



FACHSCHULE FÜR GESTALTUNG UND TECHNIK, FLENSBURG

GEBÄUDESYSTEMTECHNIKER JAHRGANG 2015

Installation einer Klimaanlage

Deutsche Windtechnik AG

Dokumentation

Februar/März 2017



1 Vorwort

Die Zusammenstellung der vorliegenden Ausarbeitung erfolgte als Unterrichtsprojekt i.R. des Fachs „Heizung-Sanitär-Raumluftechnik“. Grundlage bildete u.a. das Fachbuch „Handbuch der Gebäudetechnik“ v. Pistohl, Rechenauer, Scheuerer, 8. Auflage. Die aufgeführten Berechnungen, Diagramme und Tabellen können als Basis weiterer Planungen dienen, sollten aber nicht ungeprüft weitergegeben werden.

Wir danken für die Möglichkeit, dieses Projekt als Aufgabe zur Verfügung gestellt bekommen zu haben.

Die Studierenden der GST-15

2 Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|--|---|
| 1 | Vorwort | 1 |
| 2 | Inhaltsverzeichnis | 2 |
| 3 | Abbildungsverzeichnis | 2 |
| 4 | Baubeschreibung | 3 |
| 4.1 | Erdgeschoss | 3 |
| 4.2 | Obergeschoss | 3 |
| 5 | Begehung | 3 |
| 6 | Auslegungsgrundlagen | 4 |
| 6.1 | Grundfunktionen RLT-Anlagen | 4 |
| 6.2 | Geometrie | 4 |
| 6.3 | Umgebungswerte | 4 |
| 6.4 | Luftmengen | 4 |
| 7 | Darstellung der einzelnen Luftmengen | 5 |
| 8 | Darstellung Zentralaggregat | 5 |
| 9 | Kanalverlauf | 6 |
| 10 | Energiebereitstellung | 7 |
| 11 | Kosten | 7 |
| 12 | Literaturverzeichnis | 9 |
| 13 | Anhänge | 9 |

3 Abbildungsverzeichnis

| | | |
|--------------|--|---|
| Abbildung 1: | Grundriss Erdgeschoss | 3 |
| Abbildung 2: | Grundriss Obergeschoss | 3 |
| Abbildung 3: | Darstellung Luftmengen | 5 |
| Abbildung 4: | Darstellung Zentralaggregat | 5 |
| Abbildung 6: | Kanalverlauf Erdgeschoss | 6 |
| Abbildung 7: | Musterbeispiel für textilen Luftschlauch | 6 |
| Abbildung 5: | Kanalverlauf Dachgeschoss | 6 |

4 Baubeschreibung

4.1 Erdgeschoss

Das besichtigte Gebäude der Deutschen Windtechnik AG befindet sich in Ostensfeld nahe Husum. Das Hauptgebäude ist in einer ehemaligen landwirtschaftlichen Stallung untergebracht, welches komplett zu einem Bürogebäude umgebaut wurde. Der betrachtete Bürotrakt erstreckt sich über zwei Etagen (Erdgeschoss und Obergeschoss). Das Zentrum des Erdgeschosses bildet das Großraumbüro. Hier sind ca. 30 Mitarbeiter beschäftigt. Angeschlossen an dieses Büro sind einzelne Büros und ein Besprechungsraum.

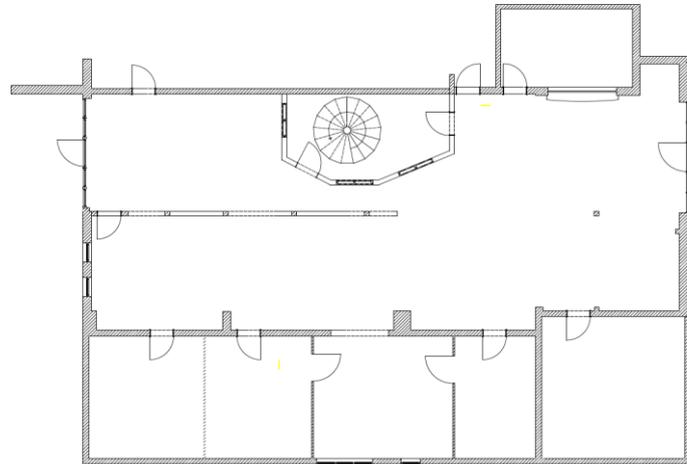


Abbildung 1: Grundriss Erdgeschoss

4.2 Obergeschoss

Das Obergeschoss ist über eine Wendeltreppe erreichbar. An den Flurbereich sind mehrere Büros angeschlossen. Im hinteren Bereich befindet sich ein Archiv. In diesem Raum wäre es möglich, das Zentralaggregat der Lüftungsanlage unterzubringen.

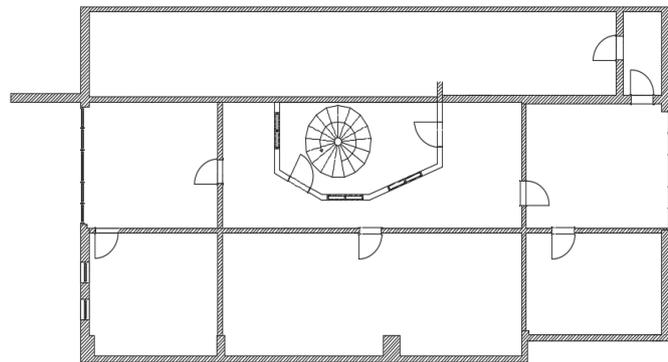


Abbildung 2: Grundriss Obergeschoss

5 Begehung

Am 03.02.2017 wurde eine Begehung der Büros der Deutschen Windtechnik AG durchgeführt. Bei der Begehung wurde ein nicht optimales Raumklima festgestellt. Ausgelöst wurde diese durch eine hohe Belegung in den Büros sowie viele Elektrogeräte. Eine Möglichkeit zur Fensterlüftung besteht im aktuellen Zustand nur sehr eingeschränkt. Im Großraumbüro des Erdgeschosses stellt sich diese Situation besonders kritisch dar. Hier ist es nur möglich, durch zwei kleine Fenster das Büro zu belüften. Die Mitarbeiter im Bereich dieser Fenster klagen oftmals über Zugerscheinungen am Arbeitsplatz, während Mitarbeiter im Zentrum des Büros keine frische Luft erreicht.

Im Obergeschoss des Gebäudes stellt sich die Situation der Luftqualität ebenfalls kritisch dar. Durch die enorme Aufheizung des Daches in den Sommermonaten sind die Mitarbeiter gezwungen, die Arbeit früher zu beginnen und auch früher zu beenden, da das Arbeiten in den Kernarbeitszeiten nicht möglich ist, da die Temperatur in den Büros zu sehr ansteigt.

6 Auslegungsgrundlagen

Zur Auslegung einer möglichen Lüftungsanlage wurden verschiedene Gegebenheiten berücksichtigt. Hauptkriterien waren die verschiedenen Normen und die Gebäudegeometrie. Hieraus ergaben sich die Umgebungswerte sowie die erforderlichen Luftmengen zur korrekten Be- und Entlüftung des Gebäudes sowie der Kühlung und Erwärmung.

6.1 Grundfunktionen RLT-Anlagen

- A. **energetischen Zustand** ändern
 - a. Heizen
 - b. Kühlen
- B. **absolute/rel. Feuchte** ändern
 - a. Befeuchten
 - b. Entfeuchten
- C. **Luftqualität** anpassen
 - a. Lüften (CO₂, ...)
 - b. Filtern (Geruch, Schadstoffe, Stäube, etc.)

6.2 Geometrie

- Fläche Büro ≈ 340 m² (EG) + 250 m² (OG)
- Volumen Büro ≈ 1.425 m³ (EG + OG)
- Mitarbeiteranzahl: ca. 50 Personen

6.3 Umgebungswerte

- Dichte Luft: $\rho_{33^\circ\text{C}} = 1,3 \text{ kg/m}^3$
- AUL_{extr. Sommer}: 33°C // 55% rel. F.
- AUL_{norm. Sommer}: 26°C // 75% rel. F.
- AUL_{extr. Winter}: -16°C // 60% rel. F.
- AUL_{norm. Winter}: 0°C // 60% rel. F.
- RAL_{Sommer/Winter}: 23°C // 60% rel. F.
- ABL_{Sommer}: 26°C // 70% rel. F.
- ABL_{Winter}: 20°C // 70% rel. F.

6.4 Luftmengen

Luftwechselrate: 6/h

Berechnung der umzuwälzenden Luftmenge auf Basis der Luftwechselrate:

$$\dot{V}_h = 1.425 \text{ m}^3 * 6/h = \mathbf{8.550 \text{ m}^3/h}$$

Dieser Wert sollte eingehalten werden, damit eine gute Raumluftqualität mit einem niedrigen CO₂ Gehalt zur Verfügung gestellt werden kann.

Berechnung des erforderlichen Außenluftvolumenstroms:

$$\dot{V}_h = 50 \text{ Pers} * 60 \text{ m}^3/(h * \text{Pers.}) = \mathbf{3.000 \text{ m}^3/h}$$

$$- 16^\circ\text{C} \rightarrow \dot{V}_h * 0,5 = \mathbf{1.500 \text{ m}^3/h}$$

$$+ 33^\circ\text{C} \rightarrow \dot{V}_h * 0,75 = \mathbf{2.250 \text{ m}^3/h}$$

Berechnung der erforderlichen Kühllast in extremen Sommern:

$$\Phi_K = 590 \text{ m}^2 * 50 \text{ W/m}^2 = 29.500 \text{ W}$$

$$Vh = (29.500 \text{ J/s} * 3.600 \text{ s/h}) / (1.000 \text{ J/(kg K)} * 1,2 \text{ kg/m}^3 * 3 \text{ K}) = 29.500 \text{ m}^3/\text{h}$$

7 Darstellung der einzelnen Luftmengen

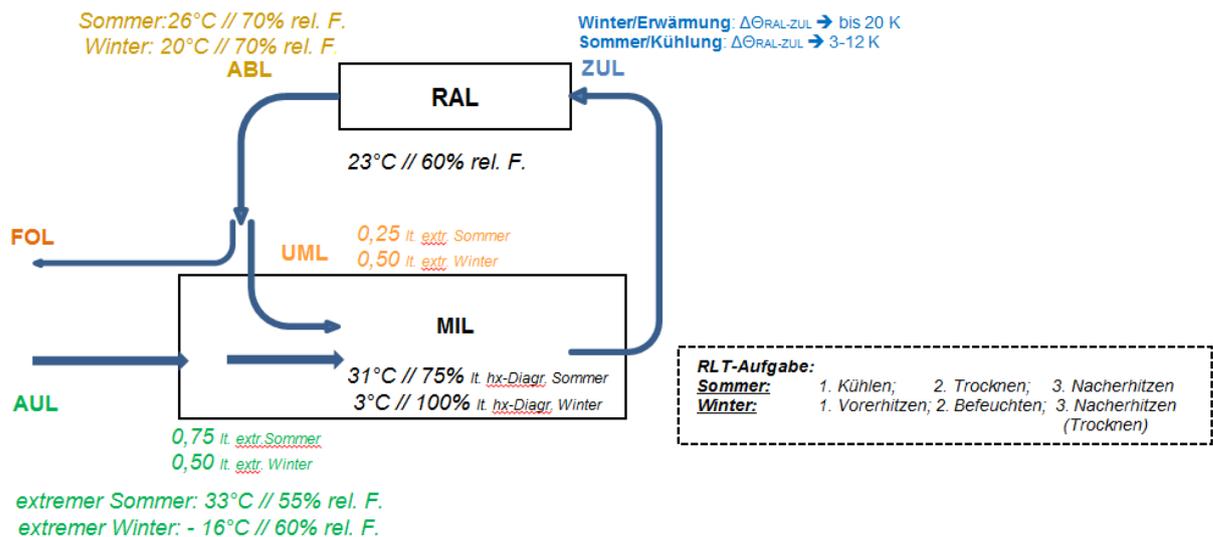


Abbildung 3: Darstellung Luftmengen

8 Darstellung Zentralaggregat

Die Planung sieht vor, ein Aggregat wie in Abb. 4 im Gebäude der deutschen Windtechnik einzusetzen. Hier handelt es sich um eine Voll-Klima-Anlage. Die Anlage ist u.a. ausgestattet mit einer Mischluftkammer zur effizienten Energieausnutzung durch Nutzung eines höchst möglichen Umluftanteils. Weitere Einsparpotentiale bietet der Kreuzstromwärmetauscher. Hier strömt die Abluft an der Mischluft vorbei und tauschen so Wärme abhängig von der jeweiligen Jahreszeit aus. gibt somit seine Wärme an die Mischluft ab. Dies bietet den Vorteil, dass der Wärmeenergiebedarf zur Erwärmung/ Abkühlung der Zuluft für den Raum sinkt.

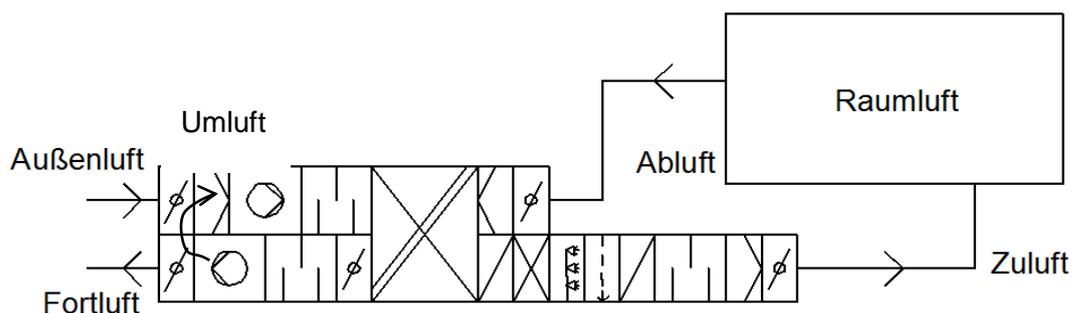


Abbildung 4: Darstellung Zentralaggregat

9 Kanalverlauf

Zur zentralen Versorgung der beiden Geschosse ist eine Versorgung über Lüftungsrohre nötig. In den nachstehenden Grafiken ist ein möglicher Kanalverlauf aufgezeigt.

In der Grafik ist der Zuluftkanal blau gekennzeichnet. Der Abluftkanal ist gelb markiert.

Im Erdgeschoss hat sich die Planung darauf konzentriert, das Großraumbüro mit den entsprechenden Luftmengen zu versorgen. Da hier nur eine geringe Tiefe in den Zwischendecken zur Verfügung steht, ist es hier schwer möglich feste Kanäle zu installieren. Aus diesem Grund sieht die Planung hier eine Versorgung durch textile Luftschräume vor. Diese könnten in oder unter der Rasterdecke montiert werden. Durch die Flexibilität der Schläuche ist eine einfache Installation in dem vorhandenen Büro möglich ohne große Umbaumaßnahmen ergreifen zu müssen. In den umliegenden Büros und den Büros im Obergeschoss würde die Installation der Zuluftkanäle durch feste Kanäle mit integrierten Auslässen erfolgen. Eine genau Auflistung der Kanalquerschnitte sowie ein Datenblatt der textilen Luftschräume befinden sich im Anhang dieser Dokumentation. Die Abluftkanäle werden im ganzen Gebäude mit festen Kanälen installiert. Die Abluftgitter im Großraumbüro würden an den beiden Stirnseiten des Büros montiert.

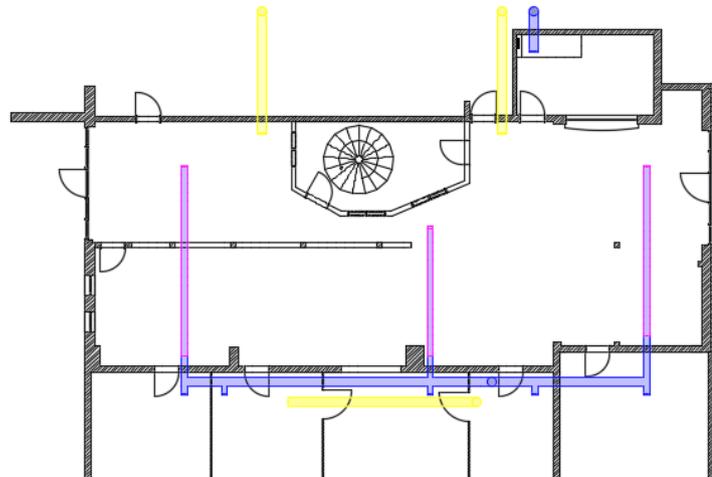


Abbildung 5: Kanalverlauf Erdgeschoss



Abbildung 6: Musterbeispiel für textilen Luftschräume (Farbe variierbar)

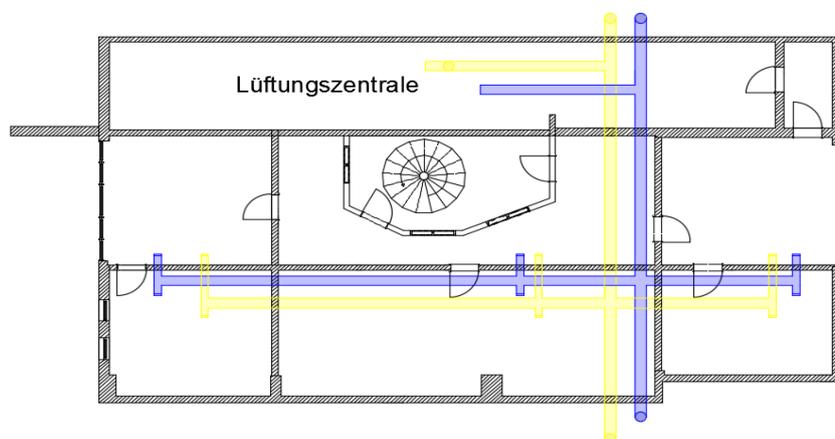


Abbildung 7: Kanalverlauf Dachgeschoss

10 Energiebereitstellung

Die Berechnungen auf Basis der Prozessdarstellungen im hx-Diagramm für Sommer/ extremen Sommer/ Winter und extremen Winter werden in der Anlage zusammengefasst dargestellt (siehe Tabelle XI bis XIV im Anhang). Die notwendigen Energien zur Versorgung der Register zur Vor- und Nachheizung sowie Kühlung gehen **zunächst** davon aus, in allen dargestellten Jahreszeiten optimale Raumbedingungen gewährleisten zu wollen. Dabei erfordert der rechnerisch notwendige Zuluftvolumenstrom im extremen Sommer den höchsten Wert der Zuluft von 29.500 m³/h. Entsprechend groß müssen die Kanalquerschnitte ausgelegt sein. Im Winter wird die statische Heizung **zunächst** außer Acht gelassen, da deren Leistung nicht ermittelt worden ist. Auch die Wärmerückgewinnung durch einen Kreuzstromwärmetauscher wurde noch nicht berechnet.

Nach der anschließenden Bewertung wird der maximale Luftvolumenstrom der Zuluft auf 8000 m³/h begrenzt. Wird das dunkle Blechdach gegen ein helles die Sonne reflektierendes aus Sandwichpaneelen mit höherer Dämmwirkung ausgetauscht, reduzieren sich die solaren Energieerträge im Gebäude erheblich. Wird dennoch im extremen Sommer die Behaglichkeitszone nicht erreicht, wird das Raumklima sicher besser als zurzeit sein! Des Weiteren wäre eine Energieeinsparung im Winter durch verminderten Energiebedarf möglich.

Die Tabelle (Zusammenstellung der Leistungswerte, XV im Anhang), gibt eine Zusammenstellung der auf dieser Grundlage berechneten Energiemengen.

11 Kosten

Auf der **ersten** Berechnungsgrundlage nach Norm würde sich im extremen Sommer ein umzuwälzender Luftvolumenstrom von ca. 29.500 m³/h ergeben. Die Kosten für eine Lüftungsanlage dieser Größe ließen sich ebenfalls überschlägig berechnen. Hier dienen verschiedene Literaturen (siehe Quellverzeichnis) als Grundlage. Im Schnitt ist mit Kosten von ca. 30€ pro m³/h zu rechnen.

Dies würde überschlägige Investitionskosten für die RLT- Anlage von ca. 900.000 € nach sich ziehen.

$$29.500 \text{ m}^3/\text{h} \times 30 \text{ € pro m}^3/\text{h} = 900.000 \text{ €}$$

Zur Eindeckung des Daches wurde durch Herrn Post ein Angebot bei der Firma Molzen (Satrup) eingeholt.

Einschließlich der Demontage würden sich Investitionskosten von ca. 75 €/m² ergeben. Das Dach besitzt ca. eine Fläche von ca. 378 m². Hierdurch würden weitere Investitionskosten von ca. 30.000 € entstehen.

$$378 \text{ m}^2 \times 75 \text{ €/m}^2 = 28.350 \text{ €}$$

Da die Investitionskosten für das Lüftungsgerät mit ca. 900.000€ sehr hoch sind, wurden Maßnahmen ergriffen um die Investitionskosten zu senken. Da die Kosten auf dem durchzusetzenden Volumenstrom am Gerät basieren, muss dieser gesenkt werden.

Durch verschiedene Maßnahmen konnte der Volumenstrom von 29.500 m³/h auf 8000 m³/h gesenkt werden.

Folgende Maßnahmen wurden zur Senkung des Volumenstromes getroffen:

- Senkung der Kühllast von 50W/m² auf 40W/m²
- Erhöhung der Temperaturdifferenz von 3K auf 6K
- Senkung der zu kühlenden Fläche von 590 m² auf 400 m²

Durch die Senkung des Volumenstroms ließen sich die Kosten von ca. 900.000 € auf 240.000 € reduzieren.

$$8.000 \text{ m}^3/\text{h} \times 30 \text{ € pro m}^3/\text{h} = 240.000 \text{ €}$$

Somit entstehen Gesamtinvestitionskosten in Höhe von ca. 268.350 €.

$$240.000 \text{ €} + 28.350 = 268.350 \text{ €}$$

12 Literaturverzeichnis

Pistohl. (2013). *Handbuch der Gebäudetechnik Band 1*. Werner Verlag.

Wolfgang Miller, O. P. (2014). *Tabellebuch Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik*. Braunschweig: Westermann .

13 Anhänge

| | |
|---|-------------|
| Grundriss Erdgeschoss | I |
| Grundriss Obergeschoss | II |
| Kanalverlauf Erdgeschoss | III |
| Kanalverlauf Obergeschoss | IV |
| Übersicht Kanalteilstrecken | V |
| Übersicht Luftvolumenströme | VI |
| Schemazeichnung textiler Luftschlauch | VII |
| Luftführung und Strömungsprofile textiler Luftschlauch | VIII |
| Stückliste zur Montage textiler Luftschlauch | IX |
| Angebot textiler Luftschlauch | X |
| Datenblätter normaler Sommer | XI |
| Datenblätter extremer Sommer | XII |
| Datenblätter normaler Winter | XIII |
| Datenblätter extremer Winter | XIV |
| Zusammenstellung Leistungswerte | XV |
| Präsentation | XVI |