

## **ANHANG**

- Anhang zu Kapitel 3.3 Allgemeine Grundlagen
- Anhang zu Kapitel 7.1.1 Erstellung
- Anhang zu Kapitel 7.1.2 Raumbedarf
- Anhang zu Kapitel 7.1.4 Wartung und Unterhalt
- Anhang zu Kapitel 7.2.3 Flächen- und Raumbedarf
- Anhang zu Kapitel 7.3.1 Dauer für Erstellung

# Anhang zu Kapitel 3.3 Allgemeine Grundlagen

## Berechnung graue Energie und Treibhausgasemission der Lüftungsgeräte in der Erstellung

Die Primärenergiefaktoren nicht erneuerbar und die Treibhausgas-Emissionsfaktoren wurden alle anhand der Liste der Ökobilanzdaten (KBOB, 2016) ermittelt. Die Materialien wurden aus Hersteller-/Lieferantenunterlagen entnommen oder angenommen. Das Gewicht der Materialien wurde prozentual abgeschätzt.

### Brüstungslüftungsgerät, 80 kg/St.

		Pene	THG		Pene	THG
10%	Gehäuse Stahlblech verzinkt	15,7 kWh/kg	3,51 kg/kg	8 kg/St.	126 kWh/St.	28 kg/St.
50%	LE/LK, Kupferblech blank	9,27 kWh/kg	2,19 kg/kg	40 kg/St.	371 kWh/St.	88 kg/St.
40%	WRG, Aluminiumblech blank	26,7 kWh/kg	5,62 kg/kg	32 kg/St.	853 kWh/St.	180 kg/St.
gesamt pro Brüstungslüftungsgerät					<u>1350 kWh/St.</u>	<u>296 kg/St.</u>

### Deckenlüftungsgerät, 100 kg/St.

		Pene	THG		Pene	THG
10%	Gehäuse Stahlblech verzinkt	15,7 kWh/kg	3,51 kg/kg	10 kg/St.	160 kWh/St.	35 kg/St.
50%	LE/LK, Kupferblech blank	9,27 kWh/kg	2,19 kg/kg	50 kg/St.	464 kWh/St.	110 kg/St.
40%	WRG, Aluminiumblech blank	26,7 kWh/kg	5,62 kg/kg	40 kg/St.	1066 kWh/St.	225 kg/St.
gesamt pro Deckenlüftungsgerät					<u>1690 kWh/St.</u>	<u>370 kg/St.</u>

## Zuluftgerät, 6,9 kg/St.

---

		Pene	THG		Pene	THG
30 %	Gehäuse Stahlblech verzinkt	15,7 kWh/kg	3,51 kg/kg	2,1 kg/St.	33 kWh/St.	7,5 kg/St.
70 %	LE/LK, Kupferblech blank	9,27 kWh/kg	2,19 kg/kg	4,8 kg/St.	45 kWh/St.	10,5 kg/St.
gesamt pro Zuluftgerät					<u>78 kWh/St.</u>	<u>18 kg/St.</u>

## Instabox, 20 kg/St. (Installations- und Schallschutzset)

---

		Pene	THG		Pene	THG
100 %	Stahlblech verzinkt	15,7 kWh/kg	3,51 kg/kg	20 kg/St.	312 kWh/St.	70 kg/St.
gesamt pro Instabox					<u>312 kWh/St.</u>	<u>70 kg/St.</u>

## gesamt Zuluftgerät und Instabox

---

Pene	<u>390 kWh/St.</u>
THG	<u>88 kg/St.</u>

# Berechnung SFP-Wert Ventilatoren der Zuluftgeräte

Luftmenge bei Auslegung pro Gerät:  $100 \text{ m}^3/\text{h}$

Leistungsaufnahme Ventilator bei Auslegung:  $10 \text{ W}$

$$\text{SFP} = \frac{10 \text{ W}}{100 \text{ m}^3/\text{h}} = 0,1 \text{ W/m}^3/\text{h} \rightarrow \underline{\underline{\text{SFP } 1}}$$

## Schallleistungspegel Zuluftgerät

Schalldruckpegel Zuluftgerät in Instabex bei Auslegung:  $L_p = 27,2 \text{ dB}$

Entfernung Lärmquelle - Messpunkt:  $d = 1 \text{ m}$

Richtfaktor:  $Q = 4$  (an Raumbode angeordnet)

$$L_p = L_w + 10 \lg \left( \frac{Q}{4\pi d^2} + \frac{4}{A} \right)$$

$\hookrightarrow$  Annahme nur direkt Schall, da im Freifeld

$$L_w = L_p - 10 \lg \left( \frac{Q}{4\pi d^2} \right) = 27,2 \text{ dB} - 10 \lg \left( \frac{4}{4\pi (1 \text{ m})^2} \right) = \underline{\underline{32 \text{ dB}}}$$

Schallleistungspegel Zuluftgerät

# Berechnung Heiz-, Kälte- und Stromenergiebedarf der dezentrale Zuluft- und zentrale Abluftanlage

## Brüstungs Lüftungsgerät

Wirkungsgrad WRG: 60%

Heizenergiebedarf: 16'480 kWh/a

Kälteenergiebedarf: 700 kWh/a

## Decken Lüftungsgerät:

Wirkungsgrad WRG: 54%

Heizenergiebedarf: 30'820 kWh/a

Kälteenergiebedarf: 1'300 kWh/a

## dezentrale Zuluft und zentrale Abluftanlage

Leistungsaufnahme Zuluftgeräte: 10 W/st.

Anzahl Zuluftgeräte: 132 Stück

Vollbetriebsstunden: 2000 h/a (Annahme)

Gleichzeitigkeit: 60% (Annahme)

Luftmenge: 8500 m<sup>3</sup>/h

SFP Ventilator zentrale Abluftanlage: 0,204 W/m<sup>3</sup>/h

# Stromenergiebedarf

$$\dot{Q}_{\text{Zuluftanlage, Strom}} = \frac{10 \text{ W/s} \cdot 0,6 \cdot 2000 \text{ h/a} \cdot 132 \text{ St.}}{1000 \text{ W/kW}} \\ = 1'584 \text{ kWh/a}$$

$$\dot{Q}_{\text{Abluftanlage, Strom}} = \frac{0,204 \text{ W/m}^3/\text{h} \cdot 8500 \text{ m}^3/\text{h} \cdot 0,6 \cdot 2000 \text{ h/a}}{1000 \text{ W/kW}} \\ = 2'081 \text{ kWh/a}$$

$$\dot{Q}_{\text{Pumpen Heizung und Kälte, Strom}} = 800 \text{ kWh/a} \quad (\text{Annahme gleich wie in Bachelor-Projekt})$$

$$\dot{Q}_{\text{gesamt, Strom}} = \underline{\underline{4'465 \text{ kWh/a}}} \quad \text{dezentrale Zuluft- und zentrale Abluftanlage}$$

# Heiz- und Kälteenergiebedarf

$$\dot{Q}_{\text{Heiz, dezentrale Zuluft und zentrale Abluftanlage}} \\ = \left( \frac{16480 \text{ kWh/a}}{1-0,6} + \frac{30820 \text{ kWh/a}}{1-0,54} \right) \cdot (1-0,7) = \underline{\underline{32460 \text{ kWh/a}}}$$

$$\dot{Q}_{\text{Kälte, dezentrale Zuluft und zentrale Abluftanlage}} \\ = \left( \frac{700 \text{ kWh/a}}{1-0,6} + \frac{1300 \text{ kWh/a}}{1-0,54} \right) \cdot (1-0,7) = \underline{\underline{1'370 \text{ kWh/a}}}$$

## Anhang zu Kapitel 7.1.1 Erstellung

### Berechnung der jährlichen Kapitalkosten der Erstellung einer einfachen Zu- und Abluftanlage und einer Vollklimaanlage

Luftmenge	8500 m <sup>3</sup> /h
EBF	1173 m <sup>2</sup>
Kapitalzins	1 %

244 einfache Zu- und Abluftanlage		spezifische Kosten	Menge	Investitionskosten		Lebensdauer	Annuitätsfaktor	Fr./m <sup>3</sup> /h*a	Fr./a		
244.0.2	Lüftungsanlage mit LH, WRG, Filter	m <sup>3</sup> /h	10	8500	85000	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	20	0.055	0.554	4710.30	
244.1	Kanäle	m <sup>3</sup> /h	6	8500	51000	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	30	0.039	0.232	1976.15	
244.2	Armaturen	m <sup>3</sup> /h	2	8500	17000	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	20	0.055	0.111	942.06	
244.3	Regel- und Sicherheitsorgane	m <sup>3</sup> /h	1	8500	8500	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	15	0.072	0.072	613.05	
244.6	Dämmungen Lüftungsanlagen	m <sup>3</sup> /h	2	8500	17000	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	30	0.039	0.077	658.72	
244.7	Elektrosteuerschränke	Stk	10000	1	10000	1 Schrankfeld 80x40x200 pro Anlage	20	0.055	554.153	554.15	
									<b>9454.44</b>	Fr./a	
									<b>jährliche Kapitalkosten einfache Zu- und Abluftanlage</b>	<b>8.10</b>	Fr./a*m <sup>2</sup>
245 Vollklimaanlage		spezifische Kosten	Menge	Investitionskosten		Lebensdauer	Annuitätsfaktor	Fr./m <sup>3</sup> /h*a	Fr./a		
245.0.3	Klimaanlage mit LH, LK, Bef., Adiab., WRG	m <sup>3</sup> /h	14	8500	119000	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	20	0.055	0.776	6594.42	
245.1.0.3	Quellüftungsanlage mit LW < 3fach	m <sup>3</sup> /h	10	8500	85000	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	30	0.039	0.387	3293.59	
245.2	Armaturen	m <sup>3</sup> /h	4	8500	34000	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	20	0.055	0.222	1884.12	
245.3	Regel- und Sicherheitsorgane	m <sup>3</sup> /h	2	8500	17000	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	15	0.072	0.144	1226.10	
245.6	Dämmungen Klimaanlage	m <sup>3</sup> /h	4	8500	34000	m <sup>3</sup> /h Luftmenge	30	0.039	0.155	1317.44	
245.7	Elektrosteuerschränke	Stk	10000	1	10000	1 Schrankfeld 80x40x200 pro Anlage	20	0.055	554.153	554.15	
245.8	Regie	%	5		0	5% als Reserveposition auf BKP 245				14869.83	
									<b>jährliche Kapitalkosten Vollklimaanlage</b>	<b>12.70</b>	Fr./a*m <sup>2</sup>

## Anhang zu Kapitel 7.1.2 Raumbedarf

### Berechnung der jährlichen Kapitalkosten für den Raumbedarf einer einfachen Zu- und Abluftanlage

Energiebezugsfläche 1'173 m<sup>2</sup> EBF  
 Kapitalzins 1 %

#### einfache Zu- und Abluftanlage

##### **Lüftungszentrale Zu- und Abluft**

Luftmenge Lüftungsanlage	8'500 m <sup>3</sup> /h	
Nettogeschossfläche Lüftungszentrale	84 m <sup>2</sup>	anhand SIA 382/1:201, Figur 11, Zu- und Abluftanlage
Lichte Raumhöhe Lüftungszentrale	3.23 m	anhand SIA 382/1:201, Figur 10, Zuluftanlage
<b>Volumen Lüftungszentrale Zu- und Abluft</b>	<b>270.1 m<sup>3</sup></b>	

##### **Steigschächte Zu- und Abluft**

Luftmenge Lüftungsanlage	8'500 m <sup>3</sup> /h	
Schachtquerschnitt	2.34 m <sup>2</sup>	anhand SIA 382/1:201, Figur 15, Schacht mit mehreren Luftleitungen
Raumhöhe	3.00 m	
Anzahl Geschosse	3 St.	
<b>Volumen Steigschächte Zu- und Abluft</b>	<b>21.0 m<sup>3</sup></b>	

##### **Lüftungskanäle Zu- und Abluft**

Luftmenge Lüftungsanlage	8'500 m <sup>3</sup> /h				
Luftmenge pro Geschoss	2'833 m <sup>3</sup> /h				
Anzahl Kanäle nebeneinander	2 St.	Zu- und Abluft			
Anzahl Geschosse	3 St.				
Anzahl Geschossabgänge	2 St.				
Anzahl Raumabgänge pro Geschossabgang	6 St.				
Länge je Geschossabgang	15 m				
Länge je Raumabgang	5 m				
	<b>Luftgeschwindigkeit</b>	<b>Luftmenge</b>	<b>Fläche</b>	<b>Gesamte Kanallänge</b>	<b>Volumen Kanal</b>
bis 1'000 m <sup>3</sup> /h	3 m/s	236 m <sup>3</sup> /h	0.02 m <sup>2</sup>	360 m	7.9 m <sup>3</sup>
bis 2'000 m <sup>3</sup> /h	4 m/s	1417 m <sup>3</sup> /h	0.10 m <sup>2</sup>	180 m	17.7 m <sup>3</sup>
bis 4'000 m <sup>3</sup> /h	5 m/s	0 m <sup>3</sup> /h	0.00 m <sup>2</sup>	0 m	0.0 m <sup>3</sup>
bis 10'000 m <sup>3</sup> /h	6 m/s	0 m <sup>3</sup> /h	0.00 m <sup>2</sup>	0 m	0.0 m <sup>3</sup>
über 10'000 m <sup>3</sup> /h	7 m/s	0 m <sup>3</sup> /h	0.00 m <sup>2</sup>	0 m	0.0 m <sup>3</sup>
				<b>Volumen gesamtes Kanalnetz Zu- und Abluft</b>	<b>25.6 m<sup>3</sup></b>

#### **einfache Zu- und Abluftanlage**

Gesamtes Volumen einfache Zu- und Abluftanlage	316.7 m <sup>3</sup>
Investitionskosten roh Gebäude pro m <sup>3</sup>	500 Fr./m <sup>3</sup>
Investitionskosten Raumbedarf einfache Zu- und Abluftanlage	158'372 Fr.
Lebensdauer Gebäudestruktur	60 Jahre
Annuitätsfaktor	0.022
<b>Kapitalkosten Raumbedarf einfache Zu- und Abluftanlage</b>	<b>3'523 Fr.</b>
<b>Kapitalkosten Raumbedarf einfache Zu- und Abluftanlage pro m<sup>2</sup> EBF</b>	<b>3.00 Fr./m<sup>2</sup> EBF</b>

## Anhang zu Kapitel 7.1.4 Wartung und Unterhalt

### Berechnung der jährlichen durchschnittlichen Wartungs- und Unterhaltskosten einer einfachen Zu- und Abluftanlage

Energiebezugsfläche	1'173 m <sup>2</sup> EBF
Kapitalzins	1 %
allgemeine Preissteigerung	2 %

#### einfache Zu- und Abluftanlage

Filter pro Gerät	2 St./St.	Zu- und Abluft
Filterkosten pro Stück	500 Fr./St.	
Dauer für Filterwechsel und Gerätereinigung pro einfache Zu- und Abluftanlage	4 h/St.	240 min
Stundenansatz für Wartung und Unterhalt	90 Fr./h	
jährliche Wartungs- und Unterhaltskosten pro einfache Zu- und Abluftanlage	1360 Fr./St.*a	
Anzahl Zu- und Ablufgeräte	1 St.	
Filterwechsel und Gerätereinigung nach	1 Jahr	
Annuitätsfaktor	1.01	
Mittelwertfaktor	1.02	
<b>jährliche durchschnittliche Wartungs- und Unterhaltskosten einfache Zu- und Abluftanlage</b>	<b>1387 Fr./a</b>	<b>1.20 Fr./a*m<sup>2</sup> EBF</b>

#### einfache Zu- und Abluftanlage

<b>jährliche durchschnittliche Wartungs- und Unterhaltskosten einfache Zu- und Abluftanlage</b>	<b>1'387 Fr./a</b>
<b>jährliche durchschnittliche Wartungs- und Unterhaltskosten einfache Zu- und Abluftanlage pro m<sup>2</sup> EBF</b>	<b>1.20 Fr./a*m<sup>2</sup> EBF</b>

# Anhang zu Kapitel 7.2.3 Flächen- und Raumbedarf

## Berechnung des Flächen- und Raumbedarfs einer einfachen Zu- und Abluftanlage

Energiebezugsfläche 1'173 m<sup>2</sup> EBF

### Dezentrale Zuluft- und zentrale Abluftanlage

#### **Lüftungszentrale Zu- und Abluft**

Luftmenge Lüftungsanlage	8'500 m <sup>3</sup> /h	
Nettogeschossfläche Lüftungszentrale	84 m <sup>2</sup>	anhand SIA 382/1:201, Figur 11, Zu- und Abluftanlage
Lichte Raumhöhe Lüftungszentrale	3.23 m	anhand SIA 382/1:201, Figur 10, Zuluftanlage
<b>Volumen Lüftungszentrale Zu- und Abluft</b>	<b>270.1 m<sup>3</sup></b>	

#### **Steigschächte Zu- und Abluft**

Luftmenge Lüftungsanlage	8'500 m <sup>3</sup> /h	
Schachtquerschnitt	2.34 m <sup>2</sup>	anhand SIA 382/1:201, Figur 15, Schacht mit mehreren Luftleitungen
Raumhöhe	3.00 m	
Anzahl Geschosse	3 St.	
<b>Fläche Steigschächte Zu- und Abluft</b>	<b>7.0 m<sup>2</sup></b>	
<b>Volumen Steigschächte Zu- und Abluft</b>	<b>21.0 m<sup>3</sup></b>	

#### **Lüftungskanäle Zu- und Abluft**

Luftmenge Lüftungsanlage	8'500 m <sup>3</sup> /h				
Luftmenge pro Geschoss	2'833 m <sup>3</sup> /h				
Anzahl Kanäle nebeneinander	2 St.	Zu- und Abluft			
Anzahl Geschosse	3 St.				
Anzahl Geschossabgänge	2 St.				
Anzahl Raumabgänge pro Geschossabgang	6 St.				
Länge je Geschossabgang	15 m				
Länge je Raumabgang	5 m				
	<b>Luftgeschwindigkeit</b>	<b>Luftmenge</b>	<b>Fläche</b>	<b>Gesamte Kanallänge</b>	<b>Volumen Kanal</b>
bis 1'000 m <sup>3</sup> /h	3 m/s	236 m <sup>3</sup> /h	0.02 m <sup>2</sup>	360 m	7.9 m <sup>3</sup>
bis 2'000 m <sup>3</sup> /h	4 m/s	1417 m <sup>3</sup> /h	0.10 m <sup>2</sup>	180 m	17.7 m <sup>3</sup>
bis 4'000 m <sup>3</sup> /h	5 m/s	0 m <sup>3</sup> /h	0.00 m <sup>2</sup>	0 m	0.0 m <sup>3</sup>
bis 10'000 m <sup>3</sup> /h	6 m/s	0 m <sup>3</sup> /h	0.00 m <sup>2</sup>	0 m	0.0 m <sup>3</sup>
über 10'000 m <sup>3</sup> /h	7 m/s	0 m <sup>3</sup> /h	0.00 m <sup>2</sup>	0 m	0.0 m <sup>3</sup>
				<b>Volumen gesamtes Kanalnetz Zu- und Abluft</b>	<b>25.6 m<sup>3</sup></b>

#### **einfache Zu- und Abluftanlage**

Gesamte Fläche einfache Zu- und Abluftanlage	91 m <sup>2</sup>	
<b>Gesamte Fläche einfache Zu- und Abluftanlage pro m<sup>2</sup> EBF</b>	<b>0.077 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> EBF</b>	<b>Flächenbedarf</b>
Gesamtes Volumen einfache Zu- und Abluftanlage	317 m <sup>3</sup>	
<b>Gesamtes Volumen einfache Zu- und Abluftanlage pro m<sup>2</sup> EBF</b>	<b>0.270 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> EBF</b>	<b>Raubedarf</b>

## Anhang zu Kapitel 7.3.1 Dauer für Erstellung Berechnung der Dauer für Erstellung einer einfachen Zu- und Abluftanlage

einfache Zu- und Abluftanlage	Menge	Montagezeiten	Installationsdauer	
Installationsdauer Zu- und Abluftgerät	1 St.	4.0 h/St.	4.0 h	
Installationsdauer Regenhut	2 St.	1.5 h/St.	3 h	Aussen- und Fortluft
Installationsdauer Lufteinlässe/-auslässe	72 St.	0.3 h/St.	21.6 h	
Installationsdauer Lüftungskanäle (Durchschnitt)	702 m	0.5 h/m	351 h	Zu- und Abluft
Zuschlag für Formstückinstallation		20 %	70.2 h	
Installationsdauer Dämmung Zuluft (Durchschnitt)	306 m	0.35 h/m	107.1 h	Zuluft
<b>Gesamte Installationsdauer Lüftungsinstallation der einfachen Zu- und Abluftanlage</b>			<b>556.9 h</b>	

<b>dezentrale Zuluft- und zentrale Abluftanlage</b>	
<b>Gesamte Installationsdauer dezentrale Zuluft- und zentrale Abluftanlage</b>	<b>556.9 h</b>
Stunden pro Arbeitswoche	42 h/Woche
<b>Gesamte Installationsdauer dezentrale Zuluft- und zentrale Abluftanlage</b>	<b>13.2 Wochen</b>