

Die erste Quelle für Informationen über den Strombedarf eines Gebäudes ist der Stromverbrauch laut Stromrechnung. Liegen Monatsverbräuche (*Sonderabnehmerverträge*) vor, so kann eine Analyse der Verbräuche zu aufschlußreichen Schlußfolgerungen führen. Eine solche Analyse kann vor der ersten Begehung des Gebäudes erfolgen.

In der Abbildung 1 sind die Stromverbrauchsabrechnungen für die Jahre 1995 und 1996 graphisch dargestellt. (*Niedertarifzeit: Mo.-Fr. 22.00 bis 6.00 Uhr und Sa. von 14.00-Mo. 6.00 Uhr*). Die Abbildung 2 zeigt die 15-Minuten-Leistungsspitzen von 1995 und 1996.

Fragen

1. Wie können die sommerlichen Verbrauchsspitzen erklärt werden (*Juli und August*)?
2. Die Analyse des Stromverbrauchs zeigt, daß dieser sommerliche Mehrverbrauch vor allem in den Niedertarifzeiten anfällt. Wieso?
3. Ab Herbst 1995 ist tendenziell ein Stromminderverbrauch festzustellen. Haben Sie eine Erklärung dafür?
4. Wie ist der Verbrauchseinsturz im März 1996 zu erklären?
5. Sehen Sie einen Zusammenhang zwischen dem Verlauf der monatlichen 15-Minuten-Leistungsspitzen und dem Stromverbrauch?

1.



2.



3.



4.



5.



Stromrechnung Ist-Zustand

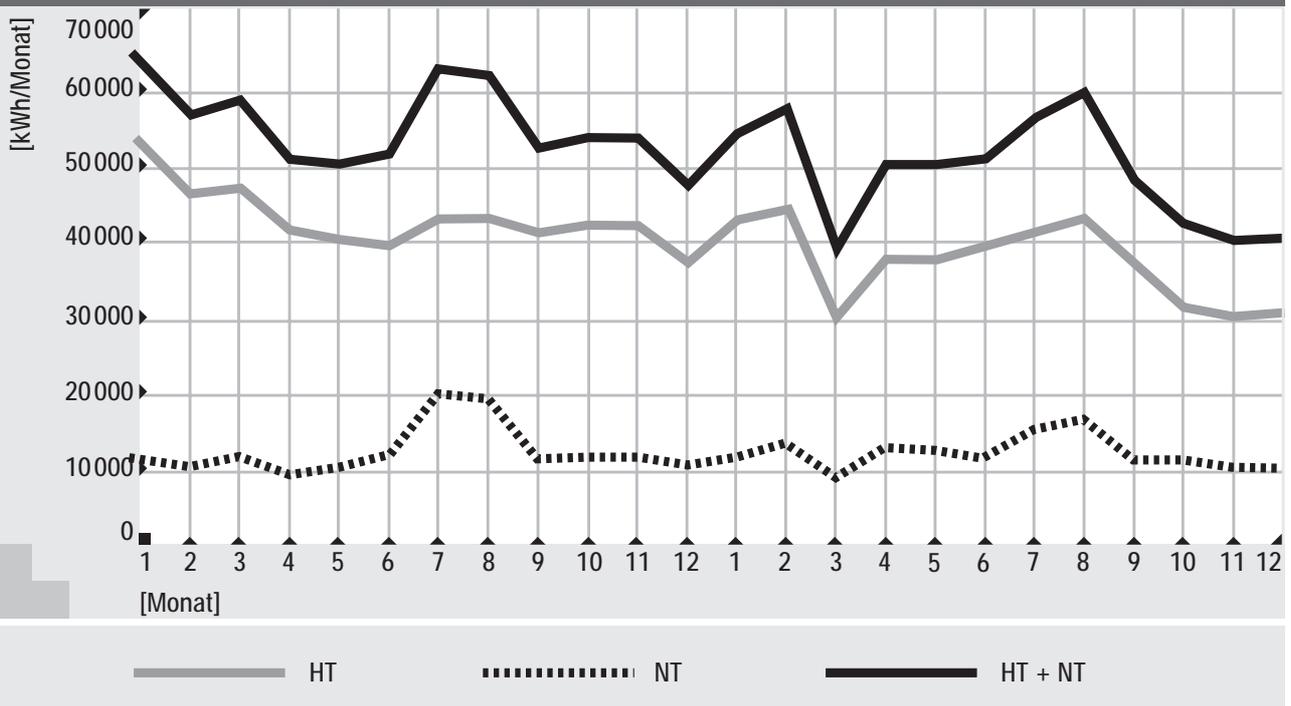
1

Anlage 1

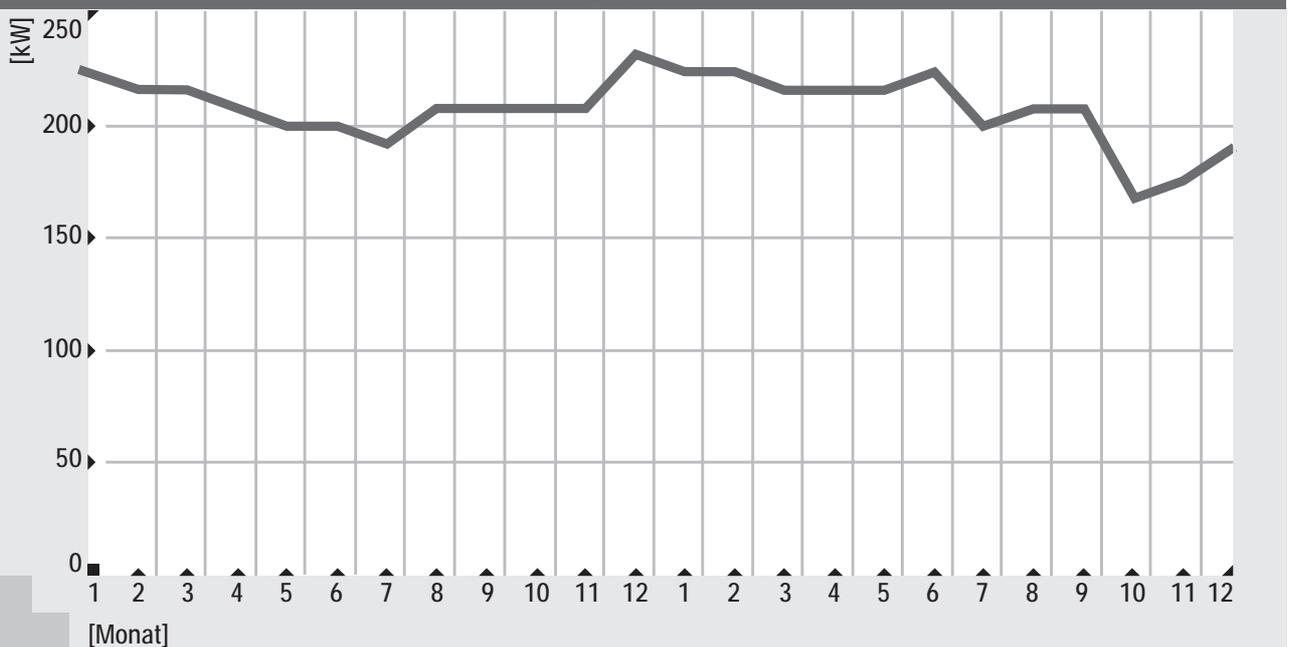
Energieverbrauch Musterbeispiel Stromsparcheck 1995/1996							
1995		Messperiode			Umrechnung Monat		
Monat	Anzahl Tage Messperiode	Strom HT [kWh]	Strom NT [kWh]	Strom P [kW]	Strom HT [kWh]	Strom NT [kWh]	Strom HT + NT [kWh]
1	29	49.272	10.344	224	52.670	11.057	63.727
2	28	46.256	10.256	216	46.256	10.256	56.512
3	34	51.440	12.640	216	46.901	11.525	58.426
4	29	40.072	8.792	208	41.454	9.095	50.549
5	32	41.384	10.224	200	40.091	9.905	49.995
6	29	38.072	11.496	200	39.385	11.892	51.277
7	29	40.088	18.504	192	42.853	19.780	62.633
8	33	45.624	20.160	208	42.859	18.938	61.797
9	31	42.360	11.688	208	40.994	11.311	52.305
10	31	42.000	11.500	208	42.000	11.500	53.500
11	30	42.000	11.500	208	42.000	11.500	53.500
12	31	36.752	10.360	232	36.752	10.360	47.112
Total	366				514.214	147.119	661.333
1996		Messperiode			Umrechnung Monat		
Monat	Anzahl Tage Messperiode	Strom HT [kWh]	Strom NT [kWh]	Strom P [kW]	Strom HT [kWh]	Strom NT [kWh]	Strom HT + NT [kWh]
1	32	44.304	11.632	224	42.920	11.269	54.188
2	28	44.120	13.376	224	44.120	13.376	57.496
3	30	28.912	8.520	216	29.876	8.804	38.680
4	28	34.848	11.792	216	37.337	12.634	49.971
5	33	39.936	13.152	216	37.516	12.355	49.871
6	30	39.304	11.424	224	39.304	11.424	50.728
7	29	38.632	14.000	200	41.296	14.966	56.262
8	33	45.840	17.608	208	43.062	16.541	59.603
9	30	36.784	11.128	208	36.784	11.128	47.912
10	28	28.144	10.040	168	31.159	11.116	42.275
11	33	32.968	11.136	176	29.971	10.124	40.095
12	35	34.448	11.040	192	30.511	9.778	40.289
Total	369				443.856	143.514	587.369

Stromrechnung Ist-Zustand

Musterbeispiel Stromsparmcheck: Stromverbrauch 1995/96



Musterbeispiel Stromsparmcheck: 15-Minuten-Leistungsspitzen 1995/96



Oft ist es sinnvoll, eine Lastgangmessung zur Plausibilitätsüberprüfung von Annahmen hinsichtlich der Leistungen oder Vollbetriebszeit von Verbrauchern auszuwerten.

In der Anlage 1 ist das Ergebnis einer einwöchigen Lastgangmessung in dem Muster-Verwaltungsgebäude dargestellt. Es handelt sich um ein durchschnittliches Bürogebäude mit niedrigem Technisierungsgrad und einer Bruttogeschossfläche von 7.734 m² inklusive Garage und Kellerräumen. Die Tagesverläufe zeigen deutlich die Nutzungszeiten des Gebäudes und die Laufzeiten großer Verbraucher. Der Lastgang wurde in 5 Minuten-Intervallen aufgezeichnet.

Fragen

- 1.** Wie unterscheiden sich die Lastgänge von Werktagen und Wochenendtagen?
Warum unterscheiden sich die Lastgänge vom Samstag und Sonntag?
Was fällt Ihnen an dem Lastgang vom Sonntag auf?
- 2.** Wie hoch ist die höchste Lastspitze während der Nutzungszeit?
Wie hoch ist die Last außerhalb der Nutzungszeit?
Wie beurteilen Sie dieses Verhältnis?
- 3.** Schätzen Sie ab, wieviel Prozent des Stromverbrauchs am Sonntag in Vergleich zu einen durchschnittlichen Werktag verbraucht wird?
Ist das Plausibel?
- 4.** Sind Laufzeiten großer Verbraucher erkennbar an Lastniveaus in den Tagesverläufen?
Sind diese erklärbar hinsichtlich Ein- und Ausschaltzeiten bzw. Dauer?

1.



2.



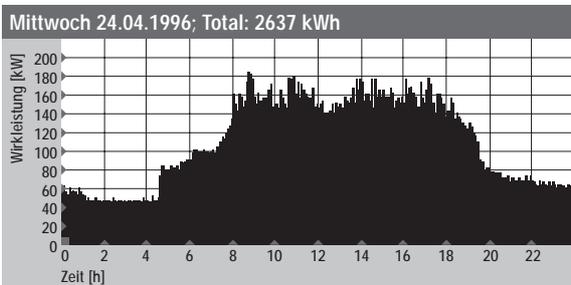
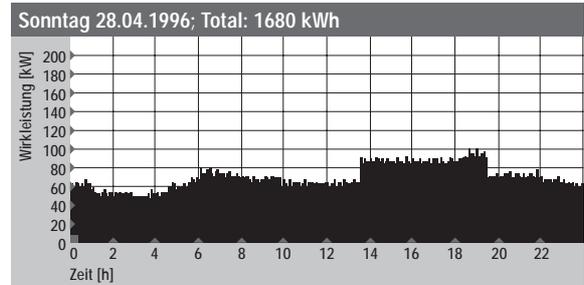
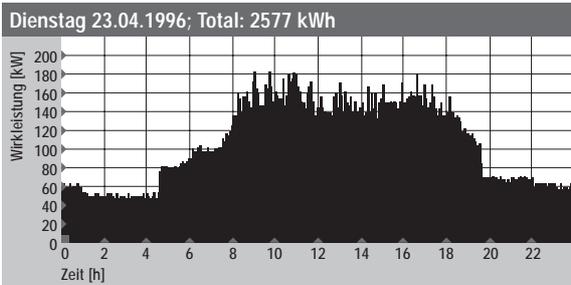
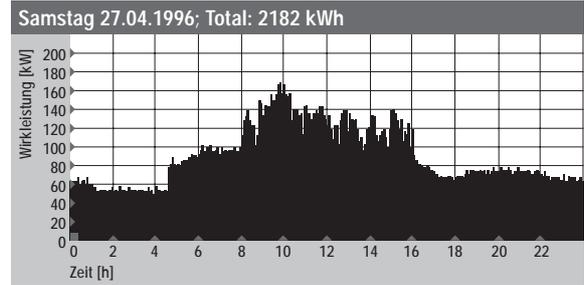
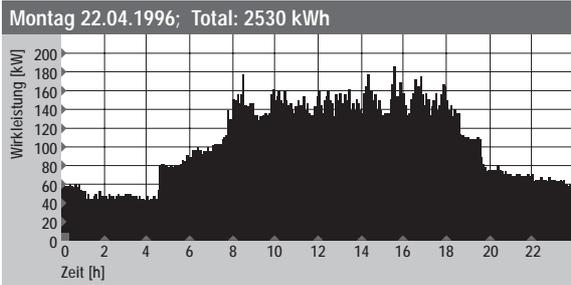
3.



4.

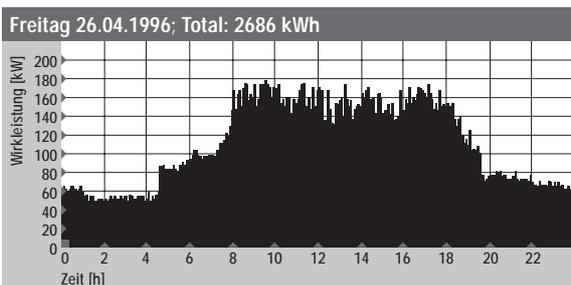
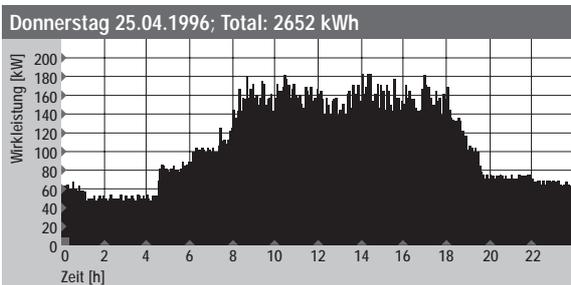


Lastgangmessung Ist-Zustand



**Einwöchige Lastgangmessung:
Mo 22.04.1996 - So 28.04.96;**

Total: 16945 kWh;
Wirkleistung;
Kanal 1: Hauptzähler



Durch die Zusammenfassung der elektrischen Verbraucher zu Verwendungszwecken und die Einteilung des Gebäudes in typische Nutzungszonen entsteht die Matrixdarstellung, die den Stromverbrauch erst transparent und einer Analyse zugänglich macht.

Das Muster-Verwaltungsgebäude wird für verschiedene Zwecke genutzt:

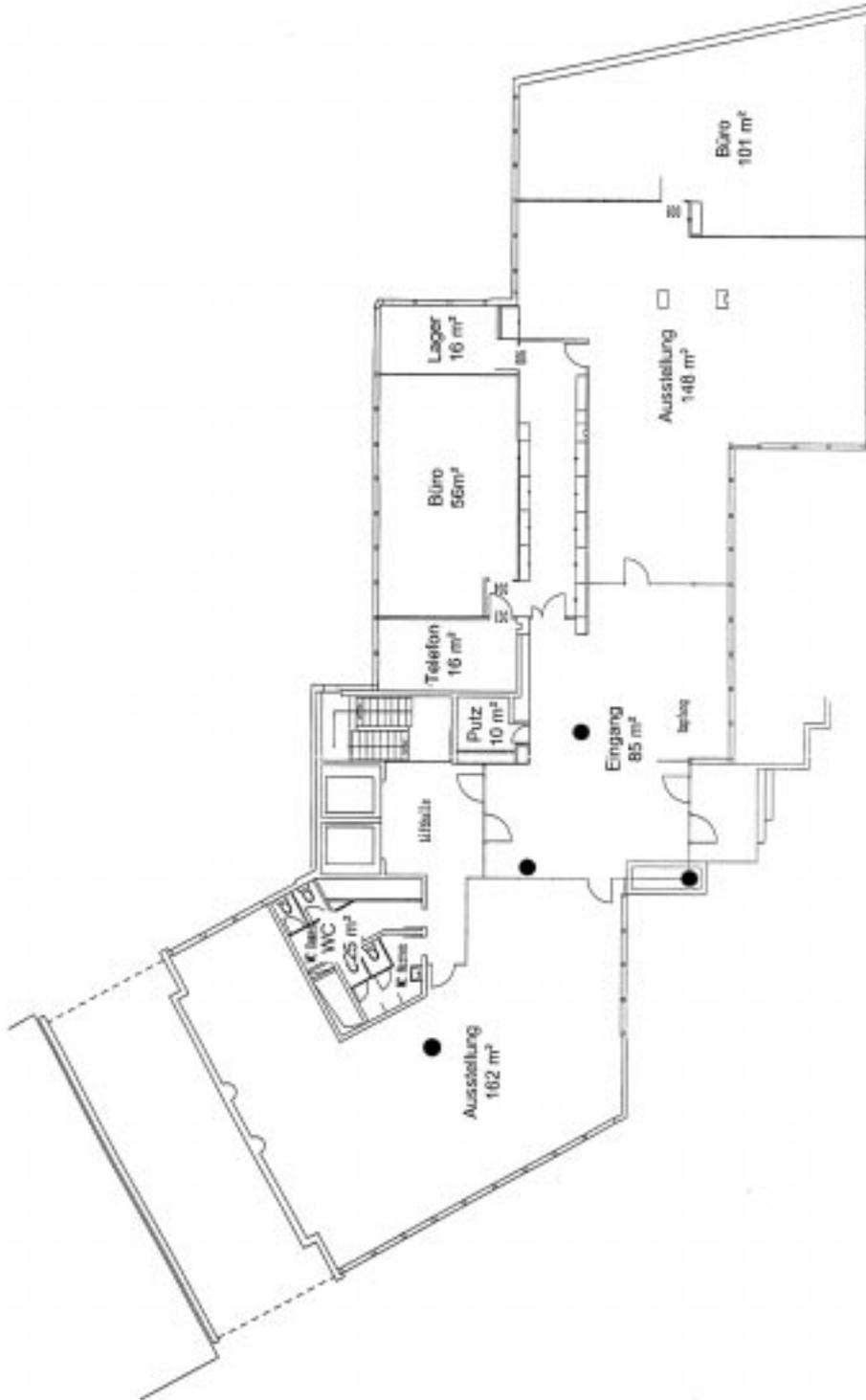
- Erdgeschoß: Ausstellungs- und Verkaufsräume, Präsentationsbeleuchtung auch außerhalb der normalen Nutzungszeiten des Gebäudes.
1. Obergeschoß: Händlerbüros, in denen die Mitarbeiter teils bis spät in die Nacht und an Samstagen Börsengeschäfte mit in- und ausländischen Geschäftspartnern abwickeln; zentraler Computerraum.
- 2.-5. Obergeschoß: Einzel- und Gruppenbüros mit identischer Ausrüstung und Nutzung.
6. Obergeschoß: Restaurant, weitere Computerräume.
7. Obergeschoß: Technik- und Lagerräume.

Aufgabe

- 1.** Teilen Sie das Erdgeschoß und das 1. Obergeschoß in sinnvolle Nutzungszonen auf. Als Hilfe steht Ihnen die Tabelle in der Anlage 1 zur Verfügung. Die grauschraffierten Felder sind von Ihnen auszufüllen, dabei müssen Sie auch zwei neue Nutzungszonen definieren. Beachten Sie, daß die Verkehrsflächen nur teilweise in den Plänen aufgeführt sind. Berechnen Sie die Verkehrsfläche daher als Differenz von Total-Geschoßfläche minus den übrigen Nutzungszonenflächen.

Einteilung in Nutzungszone

Zone	7.OG	6.OG	5.OG	4.OG	3.OG	2.OG	1.OG	EG	1.UG	2.UG	Summe	
Büro		34	509	570	628	632						m ²
Restaurant		217									217	m ²
Computer		114										m ²
												m ²
												m ²
Verkehr		71	186	203	157	209			40	40		m ²
Technik/Lager	50	88							234	234		m ²
Garage									1054	1054	2108	m ²
Summe BGF	50	524	695	773	785	841			1328	1328		m ²

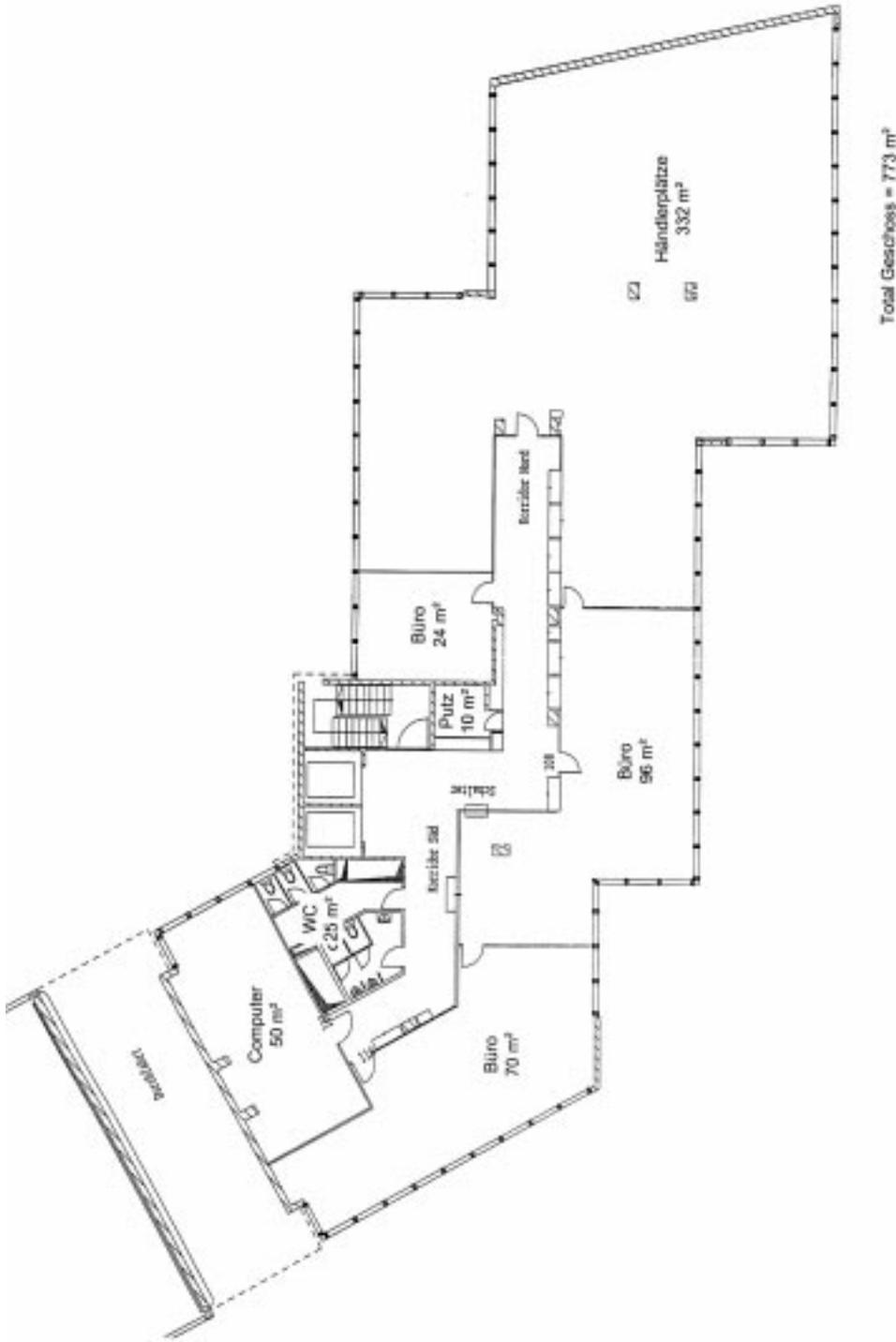


Total Geschoss = 705 m²

Musterbeispiel / Stromsparcheck

Verwaltungsgebäude , EG		Maßstab	Gez.	
		1:200	Geprüft	
Ausg. Datum		Vizium		
ÄNDERUNGEN				
Beatt für:		Nr. 50a3-000		

Nutzungszonen



Musterbeispiel / Stromsparcheck		Maßstab	Gez.	Geprüft
Verwaltungsgebäude , 1.OG		1:200		
Ausg. Datum		Visum		
ÄNDERUNGEN		BRATT		
BRATT für:		Nr. 50a3-011		

Eine erste grobe Beurteilung des Stromverbrauchs können Sie anhand von Teilenergiekennwerten vornehmen, die aus empirischen Untersuchungen stammen. Für verschiedene Gebäudekategorien sind nachfolgend typische Teilenergiekennzahlen (s. *Tabelle 1*) und die daraus resultierende Energiekennzahl Elektrizität E_{Total} aufgeführt. Die Beispiele halten die Grenzwerte ein, die im Anhang der Broschüre Stromsparcheck für Gebäude aufgeführt sind.

Die Spalten Arbeitshilfen AH beinhalten Erfahrungswerte. Die Teilenergiekennzahlen Zentrale Dienste ZD beziehen sich auf diese Beispiele und sind deshalb nur bedingt übertragbar. Der Elektrizitätsbedarf Zentrale Dienste beeinflusst den Elektrizitätsbedarf erheblich und wirkt sich in Bürobauten auf die Teilenergiekennzahl Lüftung/Klima L/K aus. Die Teilenergiekennwerte für Zentrale Dienste und Lüftung/Klima müssen daher, entsprechend der Nutzung des Gebäudes, plausibel angepaßt werden.

Gebäudebeschreibung: Das Muster-Verwaltungsgebäude besteht hauptsächlich aus Gruppen- und Großraumbüros. Daneben gibt es Ausstellungsflächen im Erdgeschoß, eine Tiefgarage im Untergeschoß, ein Restaurant sowie Lagerräume, Flur- und Treppenflächen. Das Gebäude ist nur teilweise klimatisiert. Die mittlere Ausstattung eines Arbeitsplatzes besteht u. a. aus einem PC. Viele Arbeitsplätze verfügen nur über eine geringe Tageslicht-Einstrahlung. Es gibt keine regelrechte EDV-Zentrale, aber zwei Computerräume, in denen mehrere Netzwerk-Server untergebracht sind, die über ein Netzwerk mit sämtlichen Büro-Computern verbunden sind.

Aufgaben

- Wählen Sie aus der Tabelle 1 die Gebäudekategorie aus, die dem Muster-Verwaltungsgebäude am ehesten entspricht. Tragen Sie die Werte in der im Lösungsblatt vorgesehenen Tabelle ein. Die Kennwerte für Zentrale Dienste ZD, Lüftung/Klima L/K und E_{Total} lassen Sie bitte noch frei.
- Überlegen Sie, auf welchen Wert der Teilenergiekennwert für die Zentrale Dienste ZD und der für Lüftung/Klima L/K geändert werden sollte. Vervollständigen Sie die Teilenergiekennwerte im Lösungsblatt. E_{Total} ist die Summe der Teilenergiekennwerte.
- Multiplizieren Sie die Energiekennzahl Elektrizität E_{Total} mit der Bruttogeschoßfläche A_{BGF} (7.734 m^2).
- Vergleichen und interpretieren Sie das Ergebnis der Nr. 3 mit den Stromverbrauchswerten von 1995 (661 MWh) und 1996 (587 MWh).

Teilenergiekennwerte mit Beschreibung der Gebäudetypen						
Kategorie	AH	ZD	BL	L/K	DT	E_{Total}
Büro 1	7	3	8	6	7	31 kWh/m ² a
	Vorwiegend Einzel- oder Gruppenbüros, normale Geräteausrüstung (<i>unter 1 PC pro Arbeitsplatz</i>), großer Anteil von tageslicht-orientierten Arbeitsplätzen, geringer Anteil Lüftung/Klima.					
Büro 2	10	8	14	11	7	50 kWh/m ² a
	Vorwiegend Einzel- oder Gruppenbüros, höhere Geräteausrüstung (<i>zusätzliche Arbeitshilfen wie Drucker am Arbeitsplatz</i>), Arbeitsplätze zum Teil mit wenig Tageslicht, höherer Anteil Lüftung/Klima.					
Büro 3	10	36	14	22	7	89 kWh/m ² a
	weitgehend wie Büro 2, aber mit EDV-Zentrale.					

Teilenergiekennwerte

1. 2.

Kategorie	AH	ZD	BL	L/K	DT	E _{Total}
Büro						kWh/m ² a.

3.

$$W = \frac{E_{\text{Total}} \cdot A_{\text{BGF}}}{1.000} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]$$

$$W = \frac{\quad}{1.000} \left[\quad \right]$$

$$W =$$

4.

$$W_{1995} =$$

$$W_{1996} =$$

In Bürogebäuden wird der Verwendungszweck Arbeitshilfen beim Elektrizitätsverbrauch durch zunehmenden Einsatz von PCs an den Arbeitsplätzen immer bedeutender. Aber auch in anderen Dienstleistungsgebäuden gibt es Arbeitshilfen, die je nach Nutzung mehr oder minder stark ins Gewicht fallen.

Für das 4. Obergeschoß des Muster-Verwaltungsgebäudes sind die installierten Bürogeräte im beiliegenden Grundrißplan aufgeführt. Anhand der PCs und Bildschirme sowie der Laserdrucker sollen die Einflüsse des Standbymodus auf den Gesamtverbrauch näher untersucht werden.

Aufgaben

1. Legen Sie einen oder mehrere Büroraume als Typraum fest und tragen Sie die Anzahl der einzelnen Arbeitshilfen in die Tabelle im Lösungsblatt ein. Die fehlenden Leistungen sind von Ihnen zu schätzen.

2. Bestimmen Sie für die PCs (*inkl. Bildschirme*) und Laserdrucker die spezifische Leistung p anhand der geschätzten Leistungen und der Fläche $A_{\text{NGF, Typraum}}$ des ausgewählten Typraumes.

3. Berechnen Sie die Vollbetriebszeit h für PCs (*inkl. Bildschirme*) und Laserdrucker. Hierzu müssen Sie zunächst den jeweiligen Betriebszeit-Faktor f_c und den Bedarfsanpassungsfaktor f_e ermitteln. Nehmen Sie dabei an, daß während der Betriebszeit h_B von 7 h/d die PCs (*inkl. Bildschirme*) zu 50 % im Standbymodus laufen. Bei den Laserdruckern ist die Betriebszeit h_B gleich der Standardnutzungszeit h_N (2.750 h/a, 11 h/d). Die Laserdrucker befinden sich dabei zu 90 % im Standbymodus.

4. Ermitteln Sie mit Hilfe der spezifischen Leistung den jeweiligen spezifischen Verbrauch E für PCs (*inkl. Bildschirme*) und Laserdrucker.

5. Berechnen Sie den Stromverbrauch der Arbeitshilfen im Bürobereich mit Hilfe der unter Nr. 4 ermittelten spezifischen Verbräuche. Der Verbrauch für die restlichen Arbeitshilfen beträgt 90,5 MWh/a. Die Gesamtraumfläche der Zone Büro beträgt A_{BGF} 2.652 m². Tragen Sie das Ergebnis in die Ihnen vorliegende Tabelle Elektrizitätsbilanz ein.

$$p = \frac{P_{\text{inst}}}{A_{\text{NGF, Typraum}}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2_{\text{NGF}}} \right]$$

$$P_{\text{inst}} = \text{Anzahl Geräte} \cdot \text{Leistung P/Gerät}$$

$$f_c = \frac{h_B}{h_N}$$

$$f_e = \frac{?\% \cdot \text{Standby in W} + ?\% \cdot \text{Normalbetrieb in W}}{\text{Normalbetrieb in W} \cdot 100\%}$$

$$h = f_c \cdot f_e \cdot h_N \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right]$$

$$E = \frac{p \cdot h \cdot 0,9}{1.000} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{BGF}} \text{ a}} \right]$$

$$W = \frac{E_{\text{PCs}} \cdot A_{\text{BGF}}}{1.000} + \frac{E_{\text{Laserdrucker}} \cdot A_{\text{BGF}}}{1.000} + W_{\text{restliche Arbeitshilfen}} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]$$

1.

Typraum Nr.:			
Raumfläche A_{NGF} [m ²]:			
Gerät	Anzahl Geräte	Leistung P/Gerät [W]	Standby-Verluste/Gerät [W]
PC + Bildschirm			
Laserdrucker			
Tintenstrahldrucker		30	6
Server		200	-
Telefax		50	12
Tischventilator		50	-

2.

$P_{PCs} =$

$P_{Laserdr.} =$

3.

$f_{c, PCs} =$

$f_{c, PCs} =$

$h_{PCs} =$

$f_{c, Laserdr.} =$

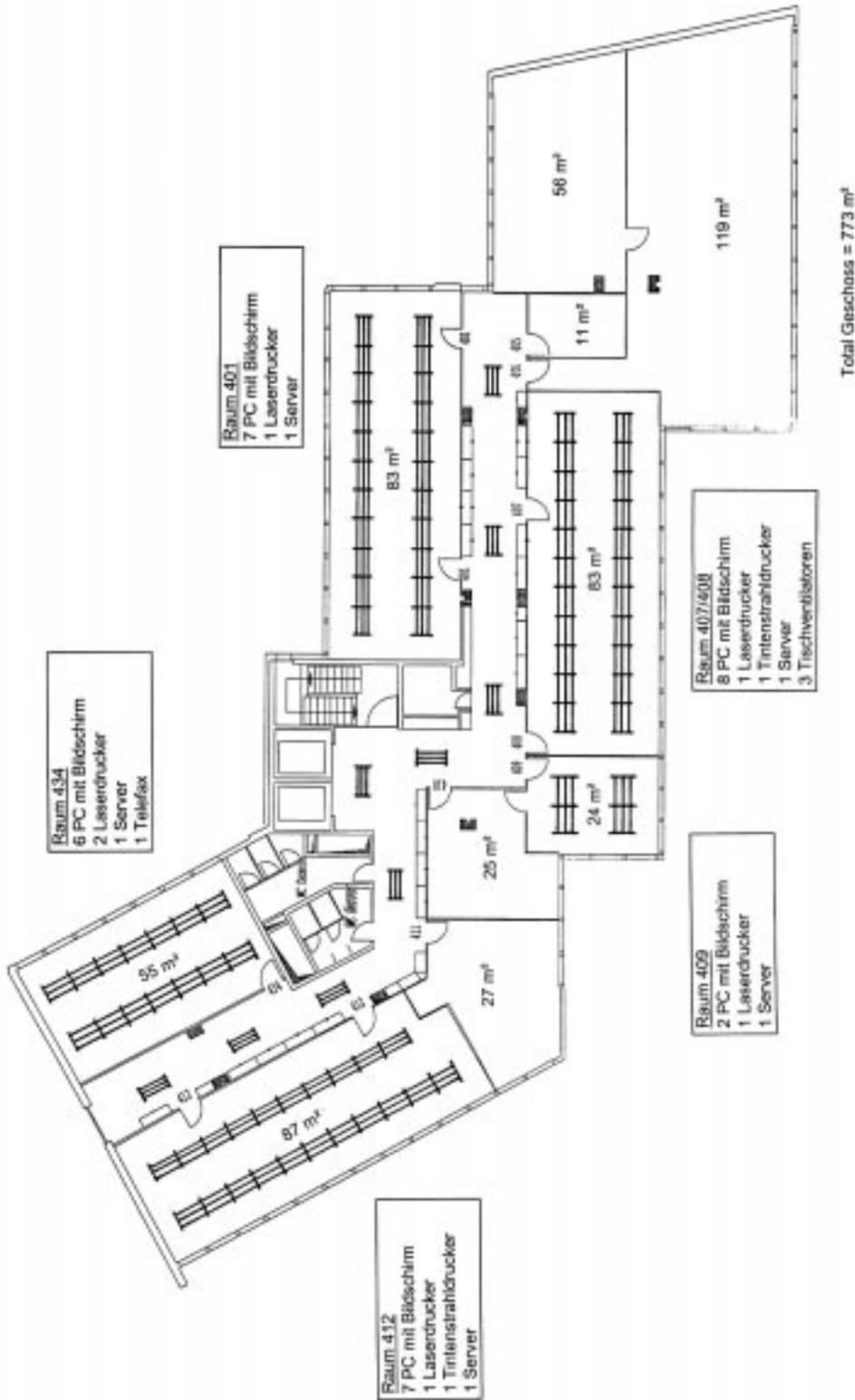
$f_{e, Laserdr.} =$

$h_{Laserdr.} =$

4.

$E_{PCs} =$

$E_{Laserdr.} =$



Musterbeispiel / Stromsparcheck		Maßstab	Gez.
Verwaltungsgebäude , 4.OG		1:200	Geprüft
Ausg.	Datum	V.S. sum	
ÄNDERUNGEN			
Besatz für:		Nr. 50a3-014	

Die Beleuchtungsanlage in den Büroräumen soll für das Muster-Verwaltungsgebäude näher untersucht werden. Die Anlage besteht aus: Offene, dreiflämmige Reflektorleuchten mit Prismenwannen und konventionellem Vorschaltgerät (KVG). Die Leuchten sind mit Standard-Leuchtstofflampen ausgerüstet.

Die Vollbetriebszeit von Beleuchtungsanlagen hängt nicht nur von der Nutzungszeit, sondern u. a. auch von der Lage der Nutzungszeit im Tagesverlauf, der Tageslichtnutzung und den technischen Regelungsmöglichkeiten ab. Mit Hilfe von Teilbetriebsfaktoren kann man die Betriebszeit im Ist-Zustand einschätzen.

Aufgaben

1. Wählen Sie aus dem Grundriß des 4. Obergeschosses einen Typraum für die Beleuchtungsanlage der Büros aus. Zählen Sie die Anzahl der Leuchten im Typraum und ergänzen Sie die Tabelle im Lösungsblatt. Die Leuchten sind im Grundrißplan des 4. Obergeschosses eingezeichnet (s. *Abbildung 1*).

2. Ermitteln Sie die spezifische Leistung p für die Beleuchtung des Typraumes.

$$p = \frac{P_{\text{inst}}}{A_{\text{NGF, Typraum}}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2_{\text{NGF}}} \right]$$

3. Vergleichen Sie den soeben berechneten spezifischen Leistungswert für die Bürobeleuchtung mit den empfohlenen Richtwerten aus der Tabelle 1. Der Typraum soll als Gruppenbüro mit einer Nennbeleuchtungsstärke von 500 lx nach DIN 5035 Teil 2 ausgelegt werden. Formulieren Sie Ihre diesbezüglichen Bemerkungen.

4. Ermitteln Sie die Vollbetriebszeit h der Beleuchtung. Wählen Sie anhand der Beschreibung im Lösungsblatt die Werte für die Bedarfsanpassung f_e , den Deckungsanteil Tageslicht TDA und die Ausnutzung Tageslicht TNA aus der Tabelle in der Anlage 1 aus.

$$h = f_e \cdot (1 - \text{TDA} \cdot \text{TAN}) \cdot h_N \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right]$$

5. Ermitteln Sie den spezifischen Elektrizitätsbedarf E für die Beleuchtungsanlage und vergleichen Sie das Ergebnis mit den entsprechenden Grenz- und Zielwerten aus der Tabelle in Anlage 3.

$$E = \frac{p \cdot h \cdot 0,9}{1.000} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{BGF}} \text{ a}} \right]$$

6. Berechnen Sie den Jahresstromverbrauch der Beleuchtungsanlage für Büros. Die Bruttogeschoßfläche A_{BGF} der Zone Büro ist 2.652 m². Bei der Berechnung handelt es sich um eine Hochrechnung eines ausgewählten Büorroumes auf das Gesamtgebäude. Tragen Sie das Ergebnis in die Tabelle Elektrizitätsbilanz ein.

$$W = \frac{E \cdot A_{\text{BGF}}}{1.000} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]$$

Beleuchtung Ist-Zustand

1.

Typraum Nr.:			
Raumfläche A _{NGF} [m ²]:			
Anzahl Leuchten	Anzahl Lampen/Leuchte	Leistung P/Leuchte [W]	Installierte Leistung Pinst [W] (= Spalte 1 · Spalte 3)
	3	146	

2.

$$p = \frac{P_{inst}}{A_{NGF, Typraum}} \left[\frac{W}{m^2_{NGF}} \right] \quad P =$$

3.

Allgemeiner Richtwert = W/m²

Verschärfter Richtwert = W/m²

4.

f_e = TDA = TAN =

$$h = f_e \cdot (1 - TDA \cdot TAN) \cdot h_N \left[\frac{h}{a} \right] \quad h =$$

Beschreibung: Bei den Büros handelt es sich überwiegend um helle Räume. Die Beleuchtung wird von Hand ein- und ausgeschaltet. Dementsprechend ist die Tageslichtausnutzung nur mittelmäßig. Die Arbeitsplatzzahl pro Büro liegt zwischen 8 und 10. Die Standardnutzungszeit h beträgt 2.750 h/a (11 h/d).

5.

$$E = \frac{p \cdot h \cdot 0,9}{1.000} \left[\frac{kWh}{m^2_{BGF} a} \right] \quad E =$$

E_{Grenzwert} = E_{Zielwert} =

6.

$$W = \frac{E \cdot A_{BGF}}{1.000} \left[\frac{MWh}{a} \right] \quad W =$$

Beleuchtung Ist-Zustand

Anlage 1

Verlangte Nenn- beleuchtungsstärke (lx)	spezifische Leistung Beleuchtung (W/m ²)	
	allgemeine Richtwerte	verschärfte Richtwerte
50	3.2	2.5
100	4.5	3.5
200	7.0	5.5
300	10.0	7.5
400	12.5	9.0
500	15.0	11.0

Richtwerte für die spezifische Leistung Beleuchtung (p_B), bezogen auf die Nettogeschossfläche in Abhängigkeit von der verlangten Nennbeleuchtungsstärke. Dazwischenliegende Werte können durch Interpolation ermittelt werden.

Diese Richtwerte gelten für die Allgemeinbeleuchtung. Allfällige zusätzliche Arbeitsplatz- oder Dekorationsbeleuchtungen müssen speziell berücksichtigt werden. Bei zusätzlichen Arbeitsplatzbeleuchtungen ist die Allgemeinbeleuchtung auf 300 lx zu beschränken.

Die Richtwerte beruhen auf Erfahrungswerten für Beleuchtungen mit Fluoreszenzlampen und Leuchten mit hohem Wirkungsgrad. Die Alterung der Lampen ist dabei berücksichtigt. Die verschärften Richtwerte setzen zusätzlich elektronische Vorschaltgeräte und helle Räume voraus.

Beleuchtung Ist-Zustand

Raumsituation	Fenster- zu Bodenfläche [-]	Tageslicht- quotient Dm [%]	Deckungsanteil Tageslicht TDA [-]	
			300 lx	500 lx
sehr helle Räume	0,3-0,5	6,0	0,9	0,85
helle Räume	0,15-0,3	3,0	0,8	0,75
mittelhelle Räume	ca. 0,1	1,0	0,6	0,4
Tageslicht nur in fensternahen Zonen	< 0,1	0,5	0,3	0,15
kein Tageslicht	0,0	0,0	0,0	0,0

Ausnutzungsqualität	Ausnutzung Tageslicht TAN [-]
schlecht	0,10
mittel	0,40
gut	0,80
kontinuierlich	0,95

Zone	Beschrieb	Bedarfsanpassung f_{eBa} [-]
Bürofläche	Gruppenbüro (<i>Arbeitsplätze > 4</i>)	1,0
	Einzelbüro (<i>Sekretariat 100% im Büro</i>)	0,65
	Einzelbüro (<i>Sachbearbeitung 70% im Büro</i>)	0,45
Verkaufsfläche	ungeregelte Anlagen	1,0
	Reduzierung außerhalb der Verkaufszeiten	0,9
Verkehrsfläche	mit ausreichend Tageslicht	0,3
	mit wenig Tageslicht	0,6
	ohne Tageslicht	1,0

Grenz- und Zielwerte für den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung und Lüftung/Klima

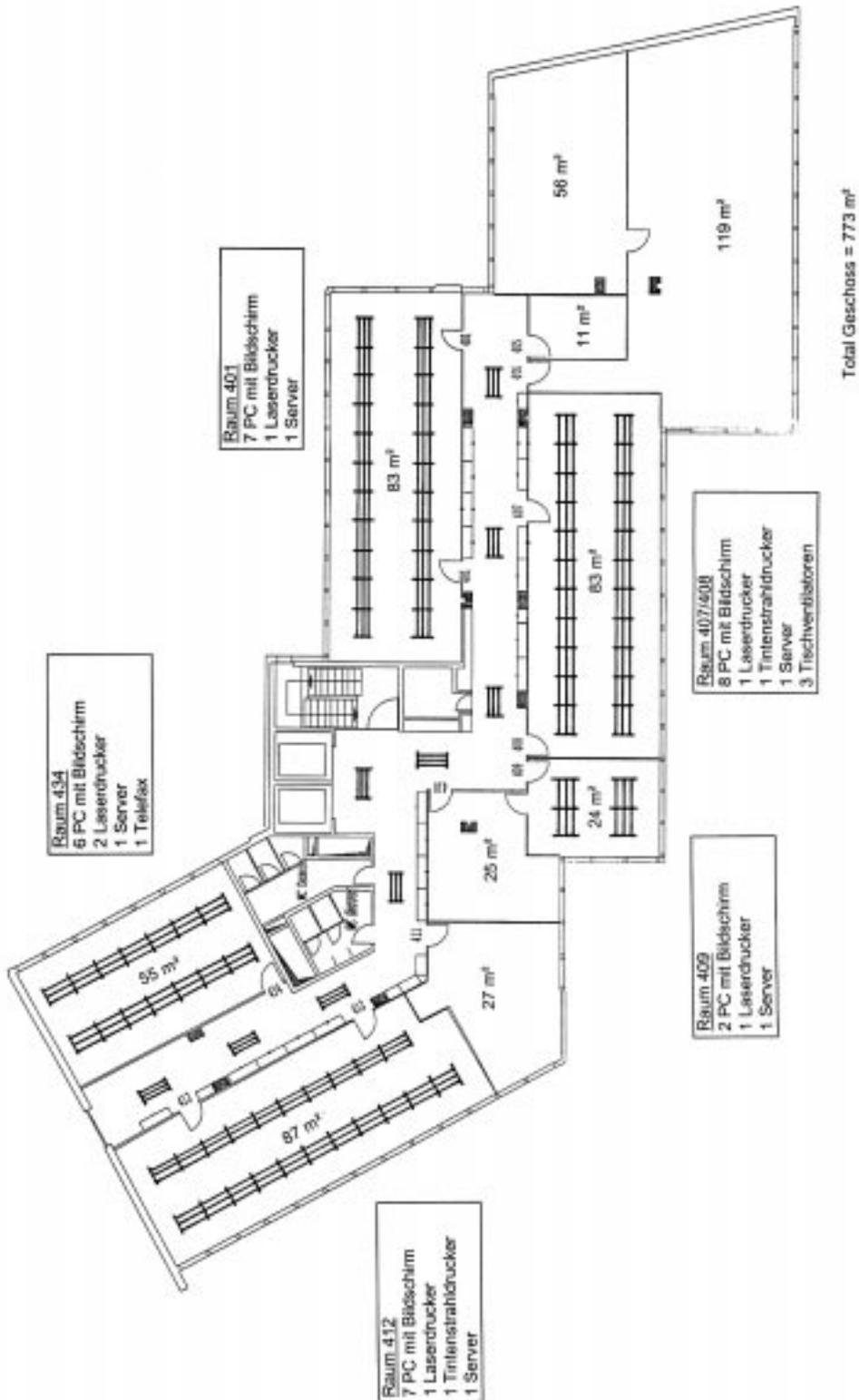
Zone Nutzungsstunden	Nutzungsbedingungen	Beispiele	E _B [kWh/m ² a]	
			Grenzwert	Zielwert
Büro 2 750 h/a	300 lx, überwiegend mit Tageslicht	Einzelbüro	9	3
	500 lx, zum Teil mit Tageslicht	Büroräume mit erhöhten Beleuchtungsanforderungen	20	10
	300 lx, ohne Tageslicht	EDV-, Besprechungsräume	25	15
Verkauf 3 600 h/a	300 lx, ohne Tageslicht	Quartierladen, einfacher Laden	30	20
	400 lx, Deko: 3 W/m ² , ohne Tageslicht	Food- oder Nonfood-Geschäfte	50	35
	300 lx, Deko: 6 W/m ² , ohne Tageslicht	Mode- oder Warenhaus	50	35
Schulraum 2 000 h/a	300 lx, überwiegend mit Tageslicht	Volks-, Gewerbe- oder Mittelschule	7	3
	500 lx, zum Teil mit Tageslicht	Übungsräume Chemie oder Physik	15	7
	500 lx, ohne Tageslicht	Hörsaal, Konferenzsaal	25	20
Bettzimmer 8 760 h/a	200 lx, überwiegend mit Tageslicht	Spital- oder Krankenzimmer	10	5
Hotelzimmer 2 00 h/a	200 lx, überwiegend mit Tageslicht	Hotelzimmer	3	2
Restaurant 3 600 h/a	200 lx, überwiegend mit Tageslicht	Kantine, Cafeteria	15	8
	200 lx, Deko: 3 W/m ² , ohne Tageslicht	Quartierrestaurant, Café	25	20
	300 lx, Deko: 6 W/m ² , ohne Tageslicht	Restaurant mit gehobenem Standard	50	40
Verkehrsflächen 2 750 h/a *	50 lx, überwiegend mit Tageslicht	Korridor, Treppenhaus,	3	1
	50 lx, ohne Tageslicht	Garderobe, Sanitärräume	8	5
Lager 2 750 h/a *	100 lx, ohne Tageslicht, wenig genutzt	Archiv, Technik, Keller, Estrich	2	1
	200 lx, ohne Tageslicht, häufig genutzt	Lager in Verkaufsläden	6	4
	300 lx, ohne Tageslicht, dauernd genutzt	Verpackung, Spedition	25	15
Werkstatt 2 750 h/a	300 lx, überwiegend mit Tageslicht	Werkstatt	9	3
	300 lx, zum Teil mit Tageslicht	Werkstatt	15	7
Autoeinstellhalle 2 750 h/a * 6 500 h/a	50 lx, ohne Tageslicht	Parkgeschoße in Büro- oder Gewerbebauten	8	5
	50 lx, ohne Tageslicht	öffentliche Parkhäuser	20	10

„Überwiegend mit Tageslicht“ bedeutet: Raumtiefe < 5 m und Verhältnis Fenster- zu Bodenfläche: 30-50%.

„Zum Teil mit Tageslicht“ bedeutet: Raumtiefe 5 bis 10 m und Verhältnis Fenster- zu Bodenfläche: 10-30%.

* Nutzungsstunden der zugehörigen Hauptnutzung (z.B. Büro)

Anforderungen an den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung [E_B] bei den angegebenen Nutzungsbedingungen (*verlangte Nennbeleuchtungsstärke in lx, Leistung von allfälligen Dekorationsbeleuchtungen – Deko – in W/m², Tageslichtverhältnisse*), bezogen auf die Geschoßfläche der betreffenden Zone.



Musterbeispiel / Stromsparcheck			
		Maßstab	Gez.
		1:200	Geprüft
Verwaltungsgebäude , 4. OG			
Ausg.	Datum	Nr. 50a3-014	
ABENDLÜNGEN			
Brsatz für:			

Lüftung Ist-Zustand

Aufgabenstellung

Im 6. Obergeschoß befindet sich ein betriebseigenes Restaurant. Es hat eine Nettogrundfläche von 217 m². Die dazugehörigen Räume werden über eine eigene Lüftungsanlage mit Frischluft versorgt. Die Zuluft (ZL) wird zentral aufbereitet und über die perforierte Metalldecke in die Räume geführt. Die Abluft (AL) wird über Ansaugschlitzte ohne Wärmerückgewinnung (WRG) direkt ins Freie geführt. Die Anlage ist zweistufig. Die Zuluft wird während der kalten Jahreszeit über einen Luftwäscher befeuchtet. Im Lösungsblatt stehen die erhobenen technischen Daten der Lüftungszentrale in einer Tabelle.

Aufgaben

1. Ermitteln Sie die spezifische Leistung p der Lüftungsanlage, wobei $P_{\text{inst, Zuluft}}$ und $P_{\text{inst, Abluft}}$ jeweils die Stufe 2 des ZL-Ventilators und des AL-Ventilators ist. $P_{\text{inst, Hilfsantriebe}}$ ist die Leistung der Luftwäscherpumpe.
2. Berechnen Sie den Betriebszeit-Faktor f_c . Die Standardnutzungszeit h_N ist 2.750 h/a (11 h/d an 250 d/a). Bestimmen Sie zuerst die Betriebszeit h_B [h/d].
3. Wie hoch ist der Energieverbrauch der Lüftungsanlage im Winter W_{Winter} und im Sommer W_{Sommer} . Dabei ist h_{Winter} und h_{Sommer} die entsprechende Betriebszeit der jeweiligen Jahreszeit. Bestimmen Sie mit diesen Werten den Bedarfsanpassungs-Faktor f_e .
4. Berechnen Sie die Vollbetriebszeit h der Lüftungsanlage.
5. Ermitteln Sie mit Hilfe der spezifischen Leistung den spezifischen Verbrauch der Lüftungsanlage.
6. Zum Vergleich ermitteln Sie die Vollbetriebszeit h mit Hilfe des Bedarfsanpassungs-Faktors f_e aus der Tabelle in der Anlage 1.
7. Ermitteln Sie den Jahresstromverbrauch der Lüftungsanlage vom Restaurant. Tragen Sie das Ergebnis in die Tabelle Elektrizitätsbilanz ein.

$$p = \frac{P_{\text{inst}}}{A_{\text{NGF}}} = \frac{P_{\text{inst, Zuluft}} + P_{\text{inst, Abluft}} + P_{\text{inst, Hilfsantriebe}}}{A_{\text{NGF}}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2_{\text{NGF}}} \right]$$

$$f_c = \frac{h_B [\text{h/d}]}{h_N [\text{h/d}]}$$

$$W_{\text{Winter}} = (P_{\text{inst, Winter}} + P_{\text{inst, Hilfsantriebe}}) [\text{W}] \cdot h_{\text{Winter}} [\text{d/a}]$$

$$W_{\text{Sommer}} = P_{\text{inst, Sommer}} [\text{W}] \cdot h_{\text{Sommer}} [\text{d/a}]$$

$$f_e = \frac{W_{\text{Winter}} + W_{\text{Sommer}}}{P_{\text{inst}} [\text{W}] \cdot h_B [\text{d/a}]}$$

$$h = f_c \cdot f_e \cdot h_N \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right]$$

$$E = \frac{p \cdot h \cdot 0,9}{1.000} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a}} \right]$$

$$W = \frac{E \cdot A_{\text{BGF}}}{1.000} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right]$$

Lüftung Ist-Zustand

1.

Gerät		Leistung / Gerät [W]	Betriebsstunden h_B
ZL-Ventilator	Stufe 1	1.700	Winter (100 Tage): 9:00-18:00
	Stufe 2 (1+2)	2.400	Sommer (150 Tage): 9:00-18:00
AL-Ventilator	Stufe 1	190	Winter (100 Tage): 9:00-18:00
	Stufe 2 (1+2)	440	Sommer (150 Tage): 9:00-18:00
Luftwäscherpumpe		390	Winter (100 Tage): 9:00-18:00

$$p = \frac{P_{\text{inst, Zuluft}} + P_{\text{inst, Abluft}} + P_{\text{inst, Hilfsantriebe}}}{A_{\text{NGF}}} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2_{\text{NGF}}} \right] \quad p =$$

2.

$$h_N = \quad h_B =$$

$$f_c = \frac{h_B [\text{h/d}]}{h_N [\text{h/d}]} \quad f_c =$$

3.

$$W_{\text{Winter}} = (P_{\text{inst, Winter}} + P_{\text{inst, Hilfsantriebe}}) [\text{W}] \cdot h_{\text{Winter}} [\text{d/a}] \quad W_{\text{Winter}} =$$

$$W_{\text{Sommer}} = P_{\text{inst, Sommer}} [\text{W}] \cdot h_{\text{Sommer}} [\text{d/a}] \quad W_{\text{Sommer}} =$$

$$f_e = \frac{W_{\text{Winter}} + W_{\text{Sommer}}}{P_{\text{inst}} [\text{W}] \cdot h_B [\text{d/a}]} \quad f_e =$$

4.

$$h = f_c \cdot f_e \cdot h_N \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right] \quad h =$$

5.

$$E = \frac{p \cdot h \cdot 0,9}{1.000} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{BGF}} \cdot \text{a}} \right] \quad E =$$

6.

$$h = f_c \cdot f_e \cdot h_N \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right] \quad h = \quad f_e =$$

7.

$$W = \frac{E}{1.000} \cdot \frac{A_{\text{NGF}}}{0,9} \left[\frac{\text{MWh}}{\text{a}} \right] \quad W =$$

Lüftung Ist-Zustand

Anlage 1

Zone	Spezifischer Zuluftvolumenstrom v_{ZUL} [m ³ /hm ²]
Büro (Rauchen gestattet)	4
Büro	3
Verkauf	6
Schulräume	6
Bettzimmer	1

Art der Steuerung/ Regelung	Faktor Bedarfsanpassung f_{eLF} [-]
Einstufige Anlage mit Zeitschaltuhr	1,0
Zweistufige Anlage mit bedarfsabhängiger Stufenschaltung	0,8
VAV-Anlage (Zonenweise Ein/Aus-Schaltung)	0,6
VAV-Anlage (Zonenweise bedarfsabhängige Regelung)	0,4

Anlagentyp	Druckverlust Zu- und Abluft Δp [Pa]
kleine Anlagen	< 300
mittlere Anlagen	300-900
große Anlagen	900-1 400
Spezialanlagen	> 1 400

Art des Hilfsbetriebes	Faktor Hilfs- betriebe k_{HLF} [-]
Rotierender Wärmeaustauscher	1,05
Kreislaufverbundenes WRG-System	1,05
Wäscher	1,10
Ultraschallbefeuchter	1,05

Zuluftvolumenstrom	Gesamtwirkungsgrad η_{tot} [-]
> 15 000 m ³ /h	0,70
bis 15 000 m ³ /h	0,65
bis 10 000 m ³ /h	0,60
bis 5 000 m ³ /h	0,55
< 1 000 m ³ /h	0,45

Die Grenzwerte GW für ein standardisiertes Büro sind an den Nutzungsanforderungen eines Händlerbüros einer Bank anzupassen. Es liegt folgende Nutzungsanforderung des Händlerbüros vor:

Eine Nutzungszeit h'_N von ca. 4.000 h/a, eine mittlere Beleuchtungsstärke E_m von 500 lx bei teilweiser Tageslichtnutzung sowie eine starke Raumbelastung mit 10 m^2 pro Person ($= A_p$). Der Raucheranteil beträgt ungefähr 50 %. Die internen Lasten liegen bei 50 W/m^2 . (Die Standardnutzungszeit h_N eines Büros ist 2.750 h/a).

Aufgaben

1. Ermitteln Sie den entsprechenden Grenzwert für den angepassten, spezifischen Elektrizitätsbedarf E_{BL} für die Beleuchtungsanlage. Dafür müssen Sie zunächst die spezifische Leistung und die Vollbetriebszeit h_{BL} an die Nutzungsbedingungen des Händlerbüros anpassen. Der allgemeine Richtwert für die Vollbetriebszeit der Beleuchtung h_{BL} bei Standardnutzungszeit der Bürozone ist 1.500 h/a.

$$p_{BL} = 1,9 + \frac{E_m}{100} \cdot 2,62 \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2_{\text{NGF}}} \right]$$

$$h'_{BL} = h_{BL} + h'_N - h_N \quad \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right] \quad \text{wenn } h'_N \geq h_N$$

$$h'_{BL} = h_{BL} \cdot \frac{h'_N}{h_N} \quad \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right] \quad \text{wenn } h'_N < h_N$$

$$E_{BL} = \frac{p_{BL} \cdot h'_{BL} \cdot 0,9}{1.000} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{BGF}} \text{ a}} \right]$$

2. Entnehmen Sie der Tabelle in Anlage 1 den entsprechenden Grenzwert für die Nutzungszone Büro (Standardnutzungszeit = 2.750 h/a und $E_m = 500 \text{ lx}$) und vergleichen Sie den Wert mit dem Ergebnis der Nr. 1.

3.

Für den Verwendungszweck Lüftung/Klima soll ebenfalls der angepasste, spezifische Elektrizitätsbedarf E_{LK} berechnet werden. Der Wert ergibt sich aus den jeweiligen Produkten aus spezifische Leistung p und Vollbetriebszeit h der Bereiche Lüftung (LF) und Kälte (K). Die Anpassung erfolgt mit den allgemeinen Richtwerten: Wirkungsgrad η der Lüftungsanlage gleich 0,55, Druckdifferenz Δp gleich 1.200 Pa, mittlere Leistungsziffer der Kälteanlage gleich 2,5 und Vollbetriebszeit Lüftung h_{LF} gleich 2.750 h/a bei Standardnutzungszeit der Bürozone. Für die Vollbetriebszeit Kühlung h'_K soll 40 % der angepassten Vollbetriebszeit Lüftung h'_{LF} angesetzt werden.

Lüftung:

$$p_{LF} = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}_p}{\eta \cdot A_p \cdot 3.600} = \frac{\Delta p \cdot (40 + 0,2 \cdot \text{Raucheranteil in } \%) }{\eta \cdot A_p \cdot 3.600} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2_{\text{NGF}}} \right]$$

$$h'_{LF} = h_{LF} \cdot \frac{h'_N}{h_N} \quad \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right]$$

Kälte:

$$p_K = \frac{\text{Interne Lasten}}{\text{mittlere Leistungsziffer der Kälteanlage}} \quad \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2_{\text{NGF}}} \right]$$

$$h'_K = h'_{LF} \cdot 0,4 \quad \left[\frac{\text{h}}{\text{a}} \right]$$

$$E_{LK} = \frac{(p_{LF} \cdot h'_{LF} + p_K \cdot h'_K) \cdot 0,9}{1.000} \quad \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2_{\text{BGF}} \text{ a}} \right]$$

4. Entnehmen Sie der Tabelle in Anlage 2 den Grenzwert für die Nutzungszone Büro (Standardnutzungszeit = 2.750 h/a, Personenbelegung = $10 \text{ m}^2/\text{P}$ mit Raucher und Nichtraucher) und vergleichen Sie den Wert mit dem Ergebnis der Nr. 3.

Grenzwert-Anpassung

1.

$$p_{BL} = 1,9 + \frac{E_m}{100} \cdot 2,62 \left[\frac{W}{m^2_{NGF}} \right] \quad p_{BL} =$$

$$h'_{BL} = h_{BL} + h'_N - h_N \left[\frac{h}{a} \right] \quad h'_{BL} =$$

$$E_{BL} = \frac{p_{BL} \cdot h'_{BL} \cdot 0,9}{1.000} \left[\frac{kWh}{m^2_{BGF} a} \right] \quad E_{BL} =$$

2.

$$E_{BL, Grenzwert} =$$

3.

$$p_{LF} = \frac{\Delta p \cdot \dot{V}_p}{\eta \cdot A_p \cdot 3.600} = \frac{\Delta p \cdot (40 + 0,2 \cdot \text{Raucheranteil in \%})}{\eta \cdot A_p \cdot 3.600} \left[\frac{W}{m^2_{NGF}} \right]$$

$$p_{LF} =$$

$$h'_{LF} = h_{LF} \cdot \frac{h'_N}{h_N} \left[\frac{h}{a} \right] \quad h'_{LF} =$$

$$p_K = \frac{\text{Interne Lasten}}{\text{mittlere Leistungsziffer der Kälteanlage}} \left[\frac{W}{m^2_{NGF}} \right]$$

$$p_K =$$

$$h'_K = h'_{LF} \cdot 0,4 \left[\frac{h}{a} \right] \quad h'_K =$$

$$E_{LK} = \frac{(p_{LF} \cdot h'_{LF} + p_K \cdot h'_K) \cdot 0,9}{1.000} \left[\frac{kWh}{m^2_{BGF} a} \right]$$

$$E_{LK} =$$

4.

$$E_{LK, Grenzwert} =$$

Grenz- und Zielwerte für den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung

Zone Nutzungsstunden	Nutzungsbedingungen	Beispiele	E _B [kWh/m ² a]	
			Grenzwert	Zielwert
Büro 2 750 h/a	300 lx, überwiegend mit Tageslicht	Einzelbüro	9	3
	500 lx, zum Teil mit Tageslicht	Büroräume mit erhöhten Beleuchtungsanforderungen	20	10
	300 lx, ohne Tageslicht	EDV-, Besprechungsräume	25	15
Verkauf 3 600 h/a	300 lx, ohne Tageslicht	Quartierladen, einfacher Laden	30	20
	400 lx, Deko: 3 W/m ² , ohne Tageslicht	Food- oder Nonfood-Geschäfte	50	35
	300 lx, Deko: 6 W/m ² , ohne Tageslicht	Mode- oder Warenhaus	50	35
Schulraum 2 000 h/a	300 lx, überwiegend mit Tageslicht	Volks-, Gewerbe- oder Mittelschule	7	3
	500 lx, zum Teil mit Tageslicht	Übungsräume Chemie oder Physik	15	7
	500 lx, ohne Tageslicht	Hörsaal, Konferenzsaal	25	20
Bettzimmer 8 760 h/a	200 lx, überwiegend mit Tageslicht	Spital- oder Krankenzimmer	10	5
Hotelzimmer 2 000 h/a	200 lx, überwiegend mit Tageslicht	Hotelzimmer	3	2
Restaurant 3 600 h/a	200 lx, überwiegend mit Tageslicht	Kantine, Cafeteria	15	8
	200 lx, Deko: 3 W/m ² , ohne Tageslicht	Quartierrestaurant, Café	25	20
	300 lx, Deko: 6 W/m ² , ohne Tageslicht	Restaurant mit gehobenem Standard	50	40
Verkehrsflächen 2 750 h/a *	50 lx, überwiegend mit Tageslicht	Korridor, Treppenhaus,	3	1
	50 lx, ohne Tageslicht	Garderobe, Sanitärräume	8	5
Lager 2 750 h/a *	100 lx, ohne Tageslicht, wenig genutzt	Archiv, Technik, Keller, Estrich	2	1
	200 lx, ohne Tageslicht, häufig genutzt	Lager in Verkaufsläden	6	4
	300 lx, ohne Tageslicht, dauernd genutzt	Verpackung, Spedition	25	15
Werkstatt 2 750 h/a	300 lx, überwiegend mit Tageslicht	Werkstatt	9	3
	300 lx, zum Teil mit Tageslicht	Werkstatt	15	7
Autoeinstellhalle 2 750 h/a * 6 500 h/a	50 lx, ohne Tageslicht	Parkgeschoße in Büro- oder Gewerbebauten	8	5
	50 lx, ohne Tageslicht	öffentliche Parkhäuser	20	10

„Überwiegend mit Tageslicht“ bedeutet: Raumtiefe < 5 m und Verhältnis Fenster- zu Bodenfläche: 30-50%.

„Zum Teil mit Tageslicht“ bedeutet: Raumtiefe 5 bis 10 m und Verhältnis Fenster- zu Bodenfläche: 10-30%.

* Nutzungsstunden der zugehörigen Hauptnutzung (z.B. Büro)

Anforderungen an den spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung [E_B] bei den angegebenen Nutzungsbedingungen (*verlangte Nennbeleuchtungsstärke in lx, Leistung von allfälligen Dekorationsbeleuchtungen – Deko – in W/m², Tageslichtverhältnisse*), bezogen auf die Geschoßfläche der betreffenden Zone.

Grenz- und Zielwerte für den spezifischen Elektrizitätsbedarf Lüftung/Klima				
Zone Nutzungsstunden	Nutzungsbedingungen	Beispiele	E _{LK} [kWh/m ² a]	
			Grenzwert	Zielwert
alle Zonen	Flächen mit reiner Fensterlüftung, welche ohne eigene Luftförderung oder -aufbereitung durch die Zuluft oder Abluft anderer Zonen gelüftet werden.		0	0
Büro 2 750 h/a	15 m ² /P, Nichtraucher, p _{WL} < 20 W/m ²	Büro mit normalen Arbeitshilfen, keine Kühlung oder Befeuchtung	4	1,3
	10 m ² /P, Nichtraucher, p _{WL} = 30 W/m ²	Büro mit hoher Technisierung	10,0	5,5
	15 m ² /P, Raucher, p _{WL} < 20 W/m ²	Büro mit normalen Arbeitshilfen, keine Kühlung oder Befeuchtung	6,0	2,5
	10 m ² /P, Raucher, p _{WL} = 30 W/m ²	Büro mit hoher Technisierung	15,0	7,4
Verkauf 3 600 h/a	8 m ² /P, Nichtraucher, p _{WL} < 20 W/m ²	einfacher Verkaufsladen, ohne Kühlung oder Befeuchtung	9,0	2,3
	5 m ² /P, Nichtraucher, p _{WL} = 30 W/m ²	Food- oder Nonfoodgeschäft	20,0	7,4
	3 m ² /P, Nichtraucher, p _{WL} = 40 W/m ²	Mode- oder Warenhaus	40,0	15,0
Schulraum 2 000 h/a	7 m ² /P, Nichtraucher, p _{WL} < 20 W/m ²	Volksschule, Gewerbeschule, Gymnasium	4,7	0,7
	10 m ² /P, Nichtraucher, p _{WL} = 30 W/m ²	Übungsraum mit hoher Technisierung	7,6	2,7
	3 m ² /P, Nichtraucher, p _{WL} = 40 W/m ²	Hörsaal, Konferenzsaal, PC-Schulungsraum	20,0	5,8
Bettzimmer 8 760 h/a	15 m ² /P, Nichtraucher, p _{WL} < 20 W/m ²	Spital- oder Krankenzimmer	15,0	5,0
Hotelzimmer 2000 h/a	10 m ² /P, Raucher	Hotelzimmer	6,5	2,4
Restaurant 3 600 h/a	2.0 m ² /P, 50% Raucher, 50% Nichtraucher	Restaurant mit gehobenem Standard (schwache Belegung)	15,0	4,9
	1.2 m ² /P, 50% Raucher, 50% Nichtraucher	Restaurant mit mittlerer Belegung	25,0	8,2
Verkehrsflächen 2 750 h/a *	15 m ³ /h·m ²	Garderobe, Sanitärräume	8,2	2,8
Lager 2 750 h/a *	3 m ³ /h·m ² , wenig genutzt	Archiv	1,6	0,7
	3 m ³ /h·m ² , häufig genutzt	Lager in Verkaufsläden	2,5	1,1
	3 m ³ /h·m ² , mit dauernder mechanischer Lüftung	Lager für empfindliches Lagergut	15,0	6,2
Werkstatt 2 750 h/a	15 m ³ /h·m ²	Werkstatt mit spez. Anforderungen an die Schadstoffabfuhr oder mit hohen internen Lasten	15,0	5,6
Autoeinstellhalle 2 750 h/a * 6500 h/a	2 m ³ /h·m ² , keine baulichen Öffnungen	Parkgeschosse in Büro- oder Gewerbebauten	1,6	0,8
	3 m ³ /h·m ² , keine baulichen Öffnungen	öffentliche Parkhäuser	2,2	0,9

* Nutzungsstunden der zugehörigen Hauptnutzung (z.B. Büro)
Anforderungen an den spezifischen Elektrizitätsbedarf Klima/Lüftung [E_{LK}] bei den angegebenen Nutzungsbedingungen (Personenfläche in m²/P, spezifischer Aussenluftstrom in m³/h·m², interne Wärmelasten p_{WL} in W/m²), bezogen auf die Geschoßfläche der betreffenden Zone.

In den folgenden Aufgaben soll näher untersucht werden, wie sich eine pauschale Forderung nach einem flächenbezogenen Mindest-Außenluftstrom oder einer bestimmten Luftwechselrate auf den Außenluftstrom pro Person auswirkt. Hintergrund ist die Frage, wie eine bestimmte Nutzungs- oder Komfortanforderung – wie z. B. ein 2-facher Luftwechsel – auf Plausibilität hinterfragt werden kann.

Aufgaben

1. Ermitteln Sie den personenbezogenen Außenluftstrom auf Basis eines flächenbezogenen Außenluftstroms von $4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$. Die im Lösungsblatt stehende Tabelle ist mit folgender Formel auszufüllen.

$$\dot{V}_p = \dot{V}_f \cdot A_p \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Ph}} \right]$$

\dot{V}_p = personenbezogener Außenluftstrom

\dot{V}_f = flächenbezogener Außenluftstrom

A_p = Personenbelegung

2. Für einen Büroraum wird pauschal ein 2-facher Luftwechsel gefordert. In Abhängigkeit der Personenbelegung und der Raumhöhe ist der flächenbezogene Außenluftstrom und der personenbezogene Außenluftstrom zu berechnen. Füllen Sie die im Lösungsblatt stehende Matrix mit folgenden Formeln aus.

$$\dot{V}_f = \dot{n} \cdot h_R \left[\frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \text{ h}} \right]$$

$$\dot{V}_p = \dot{V}_f \cdot A_p \left[\frac{\text{m}^3}{\text{Ph}} \right]$$

\dot{n} = Luftwechsel

h_R = Raumhöhe

3. Welches Kriterium würden Sie mit in die Auslegung einer Lüftungsanlage einfließen lassen?

4. Wie verändert sich die Leistungsaufnahme eines Ventilatorantriebs, wenn der Volumenstrom halbiert wird?

$$\dot{V} \sim n$$

$$P \sim n^3 \sim \dot{V}^3$$

\dot{V} = Volumenstrom

n = Drehzahl Ventilator

P = Leistung Ventilator

1.

Bürraum			
	Personenbelegung A_p		
	10 m ² /P	15 m ² /P	20 m ² /P
$\dot{V}_f = 4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{Ph})$	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{Ph})$	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{Ph})$

2.

Bürraum, 2-facher Luftwechsel			
Raumhöhe h_R	Personenbelegung A_p		
	10 m ² /P	15 m ² /P	20 m ² /P
2,8 m	$\dot{V}_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	$\dot{V}_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	$\dot{V}_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$
	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{P h})$	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{P h})$	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{P h})$
3,0 m	$\dot{V}_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	$\dot{V}_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	$\dot{V}_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$
	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{P h})$	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{P h})$	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{P h})$
3,5 m	$\dot{V}_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	$\dot{V}_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$	$\dot{V}_f = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$
	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{P h})$	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{P h})$	$\dot{V}_p = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^3/(\text{P h})$

3.

4.

$$\dot{V} \sim n$$

$$P \sim n^3 \sim \dot{V}^3$$

Elektrizitätsbilanz in MWh/a								Formular 1
Zone	AEB [m ²]	Arbeits- hilfen	Zentrale Dienste	Beleuch- tung	Lüftung/ Klima	Diverse Technik	Elektro Wärme	
Büro	2.652		10,5		28,0			
Restaurant	217		24,0	3,7				
Computer	164		99,9	1,3	58,7			159,9
Händlerplätze	332	4,1		15,9	3,5			23,5
Ausstellung	310	27,2		10,1	0,7			38,0
Verkehr	1.313	11,0		18,3	1,9			31,2
Garage	2.108			5,5	26,6			32,1
ganzes Gebäude						44,6	11,6	56,2
Total	7.734		134,4			44,6	11,6	

Spezifischer Elektrizitätsbedarf in kWh/m ² a								Formular 2
Zone	AEB [m ²]	Arbeits- hilfen	Zentrale Dienste	Beleuch- tung	Lüftung/ Klima	Diverse Technik	Elektro Wärme	
Büro	2.652		4,0		10,6			
Restaurant	217		110,6	17,0				
Computer	164		608,9	7,7	358,1			
Händlerplätze	332	12,5		47,8	10,5			
Ausstellung	310	87,8		32,4	2,3			
Verkehr	1.313	8,3		13,9	1,4			
Technik/Lager	638	0,9		11,8				
Garage	2.108			2,6	12,6			
ganzes Gebäude								

Energiekennzahlen in kWh/m ² a								Formular 3
Zone	AEB [m ²]	Arbeits- hilfen	Zentrale Dienste	Beleuch- tung	Lüftung/ Klima	Diverse Technik	Elektro Wärme	
Büro	7.734		17,4			5,8	1,5	82,0
Summe der Teilenergiekennzahlen Beleuchtung und Lüftung/Klima								