup>2</sup>
Wärmedurchgangskoeffizient:	siehe Punkt 2.
Wandausführung:	3 d (Tabelle A17)
Bauartklasse:	6
Zeitkorrektur:	0 h
Dachausführung:	1.2 c (Tabelle A20)
Bauartklasse:	6
Zeitkorrektur:	0 h
Korrektur II:	hell getönte Wand und hell getöntes Dach (Tabelle A19/A22)

### 3.3. Beschattung der Fassade

Auf Grund des Sonnenstandes kommt es auf den beiden Fassaden zu einer unterschiedlichen Beschattung.

In unserem Berechnungsmonat Juli ist auf der nordöstlichen Fassade nur mit einer geringen Sonneneinstrahlung in der Zeit von 6:00- 9:00 Uhr zu rechnen. Ab 9:00 Uhr beginnt langsam ein Schatten auf die Fassade zu fallen.

Ab 11:00 Uhr ist auf der Nordwest-Fassade keine Sonne mehr. Im Gegensatz dazu beginnt um ca. 11:00 Uhr die Sonneneinstrahlung auf der südwestlichen Fassadenseite. Diese Fassade wird bis ca. 20:30 Uhr besonnt.

### 3.4. Berechnungsbeispiele

In diesem Abschnitt erläutern wir die Durchführung der Kühllastberechnung anhand von einem Hotelzimmer. Der Berechnungszeitraum wird von uns mit 16:00 Uhr gewählt. Für die Berechnung nutzen wir die Formblätter A, B und C sowie rechnergestützte Auswertungen.

#### 1. Raum 509 Wohnbereich:

Der Wohnbereich des Zimmers setzt sich aus folgenden Bauteilen zusammen.

- Innere Kühllast
- Äußere Kühllast durch Fenster Ausrichtung SW
- Äußere Kühllast durch Wände Ausrichtung SW
- Äußere Kühllast durchs Dach

Auf den nachfolgenden Seiten befinden sich die Berechnungen zu jedem Bauteil in dem dafür vorgesehenen Formblatt.

Die gewählten Kühllastfaktoren  $S_i$  für innere Raumbelastungen entsprechen nicht der VDI 2078. Die für dieses Projekt zur Verfügung gestellten  $S_i$  Werte für den Berechnungszeitpunkt 16:00 Uhr sind in der Tabelle auf dieser Seite dargestellt.  
Kühllastfaktoren Raumtyp „M“ (Näherung)

Beginn: 6:00 Uhr Ende: 20:00 Uhr

Konvektivanteil in %			Si Werte für 16:00 Uhr
Möblierung	Leuchten	Innere Lasten	
20	0	0	0,88
20	30	30	0,89
20	50	50	0,92

## Innere Kühllast Wohnbereich 509

## Formblatt A

Formblatt A		Innere Kühllast Wohnbereich		509
Innere Kühllast		VDI 2078		
Uhrzeit	z	Uhr	Berechnungszeitpunkt	16:00
Kühllastzone	-	-	Bild 2	3
momentane Außenlufttemperatur	$\vartheta_{La}$	°C	Bild 3.1, Bild 3.2, Tabelle A8, A25	32,0
Raumlufttemperatur	$\vartheta_{Ra}$	°C	DIN 1946, konstant	22
Aktivitätsgrad	-	-	-	1
spezifische Baumasse	m	kg/m <sup>3</sup>	siehe VDI 2078	
Raumtyp (XL, L, M, S)	-	-	Abschätzung nach Tabelle 3	M
Nutzungszeit	Uhr	-	-	2
Personenzahl	n	Personen	Belegungsplan	2
Wärmeabgabe (sensibel)	$q_{pw}$	W/Person	Tabelle A1	90
Wärmeabgabe (latent)	$q_{pr}$	W/Person	Tabelle A1	30
Wärmeabgabe (gesamt)	$q_{p\text{ges}}$	W/Person	Tabelle A1	120
Wasserdampfabgabe	$m_p$	g/h	Tabelle A1	40
Kühllastfaktor für innere Lasten	$S_i$	-	Tabelle A5, Konvektivanteil 50%	0,92
<b>Wärmeabgabe der Personen</b>	$Q_p$	W	$Q_p = n \cdot q_{pw} \cdot S_i$	<b>166</b>
Art der Leuchten	-	-	Tabelle A3	Leuchtstoffl.
Systemichtausbeute	$\eta$	lm/W	Tabelle A3 ( $\text{lm}^2/\text{m}^2 \cdot \text{lx}$ )	60
Beleuchtungswirkungsgrad	$\eta_{\text{B}}$	-	Tabelle A3	0,54
bezogene Anschlußleistung	p	W/m <sup>2</sup> klx	$p = 1,25 \cdot 1000 (\text{lx}/\text{klx}) / \eta \cdot \eta_{\text{B}}$ oder Tabelle A3	38,6
Grundfläche des Raumes	A	m <sup>2</sup>	Länge x Breite	14,15
Nennbeleuchtungsstärke	$E_N$	Klx	Tabelle A2	0,5
Anschlußleistung	P	W	$P = E_N \cdot p \cdot A$	272,9
Gleichzeitigkeitsfaktor	l	-	Betriebserfahrungen z.B.: $A_{\text{Beleuchtung}} / A_{\text{Raumboden}}$	0,34
Absaugung über / durch Luftdurchsatz	L	m <sup>3</sup> / h W	Tabelle A4, $L = V_{\text{Abblut}} / P$	
Raumbelastungsgrad	$\mu_{\text{B}}$	-	Tabelle A4	1
Zuluft im Deckenbereich	$f_1$	-	Tabelle A4, Fußnote, $f_1 = 1.3$	1
Erdgeschöbfaktor	$f_2$	-	Tabelle A4, Fußnote, $f_2 = 0.9$ freihängend = 50 % in Decke ein- / angebaut = 30 % Abluftleuchten = 0 %	1
Konvektivanteil bei Leuchtenanordnung	-	-		30
Beleuchtungszeit / Beginn / Ende	-	Uhr	Bauherr bzw. Erfahrungswert	08:00
Kühllastfaktor	$S_i$	-	Bauherr bzw. Erfahrungswert	20:00
<b>Beleuchtungswärme</b>	$Q_B$	W	Tabelle A5 $Q_B = P \cdot l \cdot \mu_{\text{B}} \cdot S_i \cdot (f_1 \cdot f_2)$	0,89
Nennleistung	$P_j$	W	Wellenleistung Anschlussleistung	160
mittlerer Motorwirkungsgrad	$\eta_j$	-	Tabelle A6	1
Belastungsgrad	$\mu_{\text{M}}$	-	wirkl. mittl. Leistung / Nennleistung	1
Gleichzeitigkeitsfaktor	l	-	Maschinenlaufzeit / Betrachtungszeit	0,34
Konvektivanteil der Maschine	-	%	Herstellerangaben, Erfahrungswerte	
Kühllastfaktor	$S_i$	-	Tabelle A5	0,92
<b>Maschinen- und Gerätewärme</b>	$Q_M$	W	$Q_M = l \cdot S_i \cdot \Sigma_j [ (P_j / \eta_j) \cdot \mu_{\text{M}} ]$	<b>49</b>
Massenstrom	m	kg/h		
spez. Wärmekapazität	c	kJ/kgK	mit Bauherrn klären	
Eintrittstemperatur	$\vartheta_E$	°C		
Austrittstemperatur	$\vartheta_A$	°C		
Kühllastfaktor	$S_i$	-	Tabelle A5, Erfahrungswerte	
<b>Stoffdurchsatz durch den Raum</b>	$Q_U$	W	$Q_U = m \cdot c \cdot (\vartheta_E - \vartheta_A) \cdot S_i$	0
Wärmedurchgangskoeffizient	k	W/m <sup>2</sup> K	DIN 4108, DIN 4701	
Wärmeaustauschende Innenfläche	A	m <sup>2</sup>	(b * Geschöbhhöhe) oder (1 * b)	
Nebenraumtemperatur	$\vartheta_{L,R,N}$	°C	Tabelle A7	
<b>Wärme durch Innenflächen</b>	$Q_R$	W	$Q_R = k \cdot A \cdot (\vartheta_{L,R,N} - \vartheta_{Ra})$	0
Sonstige Wärmezu- und abfuhr	$Q_C$	W Uhr	mit Bauherrn klären	16:00
<b>Innere Kühllast Wohnbereich</b>		W		<b>296</b>

## Äußere Kühllast durch Fenster Wohnbereich 509

Formblatt B

Äußere Kühllast (I)	Wohnbereich 509		VDI 2078
Himmelsrichtung	-	-	Bauzeichnung / Lageplan
Monat der Berechnung	-	-	Tabelle A11, (A9, A10)
Uhrzeit	z	Uhr	Berechnungszeitpunkt, Tabelle 16
Außenlufttemperatur	$\theta_{1,a}$	°C	Bild 3.1, Bild 3.2, Tabelle A8 „A25“
Raumlufttemperatur	$\theta_{R,L}$	°C	DIN 1946, konstant
Bauart (XL, L, M, S)	-	-	Abschätzung nach Tabelle 3
Kühllastzone	Zone	-	Bild 2, Tabelle 1
maximale Außenlufttemperatur	$\theta_{1,a,max}$	°C	Tabelle, Skript Seite 18
mittlere Außenlufttemperatur	$\theta_{1,a,m}$	°C	Tabelle, Skript Seite 18
Wärmedurchgangskoeffizient	$k_f$	W/m <sup>2</sup> K	DIN 4108, DIN 4701
Maueröffnungsmaß - Fenster	$A_{M,z}$	m <sup>2</sup>	Rohbaumaß eines Fensters
Fensteranzahl	Anzahl	Stück	Gesamt oder in einer Wand
Maueröffnungsmaß - Gesamt	$A_M$	m <sup>2</sup>	$A_M = A_{M,z} \cdot \text{Anzahl}$
<b>Transmission durch Fenster</b>	$Q_T$	W	$Q_T =$
<b>Beschattungsrechnung</b>			für unbeschattete Fenster gilt $A_1 = A$
Fensterbauart	-	-	Tabelle A12
Glasflächenanteil	$g_g$	-	Tabelle A12, siehe $A_{M,z}$
gesamte Glasfläche	A	m <sup>2</sup>	$A = g_g \cdot A_{M,z}$ , Maueröffnungen
Sonnenazimut	$\alpha_s$	°	Tabelle A15
Wandazimut	$\alpha_w$	°	Tabelle A14
horizontaler Eintrittswinkel	b	°	$b = \alpha_s - \alpha_w$ -90° ≤ b ≤ +90°, besonnt sonst unbesonnt, → $A_1 = 0$
Sonnenhöhe	h	°	Tabelle A15
spezifische Schattenlänge	$s_1$	-	Bild 7, $s_1 = \tan  b $
spezifische Schattenlänge	$s_2$	-	Bild 7, $s_2 = \tan h / \cos  b $
seitliches Vorsprungsmaß	d	m	Bauzeichnung
Schattenlänge	$e_1$	m	$e_1 = s_1 \cdot d$ siehe
oberes Vorsprungsmaß	c	m	Bauzeichnung Bild 5,
Schattenlänge	$e_2$	m	$e_2 = s_2 \cdot c$ Skript S. 40
seitlicher Abstand	b	m	Bauzeichnung
oberer Abstand	f	m	Bauzeichnung
( $e_1 - b$ )	x	m	ist $x = (e_1 - b) < 0$ und
( $e_2 - f$ )	y	m	$y = (e_2 - f) < 0$ , dann $A_1 = A$
Fensterbreite	B	m	Bauzeichnung
Fensterhöhe	H	m	Bauzeichnung
besonnte Fensterglasfläche	$A_{1,z}$	m <sup>2</sup>	$A_{1,z} = [B \cdot x] \cdot [H - y]$
<b>besonnte Glasfläche</b>	$A_1$	m <sup>2</sup>	$A_1 = A_{1,z} \cdot \text{Anzahl}$
max. Gesamtstrahlung	$I_{max}$	W/m <sup>2</sup>	Tabelle A11
max. Diffusstrahlung	$I_{diff,max}$	W/m <sup>2</sup>	Tabelle A11, Nordrichtung
Durchlassfaktor	b	-	Tabelle A13, z.B.: $b = b_1 \cdot b_2$
Sonnenschutz	-	-	Tabelle A16, (innen, außen, ohne)
Kühllastfaktor für äußere Strahlungslasten	$S_1$	-	Tabelle A16
<b>Kühllast durch Strahlung</b>	$Q_S$	W	$Q_S$
			16:00
<b>Äußere Kühllast durch Fenster</b>	SW		521



## Äußere Kühllast durch Wände Wohnraum 509

Formblatt C

Äußere Kühllast (II)	Äußere Kühllast durch Wände			VDI 2078
Himmelsrichtung	-	-	Bauzeichnung, Lageplan	16:00 SW
Berechnungsmonat	-	-	Tabelle A11, siehe Formblatt B	Juli
Wand- / Dachfläche	A	m <sup>2</sup>	(b·Geschoßhöhe) oder (l·b), ohne A <sub>M</sub>	11,56
Wärmedurchgangskoeffizient	k	W/m <sup>2</sup> K	(Tabelle A17)	0,35
Wand- oder Dachausführung	-	-	Tabelle A17, A20	3b
Bauartklasse	-	-	Tabelle A17, A20	6
Zeitkorrektur	Δz	h	Tabelle A17, A20	0
Uhrzeit	z	Uhr	Berechnungzeitpunkt, Formblatt B	16 Uhr
Ablesezeit	z'	Uhr	$z' = z + \Delta z, \Delta \vartheta_{Rq}(z') = \Delta \vartheta_{Rq}(z + \Delta z)$	16 Uhr
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \vartheta_{Rq}(z')$	°C	Tabelle A18, A21	5,4
<b>Korrektur I (Temperaturen)</b>				
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \vartheta_{Rq}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq} = \Delta \vartheta_{Rq}(z')$	5,4
mittlere Außenlufttemperatur	$\vartheta_{L,am}$	°C	Tabelle A8, (siehe auch Skript S. 18)	24,6
Raumlufttemperatur	$\vartheta_{RL}$	°C	DIN 1946, konstant	22
Sommer	$\Delta \vartheta_{Rq,1}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,1} = \Delta \vartheta_{Rq} + (\vartheta_{L,am} - 24,5) + (22 - \vartheta_{L,R})$	5,5
September für die Südseite	$\Delta \vartheta_{Rq,1 \text{ Sept}}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,1} = \Delta \vartheta_{Rq} + (\vartheta_{L,am} - 18,5) + (22 - \vartheta_{L,R})$	
September ohne Südseite	$\Delta \vartheta_{Rq,1 \text{ Sept}}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,1} = \Delta \vartheta_{Rq} + (\vartheta_{L,am} - 24,5) + (22 - \vartheta_{L,R})$	
<b>Korrektur II (Oberflächen)</b>				
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \vartheta_{Rq}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq} = \Delta \vartheta_{Rq}(z')$ oder $\Delta \vartheta_{Rq,1}$	5,5
Korrekturwert	$\Delta \vartheta_{Rq,as}$	°C	Tabelle A19, A22	2,1
Hellgetönte Wand	$\Delta \vartheta_{Rq,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,2} = \Delta \vartheta_{Rq}$	5,5
Dunkelgetönte Wand	$\Delta \vartheta_{Rq,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,2} = \Delta \vartheta_{Rq} + \Delta \vartheta_{Rq,as}$	
Weißer Wand	$\Delta \vartheta_{Rq,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,2} = \Delta \vartheta_{Rq} - \Delta \vartheta_{Rq,as}$	
Metallisch blanke Wand	$\Delta \vartheta_{Rq,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,2} = \Delta \vartheta_{Rq} + \Delta \vartheta_{Rq,as} + 2,0$	
Dunkles Dach	$\Delta \vartheta_{Rq,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,2} = \Delta \vartheta_{Rq}$	
Hellgetöntes Dach	$\Delta \vartheta_{Rq,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,2} = \Delta \vartheta_{Rq} - \Delta \vartheta_{Rq,as}$	
Weißes Dach	$\Delta \vartheta_{Rq,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,2} = \Delta \vartheta_{Rq} - 2 \cdot \Delta \vartheta_{Rq,as}$	
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \vartheta_{Rq,*}$	°C	$\Delta \vartheta_{Rq,*} = \Delta \vartheta_{Rq}(z')$ oder $\Delta \vartheta_{Rq,1}$ oder $\Delta \vartheta_{Rq,2}$	5,5
<b>Kühllast durch Außenwände</b>	Q <sub>w</sub>	W	$Q_w = k \cdot A \cdot \Delta \vartheta_{Rq,*}$	22
<b>und Dächer</b>				
<b>Zusammenstellung</b>				16:00
<b>Äußere Kühllast d. Wände</b>	<b>SW</b>			<b>22</b>

## Äußere Kühllast durch das Dach Wohnraum 509

Formblatt C

Äußere Kühllast (II)	Äußere Kühllast durchs Dach			VDI 2078
Himmelsrichtung	-	-	Bauzeichnung, Lageplan	16:00
Berechnungsmonat	-	-	Tabelle A11, siehe Formblatt B	Juli
Wand- / Dachfläche	A	m <sup>2</sup>	(b·Geschoßhöhe) oder (l·b), ohne A <sub>M</sub>	14,14
Wärmedurchgangskoeffizient	k	W/m <sup>2</sup> K	(Tabelle A17)	0,3
Wand- oder Dachausführung	-	-	Tabelle A17, A20	1.2c
Bauartklasse	-	-	Tabelle A17, A20	6
Zeitkorrektur	$\Delta z$	h	Tabelle A17, A20	0
Uhrzeit	z	Uhr	Berechnungzeitpunkt, Formblatt B	16 Uhr
Ablesezeit	z'	Uhr	$z' = z + \Delta z \cdot \Delta \theta_{Bq}(z) = \Delta \theta_{Bq}(z + \Delta z)$	16 Uhr
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \theta_{Bq}(z')$	°C	Tabelle A18, A21	13,7
<b>Korrektur I (Temperaturen)</b>				
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \theta_{Bq}$	°C	$\Delta \theta_{Bq} = \Delta \theta_{Bq}(z')$	13,7
mittlere Außenlufttemperatur	$\theta_{L,am}$	°C	Tabelle A8, (siehe auch Skript S. 18)	24,6
Raumlufttemperatur	$\theta_{RL}$	°C	DIN 1946, konstant	22
Sommer	$\Delta \theta_{Bq,1}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,1} = \Delta \theta_{Bq} + (\theta_{L,am} - 24,5) + (22 - \theta_{1,R})$	13,8
September für die Südseite	$\Delta \theta_{Bq,1 \text{ Sept}}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,1} = \Delta \theta_{Bq} + (\theta_{L,am} - 18,5) + (22 - \theta_{1,R})$	
September ohne Südseite	$\Delta \theta_{Bq,1 \text{ Sept}}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,1} = \Delta \theta_{Bq} + (\theta_{L,am} - 24,5) + (22 - \theta_{1,R})$	
<b>Korrektur II (Oberflächen)</b>				
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \theta_{Bq}$	°C	$\Delta \theta_{Bq} = \Delta \theta_{Bq}(z')$ oder $\Delta \theta_{Bq,1}$	13,8
Korrekturwert	$\Delta \theta_{Bq,as}$	°C	Tabelle A19, A22	3,9
Hellgetönte Wand	$\Delta \theta_{Bq,2}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,2} = \Delta \theta_{Bq}$	
Dunkelgetönte Wand	$\Delta \theta_{Bq,2}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,2} = \Delta \theta_{Bq} + \Delta \theta_{Bq,as}$	
Weißer Wand	$\Delta \theta_{Bq,2}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,2} = \Delta \theta_{Bq} - \Delta \theta_{Bq,as}$	
Metallisch blanke Wand	$\Delta \theta_{Bq,2}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,2} = \Delta \theta_{Bq} + \Delta \theta_{Bq,as} + 2,0$	
Dunkles Dach	$\Delta \theta_{Bq,2}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,2} = \Delta \theta_{Bq}$	
Hellgetöntes Dach	$\Delta \theta_{Bq,2}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,2} = \Delta \theta_{Bq} - \Delta \theta_{Bq,as}$	9,9
Weißes Dach	$\Delta \theta_{Bq,2}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,2} = \Delta \theta_{Bq} - 2 \cdot \Delta \theta_{Bq,as}$	
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \theta_{Bq,*}$	°C	$\Delta \theta_{Bq,*} = \Delta \theta_{Bq}(z')$ oder $\Delta \theta_{Bq,1}$ oder $\Delta \theta_{Bq,2}$	9,9
Kühllast durch Dächer	Q <sub>w</sub>	W	Q <sub>w</sub> = k · A · $\Delta \theta_{Bq,*}$	42
				16:00
<b>Äußere Kühllast d. Dach</b>	<b>NW</b>			<b>42</b>

Durch Addition der Werte für jedes Bauteil erhält man die Kühllast für den Raum. Es ist deutlich erkennbar das obwohl ein Sonnenschutz vorhanden ist, die Sonneneinstrahlung durch das Fenster sehr hoch ist.

Innere Kühllast	296 W
Äußere Kühllast durch Fenster Ausrichtung SW	521 W
Äußere Kühllast durch Wände Ausrichtung SW	22 W
Äußere Kühllast durchs Dach	42 W
<b>Gesamtkühllast des Raumes um 16:00 Uhr</b>	<b>881 W</b>

## 2. Raum 506 Bad: Das Bad des Zimmers setzt sich aus folgenden Bauteilen zusammen.

- Innere Kühllast
- Äußere Kühllast durch Wände Ausrichtung NW
- Äußere Kühllast durchs Dach

Die Personen Zahl im Bad haben wir mit 0 angesetzt, man müsste eigentlich eine Gleichzeitigkeit für die Personen festlegen (z.B. Wohnraum 1,5; Bad 0,4 und Flur 0,1). Wir haben dies vernachlässigt und ständig mit 2 Personen im Wohnraum gerechnet.

### Innere Kühllast Bad 506

### Formblatt A

Formblatt A	Innere Kühllast Wohnbereich			509
Innere Kühllast	VDI 2078			
Uhrzeit	z	Uhr	Berechnungszeitpunkt	16:00
Kühllastzone	-	-	Bild 2	3
momentane Außenlufttemperatur	$\theta_{La}$	°C	Bild 3.1, Bild 3.2, Tabelle A8, A25	32,0
Raumlufttemperatur	$\theta_{Ra}$	°C	DIN 1946, konstant	22
Aktivitätsgrad	-	-	-	1
spezifische Baumasse	m	kg/m <sup>3</sup>	siehe VDI 2078	-
Raumtyp( XL , L , M , S)	-	-	Abschätzung nach Tabelle 3	M
Nutzungszeit	Uhr	-	-	24 Stunden
Personenzahl	n	Personen	Belegungsplan	0
Wärmeabgabe (sensibel)	$q_{rv}$	W/Person	Tabelle A1	90
Wärmeabgabe (latent)	$q_{rl}$	W/Person	Tabelle A1	30
Wärmeabgabe (gesamt)	$q_{rps}$	W/Person	Tabelle A1	120
Wasserdampfahgabe	$m_{Dp}$	g/h	Tabelle A1	40
Kühllastfaktor für innere Lasten	$S_i$	-	Tabelle A5, Konvektivanteil 50%	0,92
<b>Wärmeabgabe der Personen</b>	<b><math>Q_p</math></b>	<b>W</b>	<b><math>Q_p = n \cdot q_{rps} \cdot S_i</math></b>	<b>0</b>
Art der Leuchten	-	-	Tabelle A3	Leuchtstoffl.
Systemlichtausbeute	$\eta$	lm/W	Tabelle A3 (lm / m <sup>2</sup> = lx)	60
Beleuchtungswirkungsgrad	$\eta_{Ba}$	-	Tabelle A3	0,54
bezogene Anschlussleistung	p	W/m <sup>2</sup> klx	$p = 1,25 \cdot 1000 (lx/klx) / \eta \cdot \eta_{Ba}$ oder Tabelle A3	38,6
Grundfläche des Raumes	A	m <sup>2</sup>	Länge x Breite	4,42
Nennbeleuchtungsstärke	$E_N$	klx	Tabelle A2	0,5
<b>Anschlussleistung</b>	P	W	$P = E_N \cdot a \cdot P \cdot A$	85,2
Gleichzeitigkeitsfaktor	l	-	Betriebserfahrungen	1,00
Absaugung über / durch	-	-	z.B.: $A_{Absaugung} / A_{Fußboden}$	-
Luftdurchsatz	L	m <sup>3</sup> / h □ W	Tabelle A4, Bild 1	-
Raumbelastungsgrad	$\mu_{Ra}$	-	Tabelle A4, $L = V_{ABLU} / P$	1
Zuluft im Deckenbereich	$f_1$	-	Tabelle A4, Fußnote, $f_1 = 1.3$	1
Erdgeschoßfaktor	$f_2$	-	Tabelle A4, Fußnote, $f_2 = 0.9$	-
Konvektivanteil bei Leuchtenanordnung	-	-	freihängend = 50 % in Decke ein- / angebaut = 30 % Abluftleuchten = 0 %	30
Beleuchtungszeit / Beginn	-	Uhr	Bauherr bzw. Erfahrungswert	08:00
/ Ende	-	Uhr	Bauherr bzw. Erfahrungswert	20:00
Kühllastfaktor	$S_i$	-	Tabelle A5	0,89
<b>Beleuchtungswärme</b>	<b><math>Q_{Bl}</math></b>	<b>W</b>	<b><math>Q_{Bl} = P \cdot l \cdot \mu_{Ra} \cdot S_i \cdot (f_1 \cdot f_2)</math></b>	<b>76</b>
Nennleistung	$P_j$	W	Wellenleistung Anschlussleistung	2000
mittlerer Motorwirkungsgrad	$\eta_j$	-	Tabelle A6	1
Belastungsgrad	$\mu_{Mj}$	-	wirkt. mittl. Leistung / Nennleistung	1
Gleichzeitigkeitsfaktor	l	-	Maschinenlaufzeit / Betrachtungszeit	0,25
Konvektivanteil der Maschine	-	%	Herstellangaben, Erfahrungswerte	-
Kühllastfaktor	$S_i$	-	Tabelle A5	1
<b>Maschinen- und Gerätewärme</b>	<b><math>Q_{Mj}</math></b>	<b>W</b>	<b><math>Q_{Mj} = l \cdot S_i \cdot \Sigma_j [(P_j / \eta_j) \cdot \mu_{Mj}]</math></b>	<b>500</b>
Massenstrom	m	kg/h	-	-
spez. Wärmekapazität	c	kJ/kgK	mit Bauherrn klären	-
Eintrittstemperatur	$\theta_E$	°C	-	-
Austrittstemperatur	$\theta_A$	°C	-	-
Kühllastfaktor	$S_i$	-	Tabelle A5, Erfahrungswerte	-
<b>Stoffdurchsatz durch den Raum</b>	<b><math>Q_{St}</math></b>	<b>W</b>	<b><math>Q_{St} = m \cdot c \cdot (\theta_E - \theta_A) \cdot S_i</math></b>	<b>0</b>
Wärmedurchgangskoeffizient	k	W/m <sup>2</sup> K	DIN 4108, DIN 4701	-
Wärmeaustauschende Innenfläche	A	m <sup>2</sup>	(b * Geschöbhöhe) oder (l * b)	-
Nebenumgebungstemperatur	$\theta_{L,N}$	°C	Tabelle A7	-
<b>Wärme durch Innenflächen</b>	<b><math>Q_{R,N}</math></b>	<b>W</b>	<b><math>Q_{R,N} = k \cdot A \cdot (\theta_{L,N} - \theta_{Ra})</math></b>	<b>0</b>
Sonstige Wärmezu- und -abfuhr	$Q_C$	W	mit Bauherrn klären	-
		Uhr	-	16:00
<b>Innere Kühllast Wohnbereich</b>		<b>W</b>		<b>576</b>

## Äußere Kühllast durch Wände Bad 506

## Formblatt C

Äußere Kühllast (II)	Äußere Kühllast durch Wände			VDI 2078
Himmelsrichtung	-	-	Bauzeichnung, Lageplan	16:00 SW
Berechnungsmonat	-	-	Tabelle A11, siehe Formblatt B	Juli
Wand- / Dachfläche	A	m <sup>2</sup>	(b·Geschoßhöhe) oder (l·b), ohne A <sub>M</sub>	15,04
Wärmedurchgangskoeffizient	k	W/m <sup>2</sup> K	(Tabelle A17)	0,35
Wand- oder Dachausführung	-	-	Tabelle A17, A20	3c
Bauartklasse	-	-	Tabelle A17, A20	6
Zeitkorrektur	Δz	h	Tabelle A17, A20	0
Uhrzeit	z	Uhr	Berechnungszeitpunkt, Formblatt B	16 Uhr
Ablesezeit	z*	Uhr	$z^* = z + \Delta z, \Delta \vartheta_{Rq}(z^*) = \Delta \vartheta_{Rq}(z + \Delta z)$	16 Uhr
äquivalente Temperaturdifferenz	Δϑ <sub>Rq</sub> (z*)	°C	Tabelle A18, A21	2,6
<b>Korrektur I (Temperaturen)</b>				
äquivalente Temperaturdifferenz	Δϑ <sub>Rq</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> (z*)	2,6
mittlere Außenlufttemperatur	ϑ <sub>LA,m</sub>	°C	Tabelle A8, (siehe auch Skript S. 18)	24,6
Raumlufttemperatur	ϑ <sub>RL</sub>	°C	DIN 1946, konstant	22
Sommer	Δϑ <sub>Rq,1</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,1</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> + (ϑ <sub>LA,m</sub> - 24,5) + (22 - ϑ <sub>RL</sub> )	2,7
September für die Südseite	Δϑ <sub>Rq,1 Sept</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,1</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> + (ϑ <sub>LA,m</sub> - 18,5) + (22 - ϑ <sub>RL</sub> )	
September ohne Südseite	Δϑ <sub>Rq,1 Sept</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,1</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> + (ϑ <sub>LA,m</sub> - 24,5) + (22 - ϑ <sub>RL</sub> )	
<b>Korrektur II (Oberflächen)</b>				
äquivalente Temperaturdifferenz	Δϑ <sub>Rq</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> (z*) oder Δϑ <sub>Rq,1</sub>	2,7
Korrekturwert	Δϑ <sub>Rq,as</sub>	°C	Tabelle A19, A22	1,3
Hellgetönte Wand	Δϑ <sub>Rq,2</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,2</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub>	2,7
Dunkelgetönte Wand	Δϑ <sub>Rq,2</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,2</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> + Δϑ <sub>Rq,as</sub>	
Weißer Wand	Δϑ <sub>Rq,2</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,2</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> - Δϑ <sub>Rq,as</sub>	
Metallisch blanke Wand	Δϑ <sub>Rq,2</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,2</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> + Δϑ <sub>Rq,as</sub> + 2,0	
Dunkles Dach	Δϑ <sub>Rq,2</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,2</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub>	
Hellgetöntes Dach	Δϑ <sub>Rq,2</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,2</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> - Δϑ <sub>Rq,as</sub>	
Weißes Dach	Δϑ <sub>Rq,2</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,2</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> - 2 · Δϑ <sub>Rq,as</sub>	
äquivalente Temperaturdifferenz	Δϑ <sub>Rq,*</sub>	°C	Δϑ <sub>Rq,*</sub> = Δϑ <sub>Rq</sub> (z*) oder Δϑ <sub>Rq,1</sub> oder Δϑ <sub>Rq,2</sub>	2,7
<b>Kühllast durch Außenwände und Dächer</b>	Q <sub>w</sub>	W	Q <sub>w</sub> = k · A · Δϑ <sub>Rq,*</sub>	14
<b>Zusammenstellung</b>				16:00
<b>Äußere Kühllast d. Wände</b>	<b>NW</b>			<b>14</b>

## Äußere Kühllast durch das Dach Bad 506

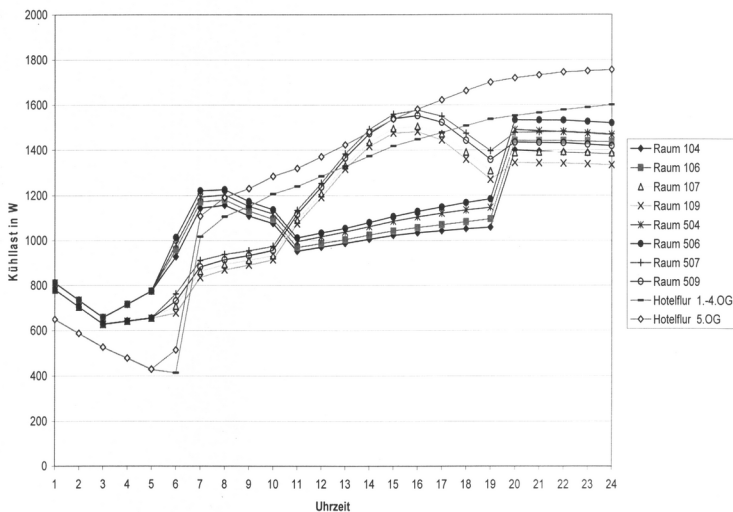
## Formblatt C

Äußere Kühllast (II)	Äußere Kühllast durchs Dach			VDI 2078
Himmelsrichtung	-	-	Bauzeichnung, Lageplan	16:00
Berechnungsmonat	-	-	Tabelle A11, siehe Formblatt B	Juli
Wand- / Dachfläche	A	m <sup>2</sup>	(b-Geschoßhöhe) oder (l-b), ohne A <sub>M</sub>	4,42
Wärmedurchgangskoeffizient	k	W/m <sup>2</sup> K	(Tabelle A17)	0,3
Wand- oder Dachausführung	-	-	Tabelle A17, A20	1,2 c
Bauartklasse	-	-	Tabelle A17, A20	6
Zeitkorrektur	$\Delta z$	h	Tabelle A17, A20	0
Uhrzeit	z	Uhr	Berechnungszeitpunkt, Formblatt B	16 Uhr
Ablesezeit	z'	Uhr	$z' = z + \Delta z, \Delta \vartheta_{sk}(z') = \Delta \vartheta_{sk}(z + \Delta z)$	16 Uhr
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \vartheta_{sk}(z')$	°C	Tabelle A18, A21	13,7
<b>Korrektur I (Temperaturen)</b>				
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \vartheta_{sk}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk} = \Delta \vartheta_{sk}(z')$	13,7
mittlere Außenlufttemperatur	$\vartheta_{L,a,m}$	°C	Tabelle A8, (siehe auch Skript S. 18)	24,6
Raumlufttemperatur	$\vartheta_{RL}$	°C	DIN 1946, konstant	22
Sommer	$\Delta \vartheta_{sk,1}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,1} = \Delta \vartheta_{sk} + (\vartheta_{L,a,m} - 24,5) + (22 - \vartheta_{RL})$	13,8
September für die Südseite	$\Delta \vartheta_{sk,1 \text{ Sept}}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,1} = \Delta \vartheta_{sk} + (\vartheta_{L,a,m} - 18,5) + (22 - \vartheta_{RL})$	
September ohne Südseite	$\Delta \vartheta_{sk,1 \text{ Sept}}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,1} = \Delta \vartheta_{sk} + (\vartheta_{L,a,m} - 24,5) + (22 - \vartheta_{RL})$	
<b>Korrektur II (Oberflächen)</b>				
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \vartheta_{sk}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk} = \Delta \vartheta_{sk}(z')$ oder $\Delta \vartheta_{sk,1}$	13,8
Korrekturwert	$\Delta \vartheta_{sk,as}$	°C	Tabelle A19, A22	3,9
Hellgetönte Wand	$\Delta \vartheta_{sk,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,2} = \Delta \vartheta_{sk}$	
Dunkelgetönte Wand	$\Delta \vartheta_{sk,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,2} = \Delta \vartheta_{sk} + \Delta \vartheta_{sk,as}$	
Weißer Wand	$\Delta \vartheta_{sk,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,2} = \Delta \vartheta_{sk} - \Delta \vartheta_{sk,as}$	
Metallisch blanke Wand	$\Delta \vartheta_{sk,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,2} = \Delta \vartheta_{sk} + \Delta \vartheta_{sk,as} + 2,0$	
Dunkles Dach	$\Delta \vartheta_{sk,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,2} = \Delta \vartheta_{sk}$	
Hellgetöntes Dach	$\Delta \vartheta_{sk,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,2} = \Delta \vartheta_{sk} - \Delta \vartheta_{sk,as}$	9,9
Weißes Dach	$\Delta \vartheta_{sk,2}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,2} = \Delta \vartheta_{sk} - 2 \cdot \Delta \vartheta_{sk,as}$	
äquivalente Temperaturdifferenz	$\Delta \vartheta_{sk,*}$	°C	$\Delta \vartheta_{sk,*} = \Delta \vartheta_{sk}(z')$ oder $\Delta \vartheta_{sk,1}$ oder $\Delta \vartheta_{sk,2}$	9,9
<b>Kühllast durch Dächer</b>	Q <sub>w</sub>	W	Q <sub>w</sub> = k · A · $\Delta \vartheta_{sk,*}$	13
				16:00
<b>Äußere Kühllast d. Dach</b>		<b>NW</b>		<b>13</b>

Durch Addition der Werte für jedes Bauteil erhält man die Kühllast für den Raum. Es ist deutlich erkennbar, dass obwohl ein Sonnenschutz vorhanden ist die Sonneneinstrahlung durch das Fenster sehr hoch ist.

Innere Kühllast (500 Watt durch Fön)	576 W
Äußere Kühllast durch Wände Ausrichtung NW	14 W
Äußere Kühllast durchs Dach	13 W
<b>Gesamtkühllast des Raumes um 16:00 Uhr</b>	<b>603 W</b>

### 3.4.1. Kühllast der einzelnen Räume im Vergleich



Das Diagramm zeigt einen Vergleich der Kühllasten in den zur Berechnung relevanten Räumen. Man sieht, dass in den Räumen 104, 106, 504 und 506 auf der Nordostseite das Maximum der Kühllast um 20 Uhr auftritt, da wir ab diesem Zeitpunkt mit voller Beleuchtung rechneten. Die sprunghafte Zunahme der Kühllast durch die Beleuchtungswärme wird wahrscheinlich nicht in dieser Form auftreten, ohne sie liegt der Zeitpunkt der höchsten Kühllast um 8 Uhr morgens.

Im Gegensatz dazu haben die Räume 107, 109, 507 und 509 auf der SW- Seite ihre größte Kühllast um 16 Uhr.

Für die Kühllastberechnung des Bades wurde der Fön mit 500 Watt pro Stunde berücksichtigt. Da die Anlage einschließlich Kanäle durch die volle Berücksichtigung des Fönes viel größer dimensioniert werden müsste lassen wir eine kurzzeitige Erhöhung der Raumtemperatur im Bad zu, um die Anlage nicht unnötig zu verteuern.

## 4.Heizlast

Für die Berechnung der Anlage ist es auch notwendig, die trockene Heizlast der Räume zu berechnen. Analog zur Kühllastberechnung teilten wir die Räume nach Ihrer Art und Lage auf, da sie unterschiedliche Heizlasten aufweisen können.

Nachfolgend ist exemplarisch für alle Räume die Berechnung der Heizlast des Raumes 506 im 5. Obergeschoß dargestellt, die Heizlast wurde von uns nach DIN 4701 ermittelt. Die anderen Räume unterscheiden sich nur in der Art Ihrer Außenflächen, die Berechnung ist exakt die gleiche. Der Transmissionswärmeverlust für die Bauteile berechnet sich nach ihrer Fläche, der Temperaturdifferenz und die dem Bauteil zugeordneten U- Werten (siehe Seite 5) nach folgender Formel:

$$\Phi_{HL} = U \cdot A \cdot \Delta\theta$$

Die Heizlast des Raumes berechnet sich dann aus der Addition der Transmissionswärmeverluste der einzelnen Bauteile.

Die ermittelte Heizlast (Transmission) für den Raum 506 beträgt 613 Watt. Die Summe der Heizlast aller Räume des NW- Flügels beträgt 23427 Watt.

Formblatt R - ausführliches Verfahren

DIN EN 12831

Projekt-Nr. / Bezeichnung				Datum: 20.06.2005		Seite:	
<b>RAUM - HEIZLAST</b>							
Wohneneinheit	Wohnbereich	Geschoss	5.OG	Raum-Nr. / - Name	506		
Innentemperatur	$t_{int}$		22 °C	<b>Lüftung</b>			
<b>Geometrie</b>				Mindestluftwechsel	$n_{min}$	h <sup>-1</sup>	
Raubbreite	$b_R$		3,76 m	Luftwechselrate	$n_{50}$	h <sup>-1</sup>	
Raumlänge	$l_R$		3,76 m	Koeffizient Abschirmklasse	$e$	-	
Raumfläche	$A_R$		14,14 m <sup>2</sup>	Höhe über Erdreich	$h$	m	
Geschosshöhe	$h_G$		4,00 m	Höhenkorrekturfaktor	$c$	-	
Deckendicke	$d$		0,90 m	Zuluft-Volumenstrom		m <sup>3</sup> /h	
Raumhöhe	$h_R$		3,10 m	-Temperatur	$t_{zu}$	°C	
Raumvolumen	$V_R$		43,8 m <sup>3</sup>	-Temp.-Reduktionsfaktor	$f_{su}$	-	
				Abluft-Volumenstrom	$V_{ab}$	m <sup>3</sup> /h	
				-Temperatur	$t_{ab}$	°C	
Erdreich				Abluft-Volumenstrom	$V_{ab}$	m <sup>3</sup> /h	
Tiefe unter Erdreich	$z$		m	-Temperatur	$t_{mech,inf}$	°C	
Erdreich berührter Umfang	$P$		m	-Temp.-Reduktionsfaktor	$f_{mech,inf}$	-	
B'-Wert raumweise	B'		m	<b>Zusatzheizung</b>	$f_{ex}$	-	
				Wiederaufheizfaktor	$f_{su}$	W/m <sup>2</sup>	

Übersetzung	Bauteil	Anzahl	offene	Länge / Höhe	Grundfläche	Abgrenzfläche	Hohlfläche	grund an	eingrenzendes Temperatur	Korrekture - Faktoren	U - Wert	Wärmeleitkoeffizient	Wärmeleitkoeffizient	Wärmeleitkoeffizient	Wärmeleitkoeffizient	Wärmeleitkoeffizient	Wärmeleitkoeffizient
NO	AF	1	2,51 m	1,385 m	3,48 m <sup>2</sup>	-	3,48 m <sup>2</sup>		-14 °C		1,00						125,15
NO	AW	1	3,76 m	4,00 m	15,04 m <sup>2</sup>		11,56 m <sup>2</sup>		-14 °C		0,35						145,70
NW	AW	1	3,76 m	4,00 m	15,04 m <sup>2</sup>		15,04 m <sup>2</sup>		-14 °C		0,35						189,50
	DA	1	3,76 m	3,76 m	14,14 m <sup>2</sup>		14,14 m <sup>2</sup>		-14 °C		0,30						152,69
<b>TRANSMISSIONSWÄRMEVERLUST</b>															$H_T / \Phi_T$	<b>613,0 W</b>	

Mindest-Luftwechsel	$V_{min}$	m <sup>3</sup> /h	
natürliche Infiltration	$V_{inf}$	m <sup>3</sup> /h	
mechanischer Zuluftvolumenstrom	$V_{su} + V_{su}$	m <sup>3</sup> /h	
Abluftvolumenstrom	$V_{ab}$	m <sup>3</sup> /h	
thermisch wirksamer Luftvolumenstrom	$V_{eff}$	m <sup>3</sup> /h	
<b>LÜFTUNGSWÄRMEVERLUST</b>	$H_L / \Phi_L$		
<b>NETTO - HEIZLAST</b>	$\Phi_{HL,Netto}$	W/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>
<b>ZUSATZ - AUFHEIZLEISTUNG</b>	$\Phi_{ZH}$		
<b>NORM - HEIZLAST</b>	$\Phi_{HL}$		<b>613,0 W</b>



## 5. Anlagenauslegung

### 5.1. Auslegung Gesamt

Bei der Anlagenauslegung verglichen wir die Norm- Heizlast (Transmissionswärmeverlust) nach der DIN 4701 und die Norm- Kühllast (Innere und Äußere Kühllast) nach VDI 2078.

Durch Berechnungen wurde der höchstmögliche Zuluftmassenstrom aus der Wärme- bzw. Heizlast, aus Konstanten, anderen ermittelten Daten und selbst festgelegten Werten nach den Formblättern D, E und F festgelegt.

Dieser beträgt im Sommer 117556 kg/h und im Winter 31146 kg/h für das gesamte Gebäude.

Den beigefügten Formblättern D, E und F auf den Seiten 33 bis 35 können Sie dazu weitere Informationen entnehmen.

Für die weiteren Komponenten der Anlage legen wir folgende Geräte in chronologischer Reihenfolge fest (ohne Filter und Mischkammer):

Sommer:

- Kühler
- Nacherhitzer
- Zuluftventilator
- Lufteinlass
- Luftauslass
- Abluftventilator

Winter:

- Vorerhitzer
- Dampfbefeuchter
- Zuluftventilator
- Lufteinlass
- Luftauslass
- Abluftventilator

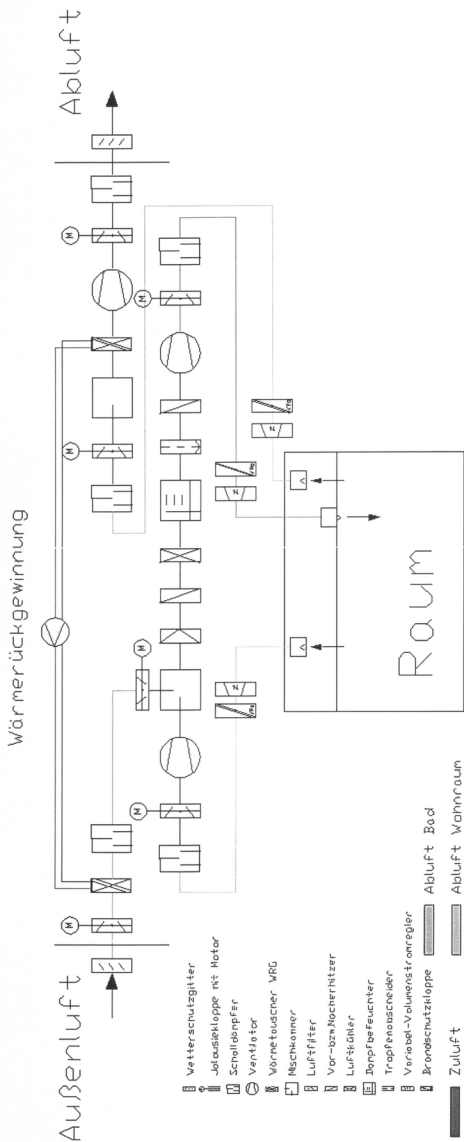
Die Zuluft für das gesamte Zimmer wird durch die gemeinsame Klimaanlage realisiert.

Um eine Geruchsbelästigung im Flur und Wohnbereich auszuschließen haben wir festgelegt, die Abluft für Bad und Flur gemeinsam über eine Schattenfuge im Bad abzuführen. Die in der Abluft vorhandene thermische Energie wird über eine Wärmerückgewinnung genutzt und dann als Abluft über einen zusätzlichen Abluftventilator abgeführt.

Die aus dem Wohnbereich stammende Luft wird über zwei Schattenfugen abgesaugt und der Anlage als Umluft wieder zugeführt.

Das Anlagenschema mit den einzelnen Anlagenkomponenten der von uns gewählten Firma „WOLF“ vom Typ „KG Gigant 400“ ist auf Seite 22 dargestellt.

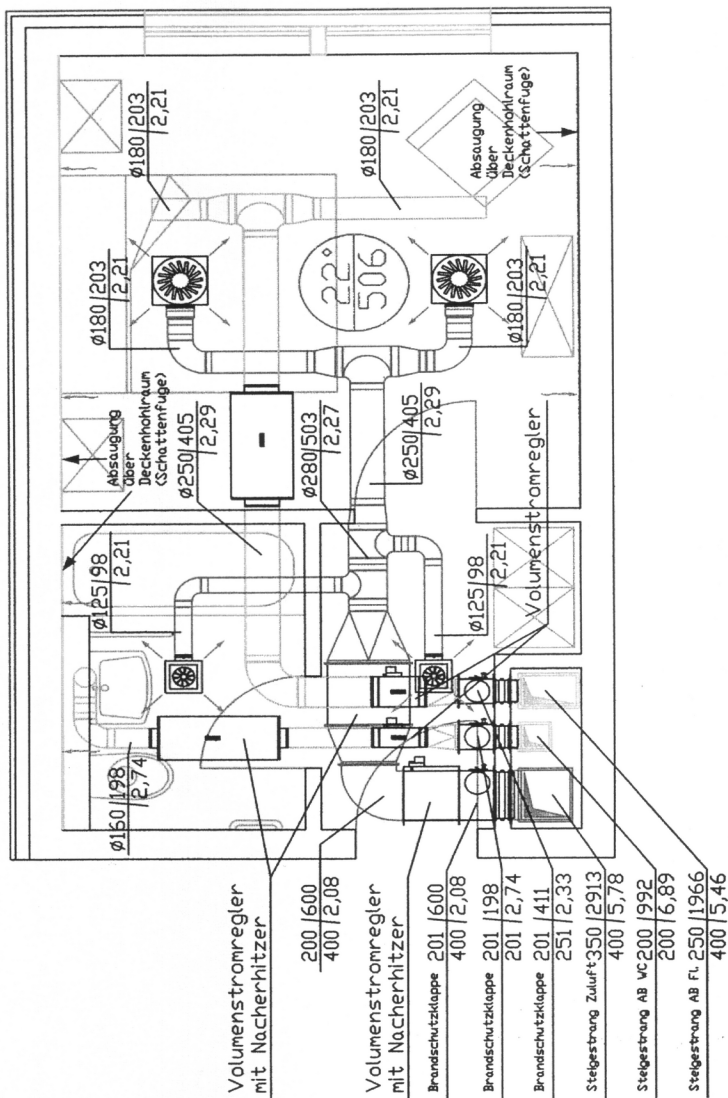
# Anlagenschema Klimagerät Wolf KG Gigant 400



## 5.2. Anlage Raumweise

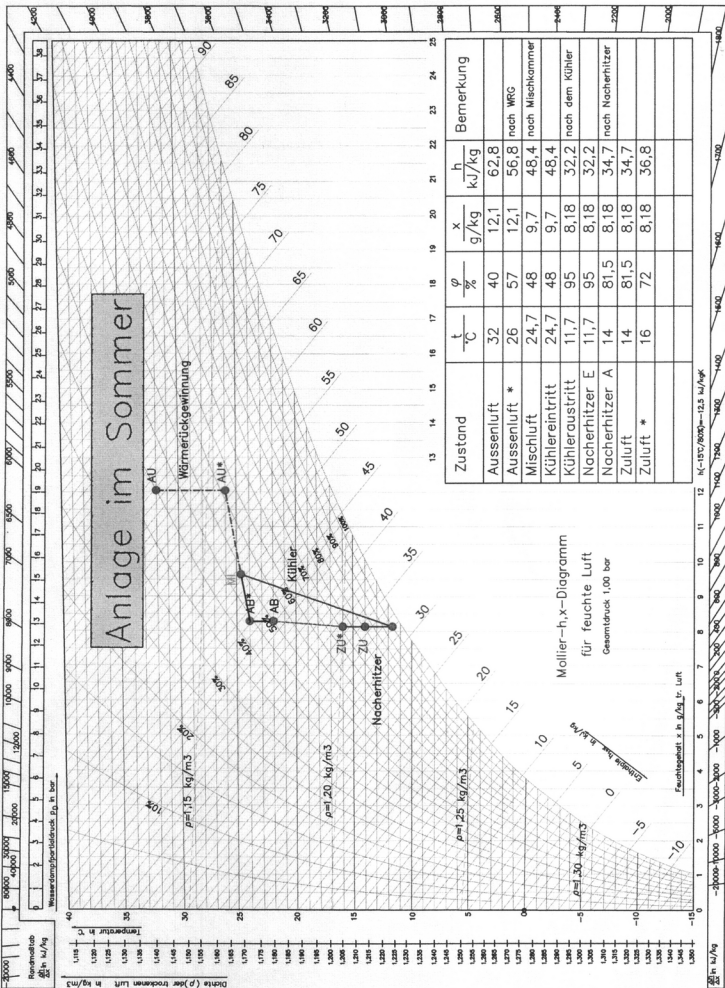
In der Raumluftzuleitung haben wir einen variablen Volumenstromregler mit einem Nacherhitzer vorgesehen. Der Nacherhitzer gleicht die unterschiedlichen Nutzerwünsche der Raumtemperatur aus. Der Volumenstromregler und der Nacherhitzer sind über eine Raumregelung im Wohnbereich einstellbar. In den Abluftleitungen haben wir ebenfalls variable Volumenstromregler vorgesehen, die entweder über den Differenzdruck mit der Zuluft geregelt werden können oder mit auf den Raumregler geschaltet werden.

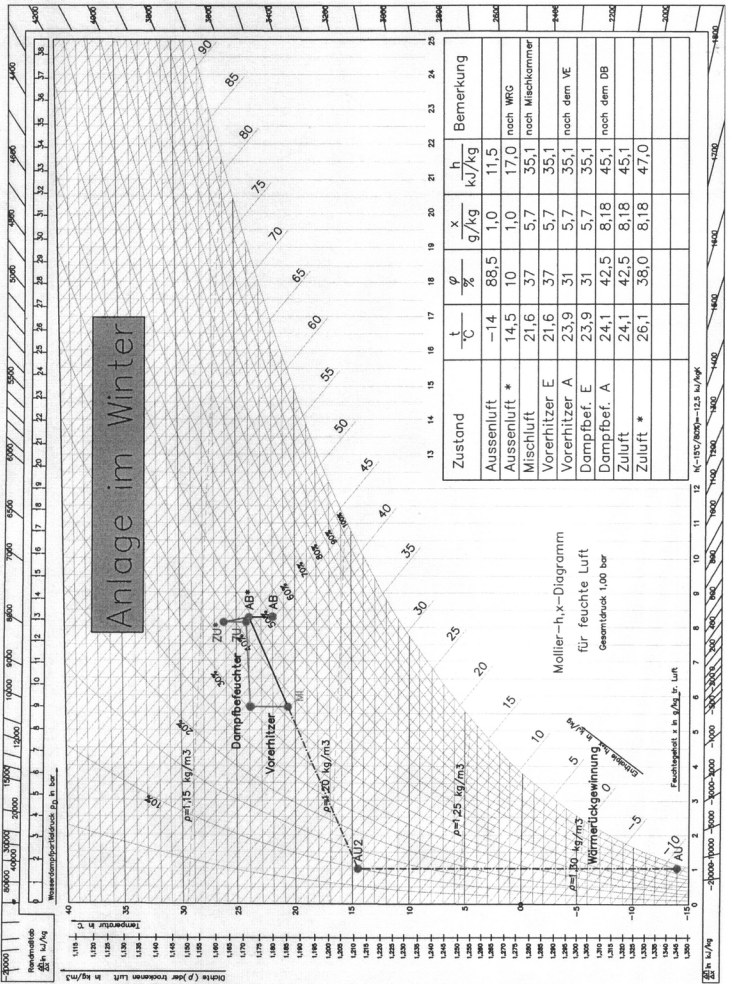
Auf der Seite 24 sehen die komplette Anlageninstallation des Raumes 506 abgebildet. Äquivalent dazu sind sämtliche Räume des Hotels versorgt worden.



### 5.3. Auslegung im h,x – Diagramm

Der Prozessverlauf aller Bauteile kann den Diagrammen dieser Seite für den Sommerfall und auf Seite 26 für den Winterfall sowie den Formblättern D, E und F entnommen werden.





#### 5.4. Auslegung Massenströme

Die Auslegung der für die Kühlung bzw. Beheizung notwendigen Volumenströme, erfolgt über die Berechnung der Massenströme im Formblatt D und E.

Werte und Annahmen aus Formblatt

- höchstmöglicher Zuluftmassenstrom: Sommer
- absolute Raumluftheuchte  $x_R$ : 8,45 g/kg bei einer Raumlufttemperatur von 22 °C und einer relativen Raumluftheuchte von 50 %
- Spezifische Wärmekapazität:
  - der trock. Luft  $c_{pL}$ : 1,0 kJ/kgK
  - des Dampfes  $c_{pD}$ : 1,86 kJ/kgK
- höchstmöglicher Außenluftmassenstrom : 116 kg/h (in jedem Raum vorhanden)
- Personenzahl: 2
- Mindestaußenluft rate (Tabakrauch): 50 m<sup>3</sup>/h
- Dichte der Raumluft: 1,174 kg/m<sup>3</sup>

Die zulässige Temperaturdifferenz am Auslass ist laut Herstellerangaben mit  $\pm 10$ K angegeben.

Wir legten 6 K im Sommer und 8 K im Winter am Auslass fest.

Die Ermittlung der Massenströme ist für jeden Raum erforderlich. Sie ergab, dass die größten Massenströme im Sommer auftreten.

Für die weiteren Berechnungen (Kanalauslegung, Anlagenberechnung) nehmen wir die Massenströme vom Sommer auch für den Winter.

Der auf Seite 28 exemplarisch berechnete Raum 507 beinhaltet das Formblatt D und F. Lediglich die vorletzte und letzte Spalte der Tabelle ist aus dem Formblatt F übernommen.

## Auslegung Massenströme

Raum 507

Formblatt D		Anlage: Raum 507		Seite 1					
Auslegungsdaten einer Klimaanlage im h,x-Diagramm (I)				Sommer			Winter		
				WZ	Flur	Bad	WZ	Flur	Bad
<b>Außenluftzustand</b>									
Außenlufttemperatur	$t_{AU}$	°C	DIN 4701, VDI 2078	32	32	32	-14	-14	-14
Außenluftfeuchte	$\varphi_{AU}$	% r.F.	Erfahrung, h,x-Diagramm	40	40	40	90	90	90
absolute Außenluftfeuchte	$x_{AU}$	g/kg	Erfahrung, h,x-Diagramm	12	12	12	1	1	1
Dichte der Außenluft	$\rho_{AU}$	kg/m <sup>3</sup>	h,x-Diagramm	1,133	1,133	1,133	1,343	1,343	1,343
<b>Raumluftzustand</b>									
Raumlufttemperatur	$t_e$	°C	DIN 4701, VDI 2078	22	22	22	22	22	22
relative Raumluftfeuchte	$\varphi_R$	% r.F.	Erfahrungswerte, DIN 4705	50	50	50	50	50	50
absolute Raumluftfeuchte	$x_R$	g/kg	h,x-Diagramm	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35	8,35
Dichte der Raumluft	$\rho_{R,l}$	kg/m <sup>3</sup>	h,x-Diagramm	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174	1,174
<b>Trockene Wärmelasten</b>									
zulässige Temperaturdifferenz	$\Delta t_{ZU}$	K	Siehe Luftdurchlass	6	6	6	8	8	8
Wärmelast	$Q_k$	W	DIN 4701, VDI 2078	896	80	89	614	41	176
Zuluftmassenstrom	$m_{ZU}$	kg/h	$\dot{m} = \frac{Q_k}{(c_{p,l} + x_R \cdot c_{p,d}) \cdot \Delta t_{ZU}}$	529	47	53	272	18	78
<b>Feuchtelasten</b>									
Personenzahl	$n_{Pers}$	Pers.	Raumbelegungsplan	2	2	2	2	2	2
Feuchtestrom je Person	$m_D$	g/h.Pers.	VDI 2078	40	40	40	40	40	40
Feuchtelast der Personen	$m_{w,1}$	g/h	$m_{w,1} = n_{Pers} \cdot m_D$	80	80	80	80	80	80
Feuchtelast / -senke	$m_{w,2}$	g/h	Bauherr	0	0	0	0	0	0
Gesamtheuchtelast	$\Delta m_w$	g/h	$\Delta m_w = m_{w,1} + m_{w,2}$	80	80	80	80	80	80
zulässige Zuluftfeuchtedifferenz	$\Delta x_{ZU}$	g/kg	Befeuchter- / Kühlerleistung	1	1	1	1	1	1
Zuluftmassenstrom	$m_{ZU}$	kg/h	$\dot{m}_{ZU} = \frac{ \Delta m_w }{\Delta x_{ZU}}$	80	80	80	80	80	80
<b>Mindest - Zuluftwechsel</b>									
Zuluft - Luftwechsel	$\beta_{ZU}$	h <sup>-1</sup>	Normen, Richtlinien	6	6	6	6	6	6
Raumvolumen	$V_R$	m <sup>3</sup>	Breite · Länge · Höhe	43,8	11,9	13,7	43,8	11,9	13,7
Zuluftmassenstrom	$m_{ZU}$	kg/h	$\dot{m}_{ZU} = \frac{\beta_{ZU} \cdot V_R \cdot \rho_{R,l}}{(1 + x_R)}$	306	83	96	306	83	96
<b>Schadstofflasten</b>									
Schadstoffstrom	$K$	kg/h	Bauherr	0	0	0	0	0	0
Schadstoffkonzentration im Raum	$k_R$	mg/m <sup>3</sup>	MAK - Wert	0	0	0	0	0	0
Außenluftschadstoffkonzentration	$k_{AU}$	mg/m <sup>3</sup>	Erfahrungswert, Analyse	0	0	0	0	0	0
Außenluftmassenstrom	$m_{AU}$	kg/h	$\dot{m}_{AU} = \frac{K \cdot \rho_{R,l}}{(k_R - k_{AU}) \cdot (1 + x_R)}$						
<b>Mindest - Außenluftstrom</b>									
Personen	$n_{Pers}$	Pers.	Raumbelegungsplan	2	2	2	2	2	2
Mindest - Außenlufttrate je Person	$V_{AU,l}$	m <sup>3</sup> /h	DIN 1946 Teil 2	50	50	50	50	50	50
Außenluftmassenstrom	$m_{AU}$	kg/h	$\dot{m}_{AU} = \frac{n_{Pers} \cdot V_{AU,l} \cdot \rho_{R,l}}{(1 + x_R)}$	116	116	116	116	116	116
<b>Mindest - Außenluftwechsel</b>									
Zuluft - Luftwechsel	$\beta_{AU}$	h <sup>-1</sup>	Normen, Richtlinien	0	0	0	0	0	0
Raumvolumen	$V_R$	m <sup>3</sup>	Breite · Länge · Höhe	0	0	0	0	0	0
Zuluftmassenstrom	$m_{AU}$	kg/h	$\dot{m}_{AU} = \frac{\beta_{AU} \cdot V_R \cdot \rho_{R,l}}{(1 + x_R)}$	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Auslegungsmassenströme</b>									
Außenluftmassenstrom	$m_{AU}$	kg/h	$\max(m_{AU})$	116	116	116	116	116	116
Zuluftmassenstrom	$m_{ZU}$	kg/h	$\max(m_{ZU}, m_{AU})$	529	116	116	272	116	116
Umluftmassenstrom	$m_{Uml}$	kg/h	$m_{Uml} = m_{ZU} - m_{AU}$	413	0	0	156	0	0



### 5.5. Luftströme

Die maximale Luftgeschwindigkeit innerhalb der Kanäle wurde von uns mit 3 m/s festgelegt, wenn sich die Kanäle innerhalb eines Gästezimmers befinden. Außerhalb der Räume beträgt der maximale Volumenstrom in den Kanälen 7 m/s.

Als Berechnungsgrundlage wurde der maximale Volumenstrom des Raumes der höchsten Last genommen. Nach diesem Volumenstrom wurden alle Räume ausgelegt, um weitgehend gleiche Rohr- und Kanaldurchmesser innerhalb des Gebäudes zu erzielen. Durch diese Methode wird sichergestellt, dass die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten im Kanalsystem eingehalten beziehungsweise unterschritten werden. Weiterhin wird so die Montage der Anlage durch gleiche Querschnittsflächen der Rohre und Kanäle vereinfacht. Der maximale Volumenstrom, der zur Berechnung verwendet wurde, kann aus den Formblättern D bis F entnommen werden. Der erforderliche Querschnitt wurde nach folgender Formel berechnet:

$$A = \frac{V}{w}$$

Für die Zu- und Abluftkanäle der Klimazentrale ergeben sich die Volumenströme und damit auch die Querschnittsflächen aus der Summe der einzelnen Stränge, die im Obergeschoss zusammengeführt werden.

### 5.6. Luftauslässe und Absaugung innerhalb der Gästezimmer

Die Luftauslässe wurden mit dem TROX- Auslegungsprogramm errechnet und können den Datenblättern auf Seite 30 bis 31 entnommen werden. Die von uns gewählten Auslässe bauen den Volumenstrom und die Strömungsgeschwindigkeit bis zur Kopfhöhe gut ab.

Für die Wohnräume wählten wir zwei Drallauslässe der Serie VDW, Größe 400 x 16, quadratische Ausführung. In den Hotelfluren haben wir Auslässe gleicher Bauart vorgesehen wie im Wohnraum. Die Bäder und die Zimmerflure versorgen wir über einen Drallauslass der Serie RFD, Größe 160 mit Düse.

Die Absaugung im Wohnzimmer erfolgt über den Deckenhohlraum durch zwei Schattenfugen von 6 x 3760 mm. Für den Flur und das Bad erfolgte eine gemeinsame Absaugung über eine Schattenfuge von 8 x 2510 mm im Badezimmer.

**TROX®** TECHNIK

**XSelection Luftdurchlässe**  
**Projekt: Projektarbeit Hotel Seestern**  
**Kunde:**

Datum: 20.06.2005

Uhrzeit: 15:41:30

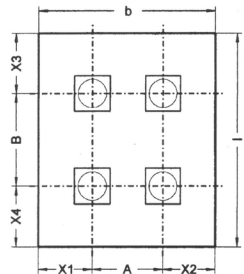
Seite: 1

Bearb. Fritsch,Thomas

Raumbez. Wohnraum

Abmessungen	$l * b * h$	3,76 m * 3,76 m * 3,10 m
	Fläche	14,14 m <sup>2</sup>
	Volumen	43,83 m <sup>3</sup>

Anordnung	Wände	Oben, Unten, Rechts, Links
	Abstand A	2,00 m
	Abstand B	m
	Abstand X1	0,88 m
	Abstand X2	0,88 m
	Abstand X3	1,88 m
	Abstand X4	1,88 m
	Anzahl in Breite	2
	Anzahl in Länge	1
	Gesamtanzahl	2



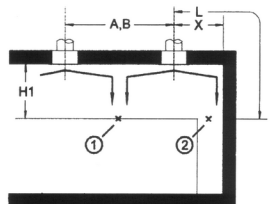
Komfortkriterien	DIN1946 Teil 2/01.83	
	Raumlufttemperatur	22,0 °C
	Zulufttemperatur	16,0 °C
	Kopfhöhe	1,80 m
	max.vH1	0,18 m/s

Volumenströme	pro Quadratmeter	31 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup>
	pro Raum	450 m <sup>3</sup> /h*Raum
	pro Durchlaß	225 m <sup>3</sup> /h
	Luftwechszahl	10 1/h
	Kühl-/Heizlast	64 W/m <sup>2</sup>

**Ergebnisse** Dralldurchlass, Serie VDW, Größe 400x16, Quadratische Ausführung

Lufttechnik	(1) vH1:	0,11 m/s
	$\Delta tH1$ :	-0,20 K
	(2) vL:	0,21 m/s (Rechts)
	$\Delta tL$ :	-0,21 K

Akustik	Schalleistungspegel	Pa
		db(A) NC



**TROX®** TECHNIK

**XSelection Luftdurchlässe**  
**Projekt: Projektarbeit Hotel Seestern**  
**Kunde:**

Datum: 20.06.2005

Uhrzeit: 15:54:01

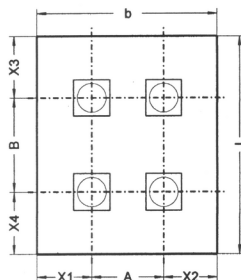
Seite: 1

Bearb. Fritsch, Thomas

Raumbez. Bad

Abmessungen	I * b * h	3,00 m * 1,40 m * 3,10 m
	Fläche	4,20 m <sup>2</sup>
	Volumen	13,02 m <sup>3</sup>

Anordnung	Wände	Oben, Unten, Rechts, Links
	Abstand A	m
	Abstand B	m
	Abstand X1	0,70 m
	Abstand X2	0,70 m
	Abstand X3	1,50 m
	Abstand X4	1,50 m
	Anzahl in Breite	1
	Anzahl in Länge	1
Gesamtanzahl	1	



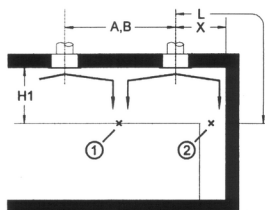
Komfortkriterien	DIN1946 Teil 2/01.83	
	Raumlufttemperatur	22,0 °C
	Zulufttemperatur	16,0 °C
	Kopfhöhe	1,80 m
	max.vH1	0,18 m/s

Volumenströme	pro Quadratmeter	23 m <sup>3</sup> /h*m <sup>2</sup>
	pro Raum	98 m <sup>3</sup> /h*Raum
	pro Durchlaß	98 m <sup>3</sup> /h
	Luftwechselzahl	8 1/h
	Kühl-/Heizlast	47 W/m <sup>2</sup>

Ergebnisse Dralldurchlass, Serie RFD, Größe 160, Mit Düse

Lufttechnik	(1) vH1:	m/s
	ΔtH1:	K
	(2) vL:	0,19 m/s (Rechts)
	ΔtL:	-0,21 K

Akustik	Schalleistungspegel	Pa
		db(A)
		NC



## 5.7. Rohr-bzw. Kanalauslegung

Die zulässigen Geschwindigkeiten in den Kanälen legten wir in Abschnitt 5.4 mit maximal 3 bzw. 7 m/s fest.

Mit der Formel  $\dot{V} = A \cdot w$ , die nach  $A = \frac{\dot{V}}{w}$  umgestellt wurde, erhält man die erforderliche

Querschnittsfläche des Rohres bzw. des Kanals. Wir begannen die Auslegung an den Auslässen und rechneten wenn ein Abzweig kam den abzweigenden Volumenstrom zu dem vorangehenden. Die Summe beider Volumenströme geteilt durch die Geschwindigkeit ergab somit die neue Querschnittsfläche. Diese Summierung führten wir weiter bis zur Klimaanlage auf dem Dach.

Durch diese Berechnung erhält man natürlich auch für Räume mit unterschiedlichen Lasten unterschiedliche Rohrdimensionen. Zur Vereinfachung und zur Vorbeugung von Fehlern bei der Montage haben wir die Rohrdimensionen von dem Raum mit den größten Lasten auf alle Räume übertragen.

Es existieren Berechnungsschieber, auf denen man den erforderlichen Volumenstrom eingibt und dann bei der gewünschten Geschwindigkeit die Fläche der Zuleitung abliest. Diese Berechnungsschieber haben wir jedoch nicht benutzt.

Der benötigte Volumenstrom an einem Auslass im Wohnraum beträgt 222 m<sup>3</sup>/h, daraus ergibt sich ein Zuleitungsrohr von 180 mm Durchmesser. Eine kleinere Zuleitung, z.B. mit 160 mm Durchmesser, würde eine zu hohe Geschwindigkeit ergeben. Die Volumenströme beider Auslässe im Wohnzimmer ergeben einen Volumenstrom von 444 m<sup>3</sup>/h. Um eine Geschwindigkeit von unter 3 m/s zu gewährleisten ist eine Zuleitung von 250 mm Durchmesser notwendig.

Die folgende Tabelle zeigt die errechneten Auslegungsdaten exemplarisch für Raum 507:

Raum	Bezeichnung	Mas- benötigter senstrom	Zulufttemperatur	Ablufttemperatur	Dichte der Luft	Volu- benötigter menstrom	Kanal	Rohr	Fläche	Geschwindigkeit
507	Wohnraum Auslass 1	529	18		1,192	222		180	0,025	2,42
	Wohnraum Auslass 2		18		1,192	222		180	0,025	2,42
	Wohnraum Gesamt	529	18		1,192	444		250	0,049	2,51
	Flur	116	18		1,192	98		125	0,012	2,21
			18		1,192	542		280	0,062	2,44
	Bad	116	18		1,192	98		125	0,012	2,21
	Zuleitung	762	18		1,192	639	200 400		0,080	2,22

## 5.8. Brandschutzklappen

Es wurden Brandschutzklappen von TROX vom Typ FKN- K 90, Länge 375 mm eingebaut. Da keine genauen Brandabschnitte vorgegeben waren, wurden die Brandschutzklappen in jeden Kanal der aus dem Installationschacht in den Wohnraum führt eingebaut, da sie auch für Wandeinbau zugelassen sind.

## Anlagenberechnung

Formblatt D

Anlage: Hotel Seestern

Seite 2

Auslegungsdaten einer Klimaanlage im h,x-Diagramm (I)				Gesamt	Gesamt	Gesamt	Gesamt
				Sommer	Winter	Sommer	Winter
				3 Flügel	3 Flügel	1 Flügel	1 Flügel
<b>Außenluftzustand</b>							
Außenlufttemperatur	$t_{AU}$	°C	DIN 4701, VDI 2078	32	-14		-14
relative Außenluftfeuchte	$\phi_{AU}$	% r.F.	Erfahrung, h,x-Diagramm	40	90		90
absolute Außenluftfeuchte	$x_{AU}$	g/kg	Erfahrung, h,x-Diagramm	12	1		1
Dichte der Außenluft	$\rho_{AU}$	kg/m <sup>3</sup>	h,x-Diagramm	1,133	1,343		1,343
<b>Außenluftzustand</b>							
Außenlufttemperatur	$t_{AU}$	°C	DIN 4701, VDI 2078	26	14,5		14,5
relative Außenluftfeuchte	$\phi_{AU}$	% r.F.	Erfahrung, h,x-Diagramm	56	10		10
absolute Außenluftfeuchte	$x_{AU}$	g/kg	Erfahrung, h,x-Diagramm	12	1		1
Dichte der Außenluft	$\rho_{AU}$	kg/m <sup>3</sup>	h,x-Diagramm	1,156	1,21		1,21
<b>Raumluftzustand</b>							
Raumlufttemperatur	$t_R$	°C	DIN 4701, VDI 2078	22	22	22	22
relative Raumluftfeuchte	$\phi_R$	% r.F.	Erfahrungswerte, DIN 4705	50	50	50	50
absolute Raumluftfeuchte	$x_R$	g/kg	h,x-Diagramm	8,3	8,3	8,3	8,3
Dichte der Raumluft	$\rho_{R,f}$	kg/m <sup>3</sup>	h,x-Diagramm	1,174	1,174	1,174	1,174
<b>Trockene Wärmelasten</b>							
zulässige Temperaturdifferenz	$\Delta t_{ZU}$	K	Siehe Luftdurchlass	6	8	6	8
Wärmelast	$Q_w$	W	DIN 4701, VDI 2078	198952	70281	66317	23427
Zuluftmassenstrom	$m_{ZU}$	kg/h	$\dot{m} = \frac{Q_w}{(c_{p,l} + x_R \cdot c_{p,d}) \cdot \Delta t_{ZU}}$	117556	31146	39185	10382
<b>Feuchtelasten</b>							
Personenzahl	$n_{Pers}$	Pers.	Raumbelegungsplan	360	360	120	120
Feuchtstrom je Person	$m_D$	g/h-Pers.	VDI 2078	40	40	40	40
Feuchtelast der Personen	$m_{W,1}$	g/h	$m_{W,1} = n_{Pers} \cdot m_D$	14400	14400	4800	4800
Feuchtelast / -senke	$m_{W,2}$	g/h	Bauherr				
Gesamtfeuchtelast	$\Delta m_w$	g/h	$\Delta m_w = m_{W,1} + m_{W,2}$	14400	14400	4800	4800
zulässige Zulufteuchtedifferenz	$\Delta x_{ZU}$	g/kg	Befeuchter- / Kolerleistung	1	1	1	1
Zuluftmassenstrom	$m_{ZU}$	kg/h	$\dot{m}_{ZU} = \frac{\Delta m_w}{\Delta x_{ZU}}$	14400	14400	4800	4800
<b>Mindest - Zuluftwechsel</b>							
Zuluft - Luftwechsel	$\beta_{ZU}$	h <sup>-1</sup>	Normen, Richtlinien				
Raumvolumen	$V_R$	m <sup>3</sup>	Breite · Länge · Höhe				
Zuluftmassenstrom	$m_{ZU}$	kg/h	$\dot{m}_{ZU} = \frac{\beta_{ZU} \cdot V_R \cdot \rho_{R,f}}{(1 + x_R)}$				
<b>Schadstofflasten</b>							
Schadstoffstrom	$K$	kg/h	Bauherr				
Schadstoffkonzentration im Raum	$k_R$	mg/m <sup>3</sup>	MAK - Wert				
Außenluftschadstoffkonzentration	$k_{AU}$	mg/m <sup>3</sup>	Erfahrungswert, Analyse				
Außenluftmassenstrom	$m_{AU}$	kg/h	$\dot{m}_{AU} = \frac{K \cdot \rho_{R,f}}{(k_R - k_{AU}) \cdot (1 + x_R)}$				
<b>Mindest - Außenluftstrom</b>							
Personen	$n_{Pers}$	Pers.	Raumbelegungsplan	360	360	120	120
Mindest - Außenluftrate je Person	$v_{AUP}$	m <sup>3</sup> /h	DIN 1946 Teil 2	50	50	50	50
Außenluftmassenstrom	$m_{AU}$	kg/h	$\dot{m}_{AU} = \frac{n_{Pers} \cdot v_{AUP} \cdot \rho_{R,f}}{(1 + x_R)}$	20958	20958	6986	6986

## Anlagenberechnung

Formblatt E

Anlage: Hotel Seestern

Seite 2

Auslegungsdaten einer Klimaanlage im h,x-Diagramm (II)				Gesamt	Gesamt	Gesamt	Gesamt
				Sommer	Winter	Sommer	Winter
				3 Flügel	3 Flügel	1 Flügel	1 Flügel
<b>Mindest - Außenluftwechsel</b>							
Zuluft - Luftwechsel	$\beta_{AU}$	$h^{-1}$	Normen, Richtlinien Breite · Länge · Höhe $\dot{m}_{ZU} = \frac{\beta_{AU} \cdot V_R \cdot \rho_{s,f}}{(1 + x_R)}$				
Raumvolumen	$V_R$	$m^3$					
Zuluftmassenstrom	$\dot{m}_{AU}$	$kg/h$					
<b>Auslegungsmassenströme</b>							
Außenluftmassenstrom	$\dot{m}_{AU}$	$kg/h$	$\max(\dot{m}_{AU})$	41864	41864	13955	13955
Zuluftmassenstrom	$\dot{m}_{ZU}$	$kg/h$	$\max(\dot{m}_{ZU}, \dot{m}_{AU})$	117556	117556	39185	39185
Umluftmassenstrom	$\dot{m}_{UM}$	$kg/h$	$\dot{m}_{UM} = \dot{m}_{ZU} - \dot{m}_{AU}$	75692	75692	25231	25231
<b>Mischluftzustände</b>							
Temperaturerhöhung im Ventilator	$\Delta t_{Vent}$	K	siehe Anhaltswerte	2	2	2	2
Außenluftverhältnis	$\mu_{AU}$	-	$\mu_{AU} = \frac{\dot{m}_{AU}}{\dot{m}_{ZU}}$	0,36	0,36	0,36	0,36
Länge der Mischungsgeraden	$l_{pm}$	mm	h,x-Diagramm	31	65	31	65
Mischungsgerade - Außenluftanteil	$l_{AU}$	mm	$l_{AU} = \mu_{AU} \cdot l_{pm}$	11,0	23,1	11,0	23,1
Mischlufttemperatur	$t_{Mf}$	°C	h,x-Diagramm	24,7	20,7	25,4	20,7
Mischluftfeuchtegehalt	$x_{Mf}$	g/kg	h,x-Diagramm	9,7	5,7	9,7	5,7
<b>Zulufttemperaturen</b>							
Zulufttemperaturdifferenz	$\Delta t_{ZU}$	K	$\Delta t_{ZU} = \frac{\dot{Q}_F}{(c_{pL} + x_R \cdot c_{pD}) \cdot \dot{m}_{ZU}}$	6	2,12	6	2,12
Zulufttemperatur	$t_{ZU}$	°C	$t_{ZU} = t_R + \Delta t_{ZU}$	16,00	24,12	16,00	24,12
Temperaturerhöhung im Ventilator	$\Delta t_{Vent}$	K	siehe Anhaltswerte	2,0	2,0	2,0	2,0
Zulufttemperatur vor dem Ventilator	$t_{ZUv}$	°C	$t_{ZUv} = t_{ZU} - \Delta t_{Vent}$	14,00	26,12	14,00	26,12
<b>Zuluftfeuchtegehalt</b>							
Zuluftfeuchtedifferenz	$\Delta x_{ZU}$	g/kg	$\Delta x_{ZU} = \frac{\Delta \dot{m}_w}{\dot{m}_{ZU}}$	0,122	0,122	0,122	0,122
Absoluter Zuluftfeuchtegehalt	$x_{ZU}$	g/kg	$x_{ZU} = x_R - \Delta x_{ZU}$	8,18	8,18	8,18	8,18
<b>Zustandsverlauf Sprühbefeuchter</b>							
Eintrittsfeuchtegehalt	$x_e$	g/kg	Vorwärmer				
Austrittsfeuchtegehalt	$x_a$	g/kg	Zuluftfeuchtegehalt				
Befeuchtungswirkungsgrad	$\eta_B$	%	Datenblatt des Herstellers				
Kühlgrenzfeuchtegehalt	$x_g$	g/kg	$x_g = \frac{x_a - x_e}{\eta_B} + x_e$				
<b>Zustandsverlauf Dampfbefeuchter</b>							
Dampftemperatur	$t_D$	°C	Firmenunterlagen				
Wärmeinhalt des Dampfes	$\Delta h$	kJ/kg	Enthalpie des Sattdampfes		2687		2687
<b>Zustandsverlauf des Kühlers (I)</b>							
mittlere Kühlwassertemperatur	$t_{Km}$	°C	$t_{Km} = (t_{VL} + t_{ZU}) / 2$				
Kühleraustrittstemperatur	$t_{LA}$	°C	Erfahrungswert ( $x_{ZU}, \phi \approx 90\%$ )				
Effektive Kühleroberflächentemperatur	$t_{v,eff}$	°C	Firmenunterlagen				

## Anlagenberechnung

Formblatt F			Anlage: Hotel Seestern		Seite 3			
Auslegungsdaten einer Klimaanlage im h,x-Diagramm (III)				Gesamt	Gesamt	Gesamt	Gesamt	
				Sommer	Winter	Sommer	Winter	
				3 Flügel	3 Flügel	1 Flügel	1 Flügel	
<b>Zustandsverlauf des Kühlers (II)</b>								
Kühler – Eintrittsfeuchtegehalt	$x_e$	g/kg	Mischpunkt, Außenluft, ...	9,7		9,7		
Kühler – Austrittsfeuchtegehalt	$x_a$	g/kg	Zuluftfeuchtegehalt	8,18		8,18		
Feinischverhältnis	B	%	Firmenunterlagen	0,95		0,95		
Taupunktfeuchtegehalt des Kühlers	$x_{o,eff}$	g/kg	$x_{o,eff} = x_e - \frac{x_e - x_a}{B}$	8,1		8,1		
<b>Leistungsdaten der Geräte</b>								
<b>Vorwärmer</b>								
Luft Eintrittstemperatur	$t_{VE,LA}$	°C	h,x-Diagramm		20,7		20,7	
Luft Austrittstemperatur	$t_{VE,LA}$	°C	h,x-Diagramm		23,9		23,9	
Enthalpiedifferenz	$\Delta h_{VE}$	kJ/kg	h,x-Diagramm		3,1		3,1	
Erhitzerleistung	$Q_{VE}$	W	$Q_{VE} = m_{ZU} \cdot \Delta h_{VE}$		101229		33743	
Warmwasser – Vorlauftemperatur	$t_{VL,W}$	°C	Heizungsanlage, Auslegung		90		90	
Warmwasser – Rücklauftemperatur	$t_{RL,W}$	°C	Heizungsanlage, Auslegung		70		70	
Warmwassermassenstrom	$m_{w,VE}$	kg/h	$\dot{m}_{w,VE} = \frac{Q_{VE}}{(t_{VL,W} - t_{RL,W}) \cdot c_{pW}}$		1208		403	
<b>Nacherhitzer</b>								
Luft Eintrittstemperatur	$t_{NE,LA}$	°C	h,x-Diagramm	11,5		11,5		
Luft Austrittstemperatur	$t_{NE,LA}$	°C	h,x-Diagramm	14,79		14,79		
Enthalpiedifferenz	$\Delta h_{NE}$	kJ/kg	h,x-Diagramm	3,3		3,3		
Erhitzerleistung	$Q_{NE}$	W	$Q_{NE} = m_{ZU} \cdot \Delta h_{NE}$	107760		35920		
Warmwasser – Vorlauftemperatur	$t_{VL,W}$	°C	Heizungsanlage, Auslegung		90		90	
Warmwasser – Rücklauftemperatur	$t_{RL,W}$	°C	Heizungsanlage, Auslegung		70		70	
Warmwassermassenstrom	$m_{w,NE}$	kg/h	$\dot{m}_{w,NE} = \frac{Q_{NE}}{(t_{VL,W} - t_{RL,W}) \cdot c_{pW}}$		1286		429	
<b>Kühler</b>								
Luft Eintrittstemperatur	$t_{KL,LA}$	°C	h,x-Diagramm	25,5		25,5		
Luft Austrittstemperatur	$t_{KL,LA}$	°C	h,x-Diagramm	11,6		11,6		
Enthalpiedifferenz	$\Delta h_{KL}$	kJ/kg	h,x-Diagramm	18		18		
Kühlerleistung	$Q_{KL}$	W	$Q_{KL} = m_{ZU} \cdot \Delta h_{KL}$	587781		195927		
Kaltwasser – Vorlauftemperatur	$t_{VL,K}$	°C	Kälteanlage, Auslegung		6		6	
Kaltwasser – Rücklauftemperatur	$t_{RL,K}$	°C	Kälteanlage, Auslegung		12		12	
Kaltwassermassenstrom	$m_{w,KL}$	kg/h	$\dot{m}_{w,KL} = \frac{Q_{KL}}{(t_{VL,K} - t_{RL,K}) \cdot c_{pK}}$		81636		27212	
	$c_{pK}$				1,2		1,2	
<b>Sprühbefeuchter</b>								
Verdunstungs – Massenstrom	$m_{sp,v}$	kg/h	$m_{sp,v} = m_{ZU} \cdot (x_a - x_e)$					
Umlaufwasser – Massenstrom	$m_{sp,U}$	kg/h	Herstellerunterlagen					
Düsendruck	$p_{sp}$	bar	Herstellerunterlagen					
<b>Dampfbefeuchter</b>								
Eintrittsfeuchtegehalt	$x_e$	g/kg	h,x-Diagramm		5,7		5,7	
Austrittsfeuchtegehalt	$x_a$	g/kg	h,x-Diagramm		8,18		8,18	
Dampfmassenstrom	$m_{D,FB}$	kg/h	$m_{D,FB} = m_{ZU} \cdot (x_a - x_e)$		291		97	
Wärmeleistung des Dampfbefeuchters	$Q_{D,FB}$	W	$Q_{D,FB} = \dot{m}_{D,FB} \cdot h'_{D,FB}$		217383		72461	

## Leistungsdaten

Vorwärmer  
Nacherhitzer  
Kühler  
Dampfbefeuchter

101,2 KW	33,7 KW
107,8 KW	35,9 KW
587,8 KW	195,9 KW
217,4 KW	72,5 KW

## **Selbständigkeitserklärung**

**Wir versichern hiermit an Eides statt, dass wir die vorliegende Arbeit bzw. die von uns namentlich gekennzeichneten Teile selbständig und ausschließlich unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel verfasst haben.**

Berlin, der 30. Juni 2005

Thomas Fritsch

Rayk Fleischfresser

Lutz Willek