



# Klimaanlagen und Raumkonzepte in Bürogebäuden im Kanton Zürich

Aus dem Inhalt:

Raumkonzepte heute  
Aussenluftvolumenstrom  
Erfahrungen mit / ohne Befeuchtung  
Zufriedenheit der Nutzer  
Investitions- und Energiekosten



Stadt Zürich  
Umwelt- und Gesundheitsschutz

Dezember 2006



Baudirektion  
Kanton Zürich

AWEL Amt für  
Abfall, Wasser, Energie und Luft

# Impressum

Auftraggeber:



**Baudirektion  
Kanton Zürich**

AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft  
Abteilung Energie

Adresse  
Postadresse  
Internet  
Email  
Bezug des Berichts

Stampfenbachstrasse 12, Zürich  
Postfach, 8090 Zürich  
[www.energie.zh.ch](http://www.energie.zh.ch)  
[energie@bd.zh.ch](mailto:energie@bd.zh.ch)  
Preis 25 Fr.



**Stadt Zürich**  
Umwelt- und Gesundheitsschutz

UGZ Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich  
Energietechnik und Bauhygiene (E+B)

Adresse  
Postadresse  
Internet  
Projektzuständigkeit

Walchestrasse 31, Zürich  
Postfach, 8035 Zürich  
[www.ugzh.ch](http://www.ugzh.ch)  
Jürg Rimann

Auftragnehmer:

forum energie zürich

forum energie zürich

Adresse  
Internet  
Email  
Projektzuständigkeit

Andreasstrasse 11, 8050 Zürich  
[www.forumenergie.ch](http://www.forumenergie.ch)  
[fez@forumenergie.ch](mailto:fez@forumenergie.ch)  
Andreas Baumgartner

Verfasser:



NACHHALTIG EFFIZIENT

Gruenberg + Partner AG  
Energie und Haustechnik

Adresse  
Postadresse  
Telefon Nr.  
Internet  
Email  
Autoren

Nordstrasse 31, Zürich  
Postfach, 8035 Zürich  
044 360 16 16  
[www.gruenberg-partner.ch](http://www.gruenberg-partner.ch)  
[zuerich@gruenberg-partner.ch](mailto:zuerich@gruenberg-partner.ch)  
Erich Schadegg, Patric Baggi

Zürich, im Dezember 2006

## Inhaltsverzeichnis

<b>0.</b>	<b>Hauptkenntnisse und Empfehlungen</b>	<b>5</b>
0.1	Raumkonzepte - Heutiger Stand der Technik	5
0.2	Hauptkenntnisse	5
0.3	Empfehlungen hinsichtlich Energieeffizienz und Vollzug	9
<b>1.</b>	<b>Ausgangslage / Ziel</b>	<b>12</b>
<b>2.</b>	<b>Projektorganisation und Vorgehen</b>	<b>12</b>
2.1	Projektorganisation	12
2.2	Vorgehen und Methodik	13
<b>3.</b>	<b>Auswertungsgrundlagen</b>	<b>14</b>
3.1	Anforderungen an die Objekte	14
3.2	Struktur der Auswertung	14
3.3	Hinweis zur Auswertung	14
3.4	Objekt- / Anlageinformationen	14
<b>4.</b>	<b>Quantitative Auswertungen „Technik“</b>	<b>15</b>
4.1	Anlagegrössen	15
4.2	Objektgrössen	15
4.3	Systemtypen / Raumkonzepte	16
4.4	Minergie-Label	19
4.5	Aussenluftvolumenstrom	19
4.6	Zuluftvolumenstromregulierung	20
4.7	Zuluftdurchlass / Lufteinführung in den Raum	21
4.8	Befeuchtung	22
4.9	Regulierung - Bedienoberfläche / Einzelraumregelsystem / Regelart der Heizkörper	23
<b>5.</b>	<b>Quantitative Auswertungen "Betrieb und Kosten"</b>	<b>24</b>
5.1	Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch aller Anlagen	24
5.2	Nutzerzufriedenheit	24
5.3	Raumkonditionen SOLL / IST	26
5.4	Optimierungspotential	27
5.5	Spezifische Investitionskosten	28
<b>6.</b>	<b>Qualitative Auswertungen</b>	<b>29</b>
6.1	Übersicht der 4 Raumkonzepte (RK)	29
6.2	Nutzerzufriedenheit "Raumtemperaturen" in Funktion der Raumkonzepte	29
6.3	Nutzerzufriedenheit "Luftqualität" in Funktion der Raumkonzepte	30
6.4	Nutzerzufriedenheit in Funktion des spezifischen Aussenluftvolumenstromes	30
6.5	Nutzerzufriedenheit in Funktion der Lufteinführung	31
6.6	Spezifischer Energieverbrauch in Funktion des Zuluftvolumenstromes	32
6.7	Spezifischer Energieverbrauch in Funktion der Raumkonzepte	33
6.8	Luftqualität in Funktion des Energiebedarfes	35
6.9	Spezifische Investitionskosten in Funktion der Raumkonzepte	35
<b>7.</b>	<b>Gebäude-Ergänzungsdaten</b>	<b>37</b>
7.1	Bürogrössen / Belegungsdichte	37
7.2	Gebäudehüllzahl (GHZ) und U-Werte	38
7.3	Fensteranordnung Eckräume	39
7.4	Fensteranteile / Fensterlüftung	39
7.5	Beschattungseinrichtungen	40
<b>8.</b>	<b>Technische Ergänzungsdaten</b>	<b>41</b>
8.1	Befeuchtungssysteme	41
8.2	Wärmerückgewinnungssysteme (WRG)	41
8.3	Kühlsystem für die Zuluft	41
8.4	Filtrierung der Zuluft	42
8.5	Ventilatorantrieb	42
8.6	Betriebszeiten	42
8.7	Fensteranordnung bezogen auf die Systemtypen	42
8.8	Lösung zur Kühlung dezentraler Serverräume	43

Beilage: Fragebogen und Checkliste



## 0. Hauptkenntnisse und Empfehlungen

### 0.1 Raumkonzepte - Heutiger Stand der Technik

Die 20 Objekte der Erhebung umfassten 4 Raumkonzept-Lösungen:

- |           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| • Typ "A" | 1-Kanal mit TABS                       | 8 Objekte |
| • Typ "B" | 1-Kanal mit Heizkörpern und Kühldecken | 7 Objekte |
| • Typ "C" | 1-Kanal mit Thermoinseln               | 3 Objekte |
| • Typ "D" | Fassadengeräte mit TABS                | 2 Objekte |

Dazu folgende ergänzende Hinweise:

- Eindeutiger Stand der Technik ist, dass über die Lüftungsanlage nur noch der hygienisch notwendig Aussenluftanteil in die Räume zugeführt wird. Die notwendige Wärme- und ergänzende Kühlenergie wird über wasserführende Systeme, vor Ort eingebracht.
- 50 % der erfassten Objekte wurden mit TABS realisiert (Raumkonzepte "A" und "D".) Ohne die Sanierungsobjekte (5 Stück) bei denen ein TABS-Einbau nicht möglich ist, erhöht sich der prozentuale Anteil auf 80 % TABS-Objekte.
- 7 Objekte wurden mit dem Raumkonzept "B" - HK / KD ausgeführt. Davon sind 4 Gebäude Neubauten, was einem Anteil von 20 % der erfassten Gebäude entspricht.
- Die Objekte mit dem Raumkonzept "C" - Thermoinseln umfassen einen Neubau und zwei Sanierungen. Bei Gesamtsanierungen inklusive Ersatz der Fenster, bietet dieses System Vorteile, da mit dem gleichen Element geheizt und gekühlt werden kann.
- Bei 2 Objekten wurde das Raumkonzept "D" mit Fassadengeräten realisiert, was einem Neubau - Anteil von 13 % entspricht.

### 0.2 Hauptkenntnisse

#### 0.2.1 Zusammenfassung

- Nur bei 8 von 20 Anlagen konnten die Energieverbrauchswerte einfach ermittelt werden da zweckdienliche Messeinrichtungen meistens fehlen.
- Die erhobenen Aussenlufttraten liegen, ohne Ausreisser, zwischen 2.5 bis 5.5 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup>.
- **90 %** der Anlagen werden, meistens inklusive der Sitzungszimmer, mit **konstantem Volumenstrom** betrieben.
- Die **Zuluft** wird in **60 %** der Objekte **von unten** (Doppelboden / Quellluftdurchlässe) in die Räume geführt.
- Bezüglich Luftqualität und Behaglichkeit ist **"zu geringe Raumfeuchte"** Haupt-Bearstandungspunkt.
- Die IST-Werte der **Raumlufttemperaturen** liegen im Winter bei **mindestens 23 °C!**
- Objekte mit dem Raumkonzept "A" - TABS weisen den deutlich geringsten Energiebedarf (rund -23 %) auf.
- Auch bei den Investitionskosten schneidet das Raumkonzept "A"- TABS am besten ab, gefolgt vom Konzepte "D" - Fassadengeräte und von "B" und "C" mit Mehrkosten von ca. 70 %.
- Die neuartigen Systeme mit TABS und Thermoinseln haben ihre Bewährungsprobe bestanden. Sie schneiden in der Nutzerakzeptanz eher besser ab als das konventionelle Konzept "B" mit Heizkörpern und Kühldecken.
- Die Fassadengeräte haben einen hohen technischen Ausführungsstandard erreicht. Sie bieten Vorteile bezüglich Platzbedarf (Zentralen, Schächte). Nachteilig ist, dass keine zentrale Befeuchtung möglich ist und dass für die Wärmerückgewinnung (WRG) aus der Abluft eine Wärmepumpe eingesetzt werden muss.

### 0.2.2 Energie- und Medienmesseinrichtungen

Die Erhebung der Energieverbrauchswerte war aufwändig und trotzdem lieferten nur 8 Objekte brauchbare Ergebnisse. Mehrheitlich fehlten zweckdienliche Messeinrichtungen.

#### Empfehlung:

Bei neuen Anlagen sollten unbedingt die nötigen Messeinrichtungen für eine sinnvolle Energiebuchhaltung eingebaut werden. Die SWKI-Richtlinie 98-1 "Messkonzept für Energie und Medien" soll bei Neubauten angewendet werden.

### 0.2.3 Aussenluftvolumenstrom (Absatz 4.5)

Ohne Berücksichtigung der Ausreisser ( $> 5.5 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$ ) werden die Lüftungsanlagen mit Aussenluftstraten zwischen rund 2.5 bis  $5.5 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$  dimensioniert. Dies entspricht einem Luftwechsel von 1.0 bis  $2.0 \text{ h}^{-1}$ .

Der zugeführte Aussenluftvolumenstrom ist in Abhängigkeit der Belegungsdichte zu betrachten. Diese wurde wie folgt erhoben (Absatz 7.1)

- 40 % der Nutzflächen sind mit 10 - 15  $\text{m}^2/\text{Person}$  belegt
- 55 % der Nutzflächen sind mit 15 - 25  $\text{m}^2/\text{Person}$  belegt
- 5 % der Nutzflächen sind mit 25 - 35  $\text{m}^2/\text{Person}$  belegt

Unter Berücksichtigung der SWKI-Richtlinie 95-3, die pro Person eine Aussenluftstrate von  $36 \text{ m}^3/\text{h}$  empfiehlt, ergeben sich folgende spezifische Aussenluftvolumenströme.

Personen Belegung	Per./ $\text{m}^2$	10	15	25	30
Spez. Aussenluftvolumenstrom	$\text{m}^3/\text{h}, \text{m}^2$	3.6	2.4	1.5	1.2

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die SWKI-Richtlinie auf einem nach unserer Ansicht hohen  $\text{CO}_2$ -Wert von 1'000 ppm basiert, was erfahrungsgemäss in einem Grossraumbüro den Nutzern nicht zugemutet werden sollte.

### 0.2.4 Zuluftvolumenstromregulierung (Absatz 4.6)

90 % der Anlagen werden mit konstantem Volumenstrom betrieben. Die grosse Mehrheit der Anlagen versorgt auch die Sitzungszimmer mit einem konstanten Volumenstrom, unabhängig der effektiven Nutzung.

### 0.2.5 Zuluftdurchlässe (Absatz 4.7)

Bei 60 % der Anlagen wird die Zuluft von unten (Doppelboden / Quelluftauslässe) eingebracht. Die durchschnittliche Nutzerzufriedenheit liegt generell hoch (85 - 95 %).

### **0.2.6 Raumlufthtemperaturen (Absatz 5.3)**

Die Raumlufthtemperature für die Heizperiode wird auf 20 bis 22 °C ausgelegt. Die effektiven Werte liegen aber überwiegend bei mindestens + 23 °C. Dadurch resultieren relativ hohe Jahres-Wärmeverbräuche.

### **0.2.7 Befeuchtung (Absatz 4.8)**

Die Akzeptanz / Nutzerzufriedenheit bei Anlagen ohne Befeuchtung ist auch mit rotierenden, hygroskopischen WRG-Rädern ungenügend. Bei einigen Anlagen bei denen bei der Erstinstallation auf eine Befeuchtungseinrichtung verzichtet wurde, war infolge von massiven Reklamationen, eine Nachrüstung erforderlich.

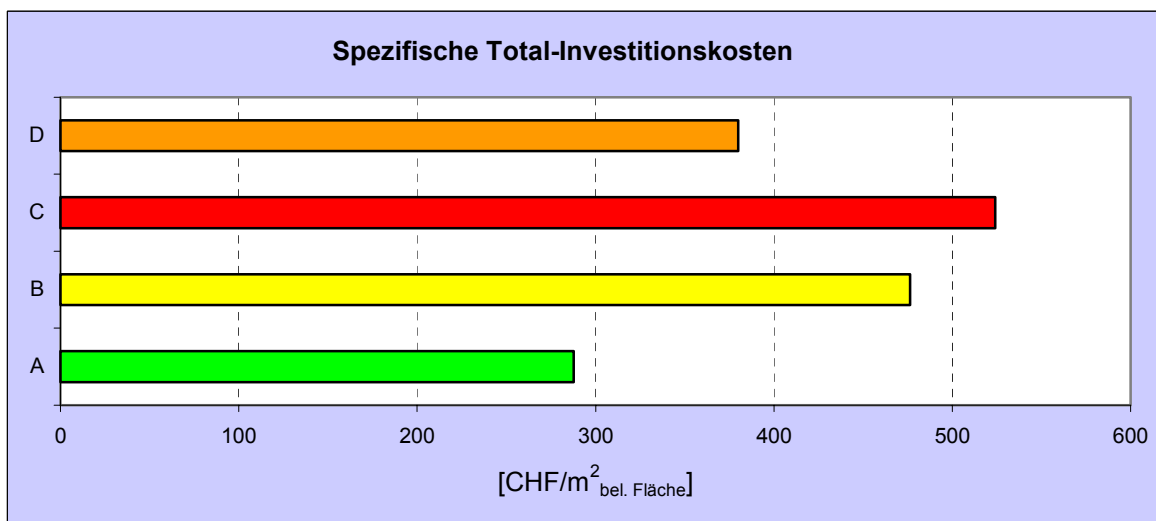
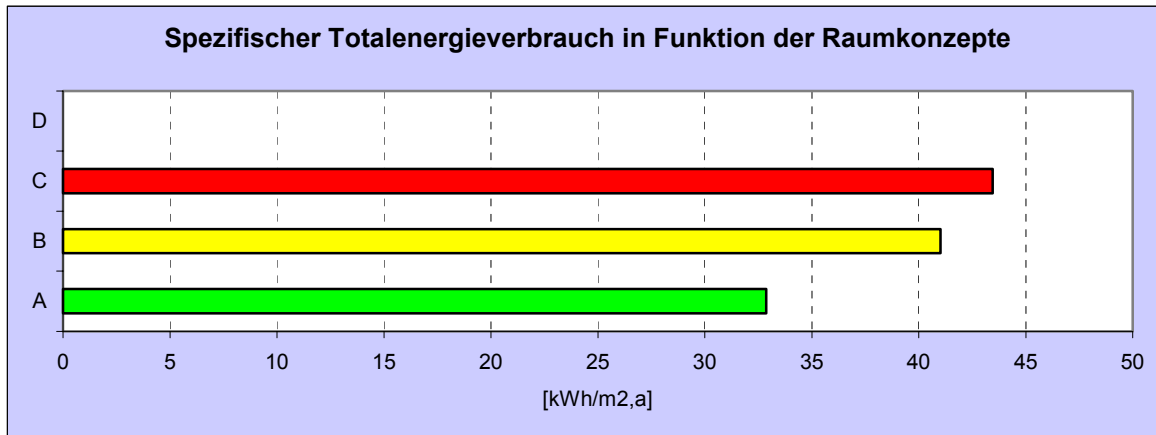
Aus energetischer Sicht ist diese Tatsache unbefriedigend. Massgebend wird das ungünstige Resultat durch die hohen Raumtemperaturen beeinflusst.

Tritt bei einer RT von 20 °C eine Raumfeuchte von 30 % r.F. auf ( $x = 4.7 \text{ g/kg}$ ) so reduziert sich diese Feuchte bei 24 °C auf nur noch 24 % r.F.

Zur Vermeidung von Befeuchtungseinrichtungen müsste mit tieferen Winter-Raumtemperaturen gefahren werden. Dass dies eine starke Unterstützung seitens der Geschäftsleitung braucht weiss jeder Betreiber bestens.

## 0.2.8 Energieverbrauch / Investitionskosten (Absatz 6.7 / 6.9)

Ein Gesamtvergleich der 4 Raumkonzepte zeigt folgende Verhältnisse:



Für den Konzepttyp "D" liegen die Energieverbrauchswerte von einer Anlage vor. Wir verzichten deshalb auf die Integration dieser Werte.

Das Raumkonzept "A" - TABS weist den deutlich geringsten Jahresenergieverbrauch auf. Vor allem der Kühlenergiebedarf ist sehr gering. Bei den beiden Raumkonzepten "B" - HK / KD und "C" - Thermoinseln liegt der Energiebedarf in etwa gleich auf und rund 23 % höher als bei den Konzepten "A".

Auch bezüglich der Investitionskosten liegen die TABS-Anlagen "A" vor den Fassaden-geräten "D" am tiefsten. Mit Abstand folgen die Konzepte "B" und "C" (rund + 70 %). Zu beachten: Bei TABS-Systemen müssen noch die Kosten für allenfalls notwendige Akustik-massnahmen aufgerechnet werden, die bei den Systemen "B" und "C" integriert gelöst sind.

## 0.3 Empfehlungen hinsichtlich Energieeffizienz und Vollzug

### 0.3.1 Raumkonzepte

Das Raumkonzept "A" - 1-Kanal mit TABS, weist den geringsten Energieverbrauch auf und ist, was selten vorkommt, mit Abstand auch bezüglich der Investitionskosten am günstigsten. Der Hauptvorteil dieses Systemes ist die effiziente Wärmeabgabe auf einem Temperaturniveau unter 30 °C und die weitgehend freie Kühlung über die Aussenluft, wobei die tiefste Temperatur des Kühlwassers 19.5°C beträgt.

#### **Empfehlung:**

TABS-Systeme sind zu fördern. Mit den beschriebenen Vorteilen dürfte einem erfolgreichen Marketing nichts im Wege stehen. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass das System für Ingenieure, Installateure und 99 % der Hersteller finanziell nicht interessant ist. Die Gründe sind: Es ist technisch aufwändig, kostet wenig und benötigt einen minimalen MSR-Aufwand; Zusammengefasst: Viel Aufwand und (zu) wenig Ertrag. Die Defizite bei TABS-Anlagen liegen nicht beim Konzept (System), sondern bei der Umsetzung. Um zufriedene Nutzer und eine breite Akzeptanz zu erreichen, empfehlen wir folgende Massnahmen:

- a) Weiterbildung der Professoren und Lehrer an den Hoch- und Fachschulen
- b) Kurse für Planer und Installateure "Auslegung und Regulierung von TABS-Systemen"
- c) Erarbeitung einer Richtlinie "TABS-Systeme"
- d) Infoblatt "TABS-Systeme" für Architekten und Bauherren

Hauptziel ist es, Lösungen für folgende auftretende Mängel aufzuzeigen:

- stark unterschiedliche Raumtemperaturen in einzelnen Zonen
- Eckbüros sind im Winter zu kalt und im Sommer zu warm
- ungenügende Effizienz der Rückkühlanlage
- Ergänzungskühlung für Räume mit hohen Wärmelasten, beziehungsweise zu hohen Raumtemperaturen
- Systemintegration

### 0.3.2 Aussenlufttrate für Bürogebäude (Absatz 4.5)

Die Auswertungen zeigen, dass mit einem Aussenluftvolumenstrom von 3-4 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup> zufriedenstellende Resultate erzielt werden können. Bedingung ist:

- die Fenster müssen geöffnet werden können
- keine Grossraumbüros

Für Grossraumbüros und Gebäude bei denen die Fenster nicht geöffnet werden können, ist eine höhere Aussenlufttrate von 5 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup> zu empfehlen.

Der beschriebene Unterschied sollte auch im Minergie-Standard integriert werden.

Für Sitzungszimmer ist eine variable Lösung mit einem variablen Zuluftvolumenstrom von maximal 7 bis 8 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup> zu empfehlen. Bei einem Aussenluftbedarf von 25 m<sup>3</sup>/h, Person ergibt dies eine Belegungsdichte von rund 3 m<sup>2</sup>/Person.

### **0.3.3 Raumlufffeuchtigkeit / Befeuchtung (Absatz 5.2)**

Ohne Befeuchtung der Zuluft treten vermehrt Reklamationen seitens der Nutzer auf. Zur Erhöhung der Raumlufffeuchte während den Wintermonaten sind vermehrt Anstrengungen zu unternehmen. Wir empfehlen:

- Die Energieeffizienz und das Keimbildungspotential der verschiedenen Befeuchtungssysteme abzuklären und zu publizieren
- Massnahmen klären / inizieren zur Erhöhung der Feuchterückgewinnung (technisch betrieblich)
- Ein Projekt zur Entwicklung von hygroskopischen Gebäudeteilen zur Feuchtepufferung zu lancieren.
- Kompensation der Energie-Mehrkosten durch Reduktion der Anlage-Betriebsstunden.

### **0.3.4 Fassadengeräte**

Die Raumkonzepte mit Fassadengeräten liegen im Trend. Dem Hauptvorteil, geringer Platzbedarf für Zentralen und Schächten stehen folgende Nachteile gegenüber:

- keine zentrale Feuchterückgewinnung und Befeuchtung möglich
- Zuluftkühlung ist nur beschränkt möglich. Bei hohen Aussenfeuchten treten auch hohe Raumfeuchten auf
- Für die Abwärmenutzung (Wärmerückgewinnung) ist der Einsatz einer Wärmepumpe notwendig.
- Der Wirkungsgrad von Kleinventilatoren liegt auf Grund unseres Kenntnisstandes unter 50 %.

#### **Empfehlung:**

Abklärungen über den Wirkungsgrad von Kleinventilatoren in Fassadengeräten treffen.

### **0.3.5 Optimierungsmöglichkeiten (Absatz 5.4)**

Die Antworten zum Optimierungspotential der Anlagen sind im Absatz 5.4 zusammengefasst.

### **0.3.6 Bürogrössen / Belegungsdichte (Absatz 7.1)**

Die heutigen Nutzungsanforderungen ergeben 62 % Grossraumbüros. Diese sind zu 95 % mit einer Belegung von 10 - 25 m<sup>2</sup>/Person in Betrieb.

Unter Berücksichtigung unserer Empfehlungen ergeben sich folgende Werte:

- Basis: Personenbelegung max. 10 m<sup>2</sup>/Person
- Zuluftvolumenstrom spezifisch 3.5 - 5.0 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup> in Abhängigkeit der Fensterausführung (öffnend / nicht öffnend)
- Zuluftvolumenstrom pro Person 35 - 50 m<sup>3</sup>/h, Person

Die SIA 382/1 empfiehlt einen Zuluftvolumenstrom von 36 m<sup>3</sup>/h, Person.

### **0.3.7 Betriebszeiten (Absatz 8.6)**

45 % der Anlagen weisen eine Betriebszeit von mehr als 15 h/d auf. Durch die Reduktion der Betriebszeiten resultiert ein erhebliches Sparpotential.

### **0.3.8 Abwärmenutzung / Kühlung dezentraler Serverräume (Absatz 8.8)**

In allen Bürogebäuden sind im Winter Kälteanlagen in Betrieb zur Kühlung von zentralen und dezentralen EDV-Anlagen und Server-Räumen. Bei einem Viertel der untersuchten Objekte wird die dabei anfallende Abwärme über die Aussenluft vernichtet.

Die Abwärmenutzung aus diesen technischen Kälteanlagen ist ein Muss. Eine optimale Nutzung ist jedoch nur gewährleistet, wenn ein zentrales Kühlsystem im Gebäude integriert wird, was in einem frühen Planungsstadium zu berücksichtigen ist.

#### **Unserer Empfehlungen:**

- Broschüre ausarbeiten "Abwärmenutzung in Bürogebäuden"
- zweckmässige, einfache Konzepte aufzeigen
- erhöhte diesbezügliche Beachtung durch die zuständigen Behörden

### **0.3.9 Bauliche und konzeptionelle Massnahmen**

Für Büros mit einer hohen Arbeitsplatzqualität sind die Störfaktoren von aussen möglichst zu minimieren. Baulich effizient ist ein hoher Dämmstandard, eine lichtgünstige Fensteranordnung und eine optimale Beschattung. Aus wirtschaftlicher Sicht, zahlt sich der Minergiestandard heute schon aus. Wer die Zukunft ernsthaft berücksichtigt, baut nach dem Minergie-P Standard. Nach wie vor sind bauliche Energiesparmassnahmen nachhaltiger als technische Massnahmen und demzufolge in erster Priorität zu berücksichtigen.

Die langfristig wirksamen konzeptionellen, technischen Massnahmen sind:

- Einsatz eines Niedertemperatur - Heizsystems (maximale Vorlauftemperatur + 40 °C)
- Nutzung einer möglichst hohen Temperaturspanne zwischen Heizungsvor- und Rücklauf
- Einsatz von wasserführenden Raumkühlssystemen mit einer möglichst hohen Vorlauftemperatur zur Nutzung der Aussenluft als Quelle (Freie Kühlung).

## 1. Ausgangslage / Ziel

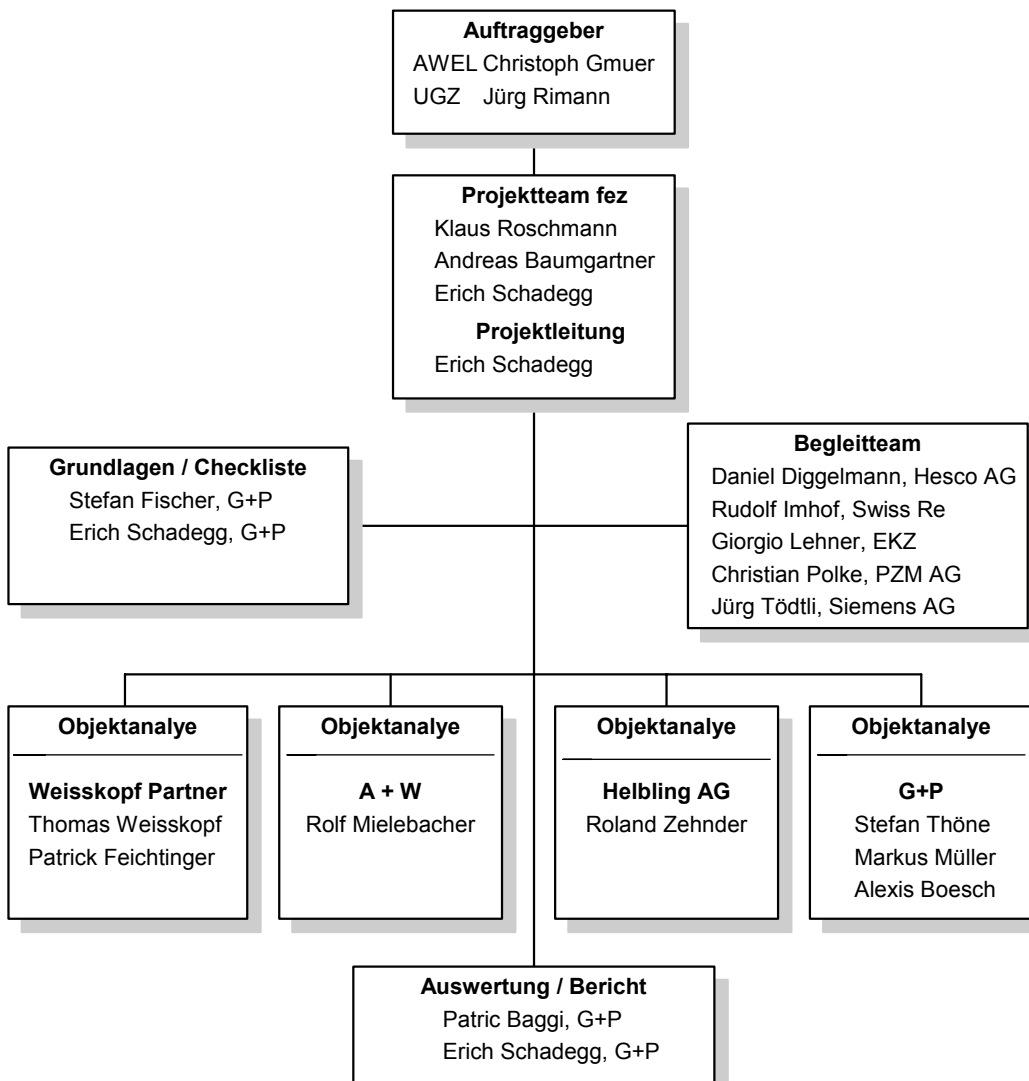
Die Technik der Klima- und Lüftungsanlagen entwickelt sich permanent weiter. In den letzten Jahren hat zudem die Verbreitung des MINERGIE-Standards eine zusätzliche Nachfrage nach energieeffizienten Systemen ausgelöst.

Um den Stand der Technik und die Ausführungsqualität der Anlagen sowie die Zufriedenheit der NutzerInnen zu erfassen, hat das AWEL des Kantons Zürich zusammen mit dem UGZ der Stadt Zürich diese Untersuchung dem "forum energie zürich" (fez) in Auftrag gegeben. Bei 20 Bauten wurden detaillierte Daten erhoben und ausgewertet. Das Ziel ist es, einen Überblick über den Stand der Technik zu gewinnen, daraus Empfehlungen für künftige Bauten und Anlagen abzuleiten und Weiterbildungsbedarf zu erkennen.

## 2. Projektorganisation und Vorgehen

### 2.1 Projektorganisation

Die Untersuchung wurde wie folgt organisiert:



Die Aufgaben der einzelnen Teams können wie folgt zusammengefasst werden:

- Auftraggeber:
  - Formulierung der Zielsetzungen
  - Qualitätssicherung im Begleitem
- Projektteam:
  - Projektsteuerung
  - Objektauswahl
- Begleitem:
  - Prüfung der Unterlagen und des Vorgehens
  - Ergänzung der Objektauswahl
  - Qualitätssicherung des Projektes
- Grundlagen:
  - Aufarbeitung der Grundlagen
  - Entwurf und Bereinigung der Objekt-Fragebogen
- Objektteam:
  - Vorortabklärungen der Anlagen
  - Beschaffung und Sichtung der Dokumente
  - Bearbeitung der Fragebogen
- Auswertung:
  - Auswertung der Anlagedaten
  - Vorschlag und Bereinigung der Berichtstruktur
  - Ausarbeitung des Schlussberichtes

## 2.2 Vorgehen und Methodik

Zur Erfüllung der Zielsetzungen wurde folgendes Vorgehen und Methodik gewählt:

Ablauf	Arbeiten	Qualitätssicherung
Schritt 1	<u>Grundlagen</u> - Grundlagenbearbeitung - Entwurf der Objekt-Checkliste	<u>Begleitem / Objektteam</u> - Besprechung und Ergänzungsempfehlungen
	- Bereinigung des Fragebogens	
Schritt 2	<u>Objektteam</u> - Aufnahme von je 1 Pilotobjekt (Total 4 Stück)	<u>Begleitem</u> - Besprechung / Diskussion der Erfahrungen ⇒ Empfehlungen
	- Erstellung des definitiven Fragebogens	
Schritt 3	<u>Objektteam</u> - Aufnahme der weiteren 16 Objekte	
Schritt 4	<u>Auswertung</u> - Auswertung und Entwurf Schlussbericht	<u>Begleitem</u> - Prüfung des Entwurfes des Schlussberichtes - Ergänzungsvorschläge
	- Definitiver Schlussbericht	

### 3. Auswertungsgrundlagen

#### 3.1 Anforderungen an die Objekte

In der Untersuchung wurden **Büro**-Lüftungs- und Klimaanlage berücksichtigt deren Inbetriebsetzung im Jahr 2000 oder später erfolgt ist. Neben Neubauten wurden auch Objekt-, beziehungsweise Anlagensanierungen aufgenommen.

Mittels eines Fragebogens wurden total 20 Objekte erfasst und dokumentiert. Die Checkliste ist in vier Hauptbereiche - "Objektdaten"; "Grundlagen Bürobereich"; "Lüftungs-Anlagedaten"; "Kosten / Zufriedenheit" - unterteilt.

#### 3.2 Struktur der Auswertung

Die Auswertung der Objektdaten ist in fünf Hauptkapitel unterteilt:

- ⇒ **4. Quantitative Auswertung "Technik"**  
Auswertung der Anlagensysteme bezüglich Technik
- ⇒ **5. Quantitative Auswertung "Betrieb und Kosten"**  
Auswertung der Anlagensysteme bezüglich Betriebsdaten wie Kosten, Nutzerzufriedenheit und Optimierungspotential
- ⇒ **6. Qualitative Auswertung**  
Gegenüberstellung der Anlagensysteme bezüglich Nutzerzufriedenheit und spez. Energieverbrauch
- ⇒ **7. Gebäude Ergänzungsdaten**  
Ergänzende Informationen zu den Gebäuden und deren Infrastruktur
- ⇒ **8. Technische Ergänzungsdaten**  
Ergänzende Informationen zur Gebäudetechnik

#### 3.3 Hinweis zur Auswertung

Mit Ausnahme der Investitions- und Betriebskosten konnten die Anlage- und Gebäudedaten mit zweckdienlicher Genauigkeit erhoben werden. Bei den Investitionskosten und vor allem bei den Betriebskosten (Energie- und Unterhaltskosten) ist die Auswertung unvollständig. Verlässliche Werte konnten nur bei acht Objekten ermittelt werden. Somit handelt es sich bei den Betriebskosten um reine Trend- beziehungsweise Informationswerte. Hier besteht ein erster Handlungsansatz. Bei neuen Anlagen sollten unbedingt die nötigen Zähler für eine sinnvolle Energiebuchhaltung eingebaut werden.

Die Angaben zur Nutzerzufriedenheit wurden nicht direkt erhoben. Sie basieren auf den Angaben der zuständigen Betreiber.

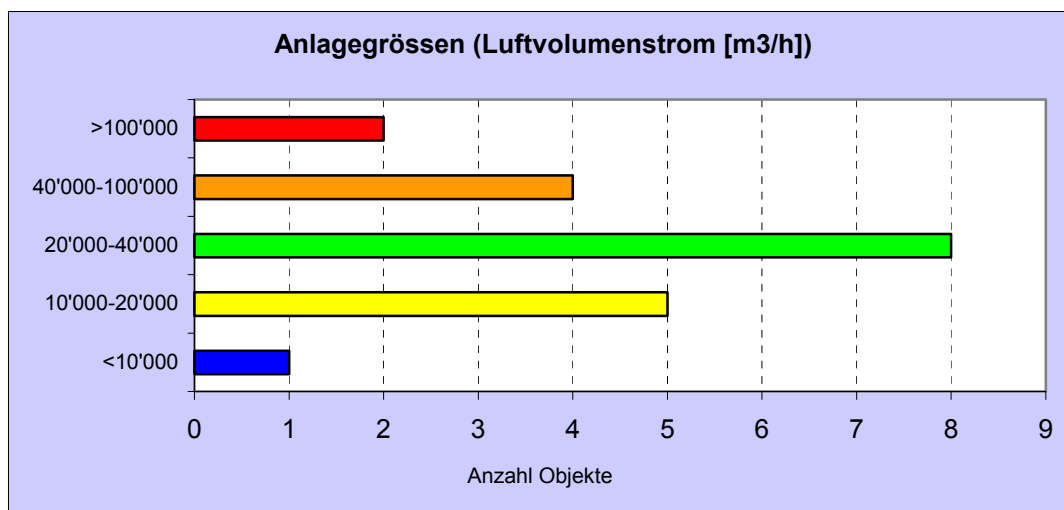
#### 3.4 Objekt- / Anlageinformationen

Die ausgewerteten Objekte und Anlagen repräsentieren ein breites Know-how der Lüftungs- / Klimabranche. In der Planung waren neun verschiedenen Ingenieurbüros involviert. Ausgeführt wurden die 20 Anlagen durch acht verschiedene Installations-Unternehmen.

## 4. Quantitative Auswertungen „Technik“

### 4.1 Anlagegrößen

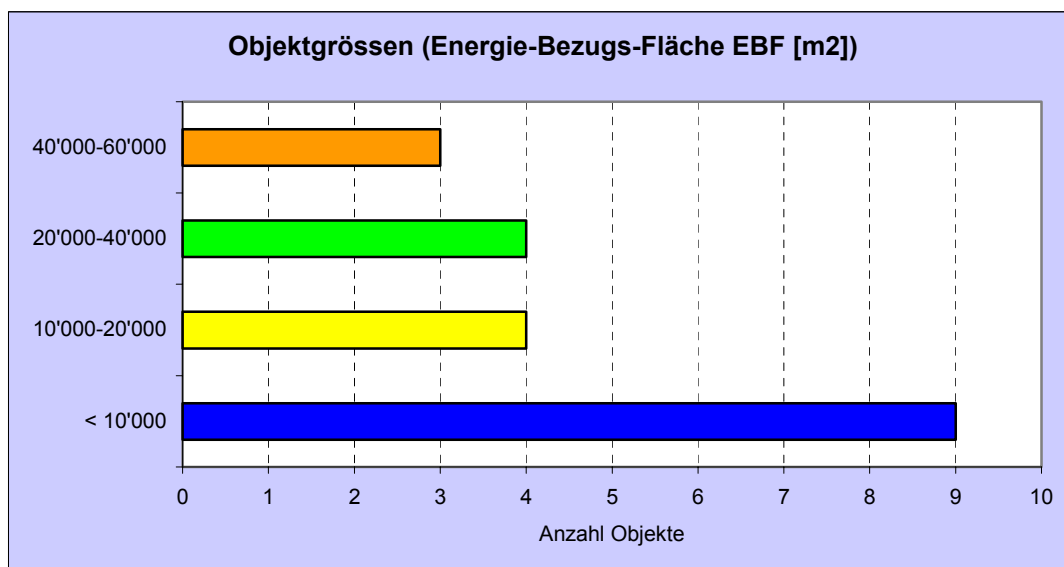
Nachstehende Grafik zeigt die Größenordnung der untersuchten Lüftungsanlagen anhand ihres Gesamt-Zuluft-Volumenstroms, wobei die Luft teilweise in mehreren Monoblöcken aufbereitet wird.



Mit total 8 Gebäuden bilden die Anlagen zwischen 20'000 bis 40'000 m<sup>3</sup>/h den grössten Anteil. Nur bei einem Gebäude liegt der Luftvolumenstrom unter 10'000 m<sup>3</sup>/h.

### 4.2 Objektgrößen

Die nachstehende Grafik zeigt die Größen der Gebäude anhand der Energiebezugsfläche [EBF]. Die EBF liegen zwischen 3'000 m<sup>2</sup> und 56'000 m<sup>2</sup>. Bei 45 % der Objekte liegt die EBF unter 10'000 m<sup>2</sup>.

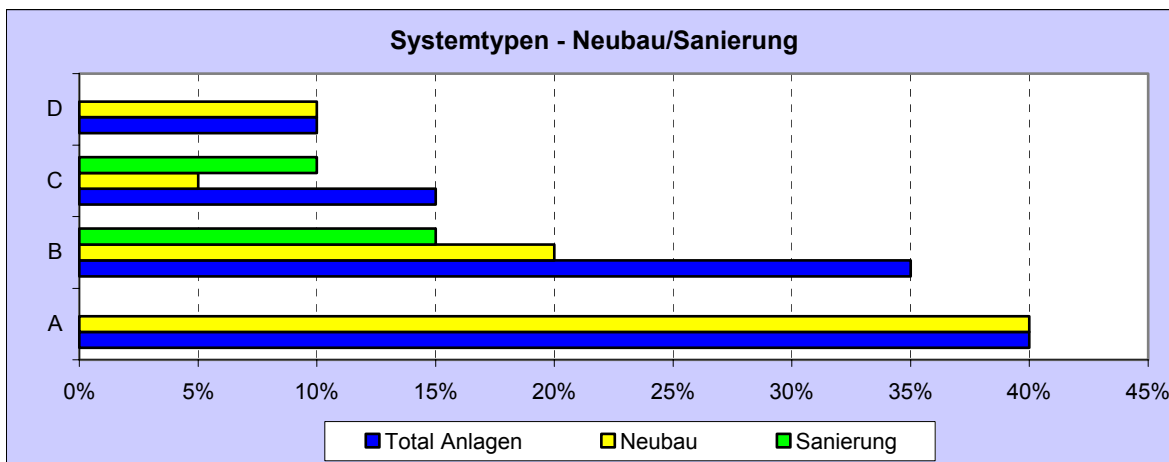


### 4.3 Systemtypen / Raumkonzepte

Zur Gesamtbeurteilung eines Systems sind neben der Klimaanlage auch das Heiz- und Kühlsystem zu berücksichtigen. Für das Gesamtsystem verwenden wir die Bezeichnung "Raumkonzept".

Die untersuchten Objekte und Anlagen lassen sich in vier Raumkonzepte unterteilen:

- A. 1-Kanal mit thermoaktivem Bauteilsystem (TABS) - 8 Anlagen
- B. 1-Kanal mit Heizkörper (HK) und Kühldecken (KD) (oder teilweise KD) - 7 Anlagen
- C. 1-Kanal mit Thermoinseln (TI), kombinierte Heiz-/ Kühldecke - 3 Anlagen
- D. Fassadengeräte mit thermoaktivem Bauteilsystem (TABS) - 2 Anlagen



Die Auswertung zeigt, dass 1-Kanal-Anlagen mit Bauteilaktivierung, das am häufigsten realisierte Konzept bei Neubauten ist. Eine Lösung mit Heizkörpern und Kühldecken wird in der Regel bei Sanierungen bevorzugt. An dritter Stelle folgt das Raumkonzept mit Thermoinseln. Bei Gesamtsanierungen inklusive der Fenster sind Heizkörper unter den Fenstern nicht mehr nötig und ein Konzept mit Thermoinseln kann Vorteile bieten.

Beide untersuchten Gebäude mit Fassadengeräten sind mit TABS kombiniert.

Die angewendeten Systeme widerspiegeln auch die Firmenphilosophie der einzelnen Ingenieurbüros. So wurden 7 der 8 Raumkonzepte "A" von zwei Ingenieurbüros geplant.

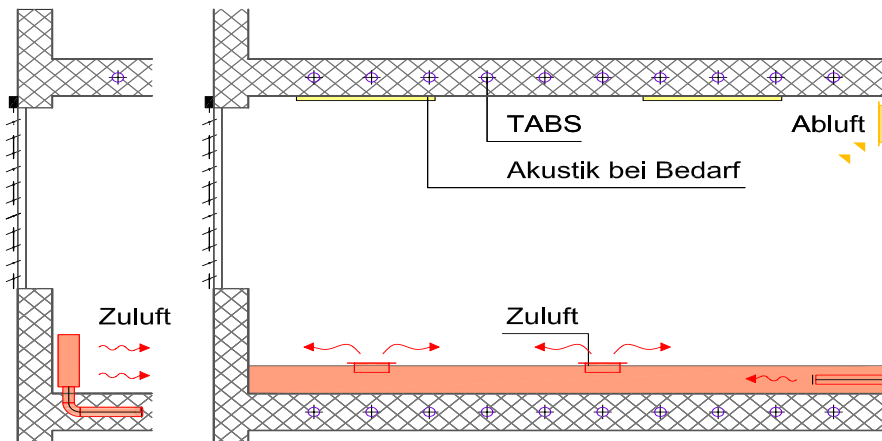
## Raumkonzept - Schemas

Nachfolgend eine Übersicht der 4 Raumkonzepte:

### Konzept A: 1-Kanal + TABS

- Lüftung:
- Zuluftführung
    - Freiströmend im Doppelboden
    - Geführt im Doppelboden (Kanal zum Auslass)
    - In Kanälen zum Quellluftauslass
  - Auslass
    - Bodendurchlass
    - Quellluftdurchlass

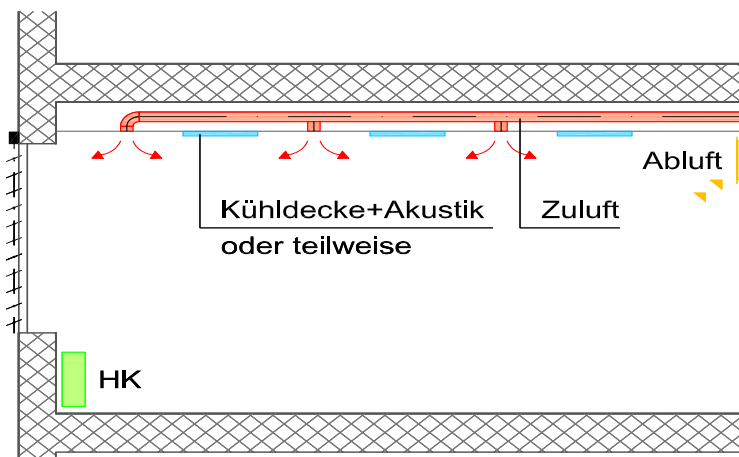
- Heizen/Kühlen:
- TABS eingelegt (in massiver Betondecke einbetoniertes TABS)
  - TABS aufgesetzt (an Decke aufgesetzte, thermisch aktive Elemente)



### Konzept B: 1-Kanal + HK/KD

- Lüftung:
- Zuluftführung
    - Geführt in Doppeldecke (Kanal zum Auslass)
  - Lufteinführung
    - Mischlüftung ab Decke

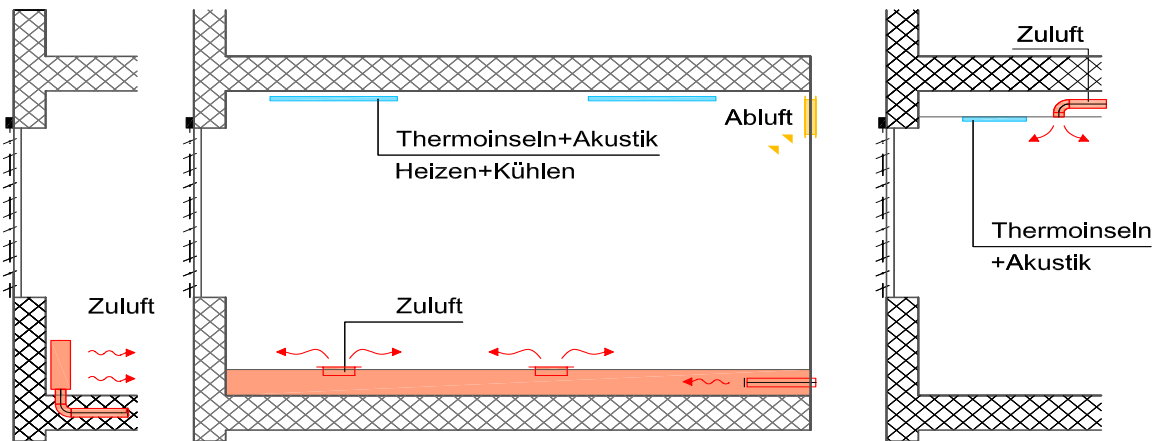
- Heizen/Kühlen:
- Wärmeabgabe
    - Heizkörper
  - Wärmeaufnahme
    - Kühldecken mit oder ohne Akustikelemente



### Konzept C: 1-Kanal mit Thermoinseln

- Lüftung:
- Zuluftzuführung
    - Freiströmend im Doppelboden
    - Geführt im Doppelboden (Kanal zum Auslass)
    - Geführt in Doppeldecke (Kanal zum Auslass)
  - Luftzuführung
    - Bodenluftdurchlass
    - Quellluftdurchlass
    - Mischlüftung ab Decke

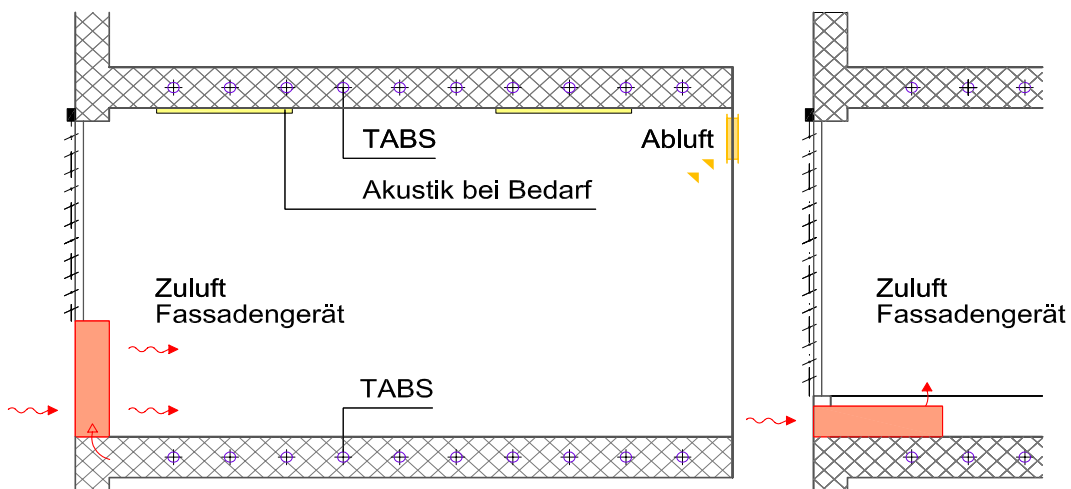
- Heizen/Kühlen: • Thermoinseln (Kombination Heizdecke/Kühldecke)



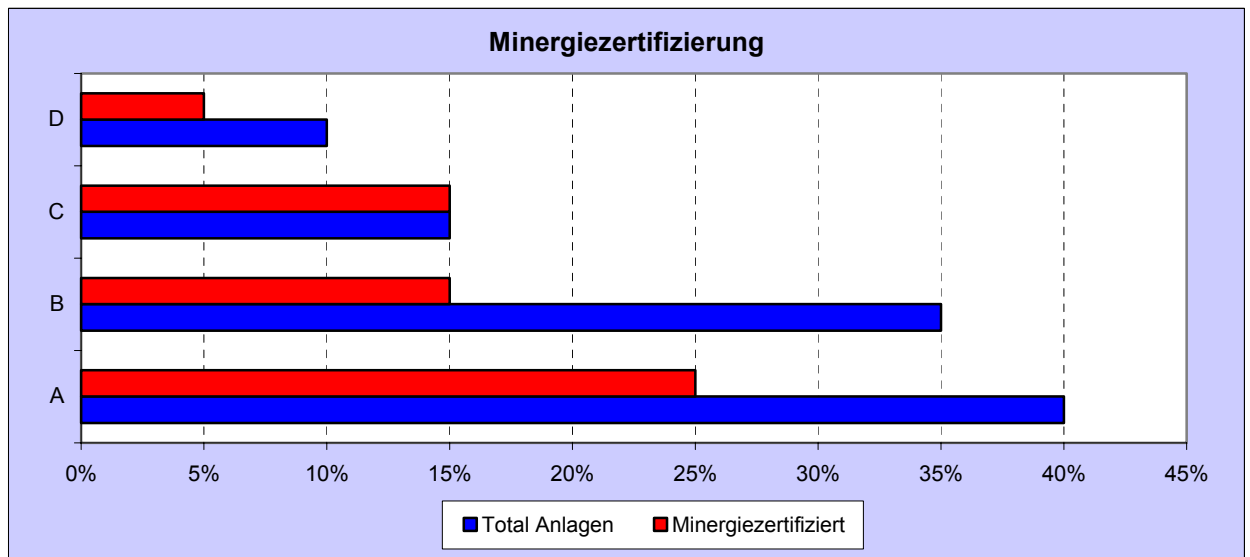
### Konzept D: Fassadengerät + TABS

- Lüftung: • Zuluftzuführung - Über Fassadengeräte (mit oder ohne Ventilator)

- Heizen/Kühlen: • TABS eingelegt in der Betondecke



#### 4.4 Minergie-Label

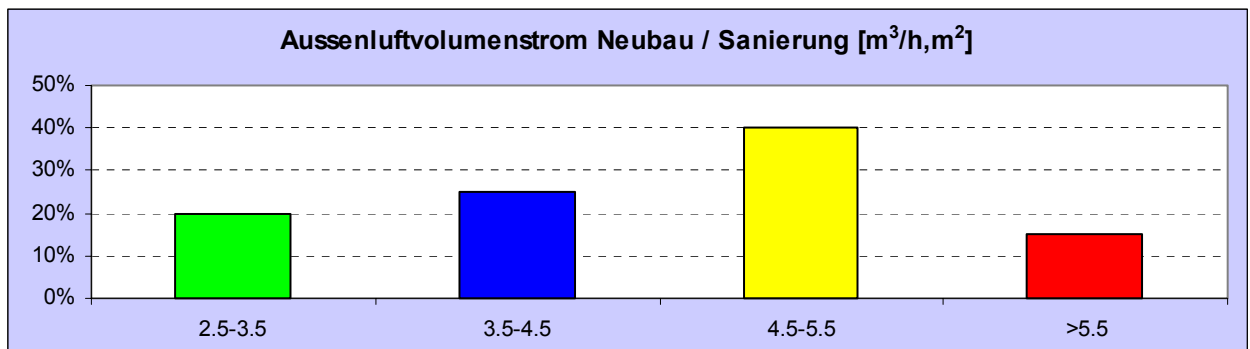


Der Anteil der minergie-zertifizierten Gebäude ist mit 60 % (12 Stück) höher als im allgemeinen Mittel. Gemäss Auskunft vom Verein Minergie beträgt der Anteil Minergie-Gebäude bei Neubauten rund 20 %.

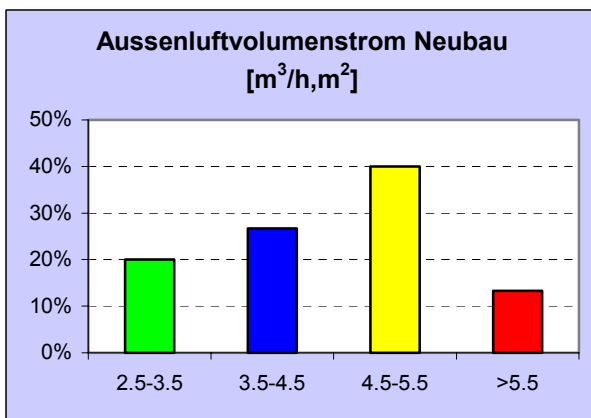
#### 4.5 Aussenluftvolumenstrom

Die Analyse des Aussenluftvolumenstromes soll zeigen, in welchem Bereich der spezifische Aussenluftvolumenstrom im  $\text{m}^3/\text{h}$  pro  $\text{m}^2$  Büronutzfläche heute ausgelegt wird.

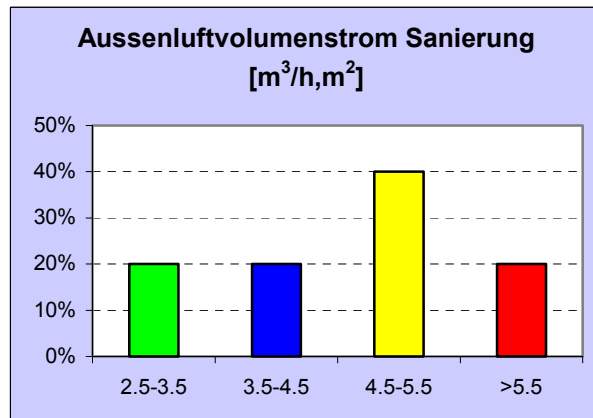
##### Alle Objekte



## Neubauten



## Sanierungen



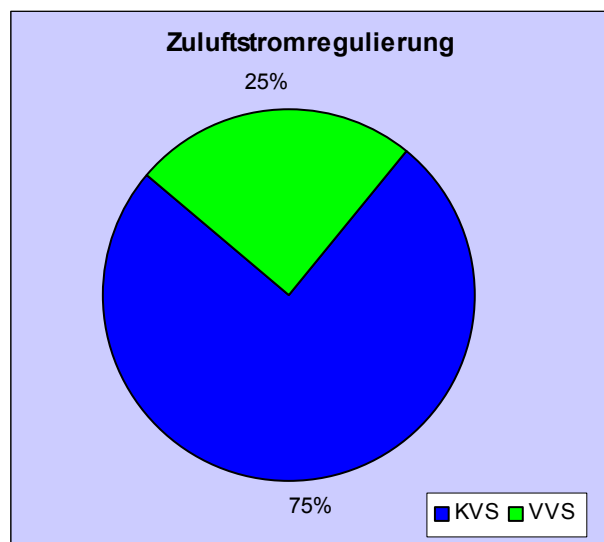
Zwischen Neubauten und Sanierungen zeigt sich ein ausgeglichenes Bild. Bei den Neubauten liegt der Aussenluftvolumenstrom bei 2 Anlagen über 5.5 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup>

Die Untersuchung lässt den Schluss zu, dass nach dem heutigen Stand der Technik ein hygienischer Aussenluftvolumenstrom zwischen 3.5 bis 5.5 m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup> ausgelegt wird. Zu berücksichtigen ist, dass Bauten bei denen die Fenster nicht geöffnet werden können, einen höheren Aussenluftanteil benötigen.

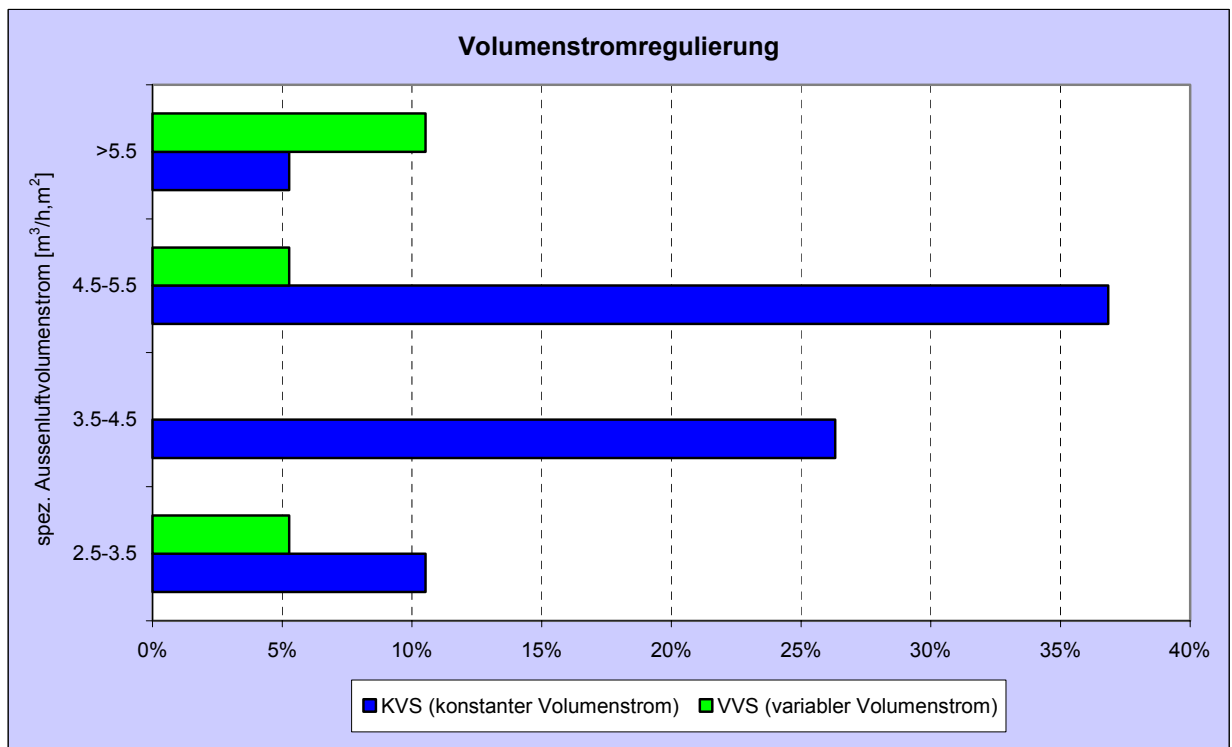
## 4.6 Zuluftvolumenstromregulierung

Bei dreiviertel aller Anlagen werden die Räume mit konstantem Zuluftvolumenstrom (KVS) versorgt.

Dies erklärt sich dadurch, dass in der Regel die Lüftung nur den hygienisch notwendigen Aussenluftvolumenstrom fördert. Der grösste Teil der Kühl- / Heizlasten wird durch wasserführende Systeme vor Ort übernommen.



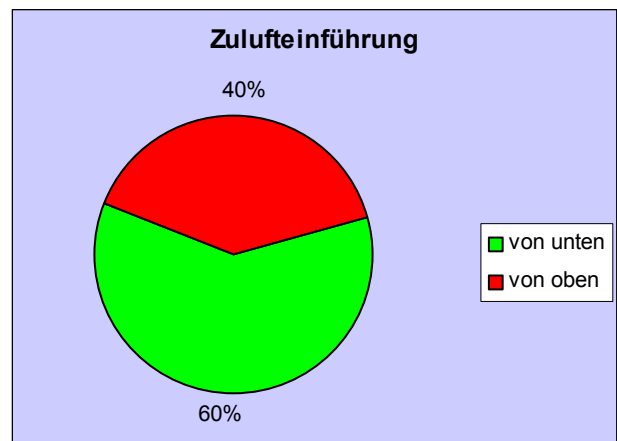
## Volumenstromregulierung in Funktion des spez. Luftvolumenstromes



Zwei von drei Anlagen die mit  $> 5.5 \text{ m}^3/\text{h}, \text{m}^2$  betrieben werden, sind mit Volumenstromreglern ausgerüstet und werden mit variablen Volumenströmen betrieben.

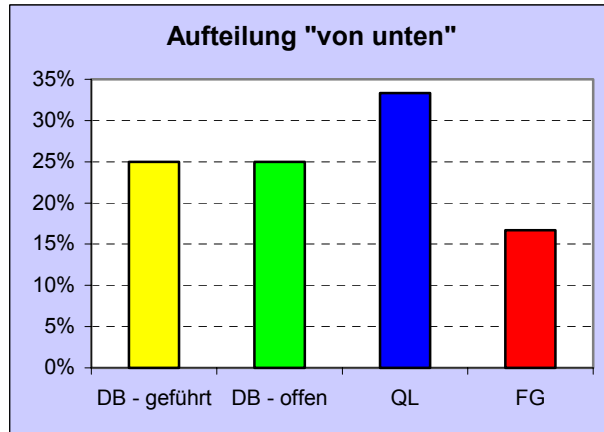
### 4.7 Zuluftdurchlass / Luftzuführung in den Raum

Während noch vor einigen Jahren praktisch alle Systeme die Luft von oben über Deckenluftdurchlässe mittels Mischlüftung in den Raum einbrachten, hat sich die Technik verändert. 60 % der Anlagen führen die Luft von unten über Quellluft- oder Bodenluftdurchlässe ein.



Eine nähere Betrachtung der Luftzuführung "von unten" lässt folgendes Erkennen:

- Der Doppelboden ist wieder in, 50 % der Luftzuführungen erfolgt über den Doppelboden, davon wird bei 25 % der Anlagen die Luft offen, ohne Kanäle, beziehungsweise nur über eine Grobverteilung mit Kanälen, im Doppelboden geführt.
- Mit 33 % haben auch die Quellluftauslässe eine ansehnliche Verbreitung.
- Bei den Fassadengeräten ist eine Luftzuführung von unten gegeben. Entweder wird die Zuluft über die Brüstung oder den Doppelboden eingeblasen.

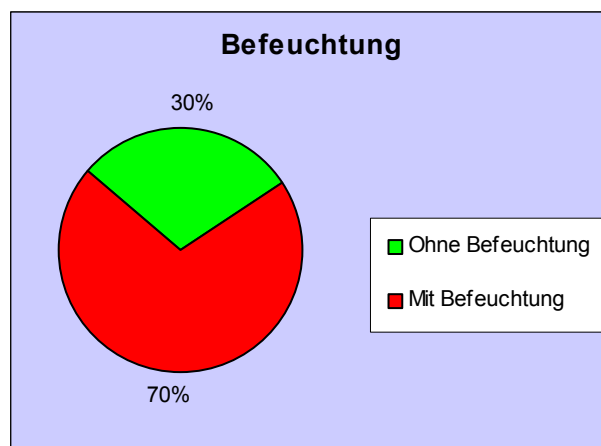


#### 4.8 Befeuchtung

Bei 70 % der Anlagen wird die Zuluft befeuchtet.

Ohne Berücksichtigung der beiden Anlagen mit Fassadengeräten (keine Befeuchtung möglich) steigt der Anteil auf rund 80 %.

Bei 4 Objekten wurde die Befeuchtung der Zuluft nachgerüstet.



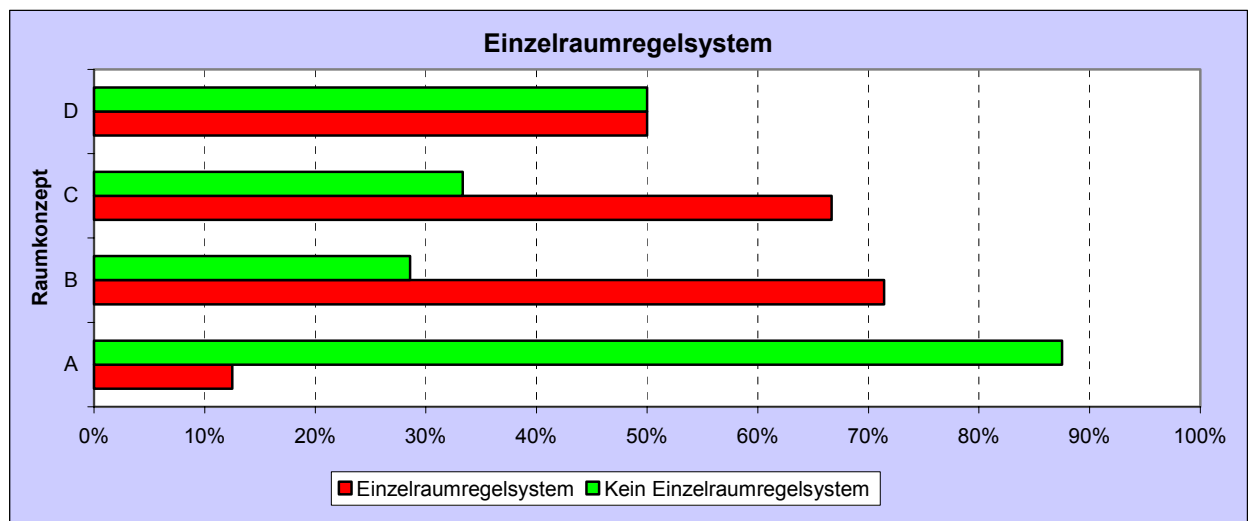
## 4.9 Regulierung - Bedienoberfläche / Einzelraumregelsystem / Regelart der Heizkörper

### Bedienoberfläche

Sämtliche Anlagen sind mit einer zentralen Bedienoberfläche inklusive Anlagebilder und Orientierungsgrafik ausgerüstet.

### Einzelraumregelsystem

Die nachfolgende Grafik zeigt den Einsatz von zentralen Einzelraumregelsystemen (ERS) in Abhängigkeit der Raumkonzepte.



Mit dem Raumkonzept "A" - TABS ist nur eine von 8 Anlagen mit einem ERS ausgerüstet. Mehrheitliche wird ein ERS eingesetzt bei den Konzepten "B" - Heizkörper / Kühldecken und "C" - Thermoinseln. Von den 2 Objekten mit Fassadengeräten ist eines mit einem ERS ausgerüstet, das Zweite arbeitet mit dezentralen Einzelraumregulierungen.

### Regulierung der Heizkörper

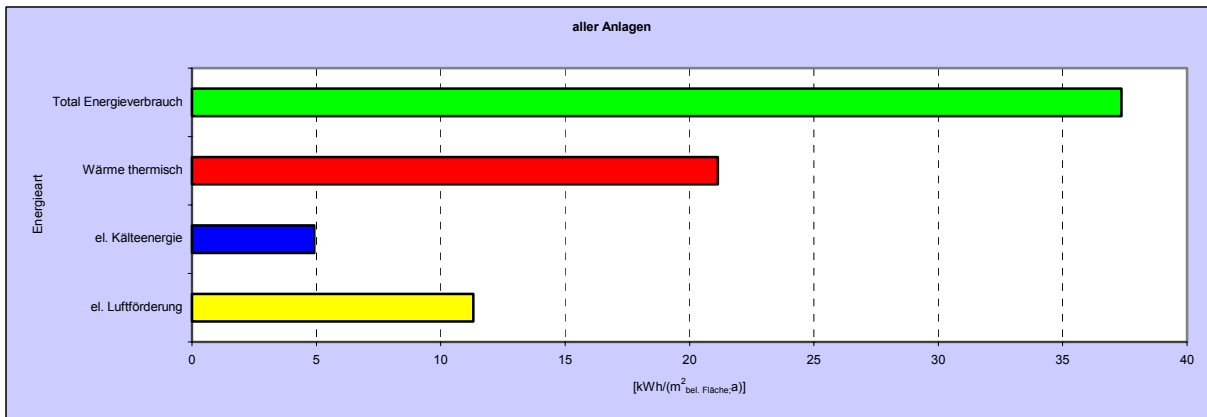
Von den 7 Anlagen mit dem Raumkonzept "B" - Heizkörper / Kühldecken, werden die Heizkörper wie folgt reguliert:

- bei 3 Objekten: thermostatisches Heizkörperventil
- bei 4 Objekten: zentral über das ERS mit Motorventilen.

## 5. Quantitative Auswertungen "Betrieb und Kosten"

### 5.1 Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch aller Anlagen

Das Diagramm zeigt den durchschnittlichen Jahresenergieverbrauch pro m<sup>2</sup> Nutzfläche.



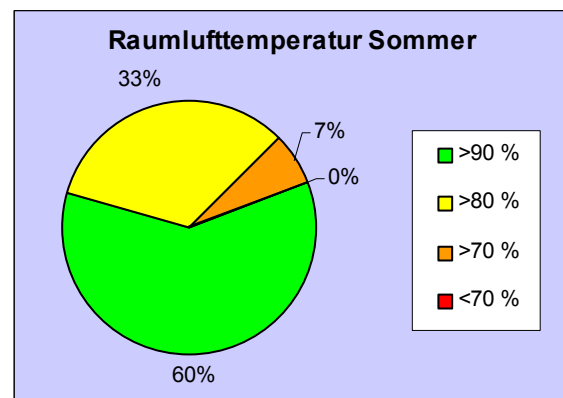
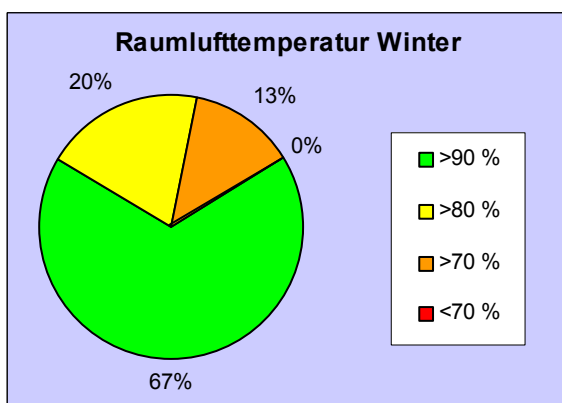
Bei einem Gesamtverbrauch von rund 37 kWh/m<sup>2</sup>,a macht der thermische Energieverbrauch mit 57 % eher überraschend den höchsten Anteil aus. Die elektrische Energie für die Kälteerzeugung und die Luftförderung beträgt zusammen 16 kWh/m<sup>2</sup>,a beziehungsweise 43 %. Mit Abstand den geringsten Anteil wird mit 5 kWh/ m<sup>2</sup>,a für die Kälteerzeugung aufgewendet.

Der Energieverbrauch in Funktion der Raumkonzepte ist im Absatz 6.7 dargestellt.

### 5.2 Nutzerzufriedenheit

Die nachfolgenden Grafiken zeigen die Nutzerzufriedenheit bei Neubauten über sämtliche Raumkonzepte bezüglich der Temperatur, der Raumluftfeuchte und der Raumluftqualität.

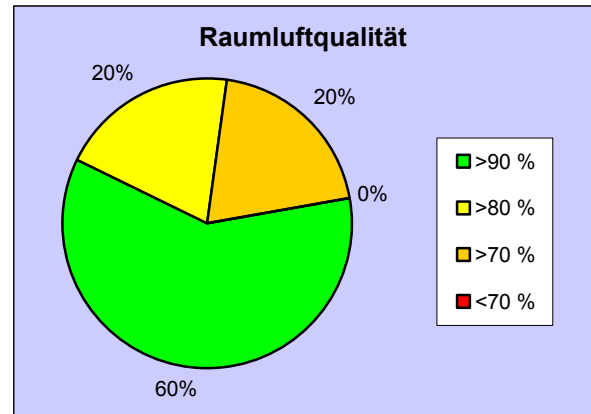
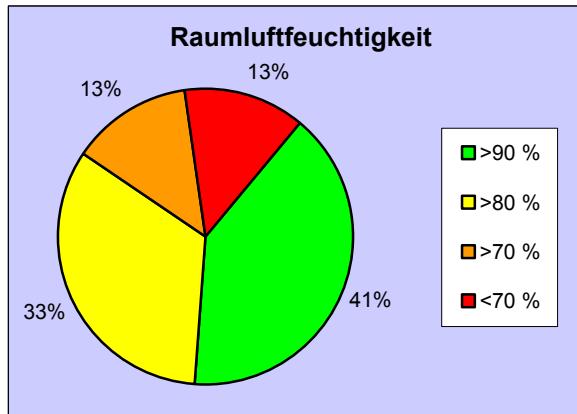
#### Raumlufttemperaturen



Mit den Raumtemperaturen sind im Winter 87 % und im Sommer 93 % (> 80 %) zufrieden. Dabei ist folgendes zu beachten:

- Von den 13 % unzufriedenen im Winter klagt die grosse Mehrheit über **zu tiefe** Raumtemperaturen. ⇒ siehe Absatz 5.3
- Die Zufriedenheit über die Sommer-Raumtemperaturen ist sehr hoch, vor allem wenn noch berücksichtigt wird, dass bei 3 Objekten die Räume teilweise "nur" mit gekühlter Zuluft versorgt werden, ohne Ergänzungs Kühlung im Raum.

## Raumluftfeuchtigkeit / Raumluftqualität

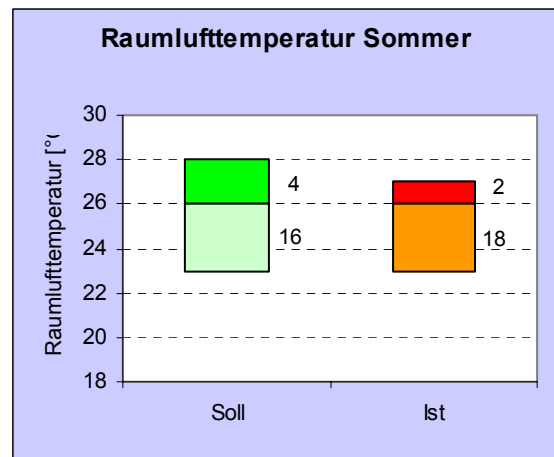
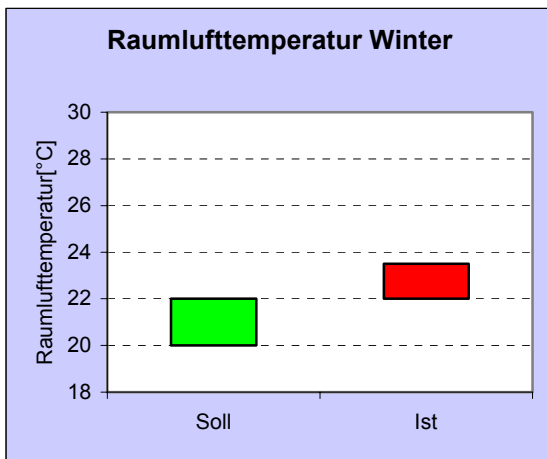


- Generell wird die Raumluftfeuchtigkeit als Schwachpunkt bezeichnet. Selbst bei Anlagen mit Befeuchtung steigen die Reklamationen stark an, wenn die Feuchtwerte unter 35 % fallen.
- Anlagen mit hygroskopischen, rotierenden WRG-Rädern, werden oder wurden mit Befeuchtungen nachgerüstet.
- Bei Raumkonzepten mit Fassadengeräten (Konzeptbezeichnung "D") ist eine zentrale Befeuchtung nicht möglich. Dies ist als ernsthafter Nachteil zu berücksichtigen.

### 5.3 Raumkonditionen SOLL / IST

Die nachfolgenden Auswertungen geben Auskunft über die Planungs- und Betriebswerte der Anlagen bezüglich Raumtemperaturen und Raumfeuchten.

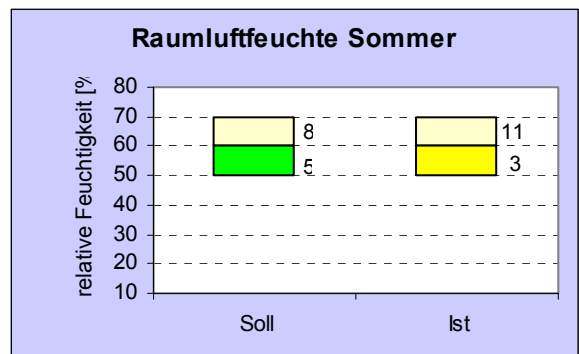
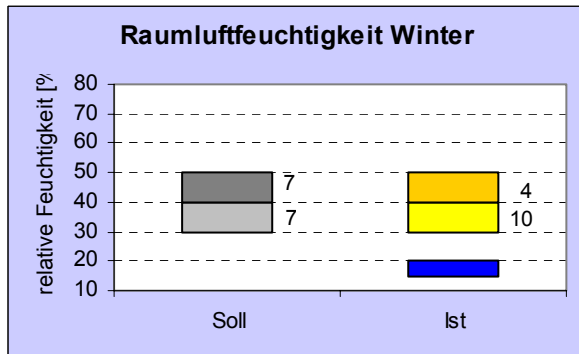
#### Raumtemperaturen



Zahlen = Anzahl Anlagen (von Total 20)

- Die Grafik links zeigt den Unterschied zwischen den Auslegungs- und den IST-Werten der Raumtemperatur im Winter. Alle Objekte werden mit höheren Raumtemperaturen als geplant betrieben. Nach SIA werden die Raumkonzepte auf + 20 °C ausgelegt, bei einer Aussentemperatur von - 8 °C (Zürich). Die effektiven Werte liegen im Mittel bei 23 °C. Nach Angaben der Betreiber häufen sich die Reklamationen exponentiell, wenn tiefere Raumtemperaturen auftreten.
- Die grosse Mehrheit der Raumkonzepte werden für die Sommermonate auf Raumtemperaturen bis + 28 °C dimensioniert. Das heisst, die Raumtemperatur darf an den relativ wenigen Hitzetagen im Jahr über 26 °C ansteigen.
- Die resultierenden Sommer-IST-Werte werden von den Betreibern tiefer als ausgelegt angegeben. Bei nur 5 Objekten überschreitet die Raumtemperatur + 26 °C und dies auch nur in einzelnen Büros oder Zonen.

## Raumfeuchte



Zahlen = Anzahl Anlagen (von Total 20)

- Für die Raumlufffeuchten werden die SOLL-Werte mehrheitlich zwischen 30 % bis 70 % dimensioniert.
- Im Winter fahren 10 Anlagen zwischen 30 % bis 40 %, bei 4 Anlagen liegen die Feucht-Sollwerte zwischen 40 % - 50 % r.F.
- Im Sommerbetrieb erreichen die Raumfeuchten bei 11 Objekten Werte bis 70 % r.F. Mutmasslich arbeiten diese Anlagen ohne Entfeuchtungsbetrieb.
- Bei 3 Raumkonzepten wird die Feuchte unter + 60 % r.F. gehalten.

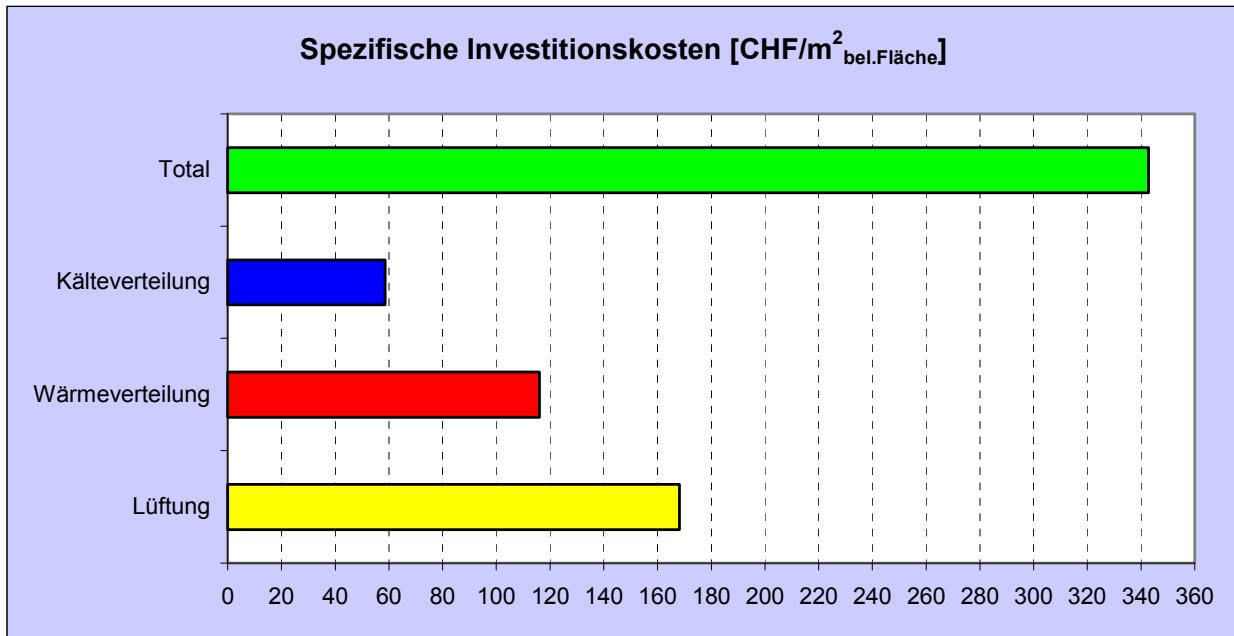
### 5.4 Optimierungspotential

Bezüglich des Optimierungspotentials haben wir wenig konkrete Antworten erhalten. Sie lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- ⇒ Reduktion der Betriebszeiten. Mehrheitlich werden die Anlagen während 13 und mehr Stunden / Tag betrieben.
- ⇒ Kälteerzeugung mit lastabhängiger, variabler Vorlauftemperatur fahren
- ⇒ Optimierung der Kühltürme für die TABS-Systeme (Raumkonzept "A" - thermoaktives Bauteilsystem). Kühltürme lastabhängig "Zu" - und "Aus" -schalten.
- ⇒ Tageslichtabhängige Beleuchtung installieren
- ⇒ Nachtkühlung optimieren
- ⇒ Raumregulierungen → automatische Temperaturerhöhung in Funktion der Aussentemperatur wieder in Betrieb nehmen
- ⇒ Separate Lüftungsanlage für die Raucherräume installieren
- ⇒ Gleichzeitiges Heizen / Kühlen vermeiden
- ⇒ Abwärmenutzung der technischen Kälteerzeugung optimieren
- ⇒ Ziele für Energieeinsparungen / Energieoptimierungen definieren auf Stufe GL
- ⇒ Sensibilisierung der MA

## 5.5 Spezifische Investitionskosten

Die durchschnittlichen, spezifischen Investitionskosten im CHF pro m<sup>2</sup> Büronutzfläche ergaben sich wie folgt:



- Die durchschnittlichen, spezifischen Kosten betragen 342.00 CHF/m<sup>2</sup>
- Für die Lüftung ergibt sich ein Anteil von 49 % bzw. 168.00 CHF/m<sup>2</sup>, a und für die Wärme- und Kälteinstallation zusammen 51 % bzw. 174.00 CHF/m<sup>2</sup>

Die Investitionskosten in Funktion der 4 Raumkonzepte ("A" - "B" - "C" - "D") sind aus Absatz 6.8 "Qualitative Auswertungen" ersichtlich.

## 6. Qualitative Auswertungen

### 6.1 Übersicht der 4 Raumkonzepte (RK)

Als Einführung zu diesem Kapitel ein ergänzender Beschrieb und eine Übersicht der 4 Raumkonzepte (RK):

A	1 - Kanal mit TABS	Total	8 Objekte
B	1 - Kanal mit HK/KD	Total	7 Objekte
C	1 - Kanal mit Thermoinseln	Total	3 Objekte
D	Fassadengeräte mit TABS	Total	2 Objekte

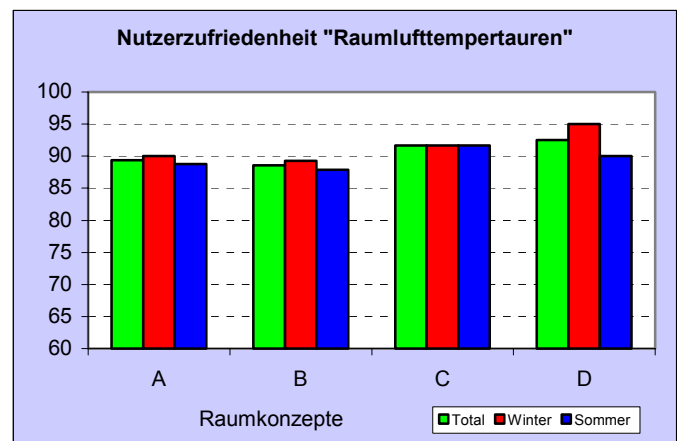
Bei den nachfolgenden quantitativen Auswertungen ist die Anzahl erhobener Objekte speziell zu berücksichtigen. Während die Raumkonzepte "A" und "B" 8 beziehungsweise 7 Objekte umfassen, sind es bei den Konzepten "C" und "D" nur 3, beziehungsweise 2 Objekte. Deshalb können die Auswertungen für die Konzepte "C" und "D" nicht für einen relevanten Vergleich, sondern im besten Fall als Trenddaten dienen.

Im Speziellen ist beim Raumkonzept "D" noch zu beachten, dass es sich bezüglich Komfort um zwei unterschiedliche Systeme handelt.

- Das Eine arbeitet im Unterdruck, ohne Ventilator in den Fassadengeräten und mit einem pro Gerät autonomen thermostatischen Regelsystem.
- Das Zweite beinhaltet ein komplettes Fassadengerät inklusive Zuluftventilator und AL-Klappe. Als Regulierung ist ein Einzelraum-Regelsystem im Einsatz, wobei die Zulufttemperatur pro Zone individuell gewählt werden kann.

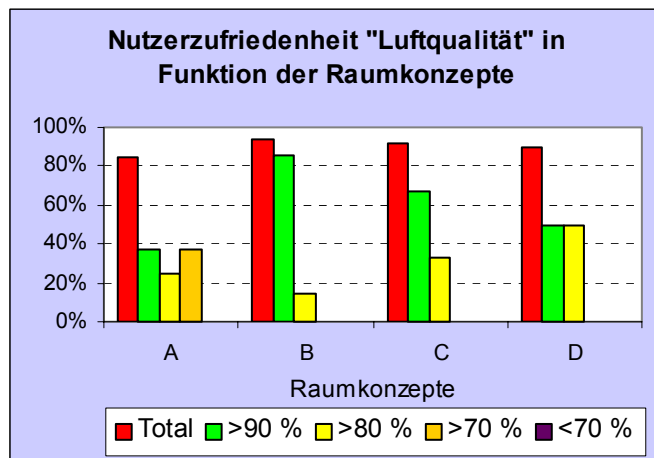
### 6.2 Nutzerzufriedenheit "Raumtemperaturen" in Funktion der Raumkonzepte

- Bezüglich der Raumtemperaturen treten keine signifikanten Differenzen in Funktion der Raumkonzepte auf.
- Die Nutzerzufriedenheit ist vielmehr abhängig von den effektiven Raumtemperaturen. Bei Anlagen die mit Raumtemperaturen zwischen 21.5 bis 22.5 °C betrieben werden, steigt die Anzahl der Unzufriedenen.



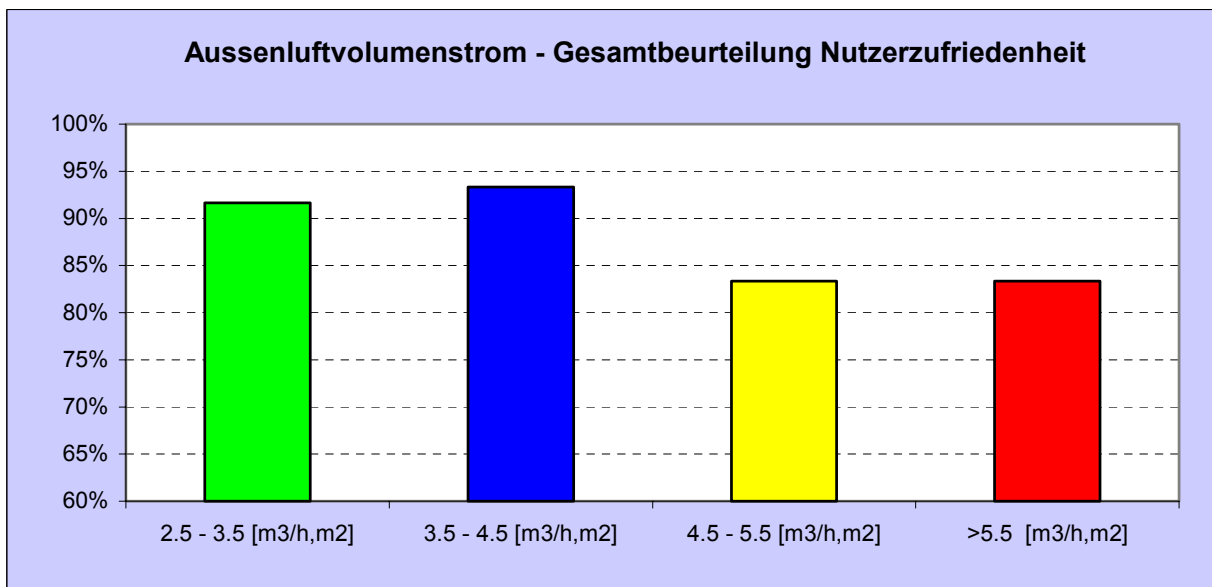
### 6.3 Nutzerzufriedenheit "Luftqualität" in Funktion der Raumkonzepte

Die Akzeptanz der Luftqualität in Funktion der Raumkonzepte liegt zwischen 85 und 94 %. Das Konzept "A" mit 85 % bildet das Schlusslicht. Eine detaillierte Analyse zeigt, dass dies auf zwei Anlagen zurückzuführen ist, bei denen die Fenster nicht geöffnet werden können.



### 6.4 Nutzerzufriedenheit in Funktion des spezifischen Aussenluftvolumenstromes

Die Erhebung der Nutzerzufriedenheit bezüglich Aussenlufrate ergibt folgendes Bild:

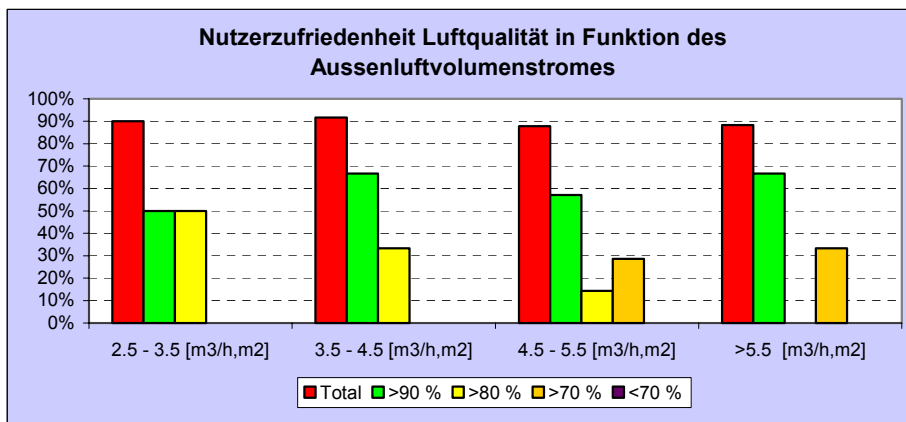


Dazu folgende Erläuterungen:

- Überraschend erzielen die beiden Anlagekategorien mit geringeren Aussenluftvolumenströmen eine höhere prozentuale Zufriedenheit.
- Zu berücksichtigen ist, dass Gebäude bei denen die Fenster nicht geöffnet werden können, im Normalfall mit einem höheren spezifischen Aussenluftvolumenstrom ausgerüstet werden. Die Auswertungen zeigten auch, dass die Nutzerzufriedenheit in Gebäuden bei denen die Fenster nicht geöffnet werden können, sinkt.

## Nutzerzufriedenheit "Luftqualität" in Funktion des Aussenluftvolumenstromes

Die Auswertung bezüglich Luftqualität zeigt das gleiche Bild:



- Die Anlagen mit einer geringeren Aussenlufrate erzielen geringfügig das bessere Ergebnis, wobei die Beurteilungen generell auf einem hohen Niveau liegen.

## 6.5 Nutzerzufriedenheit in Funktion der Lufteinführung

Für die Zuluft einbringung sind folgende Konzepte installiert:

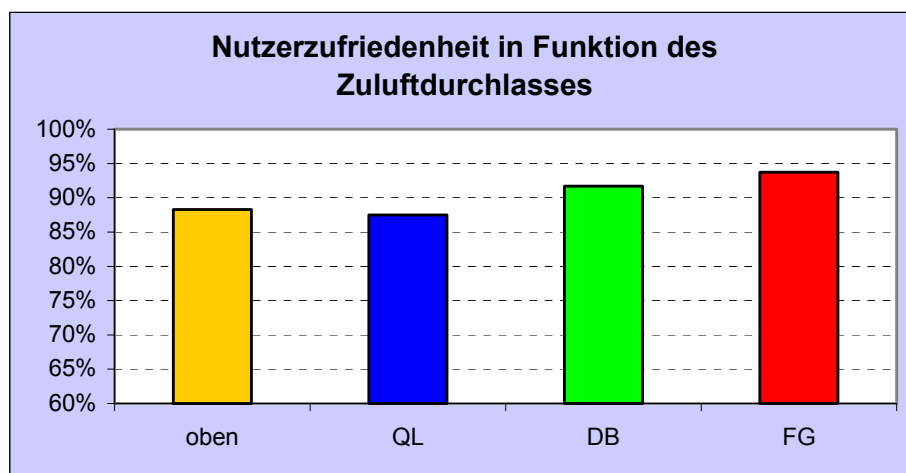
oben: Zuluftdurchlässe in der Decke installiert  
⇒ Mischlüftung

QL: Quellluftauslässe in der Brüstung oder im Raum plaziert.

DB: Zuluftdurchlässe im Doppelboden installiert Laminarer oder leicht induzierender Lufteintritt

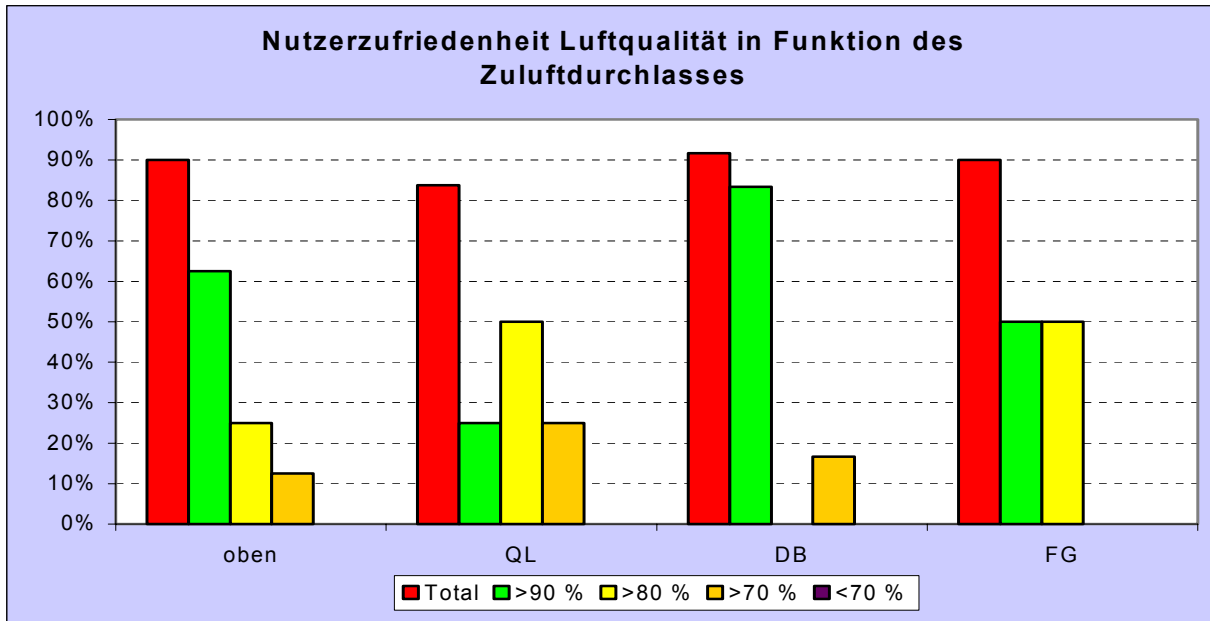
FG: Fassadengerät mit Lufteintritt über Boden an der Brüstung oder über Luftdurchlässe im Doppelboden

Die Nutzerzufriedenheit gesamthaft - Raumtemperatur, Zugserscheinungen, Luftqualität ergibt folgendes Ergebnis:



- Es sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Zuluftsyste men auszumachen.
- Die sorgfältige Planung der Luftdurchlässe ist somit wichtiger als die Art des Luftdurchlasses.

Nachstehend noch eine Auswertung nur bezüglich Luftqualität:

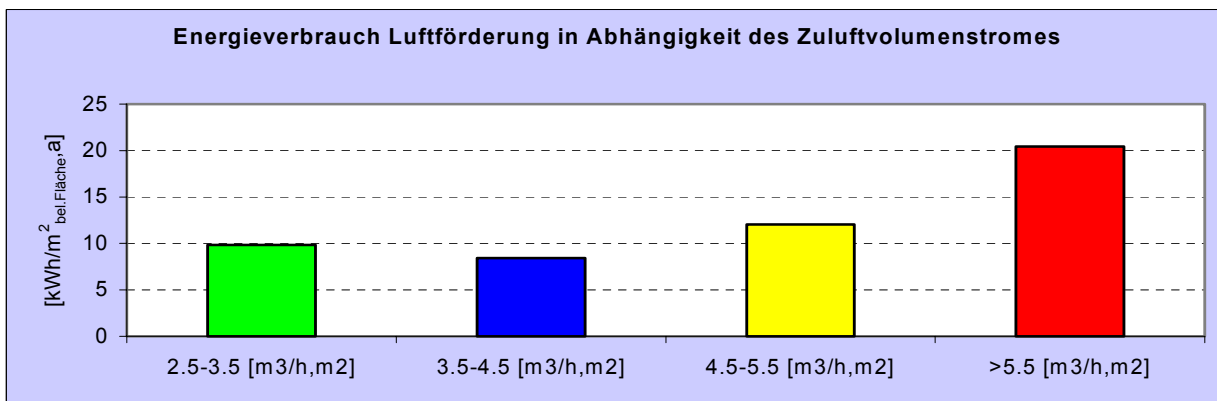


Bezüglich Beurteilung auf Zugscheinungen ergaben sich folgende Ergebnisse:

Zuluft von "oben": 94 % zufrieden  
 Quelluft, Doppelboden, Fassadengeräte: 100 % zufrieden

## 6.6 Spezifischer Energieverbrauch in Funktion des Zuluftvolumenstromes

Die nachfolgende Auswertung soll zeigen, ob sich ein geringerer Zuluft- beziehungsweise Aussenluftvolumenstrom auch einen geringeren Energieverbrauch für die Luftförderung bewirkt.



Die Auswertung ergibt keine lineare Reduktion des Energiebedarfes in Funktion des geförderten Luftvolumenstromes. Bei geringen Zuluftvolumenströmen erhöht sich der Energieaufwand. Das Minimum der Kurve liegt bei 4 m³/h,m².

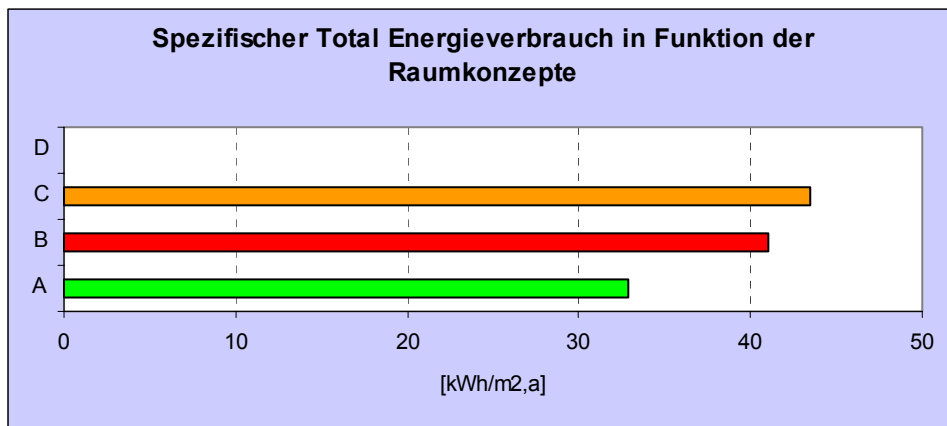
Die Ursache liegt bei den Betriebszeiten. Anlagen mit sehr geringem spezifischen Luftvolumenstrom werden durchschnittlich länger betrieben.

Fazit: → Optimierung ist wichtig!

## 6.7 Spezifischer Energieverbrauch in Funktion der Raumkonzepte

Die nachfolgenden Auswertungen zeigen den spezifischen Jahresenergieverbrauch der Raumkonzepte in kWh pro m<sup>2</sup> Büronutzfläche (kWh/m<sup>2</sup>,a).

### Gesamtvergleich



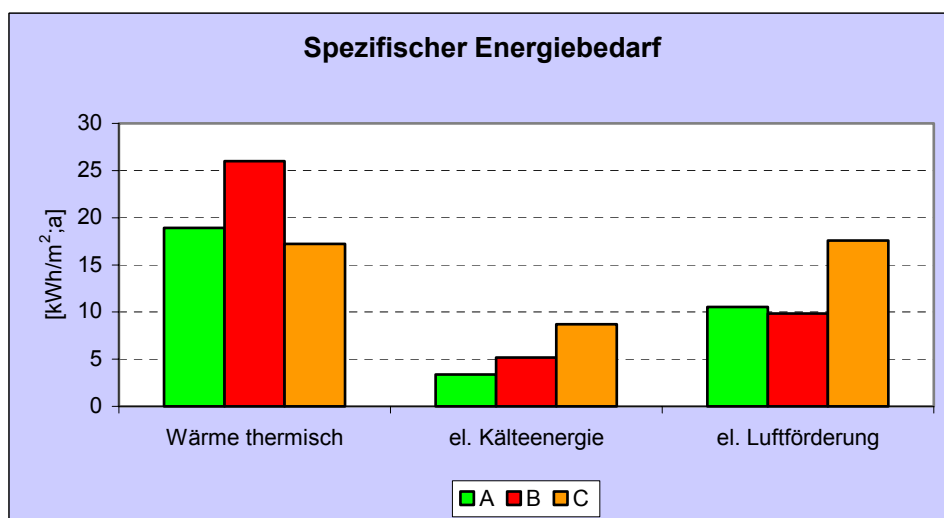
Es ist zu beachten, dass beim Raumkonzept "C" - Thermoinseln, die Verbrauchswerte von nur 2 Objekten vorliegen.

Für den Konzepttyp "D" - Fassadengeräte liegen die Energieverbrauchswerte von 1 Anlage vor. Wir verzichten deshalb auf die Integration dieser Werte, da sie ungenügend repräsentativ sind.

Die Raumkonzepte "B" und "C" liegen in etwa gleichauf 41 / 43 (kWh/m<sup>2</sup>,a).

Das Raumkonzept "A" - TABS weist mit 33 (kWh/m<sup>2</sup>,a) einen um rund 24 % geringeren Energiebedarf auf.

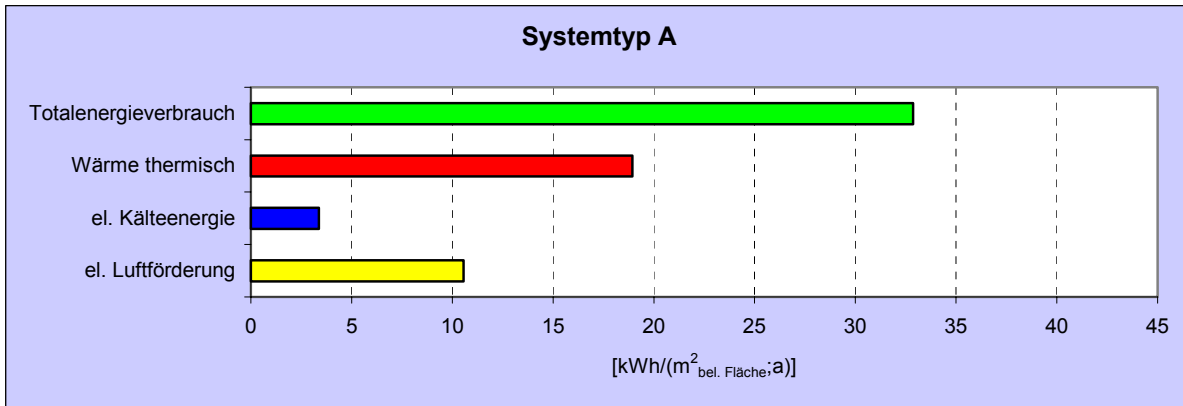
### Eine Aufteilung der einzelnen Energiearten zeigt folgendes Bild:



Während der Energiebedarf für die Luftförderung primär von der Auslegung des Aussenluftvolumenstromes abhängig ist, ist der Wärme- und Kältebedarf systemabhängig. In der Auswertung zeigen sich beim Wärmeenergiebedarf Vorteile für die Systeme "A" - TABS und "C" - Thermoinseln.

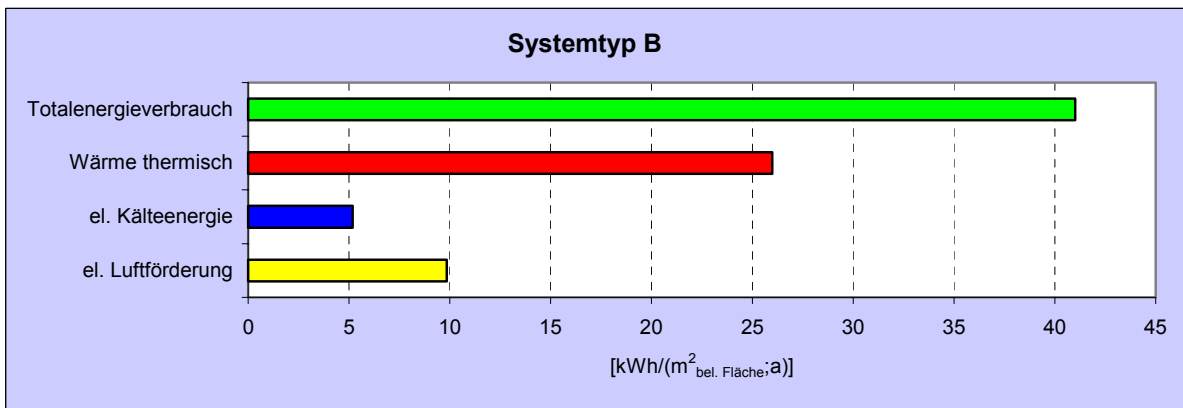
### Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch der Systemtypen "A"

Der durchschnittliche Gesamtenergieverbrauch der Systemtypen "A" beläuft sich auf ca. 33 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Dieser Wert setzt sich zusammen aus Wärmeenergie 19 kWh/m<sup>2</sup>,a (57 %), elektrische Energie für die Kälteaufbereitung 3 kWh/m<sup>2</sup>,a (10 %) und den Elektroenergieverbrauch für die Ventilatoren der Lüftungs- und Klimaanlage 11 kWh/m<sup>2</sup>,a (33 %).



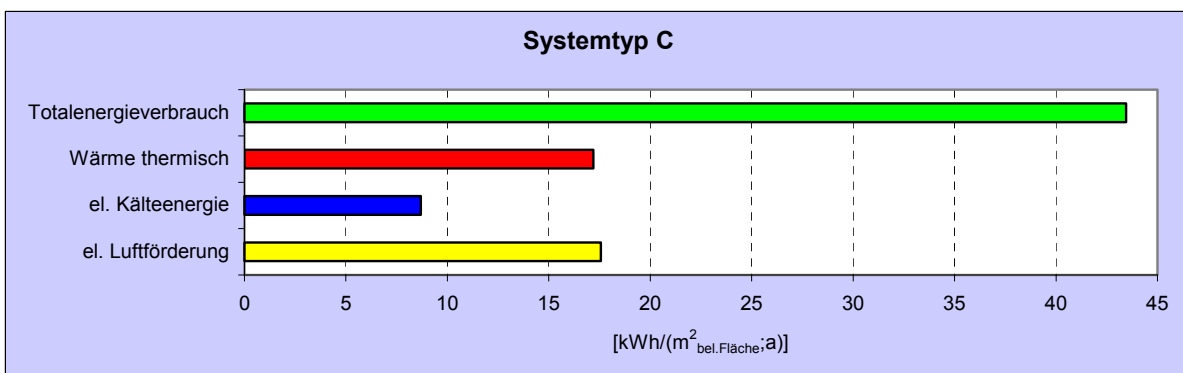
### Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch der Systemtypen "B"

Der durchschnittliche Gesamtenergieverbrauch der Systemtypen "B" beläuft sich auf ca. 41 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Dieser Wert setzt sich zusammen aus Wärmeenergie 26 kWh/m<sup>2</sup>,a (63 %), elektrische Energie für die Kälteaufbereitung 5 kWh/m<sup>2</sup>,a (12 %) und den Elektroenergieverbrauch für die Ventilatoren der Lüftungs- und Klimaanlage 10 kWh/m<sup>2</sup>,a (25 %).



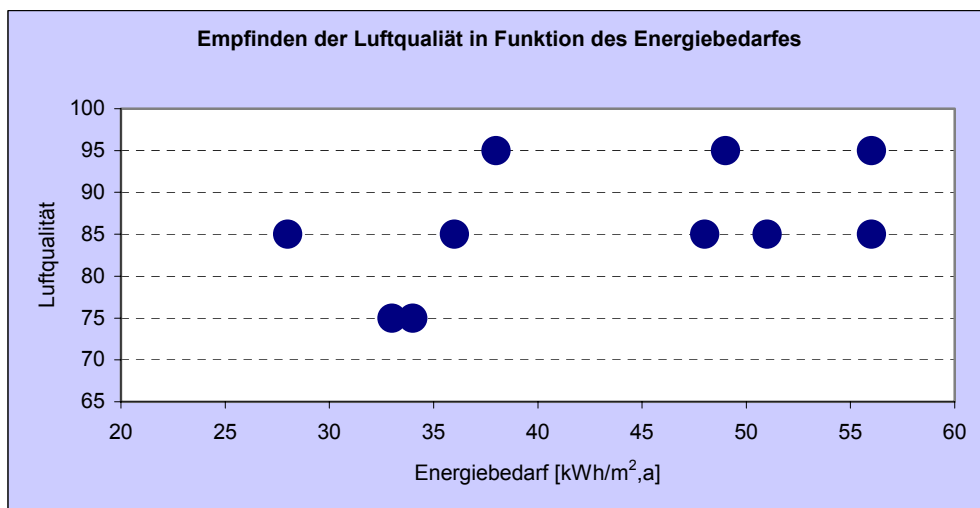
### Durchschnittlicher Jahresenergieverbrauch der Systemtypen "C"

Der durchschnittliche Gesamtenergieverbrauch der Systemtypen "C" beläuft sich auf ca. 43 kWh/m<sup>2</sup> pro Jahr. Dieser Wert setzt sich zusammen aus Wärmeenergie 17 kWh/m<sup>2</sup>,a (39 %), elektrische Energie für die Kälteaufbereitung 9 kWh/m<sup>2</sup>,a (20 %) und den Elektroenergieverbrauch für die Ventilatoren der Lüftungs- und Klimaanlage 18 kWh/m<sup>2</sup>,a (41 %).



## 6.8 Luftqualität in Funktion des Energiebedarfes

Mit der nachfolgenden Auswertung soll aufgezeigt werden, welche Abhängigkeiten bestehen zwischen Luftqualität und Energieverbrauch.

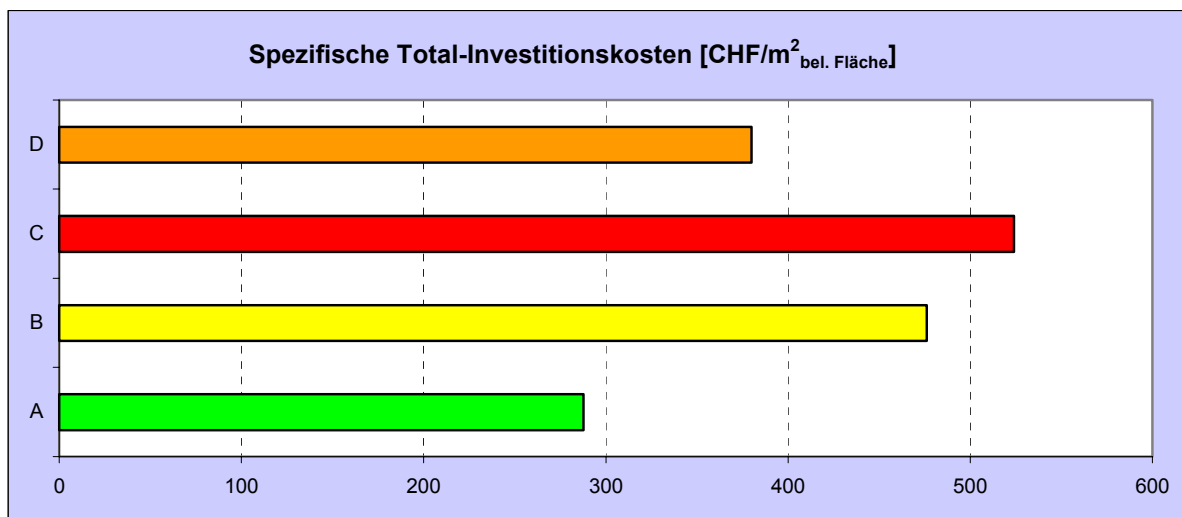


- Mit einem höheren Energiebedarf steigt die durchschnittliche Nutzerzufriedenheit bezüglich Luftqualität

## 6.9 Spezifische Investitionskosten in Funktion der Raumkonzepte

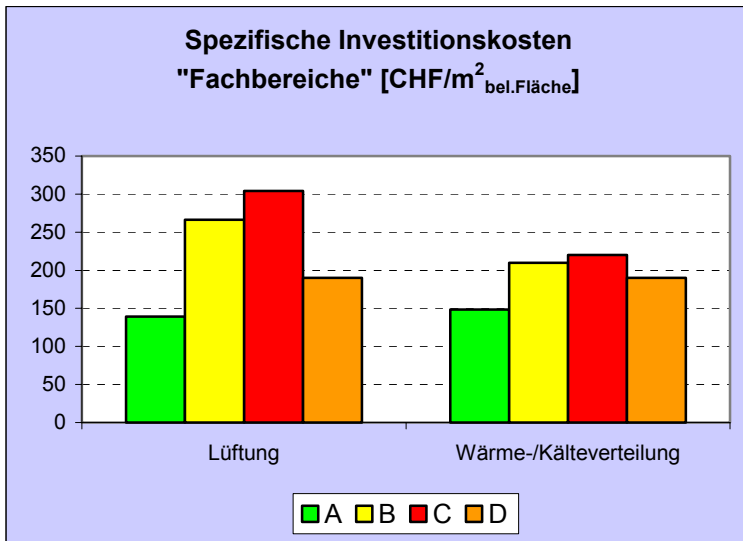
Die Auswertung der Investitionskosten für die 4 verschiedenen Raumkonzepte haben folgende Ergebnisse ergeben:

Total Investitionen im CHF pro m<sup>2</sup> - Büronutzfläche



- Das Raumkonzept "A" - TABS weist mit **CHF 290.-** pro m<sup>2</sup> deutlich die geringsten Investitionskosten auf.
- An zweiter Stelle folgt das Raumkonzept "D" - Fassadengerät mit 360.- CHF / m<sup>2</sup>. Hier ist zu beachten, dass nur 1 Objekt berücksichtigt ist, allerdings inklusive Zuluftventilatoren, so dass ein Grobvergleich mit den übrigen Raumkonzepten zulässig ist.

Für die Fachbereiche resultieren folgende spezifische Kosten:



- Sowohl bei den Lüftungs-, wie auch bei den Wärme- / Kälteinstallationen sind die Raumkonzepte "A" - TABS und "D" - Fassadengeräte wesentlich günstiger als die beiden anderen Systeme.
- Die Raumkonzepte "B" und "C" sind durchschnittlich mit höheren spezifischen Luftvolumenströmen ausgelegt, was auch zu höheren Investitionskosten führt. Bei diesen Konzepten ist demzufolge noch ein Optimierungspotential vorhanden.
- Bei den Konzepten "A" und "D" sind ausschliesslich TABS-Systeme installiert. TABS-Systeme sind günstiger als Kühldecken oder Thermoinseln und benötigen auch keine aufwändige Regulierung.
- Bei TABS-Systemen ist allerdings zu berücksichtigen, dass meistens noch raumakustische Massnahmen notwendig sind, die in den Investitionskosten nicht enthalten sind.

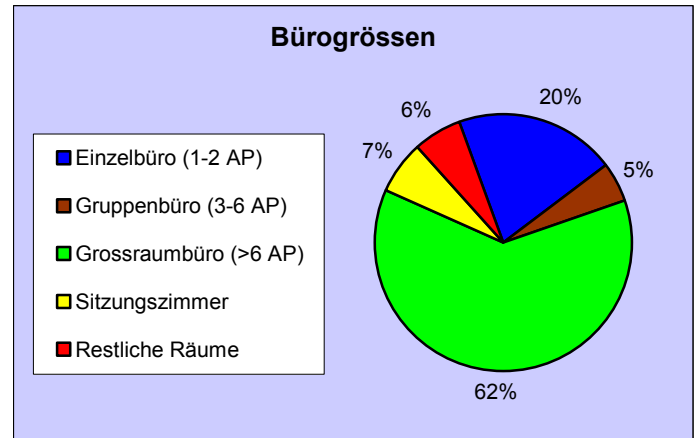
## 7. Gebäude-Ergänzungsdaten

### 7.1 Bürogrössen / Belegungsdichte

Entsprechend den heutigen Bedürfnissen werden folgende Anforderungen umgesetzt:

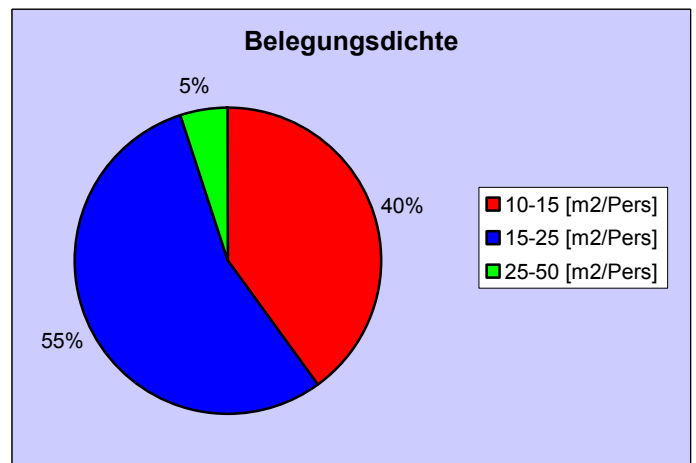
#### Bürogrössen

62 %	Grossraumbüros
5 %	Gruppenbüros
7 %	Sitzungszimmer
6 %	restliche Räume
20 %	Einzelbüros



#### Belegungsdichte

95 % der Büros weisen eine Belegungsdichte zwischen 10 - 25 m<sup>2</sup> Netto-Bürofläche pro Person auf.



## 7.2 Gebäudehüllzahl (GHZ) und U-Werte

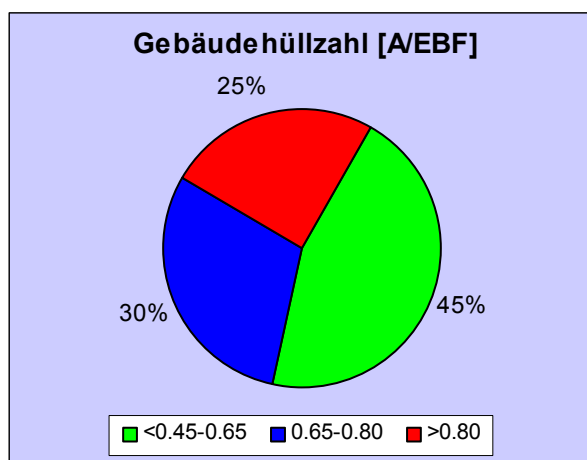
Nebenstehende Grafik zeigt eine Übersicht der Gebäudehüllzahl der untersuchten Objekte.

Ergebnisse:

- bei 45 % GHZ zwischen 0.45 - 0.65
- bei 30 % GHZ zwischen 0.65 - 0.80
- bei 25 % GHZ > 0.80

45 % der Gebäude weisen eine GHZ von 0.45 bis 0.65 auf. Gegenüber früher werden heute tendenziell kompaktere Gebäude realisiert.

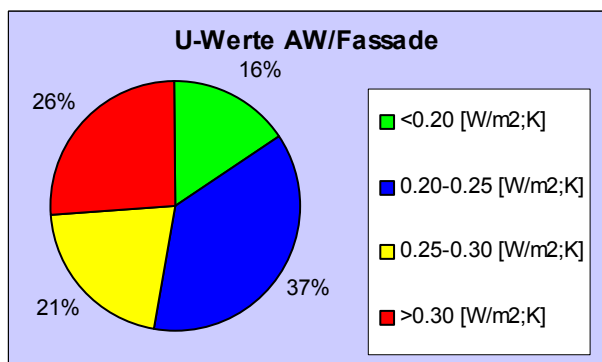
Beeinflusst wird das Ergebnis auch durch die überdurchschnittlich grossen Objekte die analysiert wurden.



### U-Werte Fassaden / Fenster

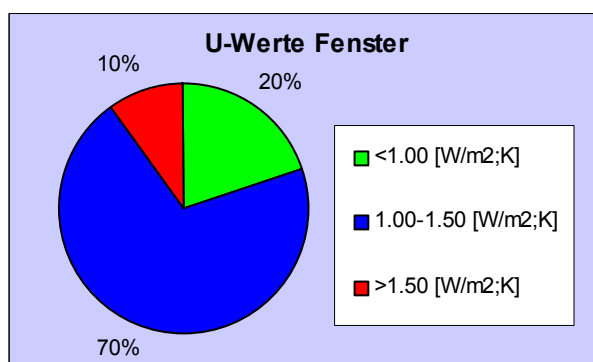
Die Bauteil-U-Werte der 20 Objekte bewegen sich in folgendem Rahmen:

#### U-Werte Aussenwand / Fassade



16 % < 0.20 (W/m²,K)  
 37 % zw. 0.20 - 0.25 (W/m²,K)  
 21 % zw. 0.25 - 0.30 (W/m²,K)  
 26 % > 0.30 (W/m²,K)

#### U-Werte Fenster



20 % < 1.00 (W/m²,K)  
 70 % zw. 1.00 - 1.50 (W/m²,K)  
 10 % > 1.50 (W/m²,K)

### 7.3 Fensteranordnung Eckräume

Diese Auswertung ist bezüglich der thermischen Belastung der Eckzonen von Interesse.

Ergebnisse:

- 64 % der Eckzonen sind 2-seitig verglast
- 36 % der Eckzonen sind nur 1-seitig verglast

Vor allem bei Raumkonzepten mit TABS und Thermoinseln sind Eckzonen bzw. Eckbüros mit 2-seitigen Fensteranordnungen spezielle Beachtung zu schenken. Die hohen, wechselnden Aussenbelastungen (Wärmeverlust / Sonneneinstrahlung) sind meistens nur mit Ergänzungssystemen zu beherrschen.

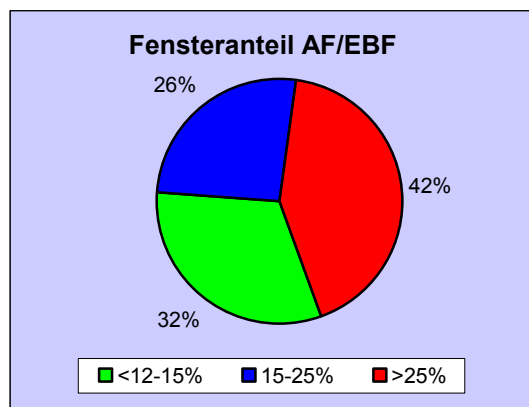
### 7.4 Fensteranteile / Fensterlüftung

Die nachfolgenden Grafiken zeigen die prozentualen Anteile der Fensterflächen sowie die Anzahl Objekte mit und ohne Fenster-Lüftungsmöglichkeit.

#### Fensteranteil AF / EBF

- bei 32 % ist AF/EBF < 15 %
- bei 26 % ist AF/EBF zw. 15 - 25 %
- bei 42 % ist AF/EBF > 25 %

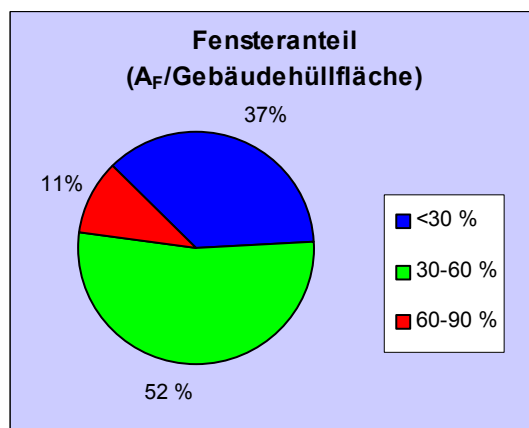
42 % der Gebäude weisen eine AF / EBF von > 25 % auf. Vermehrt werden grosszünftig verglaste Gebäude realisiert.



#### Fensteranteil AF / GHF

- bei 37 % ist AF/GHF < 30 %
- bei 52 % ist AF/GHF zw. 30 - 60 %
- bei 11 % ist AF/GHF zw. 60 - 90 %

52 % der Gebäude weisen eine AF / GHF zwischen 30 - 60 % auf. Der Fensteranteil liegt bei ca. 50 %. Somit muss der Konstruktion der Fenster und der Verschattung grösste Aufmerksamkeit geschenkt werden.

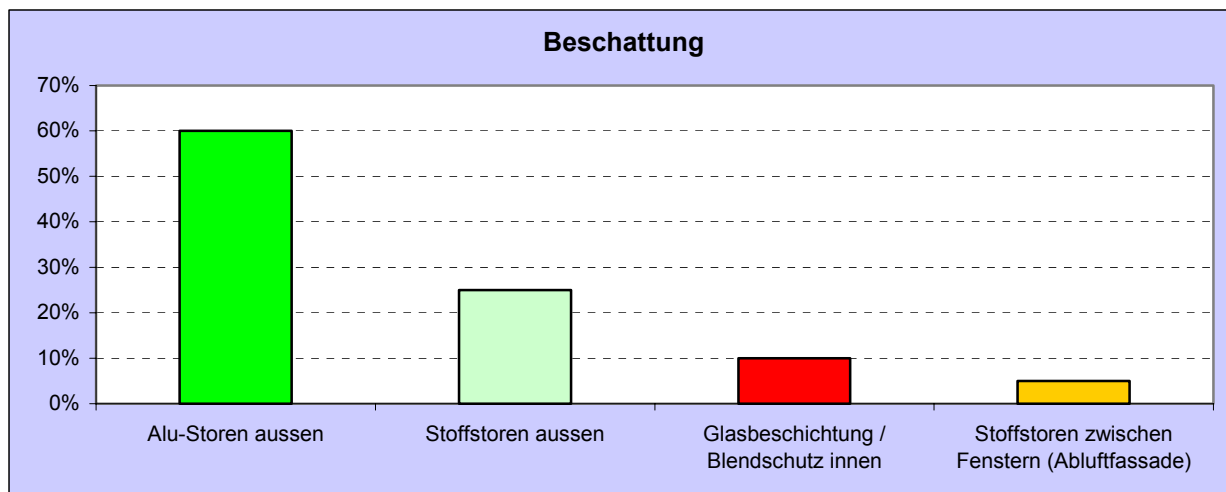


#### Fensterlüftung

- Bei 75 % bzw. 15 Gebäuden können die Fenster zum Lüften geöffnet werden
- Bei 25 % bzw. 5 Gebäuden können die Fenster **nicht** geöffnet werden.

## 7.5 Beschattungseinrichtungen

Die Gebäude sind mit folgenden Sonnenschutzeinrichtungen ausgerüstet.



Vorwiegend werden äussere Sonnenschutzeinrichtungen mit Alu-Storen installiert.

- 2 Gebäude werden ohne zusätzlichen äusseren Sonnenschutz betrieben. Sie sind mit speziellen Gläsern und innerem Blendschutz ausgerüstet.
- 1 Gebäude "arbeitet" mit einer Abluffassade mit zwischenliegenden Stoffstoren als Sonnenschutz.

Bei allen Neubauten sind die Sonnenschutzstoren automatisiert.

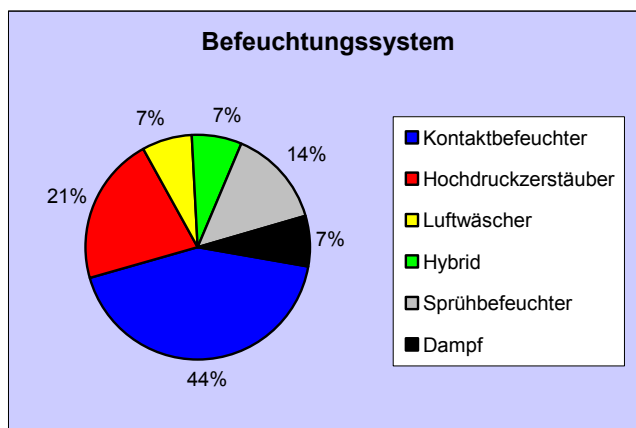
## 8. Technische Ergänzungsdaten

### 8.1 Befeuchtungssysteme

Die nachstehende Grafik zeigt die eingesetzten Befeuchtungssysteme.

Am häufigsten eingesetzt wird mit rund 43 % - Anteil, der Kontaktbefeuchter (Mattenbefeuchter), gefolgt vom Hochdruckzerstäuber mit rund 22 %.

Mit Sprühbefeuchter sind noch 14 % der Anlagen ausgerüstet. Nach wie vor wird das Ultraschallsystem für grössere Anlagen nicht angewendet.

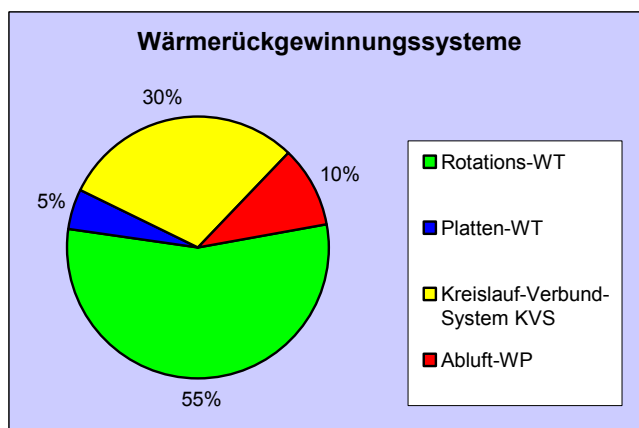


### 8.2 Wärmerückgewinnungssysteme (WRG)

Alle 20 Anlagen sind mit WRG-Systemen ausgerüstet.

Mit 54 % - Anteil wird der Rotations-Wärmetauscher (Regenerativ-Austauscher) am häufigsten eingesetzt. Dort wo Zuluft und Abluft nicht beieinander liegen, kommt das Kreislauf-Verbundsystem mit 33 % zur Anwendung. Bei 2 Anlagen sind Plattentauscher eingesetzt worden.

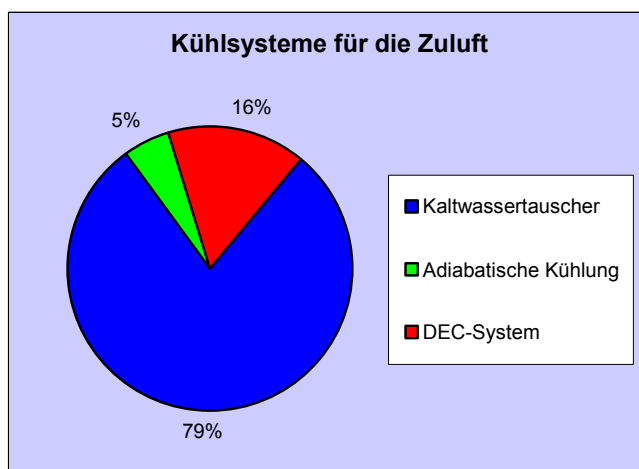
Die beiden Objekte mit dezentralen Fassadengeräten (Raumkonzept "D") sind mit Abluft-Wärmepumpen ausgerüstet.



### 8.3 Kühlsystem für die Zuluft

Für die Kühlung sind drei Systeme im Einsatz.

- Mit 79 % ist der Anteil des Kaltwasser-Wärmetauschers am höchsten.
- 1 Anlage (5 %) ist mit einer adiabatischen Kühlung ausgerüstet.
- Das DEC-System (Desiccate and Evaporative Cooling) ist bei 3 Anlagen (16 %) im Einsatz.



## 8.4 Filtrierung der Zuluft

In den Anlagen wurden folgende Filter eingesetzt:

- 80 % Feinstaubfilter F7
- 20 % Feinstaubfilter F6

## 8.5 Ventilatorantrieb

Bei 80 % der Anlagen werden Zu- und Abluftvolumenstrom variabel über Frequenzumrichter betrieben. Darin enthalten sind auch Anlagen die mit Konstant-Volumenstromregler ausgerüstet sind, wobei der FU den variablen Filterdruckverlust ausgleicht.

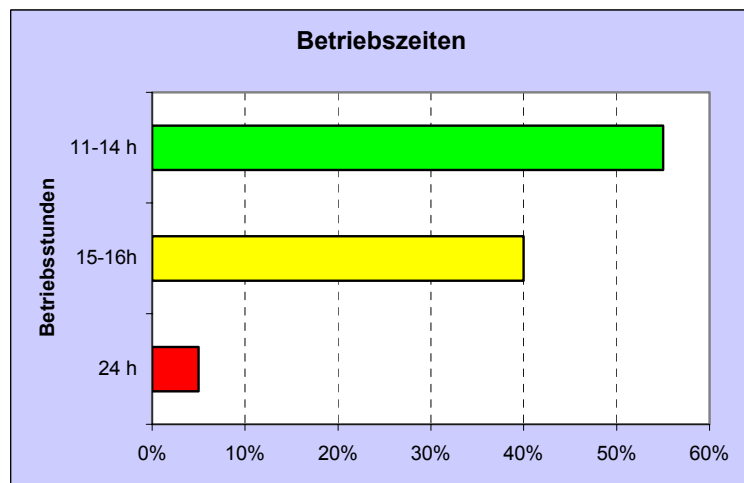
Die übrigen Anlagen sind mit 1-stufigen Motoren ausgerüstet.

## 8.6 Betriebszeiten

Nur rund die Hälfte der Anlagen wird mit einer Betriebszeit von weniger als 14 Stunden pro Tag betrieben.

40 % der Anlagen sind  
15 - 16 Stunden pro Tag in Betrieb.

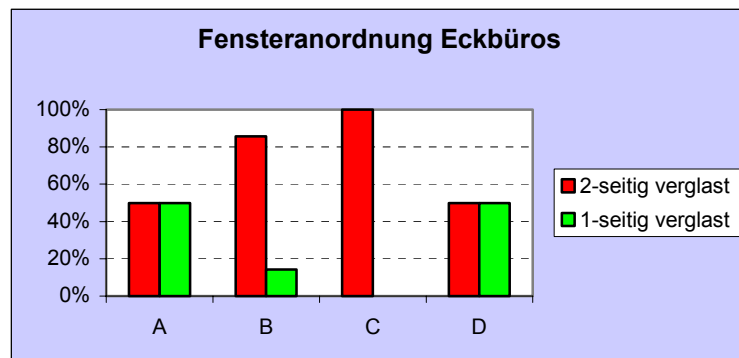
Eine Anlage wird 24 h pro Tag  
betrieben.



## 8.7 Fensteranordnung bezogen auf die Systemtypen

Wie die Grafik der Fensteranordnung zeigt, werden die Raumkonzepte "A" und "D" - TABS sowohl bei 1-seitig, sowie 2-seitig verglasten Eckbüros angewendet.

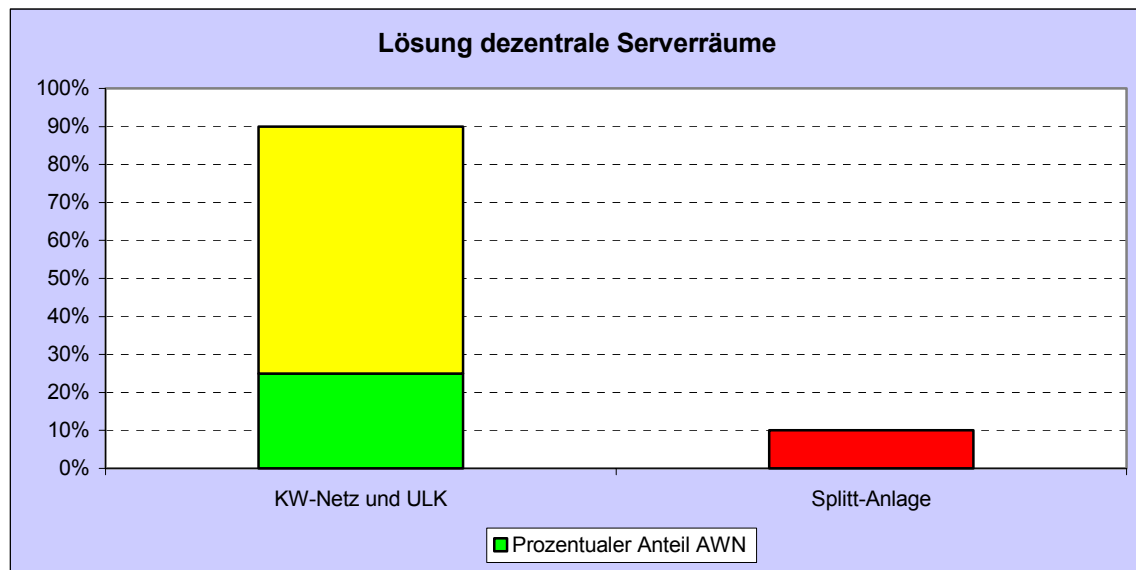
Bei den beiden Raumkonzepten "B" - Kühldecken und "C" - Thermoinseln, sind die Eckbüros mehrheitlich 2-seitig verglast.



## 8.8 Lösung zur Kühlung dezentraler Serverräume

Die Kühlung der Serverräume findet praktisch ausschliesslich durch einen Kaltwassersatz (KW) und Umluftkühlgeräte statt. Eine Wärmerückgewinnung (Abwärmenutzung AWN) ist in nur bei knapp einem Viertel aller Anlagen realisiert worden.

Bei den Anlagen mit KW-Netz wäre eine Abwärmenutzung einfach und sicher auch wirtschaftlich.





**Fragenkatalog und Checkliste**

<b>A Objektdaten / Zuständigkeiten</b>	
A.1 Firmen- / Objektname Standort Kontaktperson Firma	..... Strasse ..... Ort ..... Name ..... Tel. .... E-Mail .....
A.2 Planungsfirma Kontaktperson	..... Name ..... Tel. ....
A.3 Firma Lüftungsinstallationen Kontaktperson	..... Name ..... Tel. ....
A.4 Firma Objektanalyse Kontaktperson	..... Name ..... Tel. .... E-Mail .....
<b>B Grundlagen Gebäude</b>	
B.1 Baujahr	.....
B.2 Anzahl Geschosse	..... Obergeschosse ..... Untergeschosse
B.3 EBF <sub>0</sub> und EBF	..... m <sup>2</sup> EBF <sub>0</sub> ..... m <sup>2</sup> EBF
B.4 Fensterflächen pro EBF	..... % Fensteranteil
B.5 Gebäudehüllzahl A/EBF	.....
	Heizung+WW                      Elektr.                      Total
B.6 Energieverbrauch Gebäude	..... kWh/a
B.7 Energiekennzahl Gebäude	..... kWh/m <sup>2</sup> a
B.8 Jahresenergieverbräuche sind	<input type="checkbox"/> gemessen <input type="checkbox"/> geschätzt
B.9 Minergiezertifiziert	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
B.10 Arbeitszeit Normal	Mo.-Fr. von ..... bis ..... Uhr Sa./So. von ..... bis ..... Uhr
B.11 Lösung für dezent. Serverräume	<input type="checkbox"/> Direktverdampfer <input type="checkbox"/> mit AWN <input type="checkbox"/> ohne AWN <input type="checkbox"/> KW-Netz und ULK <input type="checkbox"/> .....
B.12 Eckbüros	<input type="checkbox"/> 2-seitig verglast <input type="checkbox"/> 1-seitig verglast

<b>C Grundlagen Bürobereich</b>	
C.1 U-Werte	..... W/m <sup>2</sup> K Aussenwand/Fassade ..... W/m <sup>2</sup> K Fenster
C.2 Ergänzende natürliche Lüftung	<input type="checkbox"/> möglich <input type="checkbox"/> nicht möglich <input type="checkbox"/> Motorisierte Lüft.flügel/Kippfenster <input type="checkbox"/> Lüft.flügel/Kippfenster
C.3 Sonnenschutz, g < 0.15	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein, Grund: ..... <input type="checkbox"/> Alu-Storen <input type="checkbox"/> Stoffstoren <input type="checkbox"/> aussen <input type="checkbox"/> innen <input type="checkbox"/> nicht automatisiert <input type="checkbox"/> automatisiert
C.4 Art der Bürobeleuchtung	<input type="checkbox"/> Deckenleuchten <input type="checkbox"/> Ständerleuchten <input type="checkbox"/> ..... <input type="checkbox"/> Bewegungsmelder <input type="checkbox"/> Tageslichtsensoren
C.5 Beleuchtungsleistung Elektr.	..... W/m <sup>2</sup>
C.6 Interne Wärmelast Apparate Büro	Ø Installierte Leistung      von ..... bis ..... W/m <sup>2</sup>
C.7 Personenbelegung Büro	Ø Belegungsdichte      min. .... max. .... m <sup>2</sup> /Pers.
C.8 Heizsystem	<input type="checkbox"/> Heizkörper <input type="checkbox"/> Bodenheizung <input type="checkbox"/> Heizdecken <input type="checkbox"/> TABS <input type="checkbox"/> .....
C.9 Raumkonditionen min. WI Raumkonditionen max. SO	"Ist": ..... °C ..... % rel. F.      "Ausleg.": ..... °C ..... % rel. F. "Ist": ..... °C ..... % rel. F.      "Ausleg.": ..... °C ..... % rel. F.
C.10 Zuluftfeinbringung	<input type="checkbox"/> ..... % Mischlüft. Decke <input type="checkbox"/> ..... % Quellluftausl. <input type="checkbox"/> ..... % über Bodenauslässe <input type="checkbox"/> frei strömend im DB
C.11 Deckenkonstruktion u. Bauweise	<input type="checkbox"/> sehr massiv <input type="checkbox"/> massiv <input type="checkbox"/> leicht      gem. SIA 380/1
C.12 Bodenkonstruktion u. Bauweise	<input type="checkbox"/> sehr massiv <input type="checkbox"/> massiv <input type="checkbox"/> leicht      gem. SIA 380/1
<b>D Skizze / Büro, Raumsystem</b>	

E Lüftung / Anlagedaten						
E.1 Anlagenbezeichnung / IBS Jahr	Bez. ....	IBS Jahr	.....			
E.2 Belüftete Nettoflächen Zuluft und spez. Vol.-strom Zuluft	Einzelbüro (1 - 2 AP)	.....	m <sup>2</sup>	.....	m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>	
	Gruppenbüro (3 - 6 AP)	.....	m <sup>2</sup>	.....	m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>	
	Grossraumbüro (> 6 AP)	.....	m <sup>2</sup>	.....	m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>	
	Sitzungszimmer	.....	m <sup>2</sup>	.....	m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>	
	Restliche Räume	.....	m <sup>2</sup>			
	Total belüftete Nettofläche	.....	m <sup>2</sup>			
E.3 Lüftungssystem [LS]	<input type="checkbox"/> Einkanal LS mit 100% AUL <input type="checkbox"/> LS mit Fan-coil Geräten <input type="checkbox"/> Induktions LS mit Brüstungsgeräten <input type="checkbox"/> LS mit Kühlbaffeln an der Decke <input type="checkbox"/> LS mit Luftkühldecken <input type="checkbox"/> LS mit Fassadengeräten mit Ventil. <input type="checkbox"/> LS mit Fassadengeräten ohne Ventil. <input type="checkbox"/> .....		<input type="checkbox"/> Zuluft gekühlt <input type="checkbox"/> Zuluft gekühlt <input type="checkbox"/> Zuluft gekühlt <input type="checkbox"/> Zuluft gekühlt <input type="checkbox"/> Zuluft gekühlt <input type="checkbox"/> Zuluft gekühlt			
E.4 Volumenstromregelung	<input type="checkbox"/> ..... % KVS	<input type="checkbox"/> ..... % VVS				
E.5 Lokales Kühlsystem (Kühlsystem vom LS getrennt)	<input type="checkbox"/> ..... % Kühldecken <input type="checkbox"/> ..... % Thermoinseln (Heiz-/Kühldecken) <input type="checkbox"/> ..... % TABS, eingelegt <input type="checkbox"/> ..... % TABS, aufgesetzt <input type="checkbox"/> ..... % .....					
E.6 Monoblocausführung	<input type="checkbox"/> Luftheritzer <input type="checkbox"/> Luftkühler ohne Entfeucht. <input type="checkbox"/> Befeuchter Art: ..... <input type="checkbox"/> WRG-Rad <input type="checkbox"/> PT		<input type="checkbox"/> Nachwärmer <input type="checkbox"/> Luftkühler mit Entfeuchtung <input type="checkbox"/> Filterstufe ZUL ..... <input type="checkbox"/> KVS <input type="checkbox"/> WP			
E.7 Max. Ventilator Volumenstrom	..... m <sup>3</sup> /h Zuluft	..... m <sup>3</sup> /h Abluft				
E.8 Max. Antriebsleist. Ventilatoren	..... kW Zuluft	..... kW Abluft	..... kW Total			
E.9 Antriebsleist./max. Volumenstr.	..... W / (m <sup>3</sup> /h)					
E.10 Ventilatorstufen	<input type="checkbox"/> 1-stufig	<input type="checkbox"/> 2-stufig	<input type="checkbox"/> stufenlos	<input type="checkbox"/> .....		
E.11 Betriebszeiten	Montag-Freitag	"Ein" von	..... bis	..... Uhr	Lüftungsstufe	.....
		"Ein" von	..... bis	..... Uhr	Lüftungsstufe	.....
	Samstag	"Ein" von	..... bis	..... Uhr	Lüftungsstufe	.....
		"Ein" von	..... bis	..... Uhr	Lüftungsstufe	.....
	Sonntag	"Ein" von	..... bis	..... Uhr	Lüftungsstufe	.....
		"Ein" von	..... bis	..... Uhr	Lüftungsstufe	.....
E.12 Regulierung	Zentrale Bedienoberfläche		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		
	Einzelraumregelsystem		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		
	Heizkörper	mit THV	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		
		mit autom. Ventil	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein		

<b>F Lüftung / Jahresenergieverbrauch (gewünscht wenn Aufwand zumutbar ist)</b>				
F.1	Elektrizität Ventilatoren	..... kWh/a zentral (Monobloc)	..... kWh/a dezentral	
F.2	Kälteenergie, thermisch	..... kWh/a zentral (Monobloc)	..... kWh/a dezentral	
F.3	Wärmeenergie, thermisch	..... kWh/a zentral (Monobloc)	..... kWh/a dezentral	
F.4	Jahresenergieverbräuche sind	<input type="checkbox"/> gemessen	<input type="checkbox"/> geschätzt	
<b>G Lüftung / Nutzerzufriedenheit</b>				
G.1	Zufriedenheit der Nutzer mit	(Angaben des Betreibers über die Zufriedenheit der Nutzer)		
	- Temperatur Winter	<input type="checkbox"/> > 90 % <input type="checkbox"/> eher zu warm	<input type="checkbox"/> > 80 % <input type="checkbox"/> eher zu warm	<input type="checkbox"/> > 70 % <input type="checkbox"/> eher zu kalt
	- Temperatur Sommer	<input type="checkbox"/> > 90 % <input type="checkbox"/> eher zu warm	<input type="checkbox"/> > 80 % <input type="checkbox"/> eher zu warm	<input type="checkbox"/> > 70 % <input type="checkbox"/> eher zu kalt
	- Luftfeuchtigkeit	<input type="checkbox"/> > 90 %	<input type="checkbox"/> > 80 %	<input type="checkbox"/> > 70 % <input type="checkbox"/> < 70 %
	- Luftqualität	<input type="checkbox"/> > 90 %	<input type="checkbox"/> > 80 %	<input type="checkbox"/> > 70 % <input type="checkbox"/> < 70 %
	- Zugserscheinungen	<input type="checkbox"/> > 90 %	<input type="checkbox"/> > 80 %	<input type="checkbox"/> > 70 % <input type="checkbox"/> < 70 %
G.2	Gemeldete, festgestellte Probleme (z.B. Raucherräume, Temp. in Eckbüros usw.)	..... ..... .....		
<b>H Lüftung / Optimierungspotential</b>				
H.1	Betriebliche Massnahmen Vorschläge / Ideen	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> klein	<input type="checkbox"/> gross <input type="checkbox"/> sehr gross
H.2	Investitionsmassnahmen mit Pay-Back-Dauer < 8 Jahre Vorschläge / Ideen	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> klein	<input type="checkbox"/> gross <input type="checkbox"/> sehr gross
		..... .....		
<b>I Lüftung / Investitionskosten</b>				
		Lüftung	Wärmevert.	Kältevert. Total
I.1	Investitionskosten	.....	.....	..... kCHF
I.2	Spez. Invest.-kosten	.....	.....	..... kCHF/m <sup>2</sup>
I.3	Unterhaltskosten pro Jahr	.....	.....	..... CHF/a
<b>J Ergänzungen / Bemerkungen</b>				
		..... ..... .....		

**Abkürzungen:**

- |  |                              |                       |           |
|--|------------------------------|-----------------------|-----------|
| AWN: Abwärmennutzung                   | PT: Plattenwärmetauscher     | KW: Kaltwasser        | H: Heizen |
| TABS: Thermoaktives Bauteilsystem      | KVS: Kreislauf-Verbundsystem | ULK: Umluftkühlgerät  | K: Kühlen |
| WRG: Wärmerückgewinnung                | WP: Wärmepumpe (Abluft)      | IBS: Inbetriebsetzung |           |
| THV: Thermostatisches Heizkörperventil |                              |                       |           |

## Erläuterungen zum Fragenkatalog

- Pro Objekt/Anlage ist ein Fragenkatalog zusammen mit dem Betreiber auszufüllen.

### **B Grundlagen Gebäude**

- Die unter Punkt B verlangten Daten beziehen sich auf das gesamte Gebäude und nicht nur auf die zu untersuchende Lüftungsanlage. Ein Teil der Angaben kann dem Heizwärmebedarf SIA 380/1 entnommen werden.

### **C Grundlagen Bürobereich**

- In dieser Position werden die Grundlagen des Bürobereichs erfasst. Die Angaben beziehen sich auf die typische Bürozone, an welcher die zu untersuchende Lüftungsanlage angeschlossen ist. Bei den Flächenangaben sind Büronutzflächen zu berücksichtigen.

### **D Skizze / Büro, Raumsystem**

- Für den Bürobereich (Position C) ist eine Handskizze zu erstellen, mit den wesentlichsten technischen Daten wie Luftvolumenstrom pro m<sup>2</sup>, Kühlleistung Luft W/m<sup>2</sup>, Kühlleistung Wasser W/m<sup>2</sup>, Beleuchtungsleistung max. in W/m<sup>2</sup>, Glaswerte wie U-Wert, g-Wert und Art des Sonnenschutzes.

### **E Lüftung / Anlagedaten**

- Dieses Kapitel untersucht die eigentliche oder eine der Haupt-Lüftungsanlage des Gebäudes. Sämtliche Daten beziehen sich jeweils nur auf diese Lüftungsanlage bzw. -system. Teilweise können die Daten dem Monobloc-Datenblatt entnommen werden.

E.3 Die Kühlung ist zusammen mit der Lüftungsanlage als System anzugeben, sofern das Kühlsystem nicht autonom ist (siehe Pos. E.5).

E.5 Unter dieser Position ist das lokale, unabhängige Kühlsystem gefragt, welches nicht oder indirekt mit dem Lüftungssystem gekoppelt ist. Oft handelt es sich hier um Wasserkühlsysteme.

### **F Lüftung / Jahresenergieverbrauch (gewünscht, wenn Aufwand zumutbar ist)**

- Die Systemgrenze für die Jahresenergieverbräuche bildet das unter Position E definierte Lüftungssystem. Es sind jene Energieverbräuche gefragt, welche für die Luftförderung, Klimakälte und Heizwärme innerhalb dieser Systemgrenze benötigt werden. Technische Kälteenergie (wie z.B. für EDV- und Server-Räume) darf nicht eingerechnet werden. Falls keine Messungen vorhanden sind, sind sie zu schätzen.

### **G Lüftung / Nutzerzufriedenheit**

- Für die Angaben der Nutzerzufriedenheit sind die Informationen des Betreibers einzuholen. "<70%" bedeutet mehr als 30% der Endkunden sind unzufrieden und bei ">90%" ist der Reklamationsanteil der Nutzer kleiner 10%.

### **H Lüftung / Investitionskosten**

- Die Systemgrenze für die Investitionskosten bildet das unter Position E definierte Lüftungssystem. Es sind die Investitionskosten für das komplette Lüftungssystem (inkl. Lokales Kühlsystem und MSRL) sowie für die Wärme- und Kälteverteilung innerhalb der Systemgrenze anzugeben. Bei den Wärme- und Kälteverteilungskosten sind das Wärme- und Kälteabgabesystem inkl. Verteilungen, jedoch ohne Kosten der Energieerzeugung, anzugeben. Die Unterhaltskosten pro Jahr sind einzutragen, sofern sie einfach ermittelt werden können.

### **I Lüftung / Optimierungspotential**

- Das Optimierungspotential des Lüftungssystems ist grob abzuschätzen. Es sind betriebliche Massnahmen und Investitionsmassnahmen mit einer Pay-Back-Dauer kleiner 8 Jahre zu unterscheiden.