



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Bachelorarbeit

Tim Senst

Planung einer Lüftungsanlage für den Neubau einer Kindertagesstätte

Tim Senst

**Planung einer Lüftungsanlage für den
Neubau einer Kindertagesstätte**

Bachelorarbeit eingereicht im Rahmen der Bachelorprüfung

im Studiengang Maschinenbau/Energie- und Anlagensysteme BA
am Department Maschinenbau und Produktion
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

in Zusammenarbeit mit:
Haustechnik-Check Ing.-Büro/Sachverständigenbüro
Neuer Weg 3
21220 Seevetal

Erstprüfer/in: Prof. Dr.-Ing. Heike Frischgesell
Zweitprüfer/in: Dipl.-Ing. Rolf Beneke

Abgabedatum: 20.04.2018

Zusammenfassung

Tim Senst

Planung einer Lüftungsanlage für den Neubau einer Kindertagesstätte

Stichworte

Heizlast, Kühllast, Berechnung des Kanalnetzes, Auslegung des Lüftungsgerätes, Absorptionskältemaschine

Kurzzusammenfassung

In dieser Bachelorarbeit wird eine RLT-Anlage einer Kindertagesstätte geplant und unter verschiedenen Aspekten bewertet. Das Gebäude und die RLT-Anlage werden mit einem CAE-Programm (Computer-aided engineering) modelliert und berechnet.

Tim Senst

Planning of a ventilation system for a nurse school

Keywords

Heating load, Cooling load, Calculation of ventilation system, technical sizing of a ventilation unit, absorption chiller

Abstract

The following bachelor's thesis presents the planning of a ventilation and air-conditioning system for a nursery school by considering various aspects. The building as well as the ventilation and air-conditioning system are modelled and calculated with a CAE-programme.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Stand der Technik	2
3	Grundlagen.....	7
3.1	Festlegung der Anforderung an eine Lüftungsanlage	7
3.1.1	Nutzungsbereich	7
3.1.2	Anforderungen an eine Lüftungsanlage.....	7
3.2	Lüftungsarten und Lüftungssystem.....	8
3.2.1	Allgemeine Grundlagen.....	8
3.3	Thermodynamische Luftbehandlungsfunktionen.....	10
3.4	Komponenten einer Lüftungsanlage	13
3.5	Auslegung des Kanalnetzes	16
3.6	Absorptionskältemaschine.....	18
3.7	Kühlkonzepte	19
3.8	Befeuchtungskonzepte	21
4	Projektvorgaben	22
4.1	Vorgaben an die Lüftungsanlagen.....	22
4.2	Nutzungsbereiche der Kita	23
5	Planung und Auslegung der Lüftungsanlage	25
5.1	Lüftungsanlage Kitabereich	25
5.1.1	Berechnung der Luftbilanz.....	25
5.1.2	Aufbau des Kanalnetzes.....	27
5.1.3	Aufbau und Auslegung des Lüftungsgerätes	28
5.2	Heizlastberechnung.....	33
5.3	Kanalnetzberechnung.....	36
5.4	Kontrolle der Lüftungsanlage Küche.....	37
5.4.1	Auslegung für die Haube 1 und 2	38
5.4.2	Auslegung für die Haube 3	42
5.4.3	Zusammenstellung der Abluftvolumenströme.....	42
6	Darstellung der Ergebnisse mit Diskussion und kritischer Bewertung	43
6.1	Vergleich Absorptionskältemaschine mit einer Kompressionskältemaschine.....	43
6.2	Auslegung des Lüftungsgerätes	45
6.3	Umsetzung der Heizung	47
6.4	Umsetzung der Kühlung	48
6.5	Wärmerückgewinnung.....	53
6.6	Bewertung der Küchen-Lüftungsanlage.....	55

7	Zusammenfassung und Fazit.....	57
8	Literatur- und Quellenverzeichnis	58
9	Anhang.....	59
9.1	Anhang A	60
9.2	Anhang B	62
9.3	Anhang C	67

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Kreislauf; Erstellung eines effizient gedämmten Gebäudes [10].....	2
Abbildung 2: Jährlicher Kühlbedarf in der EU	6
Abbildung 3: Schematische Darstellung zentraler und dezentraler Abluftventilatoren[1]	9
Abbildung 4: Raum mit Zu- und Abluftversorgung.....	9
Abbildung 5: Zuluft- und Abluftraum mit Überströmung (Raumluftverbund)	9
Abbildung 6: Mollier hx-Diagramm mit Behaglichkeitsfeld (in Anlehnung an [3])	10
Abbildung 7: Lufterwärmung im hx-Diagramm	11
Abbildung 8: Luftkühlung im hx-Diagramm	11
Abbildung 9: Luftbefeuchtung im hx-Diagramm	12
Abbildung 10: Luftentfeuchtung im hx-Diagramm	12
Abbildung 11: Kreuzwärmetauscher von einem Vallox Vario Gerät [6]	13
Abbildung 12: Struklikbaustein	14
Abbildung 13: Lindab Nachströmventil.....	14
Abbildung 14: Rechenschieber für Luftkanaldimensionierung.....	16
Abbildung 15: Rechenschieber Erklärung.....	16
Abbildung 16: Ausschnitt Einstellung zur Kanalabschnittsauslegung.....	17
Abbildung 17: Ausschnitte Kanalgröße	17
Abbildung 18: Schematische Darstellung (in Anlehnung an [5][17])	18
Abbildung 19: Darstellung des außenliegenden Sonnenschutzes im EG.....	20
Abbildung 20: Nutzungsbereiche Erdgeschoss.....	23
Abbildung 21: Nutzungsbereiche 1.Obergeschoss	24
Abbildung 22: Ausschnitt aus dem Lüftungsgrundriss (Therapieraum)	26
Abbildung 23: Ausschnitt aus der Lüftungsplanung	27
Abbildung 24: Schematische Darstellung des Lüftungsgerätes	28
Abbildung 25: Mollier hx-Diagramm für den Winterfall	29
Abbildung 26: DWD Messdaten(HH Fuhlsbüttel) Sommer 2014-2017	30
Abbildung 27: DWD Messdaten 04.07-24.07.14	31
Abbildung 28: Mollier hx-Diagramm für den Sommerfall 28/70	32
Abbildung 29: Ausschnitt aus der Programmoberfläche (Zuluft)	33
Abbildung 30: Ausschnitt aus der Programmoberfläche (Infiltration).....	33
Abbildung 31: Diagramm Transmissionswärmeverluste [W]	34
Abbildung 32: Innenwand als Gebäudehülle.....	34
Abbildung 33: Gesamtes Kanalnetz (Isometrie).....	36
Abbildung 34: Küchengrundriss Aufteilung der Hauben.....	37
Abbildung 35: Mollier hx-Diagramm für den Sommerfall 28/40	45
Abbildung 36: Ausschnitt aus der Verschattungsberechnung	48
Abbildung 37: Geleitende Sollwerttemperatur.....	49
Abbildung 38: Diagramm Raumluftverhalten ohne Kühlung (Juli)	49
Abbildung 39: Diagramm Raumluftverhalten mit Kühlung (Juli)	50
Abbildung 40: Diagramm Raumluftverhalten mit nächtlicher Luftkühlung.....	51
Abbildung 41: Auszug einer Vallox Vario 1500 CC Auslegung	53
Abbildung 42: Mollier h,x-Diagramm für eine Vallox-Geräte.....	54
Abbildung 43: Ausschnitt aus der Berechnung des Küchenplaners	55
Abbildung 44: Schnittdarstellung der Küche	55
Abbildung 45: Ausschnitt aus der Geräteliste	55

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Personenbezogener Luftvolumenstrom und Luftvolumenstrom zur Abführung der Gebäudeemissionen nach DIN EN 15252	3
Tabelle 2: Lüftungssysteme zur Belüftung von Räumen (in Anlehnung an [10])	4
Tabelle 3: Lüftungssysteme zur Belüftung von Räumen (in Anlehnung an [10])	5
Tabelle 4: Übersicht verschiedener Wärmeübertrager (in Anlehnung an [18] Tafel 3.3.8-1 und [15])	5
Tabelle 5: Übersicht aller Räume und Luftwechselraten	22
Tabelle 6: Beispiel Aufstellung der Luftbilanz.....	25
Tabelle 7: Prozessdaten im Winterfall.....	30
Tabelle 8: Zusammenstellung der Wärmeverluste.....	35
Tabelle 9: Aufstellung der Ventilator Kennwerte	36
Tabelle 10: Aufstellung der Küchengeräte	38
Tabelle 11: Zusammenstellung der sensiblen Wärmebelastung	39
Tabelle 12: Zusammenstellung der Thermikluftströme	40
Tabelle 13: Summe aller Erfassungsluftvolumenströme	40
Tabelle 14: Ermittlung des Abluftvolumenes der Dampfabgabe.....	41
Tabelle 15: Ermittlung des maximalen Abluftvolumenstromes	41
Tabelle 16: Gerätedaten der Universalspülmaschine.....	42
Tabelle 17: Gewählte Abluftvolumenströme.....	42
Tabelle 18: Zusammenstellung der Leistungsmerkmale und Preise	43
Tabelle 19: Vergleich Kälteerzeugung AKM und KKM (in Anlehnung [8])	44
Tabelle 20: Auswirkung Wirkungsgrad (WRG) auf den Lüftungswärmeverlust	54
Tabelle 21: Vergleich der Lüftungswärmeverluste durch Anpassung <i>dhydr</i>	56

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
AKM	Absorptionskältemaschine
ALD	Außenwand-Luftdurchlässe
BHKW	Blockheizkraftwerk
BSK	Brandschutzklappe
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
CAE	computer-aided engineering
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
d. h.	das heißt
DIN	Deutsches Institut für Normung
DWD	Deutscher Wetterdienst
EDV	elektronische Datenverarbeitung
EG	Erdgeschoss
EN	europäische Norm
EnEV	Energieeinsparverordnung
etc.	et cetera
H ₂ O	Wasser
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
ISO	Internationale Organisation für Normung
Kita	Kindertagesstätte
KKM	Kompressionskältemaschine
LED	light-emitting diode
LiBr	Lithiumbromid
OG	Obergeschoss
RLT	Raumluftechnik
TGA	technische Gebäudeausrüstung
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WRG	Wärmerückgewinnung
usw.	und so weiter
z. B.	zum Beispiel

1 Einleitung

Durch die Energieeinsparverordnung steigt der Anspruch an die Gebäudehülle. Dies hat zur Folge, dass bessere Dämmstoffe und Verglasungen eingesetzt werden. Dadurch verringert sich der Luftaustausch mit der Umgebung. Dies hat Auswirkungen auf das Raumklima, besonders für Bildungsstätten wie einer Kindertagesstätte ist dies von Bedeutung. Kinder und Personal verbringen dort in der Regel einen großen Teil ihres Tages. Um den bestmöglichen Lernerfolg und ein gutes Arbeitsklima zu ermöglichen, müssen optimale Rahmenbedingungen geschaffen werden. Störfaktoren wie erhöhte CO₂-Konzentration, die Müdigkeit und Kopfschmerzen verursachen können, sind zu vermeiden. Ebenfalls beeinflussen Feuchtigkeit, thermische Lasten (Personen, Beleuchtung und EDV) und stoffliche Lasten, wie Ausdünstungen aus Gebäude und Möbeln, das Wohlbefinden. Umso wichtiger ist eine geregelte Luftzufuhr. Dabei sind die hygienische Aspekte und die Energieeffizienz zu berücksichtigen.

Die Wärmerückgewinnung (WRG) von raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen) ist ein wichtiger Bestandteil. Denn durch energieeffiziente Lüftungsanlagen lassen sich Betriebskosten und Heizkosten senken.

In der folgenden Arbeit wird eine Lüftungsanlage für eine Kindertagesstätte geplant. Dabei werden Heizlast- und Kühllast-Berechnungen durchgeführt und die Lüftungsanlage ausgelegt. Weiterhin wird eine separate Lüftung für eine Großküche durch einen Küchenlieferanten geplant, die zu überprüfen ist. In Hinblick auf die Kälteerzeugung wird der Einsatz einer Absorptionskältemaschine untersucht.

2 Stand der Technik

Noch vor 10-20 Jahren wurden Schulen und Kitas mit reiner Fensterlüftung belüftet. Meist wurde vor Unterrichtsbeginn und nach Unterrichtsende das Fenster geöffnet, dabei wurde gerade zum Unterrichtsende die Luftqualität deutlich schlechter.

Mit dem Blick auf Ressourcen- und Heizkostensparnis durch Vorschriften wie z. B. der EnEV wurden in den vergangenen Jahren viele Schulen und Kindergärten saniert. Die Sanierungen hatten zur Folge, dass die Gebäude luftdichter und besser gedämmt wurden. Durch die bessere Luftdichtigkeit wird allerdings die Raumlufthqualität verschlechtert. Vor der Sanierung konnte durch die Undichtigkeiten der Gebäudehülle ein kontinuierlicher Luftaustausch stattfinden. Durch die höhere Dichtigkeit wird der Luftaustausch mit der Umgebung verringert. Dies hat zur Folge, dass eingetragene Substanzen, die aus der Baumasse ausgasen und eingetragene Feuchtigkeit nicht diffundieren können. Der reduzierte Luftaustausch fördert die Schimmelbildung und somit steigt die Konzentration von Ausdünstungen in der Raumlufth des Gebäudes. Um die dadurch entstehenden Probleme in den Griff zu bekommen, müssen die sanierten Gebäude mit kontrollierten, mechanischen Belüftungssystemen nachgerüstet werden.

In der folgenden Abbildung wird der Kreislauf von einer normalen Sanierung der Gebäudehülle und der dabei entstehenden Probleme bis zur Lösungsfindung dargestellt.

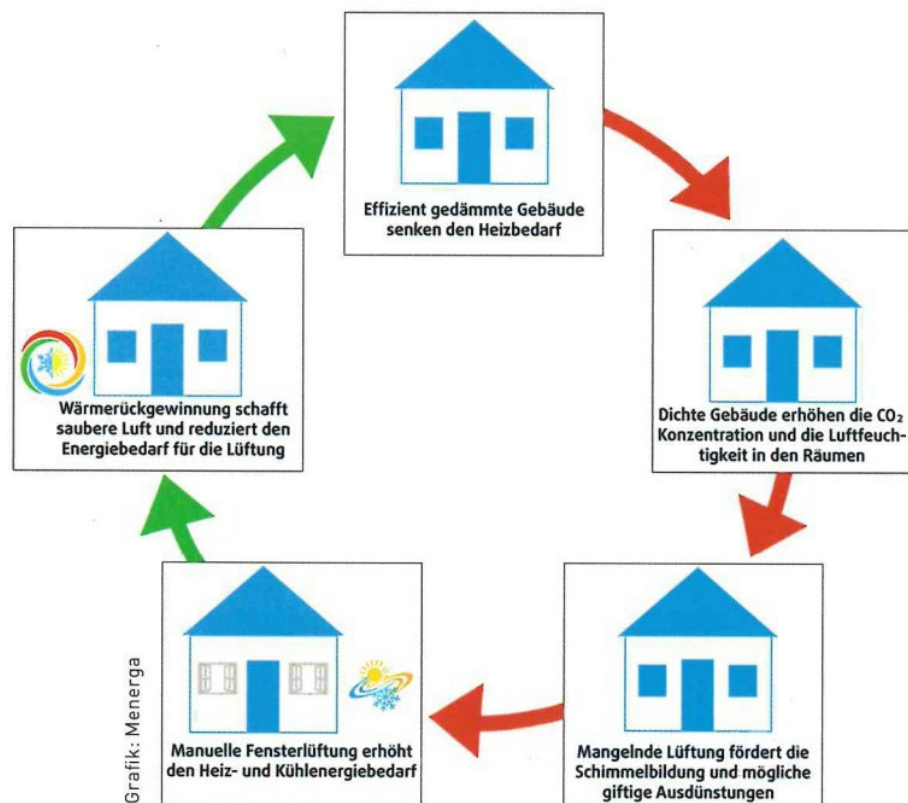


Abbildung 1: Kreislauf; Erstellung eines effizient gedämmten Gebäudes [10]

Bei der Erstellung von Lüftungskonzepten für Kindertagesstätten und Schulen müssen Kriterien wie z.B. CO₂ – Gehalt, Vermeidung von Zugerscheinungen usw. beachtet werden. Die Raumlufthzustände sind so herzustellen, dass gesundheitliche Beeinträchtigungen oder Befindlichkeitsstörungen vermieden werden.

Die normativen Anforderungen zur Planung von Lüftungssystemen von Kitas und Schulen bzw. Nichtwohngebäuden werden in der DIN EN 15252, DIN EN 13779 (zurückgezogen, ersetzt durch DIN EN 16798-3) und VDI 6040 vorgegeben.

Die DIN EN 15252 beschreibt dabei den Zusammenhang zwischen Schüler (Person), dem Schüler zur Verfügung stehenden Fläche und der Schadstoffbelastung des Gebäudes. Die folgende Tabelle stellt dar, wie der Luftvolumenstrom pro Person berechnet wird.

Kategorie	Luftvolumenstrom m ³ /h [Schüler]	Luftvolumen für Verunreinigungen durch Gebäudeemissionen m ³ /[hm ²]			Beispiel für schadstoffarme Gebäude 2 m ² /Person
		Sehr schadstoffarmes Gebäude	Schadstoffarmes Gebäude	Nicht	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(2)+(4)x2
I	36	1,8	3,6	7,2	43 m ³ /h
II	25	1,3	2,5	5,0	30 m ³ /h
III	14	0,7	1,4	2,9	17 m ³ /h

Tabelle 1: Personenbezogener Luftvolumenstrom und Luftvolumenstrom zur Abführung der Gebäudeemissionen nach DIN EN 15252

Die zurückgezogene DIN EN 13779 beschreibt die zulässige CO₂-Konzentration in einem Raum und gibt je nach Kategorie vor, welcher Luftvolumenstrom für ein Personen (Schüler, Kind, Lehrer und Erzieher) zu verwenden ist. Schulen und Kitas werden mit einer zulässigen CO₂-Konzentration von 1000ppm ausgelegt.

Die Vorgaben der zuvor beschriebenen DIN EN-Normen geben den Luftwechsel des Gebäudes indirekt vor. Die Raumtemperatur oder das Behaglichkeitsfeld werden nicht vorgeben. Hierzu muss übergeordnet die VDI 6040 verwendet werden.

Die VDI 6040 gibt eine Klassenraumtemperatur (im Betrieb) zwischen 20 und 26°C in Abhängigkeit der Außentemperatur vor. Diese Vorgabe wird zur Auslegung und Berechnung der Anlagenbauteile benötigt. (siehe Anhang C)

Über die DIN EN ISO 7730 kann eine Abweichung vom Raumklima bestimmt werden, dabei kann der Grenzwert des geforderten Raumklimas für einen bestimmten Zeitraum unterschritten werden.

Lüftungsgeräte können zentral oder dezentral im Gebäude ausgestellt werden, egal ob Neubau oder Bestandgebäude. Dabei gibt es folgende Konzepte.

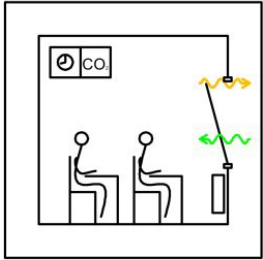
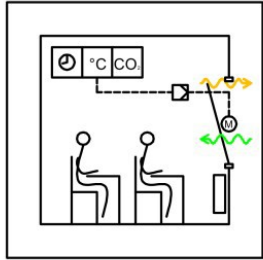
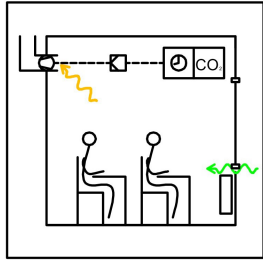
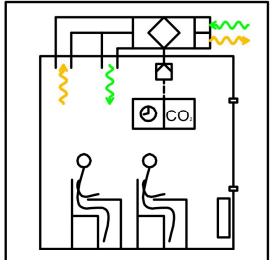
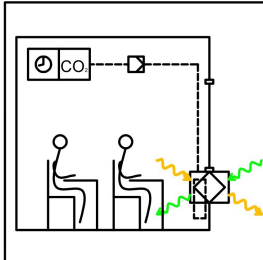
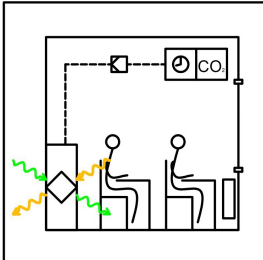
Lüftungssystem	Freie Lüftung		Abluftsystem
Konzept	Fensterlüftung mit Lüftungsplan oder Lüftungsampel	Geregelte, motorische unterstützte Fensterlüftung	Geregeltes Abluftsystem
Gerätetyp			
Beschreibung	Die Fensterlüftung erfolgt manuell. Über einen Lüftungszeitplan oder CO ₂ -Sensor, der den CO ₂ -Wert misst, wird ein optisches oder akustisches Signal ausgegeben, wenn die Grenzwerte überschritten werden.	Die Fensterlüftung erfolgt über ein motorisch verstellbares Fenster. Im Raum werden Temperatur und CO ₂ -Gehalt gemessen.	Hierbei handelt sich um ein reines Abluftsystem mit Überströmöffnung im Fassadenbereich. Die Ansteuerung des Abluftventilators kann über einen Lüftungsplan, CO ₂ -Messung oder Präsenzmelder erfolgen. Es wird ein Abluftkanal benötigt.
Lüftungssystem	(semi-) zentrale Lüftungssysteme	Dezentrale, raumweise Lüftungssysteme [ein Lüftungsgerät pro Raum]	
Konzept	Lüftungsgerät für mehrere Räume Innen und Außengeräte	Brüstungs- / Zargengerät	Standgerät
Gerätetyp			
Beschreibung	Ein zentrales Lüftungsgerät versorgt ein oder mehrere Räume und bereitet die Außenluft auf. Die Ansteuerung erfolgt über die einzelnen Räume durch eine Lüftungsplan, CO ₂ -Messung oder Präsenzmelder. Aufwändige Regelung der Anlage und Ansteuerung der einzelnen Drosselklappen notwendig.	3-5 Geräte versorgen einen Raum. Die Ansteuerung erfolgt durch eine Lüftungsplan, CO ₂ -Messung oder Präsenzmelder. Es werden keine Lüftungskanäle benötigt.	
			1 Gerät versorgt einen Raum. Die Ansteuerung erfolgt durch eine Lüftungsplan, CO ₂ -Messung oder Präsenzmelder. Je nach Aufstellort werden kurze Lüftungskanäle benötigt. Mit einem Standgeräte ist eine Quelllüftung möglich.

Tabelle 2: Lüftungssysteme zur Belüftung von Räumen (in Anlehnung an [10])

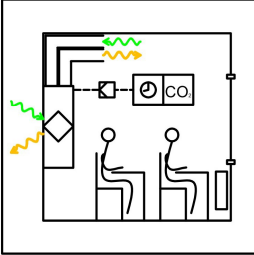
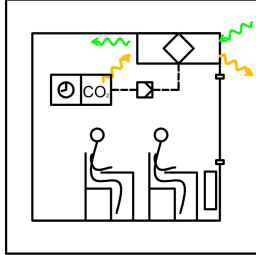
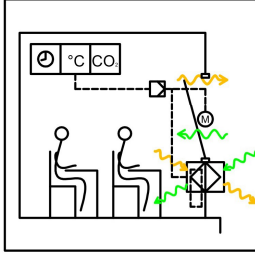
Lüftungssystem	Dezentrale, raumweise Lüftungssysteme [ein Lüftungsgerät pro Raum] Zu- und Abluftventilator mit Wärmerückgewinnung		Hybrid Lüftung
Konzept	Wandgerät	Deckengeräte	Hybride Lüftung
Gerätetyp			
Beschreibung	1 Wandgerät versorgt den Raum. Die Ansteuerung erfolgt durch einen Lüftungsplan, CO ₂ -Messung oder Präsenzmelder. Benötigt Lüftungskanäle im Raum zur Verteilung der Luft. Wenn möglich Sitz an der Außenfassade.	1 Deckengerät kann einen Raum versorgen. Die Ansteuerung erfolgt durch eine Lüftungsplan, CO ₂ -Messung oder Präsenzmelder. Durch optimale Positionierung werden keine Kanäle benötigt.	Der Raum wird mit einem Gerät versorgt. Bei Bedarf kann zusätzlich die Lüftung über eine motorische Fensterlüftung unterstützt werden.

Tabelle 3: Lüftungssysteme zur Belüftung von Räumen (in Anlehnung an [10])

Überblick der thermischen angetriebenen Verfahren

Die VDI 2071 teilt die Wärmeübertrager für Lüftungs- und Klimaanlage in die folgenden Kategorien auf.

Kategorie	Bezeichnung	Rückwärmezahl	Feuchterückgewinnung
I	Plattenwärmeübertrager (Kreuzstrom)	50-85%	nein
	Plattenwärmeübertrager (Gegenstrom)	60-90%	nein
	Rohrbündelwärmeübertrager		nein
II	Kreislaufverbund-Wärmeübertrager	40-80%	nein
	Wärmerohr-Wärmeübertrager	35-70%	nein
III	Rotations-Wärmeübertrager 1. Sorption-WÜ mit hygroskopischer Speichermasse 2. Kondensations-WÜ ohne hygroskopischer Speichermasse	65-80%	ja

Tabelle 4: Übersicht verschiedener Wärmeübertrager (in Anlehnung an [18] Tafel 3.3.8-1 und [15])

Dem Artikel [11] wird in dem folgenden Diagramm der zukünftigen Energie an Kühlung prognostiziert. Dies bedeutet, dass die Nachfrage für Kühlung und Kühlsysteme steigt. Da Lüftungssysteme einen wesentlichen Kühlbedarf darstellen, muss bei einer Planung je nach Konzept hinterfragt werden, wie diese Kühlung umgesetzt werden kann. Dabei kann die Kälteerzeugung je nach Bedarf mit einer Absorptions- und Adsorptionskältemaschinen, Wärmepumpen oder Kompressionskältemaschinen erzeugt werden.



Abbildung 2: Jährlicher Kühlbedarf in der EU

3 Grundlagen

3.1 Festlegung der Anforderung an eine Lüftungsanlage

Bevor die Planung einer Lüftungsanlage beginnt, müssen zuerst die Nutzungsbereiche eines Gebäudes und die Aufgaben der Anlage bzw. Anlagen festgelegt werden.

3.1.1 Nutzungsbereich

Ein Gebäude kann, je nach Anforderung, in Nutzungsbereiche bzw. Raumgruppen wie z.B. Küche, WCs oder Aufenthaltsbereiche unterteilt werden. Die Nutzungsbereiche werden durch gemeinsame Anforderungen, wie z.B. hygienische Anforderungen und Betriebszeiten, sowie das Raumklima unterschieden.

Hygienische Anforderungen werden durch die VDI 6022 allgemein für Lüftungsanlagen vorgeschrieben. Für Großküchen gilt die VDI 2052. Diese gibt vor, dass Großküchen mit einer eigenständigen Lüftungsanlage geplant werden müssen. Zudem werden in hochsensiblen Bereichen wie z. B. in Krankenhäusern gesonderte Lüftungsanlage vorgesehen, um Verunreinigungen benachbarter Nutzungsbereiche zu vermeiden.

Bei unterschiedlichen Betriebszeiten, Anforderungen der Nutzungsbereiche und räumlicher Trennung kann es sinnvoll sein, die Lüftungsanlage auf mehrere einzelne Geräte aufzuteilen. Die Nutzungsbereiche werden somit separat von einander lufttechnisch betrieben.

Bei Müllräumen wird der Mindest-Luftwechsel vorgeschrieben, es gibt keinerlei Vorgaben an das Raumklima. Daher werden Müllräume grundsätzlich außerhalb der thermischen Gebäudehülle geplant und mit einem reinen Abluftventilator versehen.

Falls nur eine gemeinsame zentrale Lüftungsanlage für unterschiedliche Nutzungsbereiche geplant werden soll, können die unterschiedlichen Nutzungsbereiche mit einer Zonenregelung versehen werden. Dabei werden Luftbefeuchter, Heiz- und Kühlregister dezentral platziert. Das zentrale Lüftungsgerät wird in diesem Fall auf die Grundfunktionen reduziert. Das Raumklima wird durch die dezentralen Geräte bedarfsgerecht hergestellt.

3.1.2 Anforderungen an eine Lüftungsanlage

Die Anforderungen an eine Lüftungsanlage werden durch folgende Faktoren beschrieben:

1. Luftmengen / Luftwechsel
2. Anforderungen an die Hygiene
3. Schallschutz (zwischen Räumen oder die Lautstärke der Anlage)
4. Behaglichkeit (Luftqualität, Raumlufttemperatur, Luftfeuchte und Luftbewegung)
5. Größen bzw. Platzbedarf
6. Energieeffizienz
7. Kosten

3.2 Lüftungsarten und Lüftungssystem

Die Lüftungsanlagen unterscheiden sich in ihrer Funktion und werden in freie Lüftungssysteme, Be- und Entlüftungsanlagen, Lüftungsanlagen, Teilklimaanlagen und Klimaanlagen unterteilt. Die Lüftungssysteme können zentral und dezentral aufgebaut sein. Ein weiteres Kriterium ist die Art der Abluft- und Zuluft einbringung.

3.2.1 Allgemeine Grundlagen

Freie Lüftungssysteme sind zum Beispiel Schachtlüftungen ohne Ventilator und Fensterlüftung. Bei der freien Lüftung wird das Prinzip der natürlichen Konvektion durch vorhandene Dichteunterschiede der Luft genutzt. Zudem wird bei Querlüftung (Fensterlüftung) der Differenzdruck zwischen den verschiedenen Gebäudeaußenfläche ausgenutzt, um den Luftaustausch zu ermöglichen.

Be- und Entlüftungsanlagen sind ventilatorgestützte Anlagen, die keinerlei thermodynamische Luftbehandlungsfunktionen aufweisen. Sie werden, z. B. im Bereich der Kellerlüftung, Garagenlüftung eingesetzt. Auch im Wohnungsbau werden häufig reine Abluftanlagen nach DIN 18017-3 geplant.

Lüftungsanlagen sind raumluftechnische Anlagen die eine thermodynamische Luftbehandlungsfunktion haben. Zu diesen gehören das Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten.

Teilklimaanlagen weisen zwei bis drei thermodynamische Luftbehandlungsfunktionen auf.

Klimaanlagen sind raumluftechnische Anlagen die alle 4 thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen aufweisen.

Zentrale und dezentrale Anlagen unterscheiden sich in der räumlichen Aufstellung und Anzahl der Anlagen. Eine zentrale Anlage wird an einem Standort aufgestellt und durch das Kanalnetz mit den einzelnen Räumen verbunden. Zentrale Anlagensysteme sind größere Lüftungsgeräte, da die Summe aller Volumenströme mit einem Ventilator bewegt werden müssen. Dezentrale Anlagen sind kleinere Geräte, die in den einzelnen Räumen aufgestellt werden. Sie können mit jeweils einem zusammengeführten Kanalnetz oder einzelnen Kanälen aufgestellt werden.

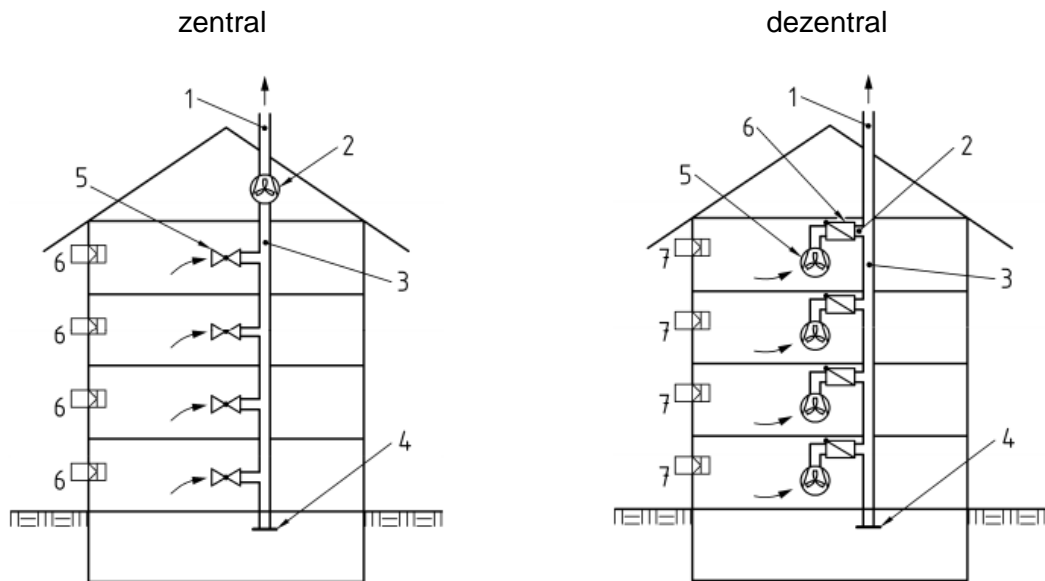


Abbildung 3: Schematische Darstellung zentraler und dezentraler Abluftventilatoren[1]

Die Zuluft und Abluft kann in einem Raum realisiert werden oder die Räume werden in einzelne Zuluft- und Ablufträume aufgeteilt, die mittels einer Überströmung ein geschlossenes System (Raumluftverbund) darstellen. Der Vorteil der Bildung von Zuluft- und Ablufträumen liegt darin, dass der Gesamtluftvolumenstrom reduziert wird. Dies bedeutet, dass die Anlagenkomponenten kleiner werden und die Kosten der Anlage und die Betriebskosten sinken.



Abbildung 4: Raum mit Zu- und Abluftversorgung

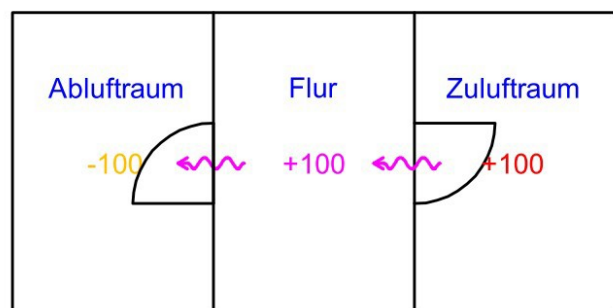


Abbildung 5: Zuluft- und Abluftraum mit Überströmung (Raumluftverbund)

Bei einer Aufteilung von Zuluft- und Ablufträumen muss darauf geachtet werden, welche Räume als Zuluftträume geplant werden. In Räumen, in denen Gerüche oder Feuchtigkeit z. B. aus WCs und Küchen entstehen, können diese durch die Überströmung in andere Räume gelangen. Nach DIN 1946-6 gehören WCs, Bäder, Küchen, Lager, Abstellräume und Putzmittelräume zu den Ablufträumen.

3.3 Thermodynamische Luftbehandlungsfunktionen

Die thermodynamischen Luftbehandlungsfunktionen werden in die folgenden 4 Funktionen [16] unterteilt. Durch die Luftbehandlungsfunktionen soll das gewünschte Raumklima hergestellt werden. Für Aufenthaltsräume wird nach DIN EN ISO 7730:2003-10 das folgende Behaglichkeitsfeld in einem h,x-Diagramm nach Mollier definiert.

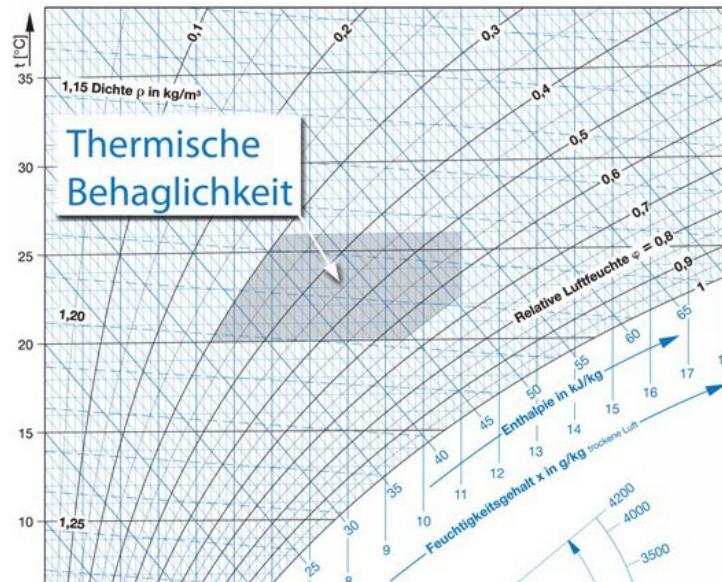


Abbildung 6: Mollier h,x-Diagramm mit Behaglichkeitsfeld (in Anlehnung an [3])

Das oben dargestellte Behaglichkeitsfeld bezieht sich auf die Raumluftzustände für Aufenthaltsräume, in denen sich Personen aufhalten. Die Grenzwerte für die Temperatur liegen bei 20°C und 26°C und für die relative Luftfeuchtigkeit bei 30% und 65%. Die Anforderungen für Messtechnik-, Labor- und Produktionsräume können davon abweichen. Hier sind die Anlagen nach den spezifischen Anforderungen der Raumtemperatur und der Luftfeuchtigkeit auszulegen. Diese Anlagen sind meist aufwändiger zu planen, da die Anforderung meist kleinere Temperatur- und Feuchtigkeitsabweichungen zulassen.

Heizen

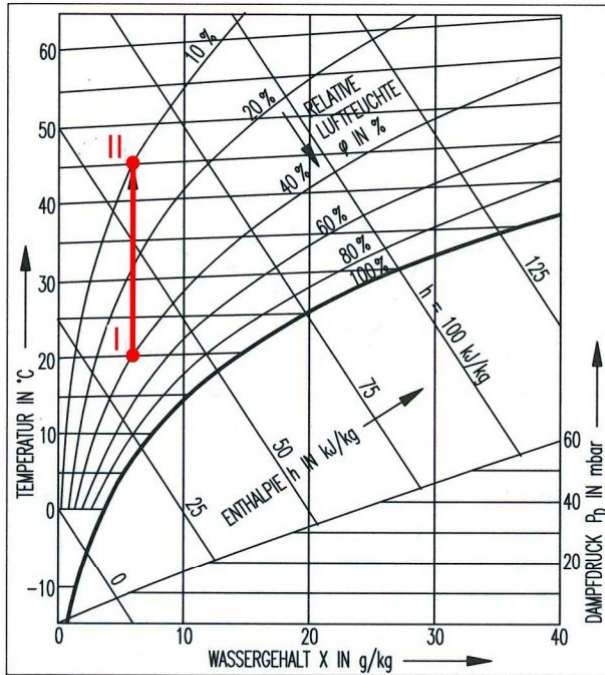


Abbildung 7: Lufterwärmung im hx-Diagramm (in Anlehnung an[16])

Im Heizregister wird die Luft von Zustand I zu Zustand II erwärmt. Die Zustandsänderung erfolgt senkrecht, da sich die absolute Luftfeuchte bzw. der Wassergehalt dabei nicht ändert.

Kühlen (trocken)

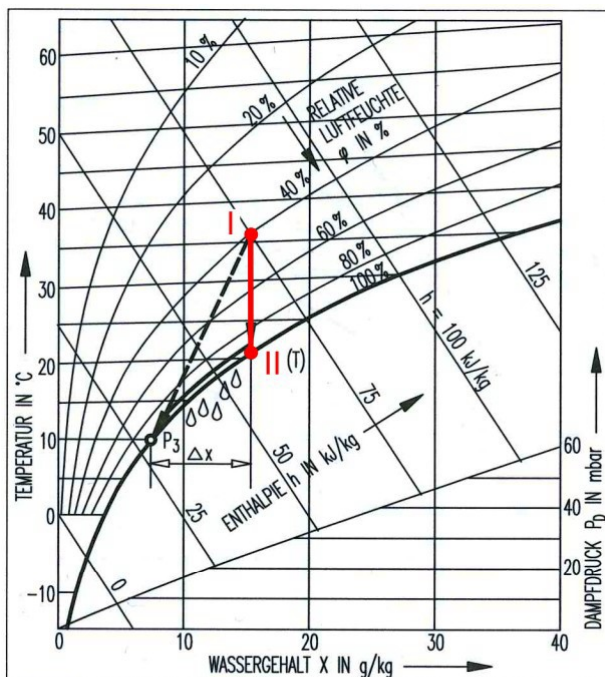


Abbildung 8: Luftkühlung im hx-Diagramm (in Anlehnung an [16])

Ein Kühlregister funktioniert umgekehrt zu einem Heizregister. Die Luft wird von Zustand I zu Zustand II abgekühlt. Die Zustandsänderung verläuft im hx-Diagramm senkrecht nach unten. Die absolute Feuchte ändert sich dabei nicht.

Befeuchten

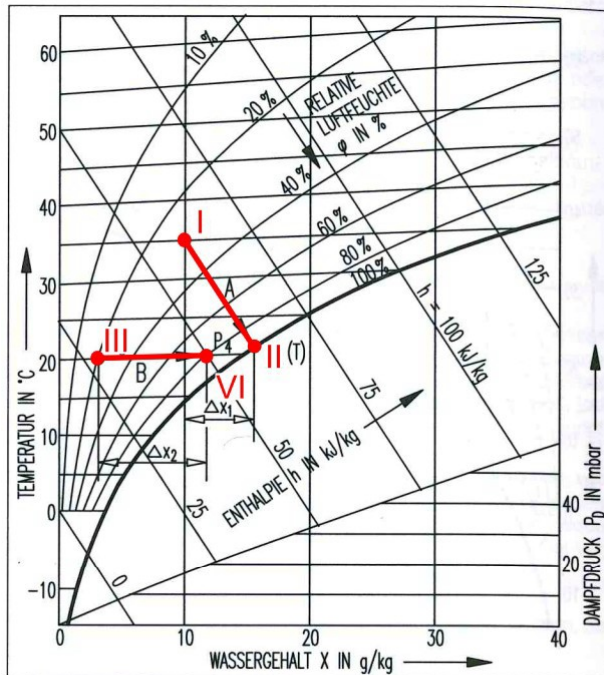


Abbildung 9: Luftbefeuchtung im hx-Diagramm (in Anlehnung an [16])

1. Im Fall A wird die Zustandsänderung eines Sprühbefeuchters dargestellt. Die Zustandsänderung verläuft von Zustand I zu Zustand II nahezu parallel zur Enthalpie, da der Luftbefeuchter keine Heiz- bzw. Kühlfunktion besitzt, bezeichnet man diese Zustandsänderung als adiabate Kühlung.

2. Im Fall B wird die Zustandsänderung eines Dampf- befeuchters von III zu IV beschrieben, dabei wird der Luft Dampf mit einer Temperatur von ca. +100 °C zugeführt. Die Befeuchtung verläuft dabei annähernd isotherm.

Entfeuchten

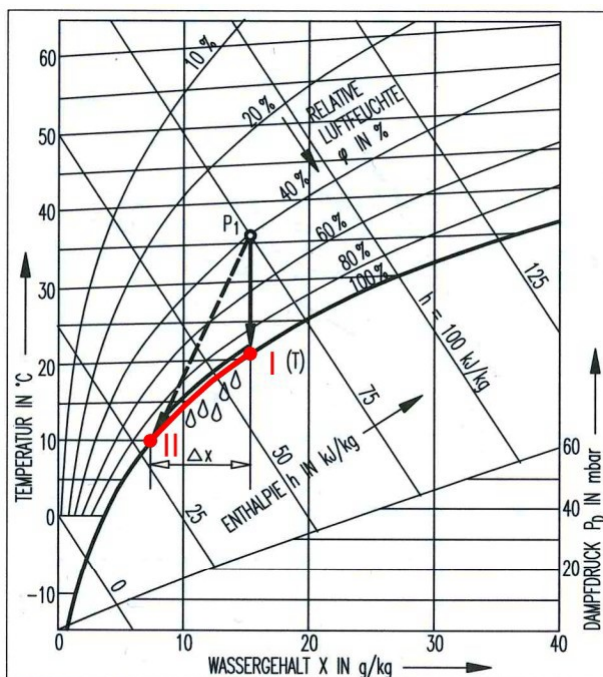


Abbildung 10: Luftentfeuchtung im hx-Diagramm (in Anlehnung an [16][8])

Die Entfeuchtung wird mit einem Kühlregister erzeugt.

Der Unterschied zur normalen Kühlung liegt darin, dass während der Kühlung die Taupunktlinie unterschritten wird. Daher verläuft die Zustandsänderung von Zustand I zu Zustand II auf der Taupunktlinie. Durch die Kondensation von Wasser ändert sich die absolute Feuchte.

3.4 Komponenten einer Lüftungsanlage

In Kapitel 3.3 wurden die Anlagenfunktionen zur Luftbehandlung beschrieben. Die Luftbehandlungsfunktionen erfolgen durch Heiz- und Kühlregister und Luftbefeuchter. Für eine Lüftungsanlage werden weitere Bauteile benötigt.

Diese Bauteile dienen zur Aufbereitung, Konditionierung und Bewegung der Luft. Weitere Bauteile werden für den hydraulischen Abgleich, die Effizienzsteigerung der Anlage und zum Erreichen der Schutzziele, wie z. B. Schallschutz, Hygiene und Brandschutz benötigt.

Je nach Lüftungskonzept können bestimmte Lüftungsbauteile für die Überströmung der Luft benötigt werden.

Ventilator

Der Ventilator wird zur Luftförderung benötigt. Für eine Lüftungsanlage mit Zu- und Abluft werden zwei Ventilatoren benötigt. Die Ventilatoren werden nach dem Druckverlust des Kanalnetzes und aller Komponenten ausgelegt.

Plattenwärmetauscher

Der Plattenwärmetauscher dient zur Wärmerückgewinnung (WRG) und wird am Anfang einer Lüftungsanlage positioniert. Der Wärmetauscher tauscht dabei die Wärme (Kälte) zwischen der Fortluft und der Außenluft aus.

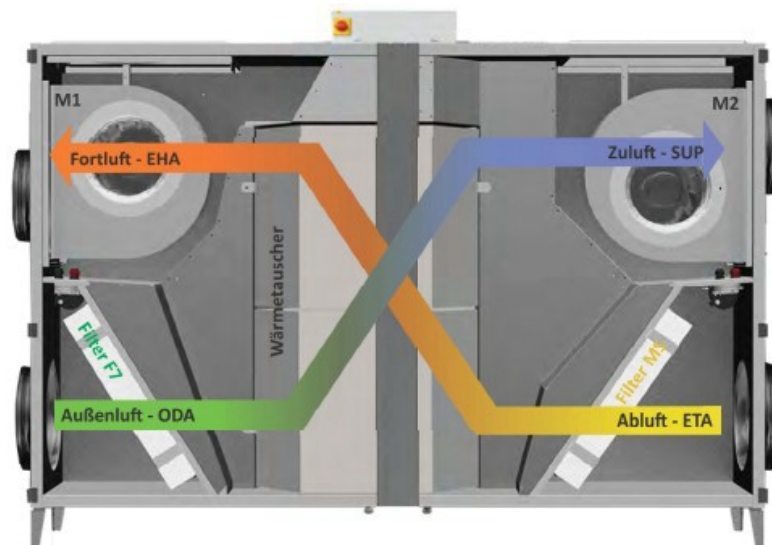


Abbildung 11: Kreuzwärmetauscher von einem Vallox Vario Gerät [6]

Des weiteren können Kreislaufverbundsystem als Wärmetauscher eingesetzt werden.

Überströmelemente

Überströmelemente gibt es in verschiedenen Formen. Dabei ist darauf zu achten, ob es bestimmte Anforderungen zwischen den benachbarten Bereichen bzw. Räumen gibt.

Die Überströmelemente werden meistens mit einem maximalen Druckverlust von 8 Pa ausgelegt.

Für eine reine Abluftanlage nach DIN 18017-3 zum Beispiel werden Nachströmöffnungen in der Fassade für die Außenluft benötigt, diese können z. B. mit Schallabsorber-Modulen versehen werden. Die Nachströmöffnungen können als Außenwand-Luftdurchlässe (ALDs) oder als Fensterfalz-Lüfter ausgebildet werden.

Innerhalb eines Gebäudes gibt es andere Bauteile, die als Überströmelemente verwendet werden. Wenn für das Überströmelement keine Anforderung existiert, kann ein Türunterschnitt als einfache Lösung verwendet werden.

Bei Brandschutzanforderungen können z. B. Strulik-Bausteine verwendet werden. Diese quellen im Brandfall zu und schließen somit die freien Querschnitt, ebenfalls kann eine Brandschutzklappe als Überströmöffnung dienen.

Bei Schallschutzanforderungen werden schallabsorbierende Lüftungsventile verwendet.



Abbildung 12: Strulikbaustein



Abbildung 13: Lindab Nachströmventil

Zu- und Abluftdurchlässe

Luftdurchlässe sind Öffnungen, durch die Abluft in das Kanalnetz eintritt bzw. die Zuluft aus dem Kanalnetz austritt.

Drosselklappe

Eine Drosselklappe wird zum hydraulischen Abgleich eines Kanalnetzes verwendet.

Telefonie-Schalldämpfer

Das Einbauen von Telefonie-Schalldämpfer soll die Schallübertragung zwischen zwei Räumen verhindern.

Filter

Filter werden durch hygienische Anforderungen und zum Schutz der Anlagen eingesetzt. Die Filter werden dabei in Filterklassen je nach Abscheidegrad unterteilt. Für ein Standardgebäude, wie einer Kita, werden Grobstaubfilter mit einer Partikelgröße von bis zu 10 µm vorgesehen. Die Einteilung der Grobstaubfilter erfolgt nach DIN EN 779.

Sind höhere Anforderungen an die Anlage gestellt, können Medium- und Feinstaubfilter oder Schwebstofffilter eingesetzt werden.

Brandschutzklappen

Brandschutzklappen (BSK) werden je nach Brandschutzvorgaben in das Lüftungssystem eingeplant, dabei soll ein Brandüberschlag zwischen zwei Brandabschnitten verhindert werden.

Beispiel

Durch einen Kanalabschnitt werden $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einer Luftgeschwindigkeit von 5 m/s gefördert. Damit ergibt sich ein $28\text{cm} \times 20\text{cm}$ Kanal bzw. DN 280 Wickelfalzrohr (Standardmaß Firma Lindab GmbH).



Abbildung 16: Ausschnitt Einstellung zur Kanalabschnittsauslegung

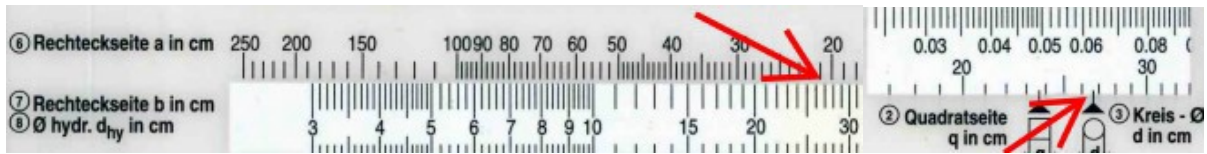


Abbildung 17: Ausschnitte Kanalgröße

3.6 Absorptionskältemaschine

In der folgenden schematischen Darstellung wird der Aufbau einer Absorptionskältemaschine und die Stoffkreisläufe veranschaulicht. Der Aufbau gilt für eine einstufige Absorptionskältemaschine mit dem Stoffpaar Wasser / Lithiumbromid ($H_2O/LiBr$). Dabei wird Wasser als Kältemittel verwendet. In einem geschlossenen und kontinuierlichen Kreisprozess kann mit einer solchen Absorptionskältemaschine Kälte erzeugt werden. Der Kondensator und der Absorber können dabei über einen gemeinsamen Rückkühlwasserkreislauf gekühlt werden.

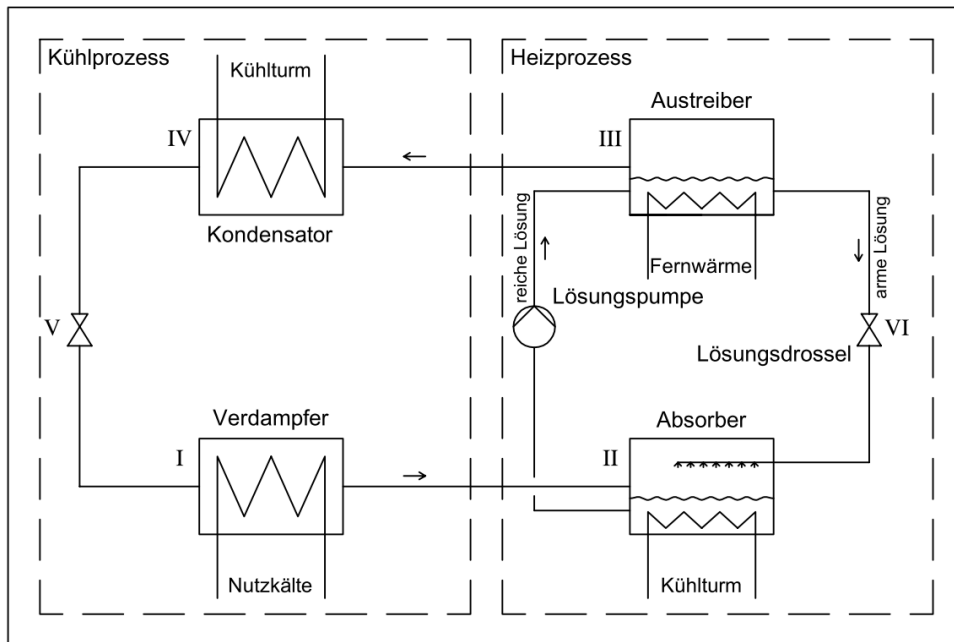


Abbildung 18: Schematische Darstellung (in Anlehnung an [5][17])

- I. Im nahezu evakuierten Behälter wird Wasser verdampft. Die erforderliche Verdampfungswärme wird aus dem Kühlkreislauf entzogen. Dabei wird Nutzkälte in einem Kaltwasserkreislauf z. B. der RLT-Anlage zur Verfügung gestellt.
- II. Damit der Sättigungsdruck im Verdampfer nicht erreicht wird, wird im Absorber der Kältemitteldampf entzogen. Hierzu wird sich die Eigenschaft einer armen LiBr-Lösung zu Nutze gemacht. Die arme LiBr-Lösung absorbiert den Kältemitteldampf. Um die Aufnahmefähigkeit zu steigern, wird mit einem Kühlkreislauf die beim Verflüssigen und Lösen entstehende Wärme abgeführt.
- III. Die reiche LiBr-Lösung wird über eine Pumpe in den Austreiber geführt. Im Austreiber wird die reiche Lösung bis zur Prozesstemperatur erwärmt und das Kältemittel ausgetrieben. Zur Beheizung kann Fernwärme, Solarwärme oder Prozesswärme verwendet werden.
- IV. Das ausgetriebene Kältemittel wird über den Kondensator verflüssigt. Die Rückkühlung kann dabei über einen Kühlturm erfolgen.
- V. Um das Kältemittel in den Ausgangszustand zurückzubringen, wird das Kältemittel über ein Expansionsorgan entspannt.
- VI. Parallel zur V. wird die arme Lösung ebenfalls über ein Expansionsorgan in den Ausgangszustand zurückgeführt.

3.7 Kühlkonzepte

Neben der Kühlleistung für die Außenluft muss die Kühllast berücksichtigt werden, die durch innere und äußere Wärmequellen anfällt. Zu den inneren Wärmequellen gehören Personen, EDV und Beleuchtung und zu den äußeren Wärmequellen Sonneneinstrahlung und Transmissionswärme aus der Umgebung. Es gibt zwei Möglichkeiten einen Raum zusätzlich zu kühlen, entweder durch Konditionierung der Außenluft, in dem ein 8-10fachen Luftwechsel vorgesehen wird, oder es werden zusätzliche Kühlgeräte in einem Raum aufgestellt.

Für die Aufstellung zusätzlicher Kühlgeräte ist der Faktor Raumlage (Himmelsrichtungen) wichtig. Südlich ausgerichtete Räume haben den größten Eintrag durch Sonneneinstrahlung während die sich im Norden befindlichen Räume die wenigste Sonneneinstrahlung haben. Die dadurch entstehenden unterschiedlichen Raumklimata führen zu Zonenregelungen. Eine Zone kann ein Raum sein oder einer ganzen Raumgruppe entsprechen.

Als Kühlgerät können Gebläsekonvektoren (Fan Coils) bzw. Umluftkühlgeräte verwendet werden, die die Raumluft zusätzlich bewegen und die durchströmende Luft kühlen. Jedoch werden diese weniger bevorzugt, da die beweglichen Teile innerhalb dieser Kühlgeräte eine zusätzliche Geräusentwicklung verursachen.

Bei der Verwendung von Kühldecken können zwar die Geräusche vermieden werden, allerdings ist die Montage aufwändiger und die Anschaffungskosten weit höher. Ebenfalls ist eine Koordinierung der Deckenbeleuchtung etc. und den Kühlschleifen in der Abhangdecke notwendig.

Betonkernaktivierung kann im Sommer als Kühlung verwendet werden. Der Nachteil einer Betonkernaktivierung liegt darin, dass die Kühlung im Raum nicht geregelt werden kann bzw. die Regelung dieser Kühlung sehr träge ist. Der Taupunkt darf bei dieser Kühlung nicht unterschritten werden, da dadurch eine Kondensation an den Betonbauteilen auftreten kann, somit kann eine Betonkernaktivierung nur eine Grundlast abdecken. Eine gleichmäßige Kühlung ist nur gewährleistet, wenn alle Wände aus Beton bestehen.

Die Steuerung der dezentralen Kühlungssysteme erfolgt über Raumthermostate, diese müssen an geeigneter Stelle im Raum positioniert werden.

Schulen und Kitas werden oft aus Kostengründen häufig ohne den Komfort von Kühlsystemen geplant. Wenn auf die zusätzliche Kühlung verzichtet wird, muss der Nachweis des sommerlichen Wärmeschutzes erfolgen, der im Rahmen des EnEV-Nachweises auf Grundlage der DIN 4108-2:2013-02 Punkte 8 geführt wird.

Die Umsetzung des sommerlichen Wärmeschutzes erfolgt durch die Vorgaben des EnEV-Nachweises. In der Kita erhalten die Fenster der Nordost- und Nordwest-ausgerichteten Fassade eine Wärmeschutzverglasung und die Südost- und Süd-westausgerichteten Fenster eine Sonnenschutzverglasung. Alle Fenster können zusätzlich durch einen außenliegenden Sonnenschutz verschattet werden. Im folgenden Grundriss wird der geplante außenliegende Sonnenschutz dargestellt:

3.8 Befeuchtungskonzepte

Die Befeuchtung wird für ein optimales Raumklima benötigt. Dabei wird die Befeuchtung zur Konditionierung der Außenluft und für den Komfort geplant. Für die Konditionierung der Außenluft wird eine zentrale Befeuchtung im Lüftungsgerät platziert. Bei größeren Lüftungsanlage (z. B. Großraumbüros), Produktionshallen oder Räumen mit besonderem Anspruch an die Luftfeuchtigkeit (z.B. Messräume) kann zusätzlich eine dezentrale Befeuchtung erfolgen. Die Befeuchtung wird in diesem Fall separat in den Zuluftkanal der Zone (Raum, Gebäudeteil) eingebunden.

Es gibt vier verschiedene Verfahren die Luft zu befeuchten, dazu gehören Dampf-, Sprüh-, Riesel- und Ultraschall-Befeuchter. Die letzten drei sind aus hygienischer Sicht bedenklich, da bei der Einbringung von Wasser in die Luft Aerosole entstehen. Über Aerosole werden Legionellen transportiert und mit der Luft im Gebäude verteilt. Legionellen befallen beim Einatmen des Aerosols die Lungen und führen zu Legionellose. Daher wird besonderen Wert auf die Aufbereitung des Wassers gelegt. Die Aufbereitung ist bei Sprüh-, Riesel- und Ultraschall ist dabei sehr kompliziert und ebenfalls wird ein größere Menge an Wasser benötigt. Dampf-befeuchter haben den Vorteil, dass Dampf erzeugt und in die Luft gedampft wird. Durch die hohe Temperatur des Dampfes werden die Legionellen abgetötet.

Für eine dezentrale Befeuchtung müssen weitere Technikflächen vorgesehen werden, da z. B. der Dampf-befeuchter einen zusätzlichen Dampferzeuger benötigt. Der Dampf-befeuchter ist eine Dampfpflanze die im Lüftungskanal platziert wird.

4 Projektvorgaben

4.1 Vorgaben an die Lüftungsanlagen

Im Folgenden werden die Vorgaben für das Raumklima und die Anlagenanforderungen des Bauherren für die Kindertagesstätte aufgeführt.

Der Berechnung der Anlage sind die DWD-Wetterdaten zu Grunde zulegen, für die Außenlufttemperatur gilt für den Bereich Hamburg -12°C. Die Lüftungsanlage soll nicht zur Erwärmung des Raumes beitragen. Die Anlage soll lediglich die Luft erneuern und die Außenluft auf ein gewünschtes Temperaturniveau vorkonditionieren. Die Beheizung der Räume erfolgt über eine Fußbodenheizung.

Die Lüftungsanlage soll mit einer Wärmerückgewinnung (WRG) versehen werden.

Für die Lüftung soll eine Zulufttemperatur von mindestens 18°C vorgesehen werden, da in den Aufenthaltsräumen eine Temperatur von 22°C und für Wickelräume und Waschräume 24°C geplant werden soll, ist die Zulufttemperatur anzupassen, damit die Temperaturdifferenz nicht 4 K übersteigt.

Für die Kita soll keine gesonderte Kühlung vorgesehen werden. Es wird lediglich eine Konditionierung der Außenluft geplant.

Die Luftwechselrate für die einzelnen Räume sollen aus dem Raumbuch übernommen werden. In der folgenden Tabelle sind die Luftwechselraten der einzelnen Räume eingetragen.

Luftwechselrate	Räume
keinen bzw. Fensterlüftung	Wind, Elterntreff
2,5-fach	Flur, Krippe, Krippenruheraum, Atelier, Lernwerkstatt, Rollenspielraum, Büro, WC-Elementar, WC-Hort, WC-Personal, WC-Gäste, Bauraum, Karrenraum / Kinderwagen, Putzmittel / Lager, Technikraum, Werken, Therapie, Multifunktion & Essen, Teeküche
4-fach	WC-Krippe, Bewegungsraum
5-fach	Garderobe, Wasserspielraum

Tabelle 5: Übersicht aller Räume und Luftwechselraten

Weitere Anforderungen an die Lüftungsanlage bestehen nicht, da der Primärenergiefaktor durch die Fernwärmeversorgung im EnEV-Nachweis als ausreichend bewertet wurde.

4.2 Nutzungsbereiche der Kita

In den folgenden beiden Grundrissen werden die Nutzungsbereiche der Kita unterteilt.

1. **Küchenbereich** (Lüftungsanlage nach VDI 2052)
2. **Gastraubereich** (Fensterlüftung + 60m³/h Infiltration)
3. **Technikbereich** (Fortluftventilator mit Thermostatregler und Außenluftnachströmung über Fassadenöffnung)
4. **Kitabereich** (Lüftungsanlage nach Nutzervorgaben)



Abbildung 20: Nutzungsbereiche Erdgeschoss

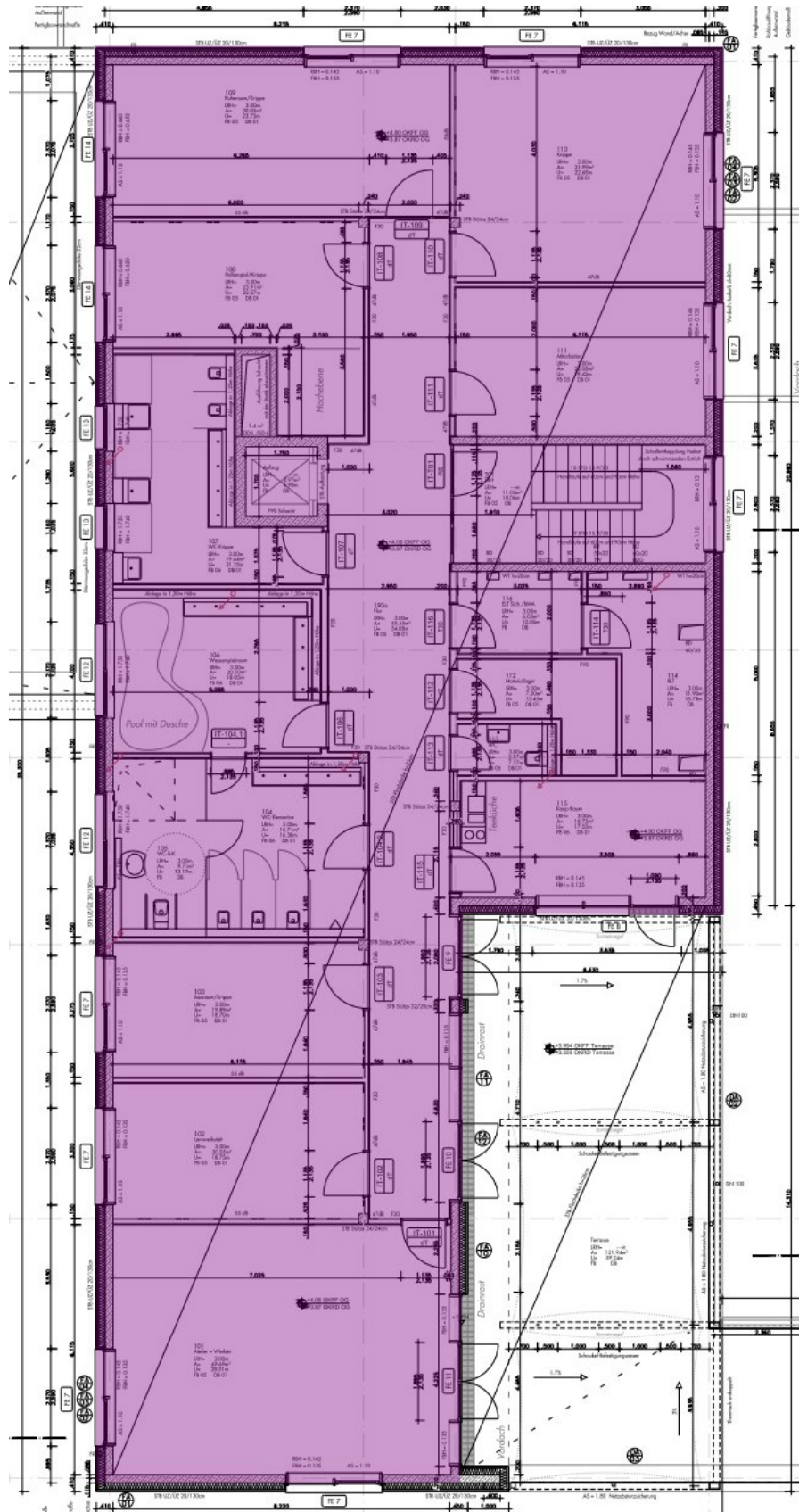


Abbildung 21: Nutzungsbereiche 1.Obergeschoss

5 Planung und Auslegung der Lüftungsanlage

5.1 Lüftungsanlage Kitabereich

5.1.1 Berechnung der Luftbilanz

Beispielrechnung

Anhand des Krippenraumes 110 wird beispielhaft die Erstellung der Luftbilanz dargestellt (vollständige Luftbilanz siehe Anhang A).

Um den benötigten Luftvolumenstrom zu ermitteln, wird das Raumvolumen bestimmt und mit dem Luftwechsel multipliziert.

Fläche	Raumhöhe	Raumvolumen	Vorgabe Luftwechsel	berechneter Luftvolumenstrom
m ²	m	m ³	-fach	m ³ /h
29,70	3,00	89,10	2,5	223

Tabelle 6: Beispiel Aufstellung der Luftbilanz

Plausibilität der Luftbilanz

Um die Vorgaben des Bauherrn an die Luftwechselrate bewerten zu können, kann über die Personenanzahl ein Vergleichswert ermittelt werden. Dabei werden die Kinder- und Betreueranzahl nach der Richtlinie für Hamburger Kitas [13] bestimmt.

Für ein Kind soll eine Fläche von 3,3 m² zur Verfügung stehen. Bei einer Fläche von 32 m² können 9 Kinder untergebracht werden. Der Betreuerschlüssel liegt bei 1:7,6, das ergibt 2 Betreuer. Die Gesamtpersonenanzahl beträgt für einen Raum dieser Fläche somit 11 Personen.

Bei einem Luftvolumenstrom von 25 m³ pro Person nach DIN EN 15252 ergibt sich ein gesamter Luftvolumenstrom von 275 m³/h. Der berechnete Luftvolumenstrom von 223 m³/h entspricht ca. 81,1% des Vergleichswertes der DIN EN 15252. Die Vorgabe des Bauherrn liegt unter diesem Normwert. Damit eine ausreichende Lüftung gewährleistet werden kann, kann die Differenz bei Bedarf über manuelle Fensterlüftung ausgeglichen werden.

Gesamte Luftbilanz

Für das Gebäude wird ein Gesamtvolumenstrom von 6.369 m³/h berechnet. Um den Luftvolumenstrom zu reduzieren und die Kosten der Anlagenkomponenten zu senken wurden im Erdgeschoss und im 1.Obergeschoss einzelne Räume in einem Raumlufverbund zusammengefasst. Räume die besondere Anforderungen haben, werden mit Zuluft und Abluft separat versorgt, wie z. B. der Therapieraum im Erdgeschoss.

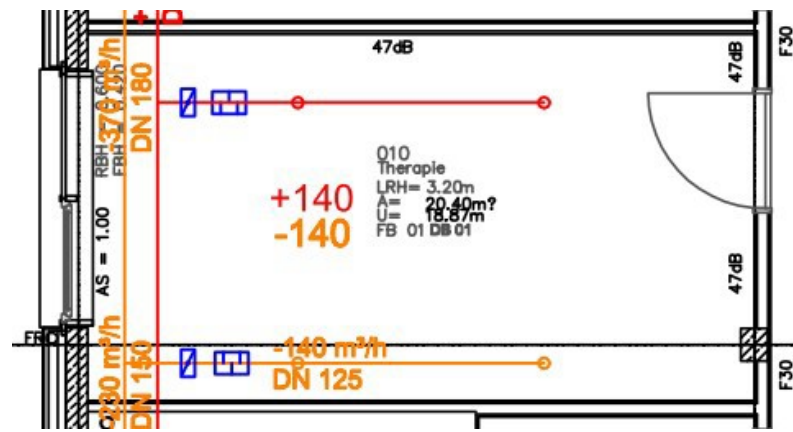


Abbildung 22: Ausschnitt aus dem Lüftungsgrundriss (Therapieraum)

Durch den Raumlufverbund wird der Luftvolumenstrom um ca. 54% auf 3470 m³/h reduziert. Dies hat zur Folge das Kanalnetz, sämtliche Anlagenkomponenten kleiner ausgelegt werden können. Zudem reduzieren sich Heiz- und Kühlleistung der Lüftungsanlage.

5.1.2 Aufbau des Kanalnetzes

Die Belüftung der einzelnen Räume erfolgt über ein Kanalnetz, welches unterhalb der Geschossdecke umgesetzt wird. In Gebäuden mit Hohlraumboden wäre eine Kanalführung auch über den Rohfußboden möglich.

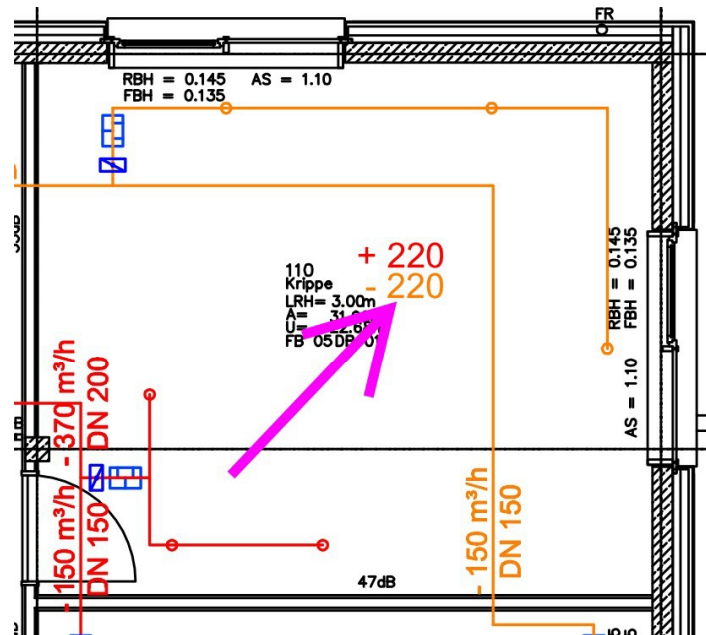


Abbildung 23: Ausschnitt aus der Lüftungsplanung

Bei der Positionierung der Zuluft- und Abluftdurchlässe ist die Durchströmung des Raumes zu beachten. Durch die gegenüberliegende Anordnung (siehe Abbildung 23) der Durchlässe kann eine Querströmung in einem Raum stattfinden, damit ein optimaler Luftaustausch stattfinden kann. Wenn Durchlässe oder Überströmöffnungen zu dicht aneinander geplant werden, kann ein Kurzschluss die Folge sein. Dieser verhindert eine optimale Durchströmung der Raumes. In dem oben dargestellten Ausschnitt sind die Abluftdurchlässe (orange) an der Außenfassade geplant. Die Abluftdurchlässe sollen die aufsteigende warme Luft, die durch die Transmissionswärme und der Sonneneinstrahlung an der Fassade erwärmt wird, absaugen.

Im Anhang B sind das gesamte geplante Lüftungskanalnetz angehängt.

5.1.3 Aufbau und Auslegung des Lüftungsgerätes

In der folgenden Abbildung wird der Aufbau des Lüftungsgerätes im Technikraum dargestellt.

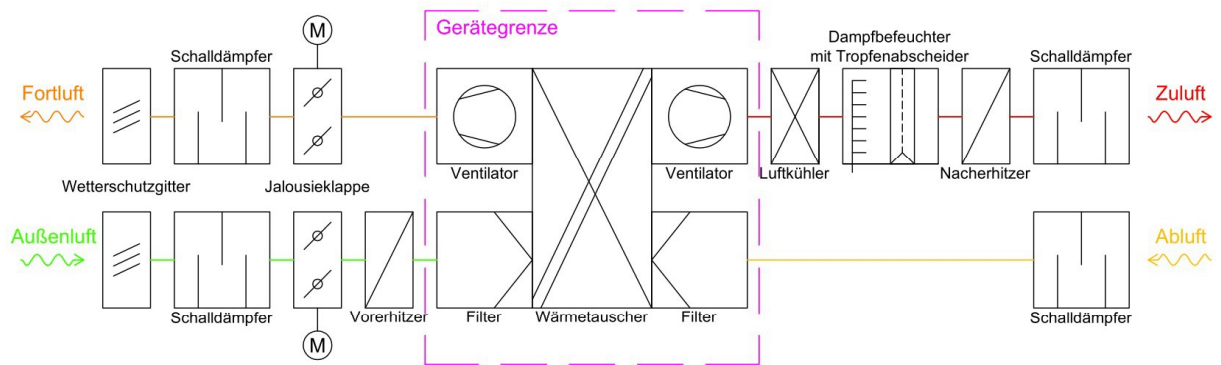


Abbildung 24: Schematische Darstellung des Lüftungsgerätes

Zur Auslegung des Lüftungsgerätes werden der Winterfall und der Sommerfall jeweils separat voneinander betrachtet, da sich die Außenluftzustände unterscheiden. Je nach Jahreszeit werden einzelne Anlagenkomponenten nicht benötigt.

Winterfall

Im Winterfall wird die Anlage mit einer Außentemperatur von $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 70% ausgelegt, häufig kurz „-12/70“ genannt. Diese Werte gelten für den Bereich Hamburg, je nach örtlicher Lage müssen die Werte angepasst werden.

Bei der Auslegung der Anlage stellt sich folgender Verlauf im Mollier h,x-Diagrammes ein, dabei werden die einzelnen Luftbehandlungsschritte veranschaulicht.

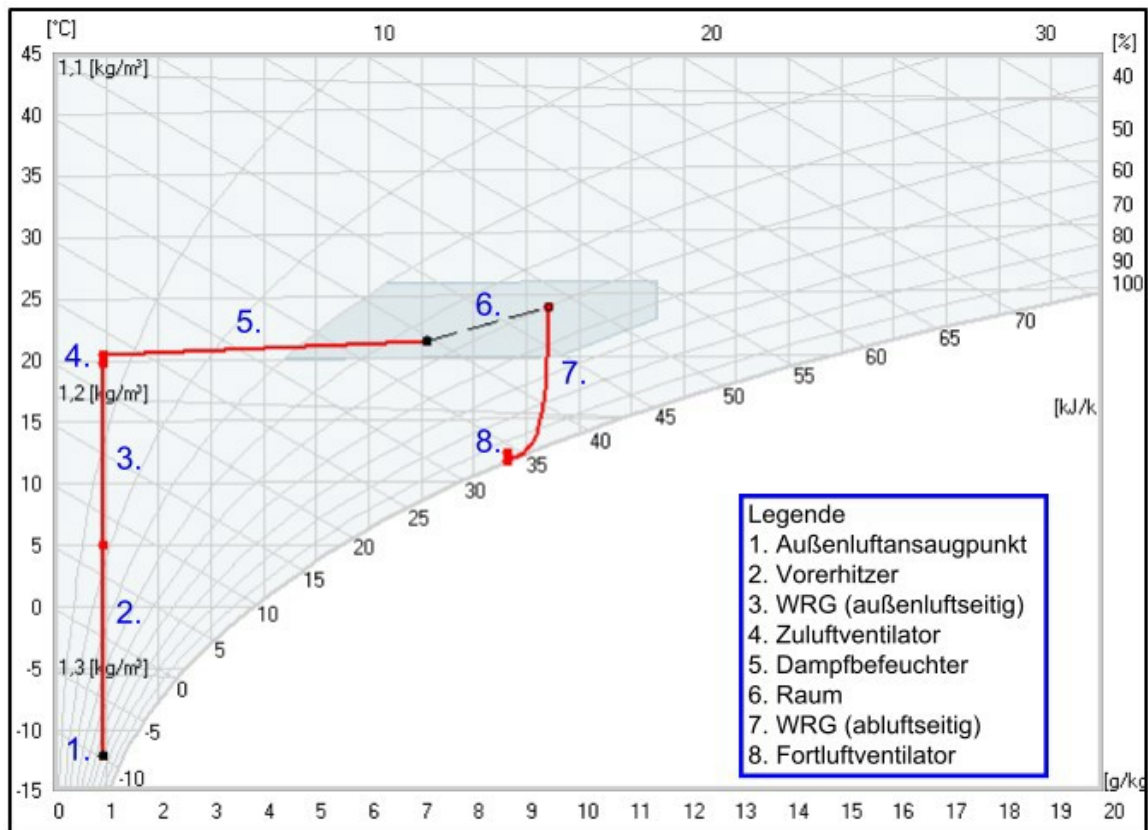


Abbildung 25: Mollier hx-Diagramm für den Winterfall

Die Außenluft -12/70 wird zuerst vom Vorerhitzer auf $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ erwärmt. Der Vorerhitzer dient als Frostschutzsicherung der Anlage, da durch Taupunktunterschreitung die Abluft im WRG gefrieren könnte. Im WRG 3. wird die Außenluft durch Wärmeaustausch auf $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ weiter erhitzt. Der Verlauf bei 4. wird die Luft durch den Ventilator gefördert, dabei wird die Temperatur um ca. 1 K angehoben, dies gilt ebenfalls für den Fortluftventilator. Bei 5. wird die Luft über einen Dampfbefeuchter befeuchtet, dabei wird Dampf bei ca. $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ in den Luftkanal eingebracht. Punkt 6 beschreibt die Luftmischung und den Temperaturanstieg der im Raum/Gebäude stattfinden. Die Auslegung der zulässigen Abluftwerte sollten dabei nicht den Grenzwerten des Behaglichkeitsfeldes entsprechen, da somit keinerlei Reserve vorhanden ist, falls z.B. ein zusätzlicher Wärmeeintrag in die Räume erfolgt.

Punkt 7 und 8 beschreiben die Ab- und Fortluftseite der Anlage. Dabei wird zur Wärmerückgewinnung die Abluft über die WRG gefördert und schließlich ins Freie ausgeblasen.

In der folgenden Tabelle sind die Luftzustände und die Änderung (hier Differenz) der Luftzustände zusammengestellt. Aus den Änderungen der Luftzustände können die Anlagenleistungen der Anlagenkomponenten abgelesen werden.

Nr	Prozess	Luftzustand					Prozessstrom			Kost.	Differenzen					Bezeichnung
		t [°C]	x [g/kg]	phi [%]	h [kJ/kg]	rho [kg/m³]	fm [%]	V [m³/h]	m [kg/h]	[€/h]	dt [K]	dx [g/kg]	dh [kJ/kg]	dQ [kW]	dm [kg/h]	
1	Pkt	-12,0	0,9	69,6	-9,7	1,333	1,000	3086	4112	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2	Klp	-12,0	0,9	69,6	-9,7	1,333	1,000	3086	4112	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	Erw	5,0	0,9	17,3	7,4	1,251	1,000	3287	4112	0,98	17,0	0,0	17,1	19,6	0,0	Vorerhitzer
4	Fit	5,0	0,9	17,3	7,4	1,251	1,000	3287	4112	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	WRG	19,8	0,9	6,5	22,3	1,188	1,000	3462	4112	-0,85	14,8	0,0	14,9	17,1	0,0	Wärmeübertrager
6		11,7	8,6	100,0	33,5	1,216	1,000	3462	4210	0,00	-12,3	-0,8	-14,6	-17,1	-3,3	
7	Venti	20,5	0,9	6,3	23,0	1,185	1,000	3470	4112	0,10	0,7	0,0	0,7	0,8	0,0	Zuluftventilator
8	tKühl	20,5	0,9	6,3	23,0	1,185	1,000	3469	4112	0,00	-0,0	0,0	-0,0	-0,1	0,0	
9	dBef	21,3	7,1	44,6	39,5	1,177	1,000	3492	4112	1,07	0,8	6,2	16,5	18,9	25,4	Dampfbefeuchter
10	Erw	21,3	7,1	44,6	39,5	1,177	1,000	3492	4112	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	Raum	24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3529	4112	0,00	2,7	2,3	8,6	9,9	9,5	Raumabluft
12	Fit	24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3613	4210	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	Venti	12,3	8,6	95,7	34,2	1,213	1,000	3470	4210	0,10	0,7	0,0	0,7	0,8	0,0	Zuluftventilator
14	Klp	12,3	8,6	95,7	34,2	1,213	1,000	3470	4210	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Tabelle 7: Prozessdaten im Winterfall

Sommerfall

Um die Auslegungstemperatur zu bestimmen, wurden die Wetterdaten vom Sommer 2014-2017 im folgenden Diagramm festgehalten. Für den Begriff „Sommer“ wird ein Messbereich vom 21. Juni bis zum 23. September angesetzt.

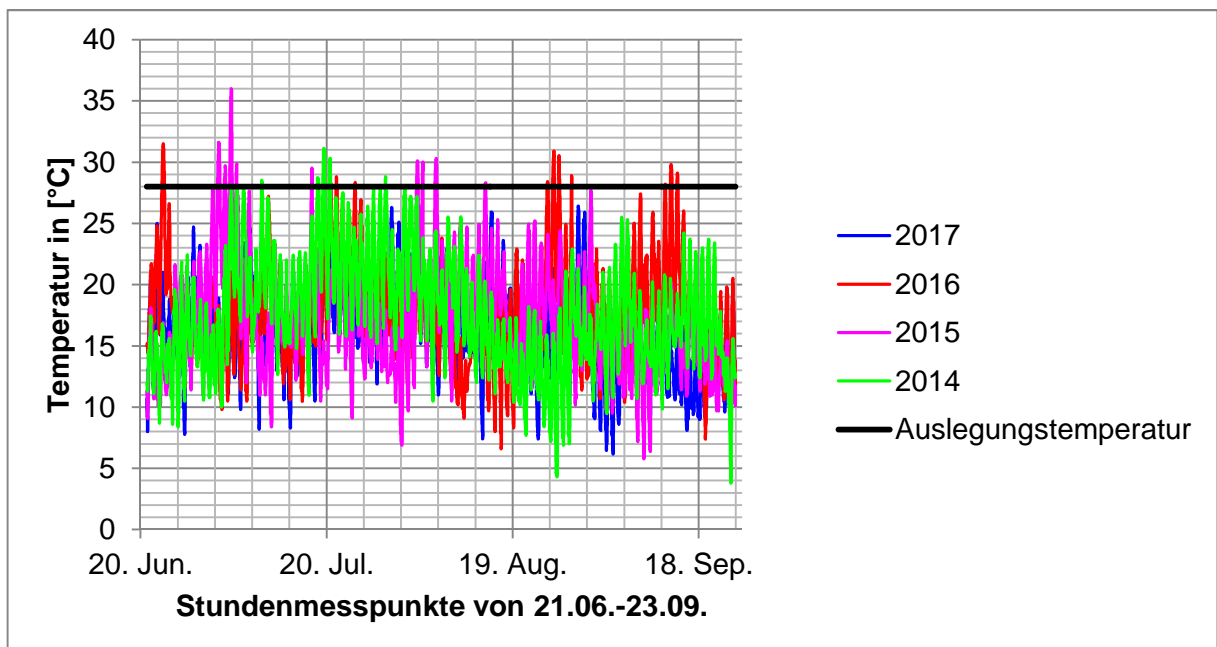


Abbildung 26: DWD Messdaten(HH Fuhlsbüttel) Sommer 2014-2017

Im folgenden Diagramm ist der Zeitraum zwischen 04.07.14-24.07.14 dargestellt. Dabei wird deutlich, dass die Temperatur und die relative Luftfeuchtigkeit gegenläufig sind und daher selten beide Extreme zusammen auftreten.

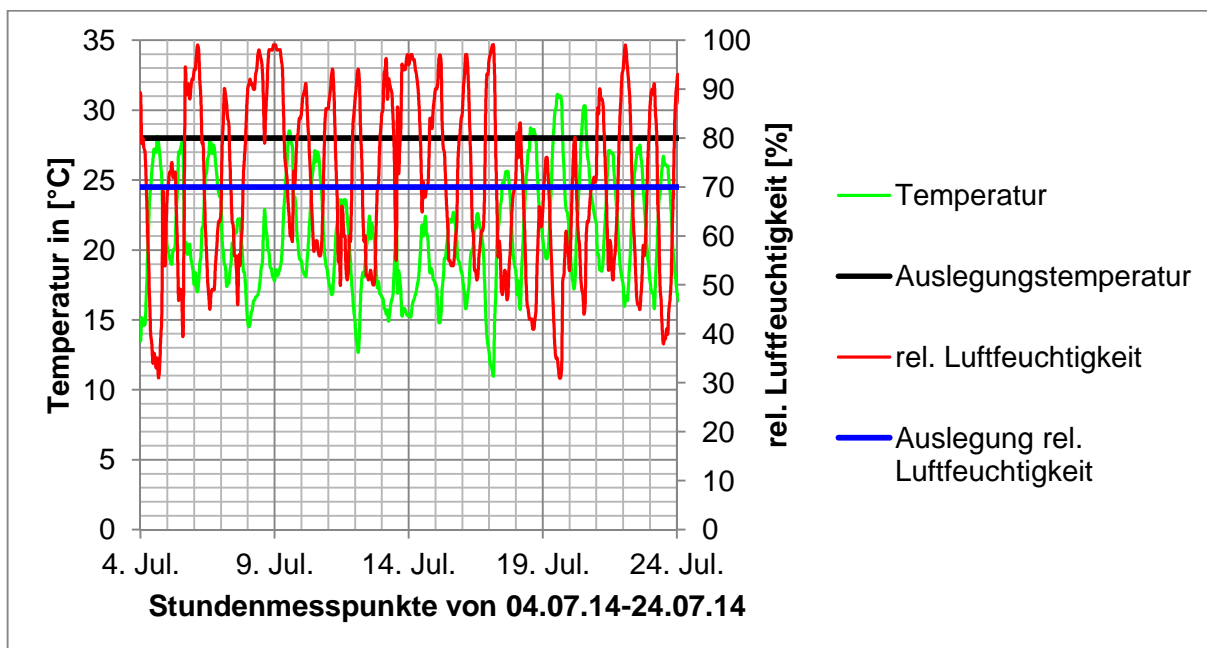


Abbildung 27: DWD Messdaten 04.07-24.07.14

Zur Auslegung der Anlage werden die folgenden Außenluftzustände von 28/70 zugrunde gelegt. Im Sommerfall wird dabei die Wärmerückgewinnung (WRG) nicht genutzt und über eine Bypass-Schaltung abgeschaltet, d.h. es findet kein Wärmeaustausch zwischen Außenluft und Fortluft statt. Ebenfalls werden der Vorerhitzer und der Dampfbefeuchter nicht benötigt.

Im folgendem Mollier hx-Diagramm ist der Verlauf der Luftbehandlung für den Sommerfall dargestellt. Vom 1 nach 2 wird die Außenluft durch den Ventilator um 1K erwärmt und im Kühlregister 3 anschließend gekühlt und entfeuchtet. Da die Lufttemperatur hinter dem Kühler ca. 15°C und die relative Luftfeuchtigkeit ca. 100% beträgt, muss diese durch einen Nacherhitzer 4 auf 23,5°C erwärmt werden, um einen Zustand des Raumklimas im Behaglichkeitsfeld herzustellen.

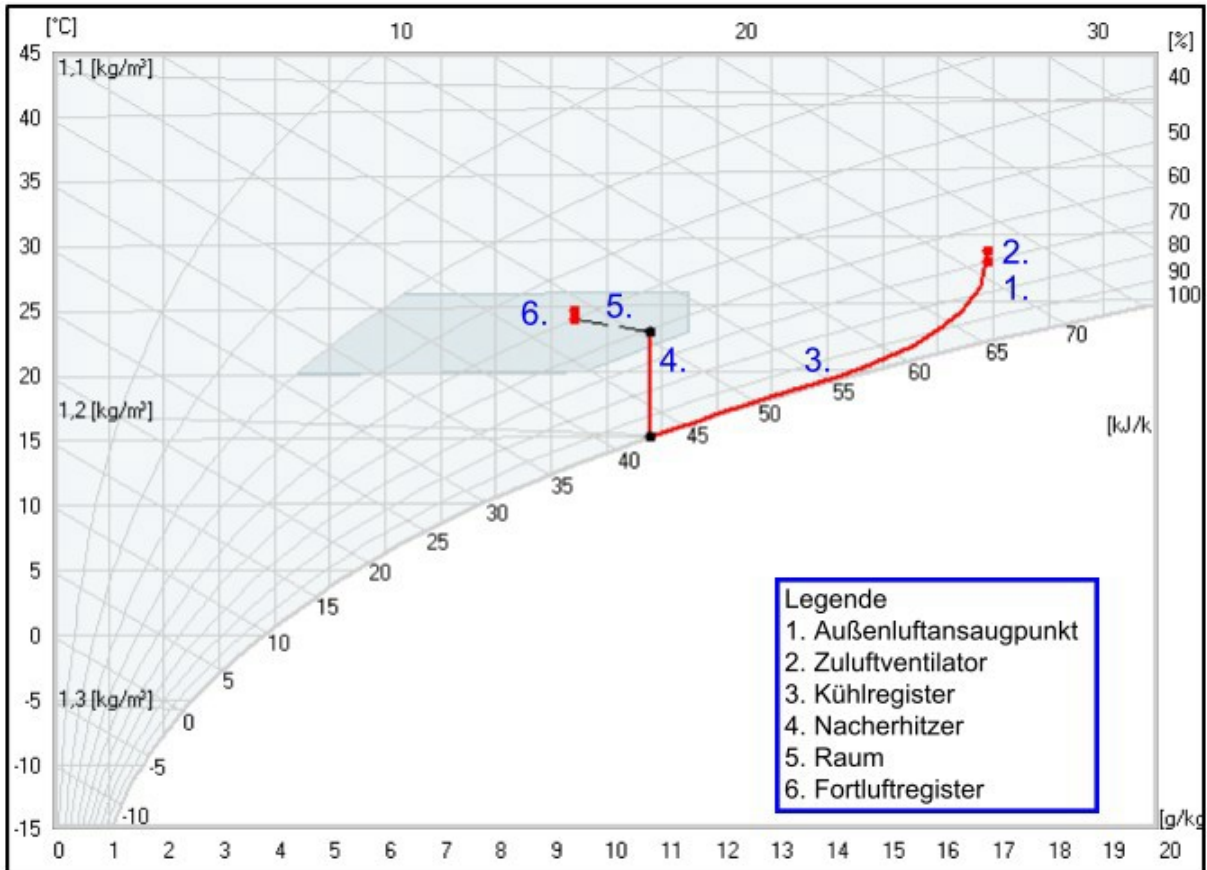


Abbildung 28: Mollier hx-Diagramm für den Sommerfall 28/70

Weitere Prozessdaten sind dem Anhang C beigefügt.

5.2 Heizlastberechnung

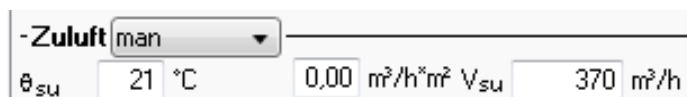
Die Heizlastberechnung wird nach DIN EN12831:2008 durchgeführt.

Um die Heizlastberechnung mit dem CAE-Programm „mh-software“ durchführen zu können, muss das Gebäude mit sämtlichen Bauteilen im ersten Schritt modelliert werden. Dies bedeutet, dass ein digitales Gebäudemodell in 3D aufgebaut wird. Zu den Gebäudeaußenbauteilen gehören Außenfenster, Außenwände, Außentüren, Dach und die Bodenplatte. Dabei werden den Bauteilen die jeweils zugehörigen Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Werte) zugeordnet. Die U-Werte liegen im Rahmen des EnEV-Nachweises vor.

In der Norm-Heizlast werden sämtliche Wärmeverluste betrachtet, die von dem Gebäude an die Umgebung abgegeben werden. Dazu gehören Transmissionswärmeverluste, Lüftungswärmeverluste und die zusätzliche Aufheizleistung des Gebäudes bei unterbrochener Heizphase. Die Aufheizleistung fällt nach Fertigstellung des Gebäudes oder nach einem Leerstand ohne Heizbetrieb an. Die zusätzliche Aufheizleistung wird nicht weiter berücksichtigt, da sie für die Auswertung der Heizlast keine Rolle spielt.

Für die Berechnung werden im nächsten Schritt die Innentemperaturen der einzelnen Räume in das Programm eingetragen, dabei ist darauf zu achten, dass die Vorgaben des Bauherren von den Norm-Temperaturen abweichen können (siehe Absatz 4.1).

Danach werden die in Absatz 5.1.1 ermittelten Zu- und Abluftvolumenströme für jeden Raum separat eingetragen. Für die Zuluft wird die festgelegte Zulufttemperatur gemäß Anlagenberechnung aus Absatz 5.1.3 eingesetzt. Da die Zulufttemperatur meist unter der Raumtemperatur liegt, wird in der Heizlast der einzelnen Räume eine zusätzliche Heizlast für die Erwärmung der Zuluft mit berücksichtigt.

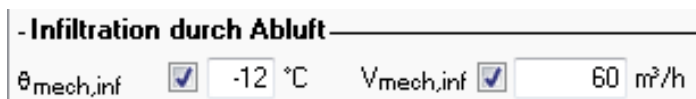


-Zuluft man

θ_{su} 21 °C 0,00 m²/h*m² V_{su} 370 m³/h

Abbildung 29: Ausschnitt aus der Programmoberfläche (Zuluft)

Im Fall des Raumes „Elterntreff“ wird an dieser Stelle statt einer Luftmenge durch Zuluft oder Überströmung aus einem anderen Raum eine Infiltration durch Abluft eingetragen, die nachströmende Luft ist in diesem Fall Außenluft. Die Außenluftinfiltration ist mit einer Außenlufttemperatur von -12°C zu bewerten.



- Infiltration durch Abluft

$\theta_{mech,inf}$ -12 °C $V_{mech,inf}$ 60 m³/h

Abbildung 30: Ausschnitt aus der Programmoberfläche (Infiltration)

Die gesamte Norm-Gebäudeheizlast setzt sich, aus den Transmissionswärmeverlusten des Gebäudes, aus dem Lüftungswärmeverlust der Kitalüftung und dem Lüftungswärmeverlust der Küchenanlage zusammen.

Die Transmissionswärmeverluste des Gebäudes setzen sich aus den einzelnen Transmissionsflächen zusammen.

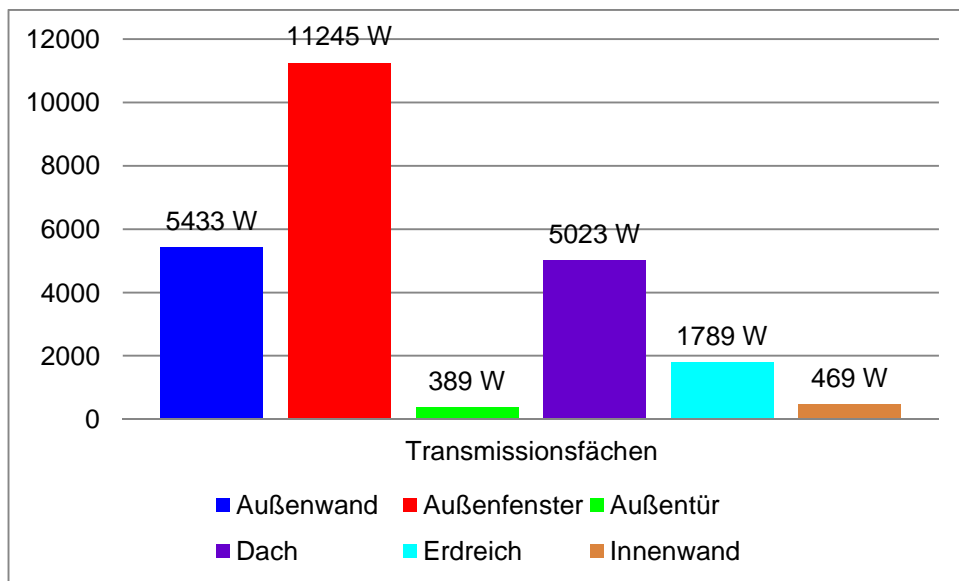


Abbildung 31: Diagramm Transmissionswärmeverluste [W]

Hinweis: Die Transmissionsfläche „Innenwand“ gehört mit zur Gebäudehülle. Die Kita wird an eine Bestandsgebäude bzw. Schule angebaut und bekommen einen extra Durchgang, somit wird die Kita als Gebäudeteil betrachtet. Der Pfeil zeigt die Gebäude-Trennwand (cyan) zur Schule.

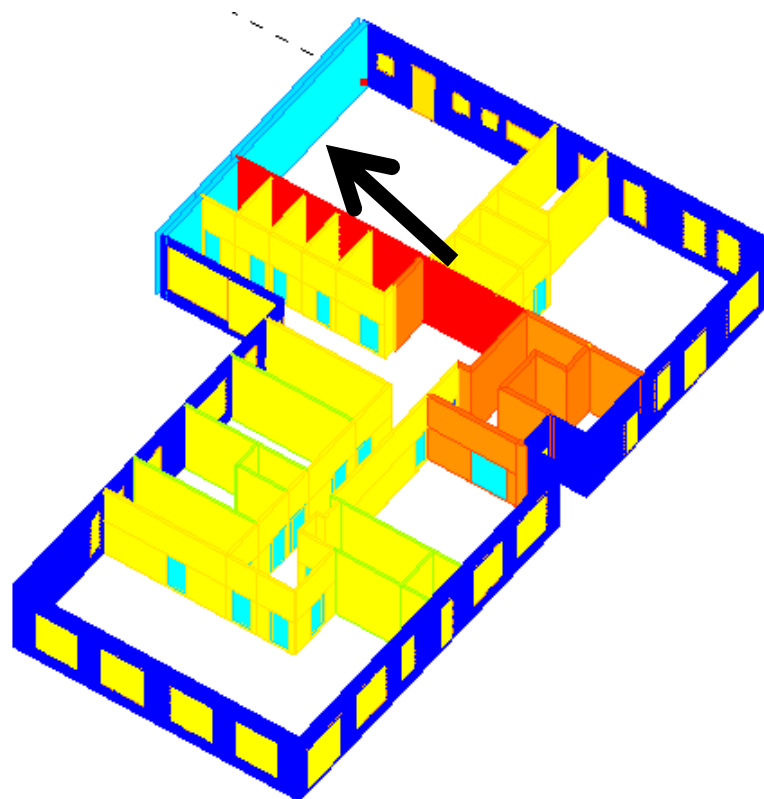


Abbildung 32: Innenwand als Gebäudehülle

Der Lüftungswärmeverlust der Küchenlüftung, die durch einen Küchenplaner geplant wird, wird hierbei wie folgt bewertet:

Der Luftvolumenstrom wird in Absatz 5.3 ermittelt und beträgt ca. 7000 m³/h. Die Temperaturdifferenz wird mit 32k (-12/20) angesetzt und die Wärmerückgewinnung der Küchen-Lüftungsanlage wird mit 70% angenommen. Bei einer Raumtemperatur von 20°C beträgt die Luftdichte $\rho_{Luft,20}$ 1,2041 kg/m³ und die spezifische Wärmekapazität c_{Luft} ist 1,005 kJ/(kg·K).

Zunächst wird der Massenstrom der Anlage berechnet:

$$\dot{m} = \rho_{20} \cdot \dot{V}$$

$$\dot{m} = 1,204 \frac{kg}{m^3} \cdot 11.400 \frac{m^3}{h} = 13.726 \frac{kg}{h}$$

Die Heizlast der Lüftung beträgt damit:

$$Q = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta T$$

$$Q = 1,005 \frac{kJ}{kg \cdot K} \cdot 13.726 \frac{kg}{h} \cdot 32K = 115,0 kW$$

Unter Berücksichtigung der WRG von 70%, ergibt sich ein Lüftungswärmeverlust von:

$$Q_{WRG,70} = 115,0 kW \cdot 0,3 = 34,5 kW$$

In der folgenden Tabelle sind die berechneten Ergebnisse wie folgt zusammengestellt:

benötigte Heizleistung	berechneter Wert [kW]
Transmissionswärmeverluste	24,3
Lüftungswärmeverlust Kita-Lüftung bei WRG (41%)	26,3
Lüftungswärmeverlust Küchen-Lüftung bei WRG (70%)	34,5
Norm-Gebäudeheizlast	85,1

Tabelle 8: Zusammenstellung der Wärmeverluste

5.3 Kanalnetzberechnung

Das Kanalnetz wird auf den Grundrisse und Grobauslegung des Rohr- bzw. Kanaldimensionen modelliert. Auf der folgenden Abbildung wird das gesamte Kanalnetz der Kindertagesstätte und deren Elemente dargestellt. Hierbei sind die rot eingefärbten Kanäle der Zuluft zugeordnet und die orangen entsprechen den Abluft.

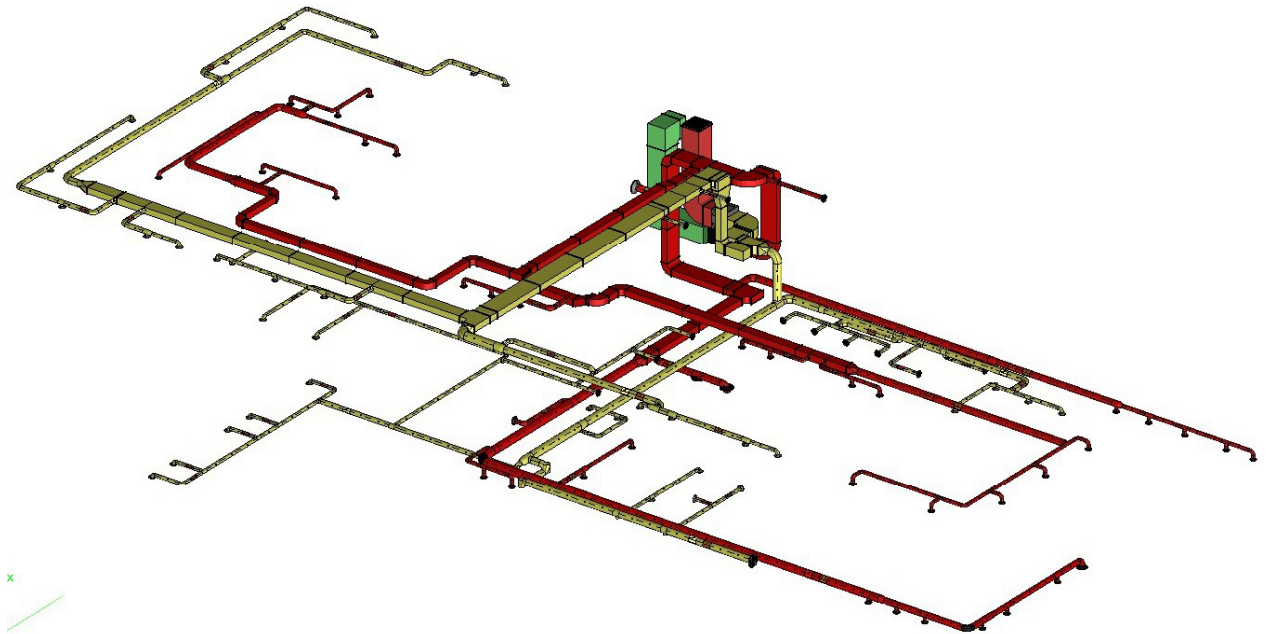


Abbildung 33: Gesamtes Kanalnetz (Isometrie)

Für die Kanalnetzberechnungen werden sämtliche Durchlässe, Brandschutzklappen, Schalldämpfer und Drosselklappen eingetragen. Dazu werden Herstellerangaben wie Dimensionen, Druckverluste ermittelt. Danach wird das Kanalnetz berechnet.

Über die Kanalnetzberechnung wird der Gesamtdruckverlust des Kanalnetzes berechnet, der zur Auslegung der Ventilatoren benötigt wird. Durch die unterschiedliche Kanalführung ergeben sich unterschiedliche Druckverluste.

Ventilator	Druckverlust in [Pa]	Luftvolumenstrom in [m ³ /h]
Zuluft	466	3470
Abluft	418	3410

Tabelle 9: Aufstellung der Ventilator Kennwerte

Der Grundriss Erdgeschoss (EG) und Obergeschoss (OG) ist dem Anhang 9.2 beigelegt. In dem Grundriss sind die Einstellwerte der Drosselklappen und die Dimensionen der Lüftungsauslässe und Lüftungseinlässe, sowie Luftvolumenstrom festgehalten.

Für Haube 1 und Haube 2 werden die Abluftvolumenströme auf Basis der elektrischen Anschlussleistung ermittelt. Haube 3 wird auf Basis der Menge der zu spülenden Teller ausgelegt.

5.4.1 Auslegung für die Haube 1 und 2

Die Einteilung auf die Hauben 1 und 2 der einzelnen Küchengeräte wird in der folgenden Tabelle festgehalten.

Haube 1			
Idf.-Nr.	Bezeichnung	Anzahl	Elektrischer Anschlussleistung P in [kW] (100%)
1	Elt.-Druckgarbraisiere GN 3x1/1	2	19,2
2	Elt.-Druckgarbrasiere GN 2x1/1	1	14,1
3	Elektro-Ceranherd	2	7,5
Haube 2			
4	Elektro-Kombidämpfer 6x1/ GN	2	10,9
5	Elektro-Kombidämpfer 10x1/1 GN	2	16,5

Tabelle 10: Aufstellung der Küchengeräte

Nach Punkt 9.1.1 der VDI 2052:2017 bildet sich über den Geräten eine sensible Wärmebelastung $\dot{Q}_{S,K}$ durch Konvektionsströmung aus. Daher werden die Hauben oberhalb der Küchengeräte positioniert.

Die sensible Wärmebelastung wird mit der folgenden Gleichung berechnet.

$$\dot{Q}_{S,K} = 0,5 \cdot P \cdot \dot{Q}_S$$

Aus der Tabelle A1 der VDI 2052:2017 werden die sensiblen Wärmeabgabe \dot{Q}_S und die Dampfabgabe D der einzelnen Küchengeräte bestimmt. Bei der Kita-Küche handelt es sich um elektrische und dampfbeheizte Geräte.

Haube 1				
Idf.-Nr.	Summe Leistung P in [kW] (100%)	sensible Wärmeabgabe \dot{Q}_S in [W/kW]	Dampfabgabe D in [g/h·kW]	sensible Wärmebelastung $\dot{Q}_{S,K}$ in [W]
1	38,4	40	15	1536
2	14,4	40	15	576
3	15	200	118	3000
Haube 2				
4	21,8	120	265	2616
5	33	120	265	3960

Tabelle 11: Zusammenstellung der sensiblen Wärmebelastung

Der Thermikstrom \dot{V}_{th} ist der aufsteigende Warmluftstrom und wird mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$\dot{V}_{th} = k \cdot \dot{Q}_{S,K}^{1/3} \cdot (z + 1,7 \cdot d_{hydr})^{5/3} \cdot r \cdot \varphi$$

- k konstanter Koeffizient (empirisch ermittelt); $k = 18m^{4/3} \cdot W^{-1/3} \cdot h^{-1}$
- z Höhe über der Wärmequelle/Küchenblock in m
- d_{hydr} Durchmesser, hydraulisch in m
- r Minderungsfaktor für die Aufstellung der Geräte
- φ Gleichzeitigkeitsfaktor

Die Abmessungen der einzelnen Geräte werden aus den Datenblättern der Küchenplanung entnommen. Der Gleichzeitigkeitsfaktor ist mit 0,8 für die Küchenart „Küchen in Mensen“ vorzunehmen. Der Minderungsfaktor beschreibt die Aufstellung der Geräte, dabei wird zwischen freistehend und an der Wand stehend unterschieden.

Der hydraulische Durchmesser wird wie folgt berechnet:

$$d_{hydr} = 2 \cdot L \cdot B / (L + B)$$

Haube 1							
Idf.-Nr.	z [m]	Abmessungen der Geräte(B x L) [m ²]	d_{hydr} [m]	Summe d_{hydr} [m]	φ	r	Thermikluftstrom [m ³ /h]
1	1,40	1,3 x 0,85	1,03	2,06	0,8	1	2.336
2	1,40	1,0 x 0,85	0,92	0,92			730
3	1,21	0,8 x 0,8	0,80	1,6			2.025
Haube 2							
4	0,95	1,0 x 0,8	0,89	1,78	0,8	0,63	1.241
5	0,95	1,0 x 0,8	0,89	1,78			1.425

Tabelle 12: Zusammenstellung der Thermikluftströme

Mit dem Thermikstrom wird der Erfassungsluftstrom der Küchenablufthaube ermittelt. Dazu wird ein Ausspülgrad a von 1,2 bestimmt, der durch den Aufbau der Ablufthaube vorgegeben wird. Der Ausspülgrad beschreibt dabei den Störfaktor der durch die Luftströmung entsteht.

Damit ergibt sich ein Erfassungsluftstrom von:

	Haube 1		Haube 2
Idf.-Nr.	Erfassungsluftstrom $\dot{V}_{th,ABL}$ [m ³ /h]	Idf.-Nr.	Erfassungsluftstrom $\dot{V}_{th,ABL}$ [m ³ /h]
1	2.804	4	1.490
2	876	5	1.710
3	2.430		
Summe	6.110		3.200

Tabelle 13: Summe aller Erfassungsluftvolumenströme

Der Erfassungsluftstrom entspricht in diesem Fall dem Abluftvolumenstrom, Wärmequellen wie z.B. Kühlschränke werden aus dem bereits erwähnten Grund nicht weiter berücksichtigt.

Zur Kontrolle wird der Luftvolumenstrom, der zur Abführung des entstehenden Dampfes benötigt wird, ermittelt:

$$\dot{V}_{ABL} = \frac{\sum_{j=1}^m \dot{m}_d \cdot \varphi \cdot 1000 \frac{g}{kg}}{(x_{ABL} - x_{ZUL}) \cdot \rho}$$

Die Differenz des Wassergehaltes der Luft wird hier mit 6 g/kg bewertet.

Haube 1				
Idf.- Nr.	Summe Leistung P in [kW] (100%)	Dampfabgabe D in [g/h·kW]	Dampfmassenstrom \dot{m}_d in [g/h]	Abluftvolumenstrom \dot{V}_{ABL} in [m³/h]
1	38,4	15	576	64
2	14,4	15	216	24
3	15	118	1.770	197
		Summe	2.562	285
Haube 2				
4	21,8	265	5.777	642
5	33	265	8.745	972
		Summe	14.522	1.614

Tabelle 14: Ermittlung des Abluftvolumenes der Dampfabgabe

Für die Auslegung der Lüftung wird der größere Wert der beiden berechneten Abluftvolumenströme verwendet.

	Erfassungsluftstrom $\dot{V}_{th,ABL}$ in [m³/h]	Abluftvolumenstrom \dot{V}_{ABL} in [m³/h]
Haube 1	6.110	285
Haube 2	3.200	1.614
Summe	9.310	

Tabelle 15: Ermittlung des maximalen Abluftvolumenstromes

In beiden Fällen entspricht der Erfassungsluftstrom dem größeren Wert.

5.4.2 Auslegung für die Haube 3

Haube 3 wird auf Basis der Tabelle A3 vereinfacht ausgelegt. Dazu werden die folgenden Maschinendaten der Spülmaschine benötigt.

Universalspülmaschine DV 125.2 mit GIO	
Elektrischer Anschlussleistung in [kW]	12,7
Theoretische Korbleistung pro h Spülprogramm (60/90/210 s)	17/40/60 (Annahme 25)
Tellerkorb 500x500; Telleranzahl	18

Tabelle 16: Gerätedaten der Universalspülmaschine

Bei dieser Universalspülmaschine handelt es sich nach VDI 2052 Tabelle A3 um eine Spülmaschine mit stationärem Waschverfahren (Einzelkorb) ohne Wärmerückgewinnung. Bei 25 Spülvorgängen mit 18 Tellern ergibt sich eine Tellerleistung von 450 Teller/h. Als Normtellerleistung wird dementsprechend 600 Teller/h festgelegt. Damit ergibt sich ein erforderlicher Abluftvolumenstrom von 1070m³/h.

5.4.3 Zusammenstellung der Abluftvolumenströme

Die gewählten Abluftvolumenströme sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst.

Bezeichnung	Abluftvolumenstrom in [m ³ /h]
Haube 1 + 2	9.310
Haube 3	1.070
Summe	10.380

Tabelle 17: Gewählte Abluftvolumenströme

Für die Lüftungsanlage der Küche wird ein Gesamt-Volumenstrom **10.380 m³/h** benötigt. Für die Anlage wird unter Betrachtung aller Nebenräume ein zusätzlicher Luftvolumenstrom von 10% angenommen. Die Lüftungsanlage der Küche wird mit **11.400 m³/h** bewertet.

6 Darstellung der Ergebnisse mit Diskussion und kritischer Bewertung

6.1 Vergleich Absorptionskältemaschine mit einer Kompressionskältemaschine

Um eine Absorptionskältemaschine (AKM) mit einer Kompressionskältemaschine (KKM) zu vergleichen, müssen sämtliche Verbräuche, die über die Betriebsstunden anfallen, und Wartungskosten der Maschinen ermittelt werden. Für den Vergleich wird eine Kälteleistung von 15kW angenommen.

Für die KKM muss der elektrische Verbrauch des Kompressors und die Wartungskosten berücksichtigt werden. Im Vergleich zur KKM ist die AKM durch den Aufbau deutlich aufwändiger. Die AKM benötigt neben der elektrischen Leistung für Pumpen etc. eine zusätzliche Heizleistung und einen Wasserverbrauch des Rückkühlwerkes. Die Kennwerte und Annahmen sind in der folgenden Tabelle festgehalten:

Allgemein	
Kälteleistung der Anlagen	15 kW
Betriebsstunden pro Jahr	2500h/a
Strompreis	0,2627 €/kWh [13]
Wärmepreis (Fernwärme)	0,08717 €/kWh [12]
Kompressionskältemaschine (KKM)	
COP-Wert (Coefficient Of Performance)	ca. 3
benötigte elektrische Leistung	5,13 kW
Wartungskosten	1870 €/a (Faktor 1,7)
Absorptionskältemaschine (AKM)	
benötigte Heizleistung	20 kW
elektrische Leistungsaufnahme Absorber	0,15 kW
Wasserpreis	1,87 €/m ³ [9]
Verdunstungsverlust Rückkühlwerk	0,9%, das entspricht ca. 0,056 m ³ /h
elektrische Leistungsaufnahme Rückkühlwerk	1 kW (abhängig von der Pumpe)
Wartungskosten	1100 €/a

Tabelle 18: Zusammenstellung der Leistungsmerkmale und Preise

Absorptionskälte 15 kW		Krompressionskälte 15 kW	
Kosten Wärmeleistung: 2500 h/a x 20 kW x 0,08717 €/kWh = 4.358,50 €/a			
Stromverbrauch Absorber: 2500 h/a x 0,15 kW x 0,2627 €/kWh = 98,51 €/a		Stromverbrauch: 2500 h/a x 5,13 kW x 0,2627 €/kWh = 3.369,13 €/a	
Stromverbrauch Rückkühlwerk: 2500 h/a x 1 kW x 0,2627 €/kWh = 656,75 €/a			
Wasserverbrauch Rückkühlwerk: 2500 h/a x 0,056 m³/h x 1,87 €/m³ = 261,80 €/a			
Wartungskosten: 1.100,00 €/a		Wartungskosten: 1.870,00 €/a	
Summe: 6.475,56 €/a		Summe: 5.239,13 €/a	
jährliche Kälteleistung: 2500 h/a x 15 kW = 37.500 kWh		37.500 kWh	
Kosten pro kWh (Kälte) <u>0,173 €/kWh</u>		<u>0,140 €/kWh</u>	

Tabelle 19: Vergleich Kälteerzeugung AKM und KKM (in Anlehnung [8])

Da die Kosten der Kälteerzeugung bei der AKM um 0,033 €/kWh höher liegt, wird an dieser Stelle keine weiterer Berechnung der Wirtschaftlichkeit nach VDI 2067 (Annuitätsmethode) durchgeführt, da die Wirtschaftlichkeit der AKM in diesem Projekt nicht gegeben ist. Die Investitionskosten liegen bei ca. 40-55% von denen einer Absorptionskältemaschine.

Eine Absorptionskältemaschine kann effizient betrieben werden, wenn die Wärmeversorgung kostenlos ist, d. h. die Prozess-, Solarwärme bzw. aus einem Anschluss an einem BHKW zur Verfügung steht.

Der Platzbedarf einer Absorptionskältemaschine ist im Vergleich zu einer KKM größer, da die Anlage aus mehrere Anlagenkomponenten besteht, z. B. wird ein zusätzlicher Stellplatz für das Rückkühlwerk benötigt. Kompressionskältemaschinen sind meist kompakter und mit einer internen ventilatorgestützten Kühlung ausgerüstet.

Im Falle der Kita wäre ein externer Betreiber erforderlich, da das eigene Fachpersonal fehlt, dies wären zusätzliche Kosten die auf den Kitabetreiber zu kommen.

Ein weiterer Faktor ist die Vorlauftemperatur der Wärmeversorgung. Der Wirkungsgrad der AKM sinkt, wenn die Vorlauftemperatur niedrig ist, da der Prozess keine vollständige „arme Lösung“ erzeugen kann.

Um Anlagen optimieren zu können, kann nach DIN EN ISO 7730:2006-05 ein bestimmter Zeitraum ermittelt werden, in dem das Raumklima den Richtwert überschreiten darf. Dabei werden in diesen Fall aufwändige Simulationen erstellt. Diese Simulation ist nicht Bestandteil dieser Thesis und wurde daher nicht weiter verfolgt.

6.3 Umsetzung der Heizung

Bei der Planung der Beheizung der Kita stehen zwei Aspekte im Vordergrund, die die Erstellung von Heiz- und Kühlkonzepten verkomplizieren.

- Schutz der Kinder
- Anschaffungskosten

Unter „Schutz der Kinder“ versteht man die gesundheitlichen Aspekte, dabei ist nicht die Sauberkeit der Lüftungsanlage an sich ein Problem, sondern die Behaglichkeit (Kühlung).

Die Anlagen sollten so geplant werden, dass Kinder gesundheitlich nicht beeinflusst werden.

Für Heizsysteme gilt, dass das Verletzungsrisiko zu reduzieren ist. Dabei müssen Oberflächentemperatur und Oberflächenbeschaffenheit der Heizflächen berücksichtigt werden. Die Temperatur des Heizkörpers und die Vorlauftemperatur sind dabei so auszulegen, dass sich ein Kind nicht an der Heizfläche verbrühen kann. Es dürfen nur zugelassene Heizkörper verwendet werden. Dabei wird berücksichtigt, dass sich die Kinder nicht an scharfen Kanten verletzen können. Die geplante Fußbodenheizung ist in diesem Fall die optimale Lösung, da keinerlei scharfe Kanten oder zu hohe Oberflächentemperaturen vorliegen können.

Beim Kühlsystem ist unbedingt zu vermeiden, dass sich die Kinder unterkühlen. Kinder werden als Risikogruppe angesehen, da ihr Immunsystem nicht vollständig ausgebildet ist.

In beiden Fällen muss darauf geachtet werden, dass die Kinder nicht an die elektrischen Steuereinheiten, z. B. Raumthermostat oder Raumregler gelangen können. Das Personal muss bei einer separaten Kühlung gesondert geschult werden, da eine Fehlbedienung der Anlagen zu Risiken, wie z. B. Überhitzung oder Unterkühlung, führen kann.

6.4 Umsetzung der Kühlung

Im Planungsverlauf wurde auf eine Kühlung der Räume verzichtet. Der Verzicht auf die Kühlung birgt die Gefahr, dass das Gebäude überhitzt, da die inneren und äußeren Wärmelasten nicht abgeführt werden.

Als Referenz-Raum wurde das Atelier im 1.OG verwendet. Dieser Raum wurde nach VDI 2078 mit der höchsten Temperatur ermittelt. Das Atelier wird in der folgenden Abbildung in rot dargestellt.

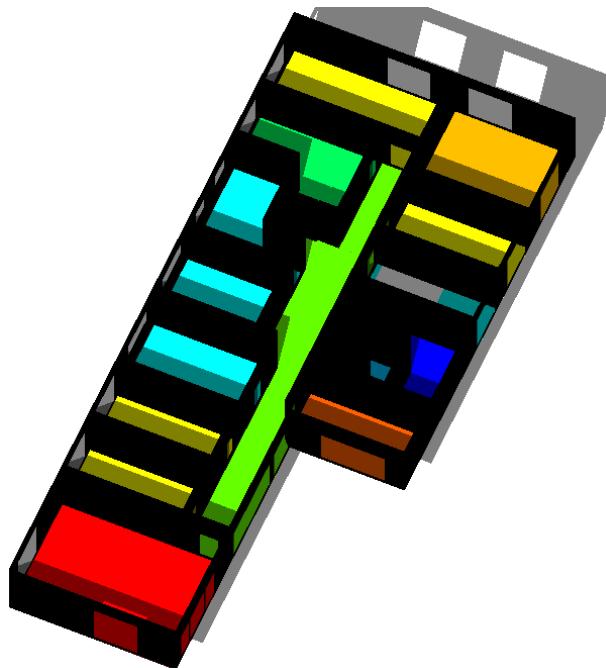


Abbildung 36: Ausschnitt aus der Verschattungsberechnung

Für den Vergleich ohne und mit Kühlung wurden die folgenden Parameter festgelegt. Die innere Last wird mit 15 Personen und 10 LED Leuchten à 20W bewertet. Die inneren Lasten sind in der Kita in einem Zeitraum von 7-17 Uhr anzunehmen.

Die äußeren Wärmequellen werden mit einer Simulation der Verschattung des Gebäudes ermittelt. Als Referenzmonat wurde der Juli verwendet. Die Solltemperatur innerhalb des Ateliers wird mit einer gleitenden Solltemperatur zwischen 21 - 26°C eingestellt. Die gleitende Solltemperatur passt sich dabei dem Außenlufttemperaturverlauf an. Dabei ist darauf zu achten das die Temperaturdifferenz zwischen Außentemperatur und Raumtemperatur 6K nicht überschreitet. Im folgenden Diagramm wird die gleitende Solltemperatur im Kühlfall (blau) und den Heizfall (rot) dargestellt. Die Grenzwerte der Solltemperaturen sollten dabei im Behaglichkeitsfeld liegen.

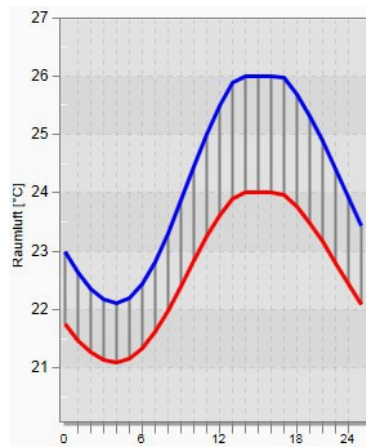


Abbildung 37: Geleitende Sollwerttemperatur

Im Fall ohne Kühlung wurde der folgende Temperaturverlauf für das Atelier berechnet.

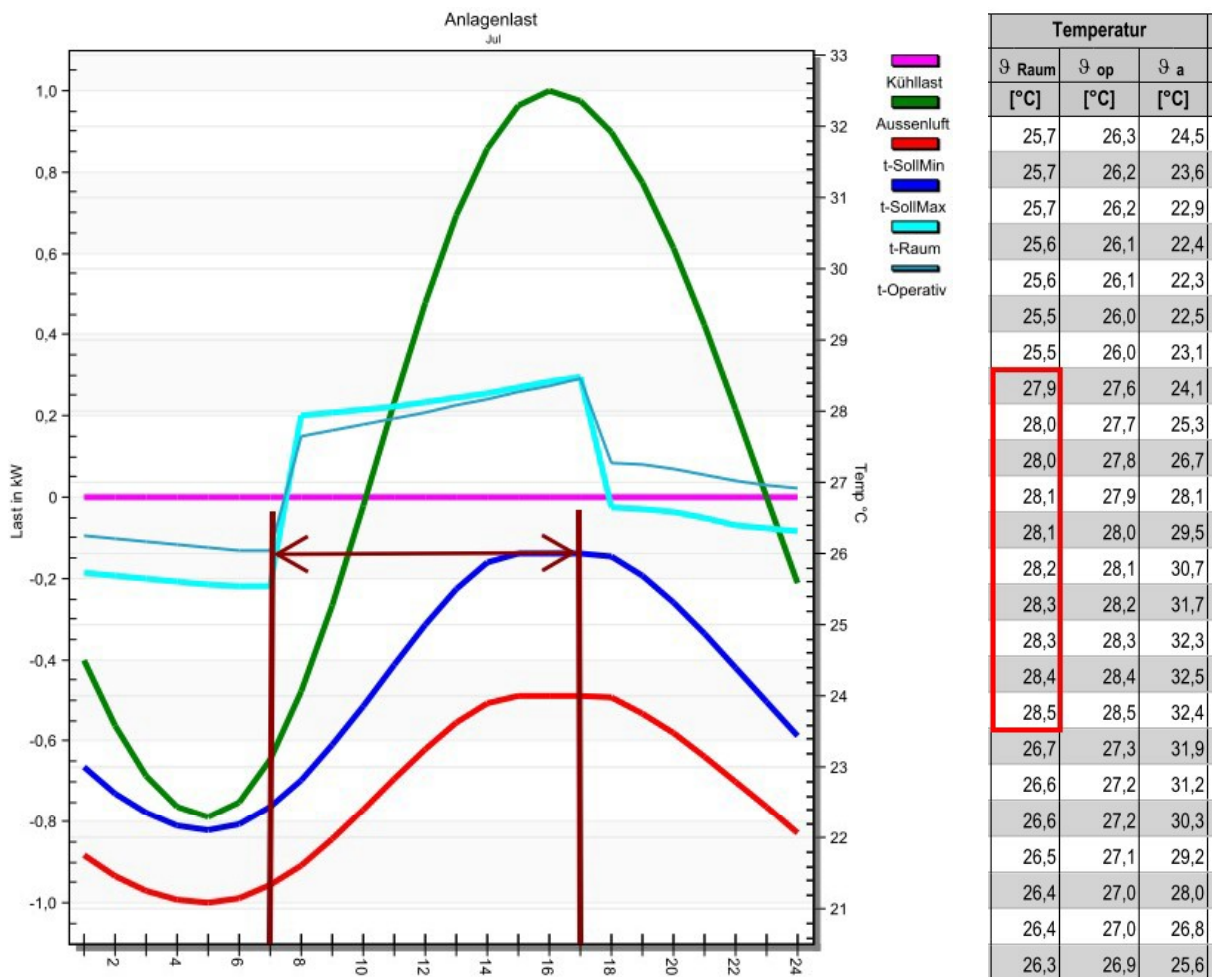


Abbildung 38: Diagramm Raumluf tverhalten ohne Kühlung (Juli)

Die Raumtemperatur wird im ganzen Nutzungszeitraum überschritten und ist somit nicht zulässig. Zudem sorgen die hohen Außenlufttemperaturenachts dafür, dass sich die Raumtemperatur über die Transmission und den Lüftungsvolumenstrom nicht genügend absenken lässt, damit ist für den folgenden Tag wieder eine Überhitzung zu erwarten.

Für den Fall, dass eine Kühlung geplant worden wäre, würde sich der folgende Temperaturverlauf und Kühlverlauf einstellen.

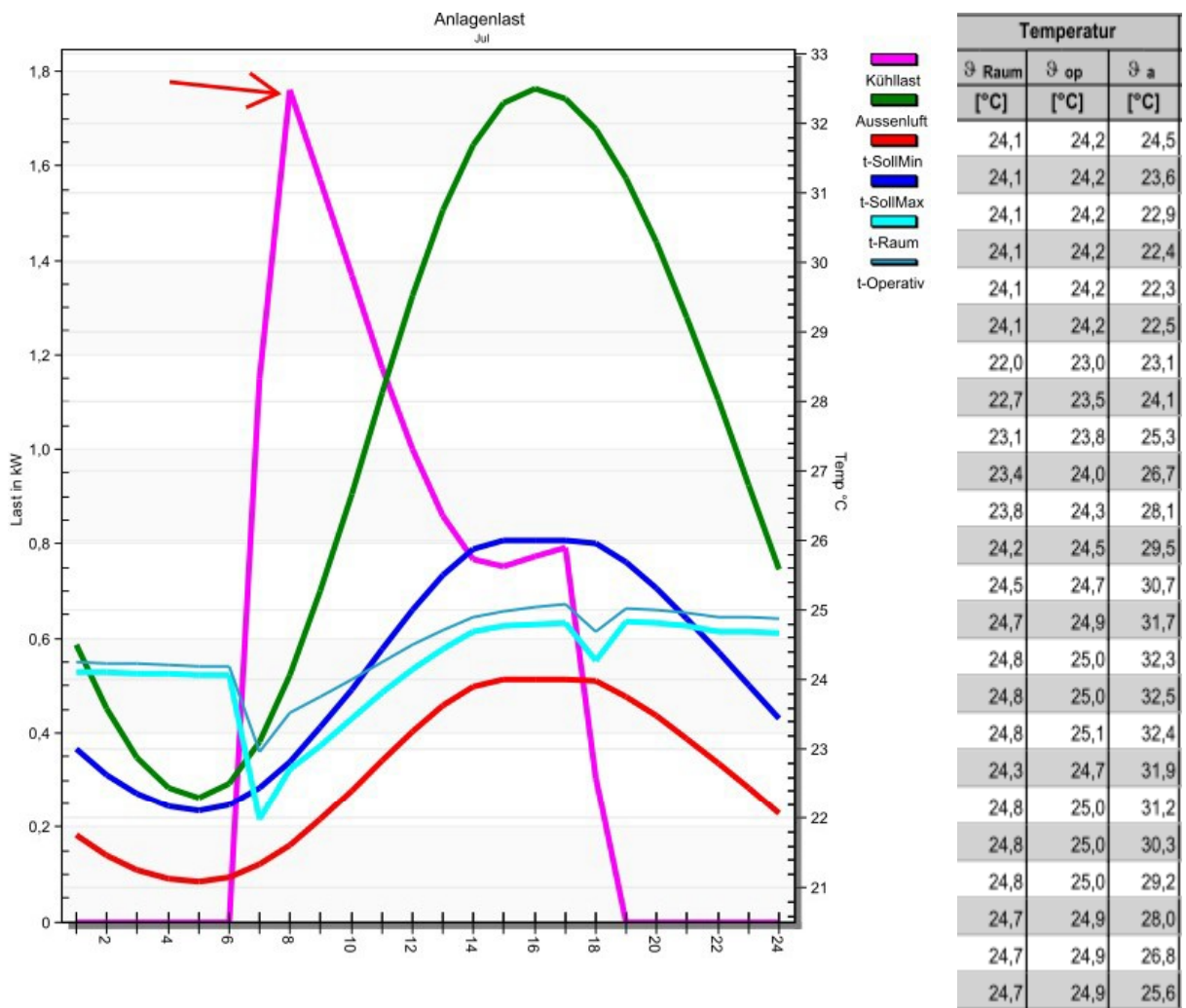


Abbildung 39: Diagramm Raumlufthverhalten mit Kühlung (Juli)

Mit der zusätzlichen Kühlung wird eine Überschreitung der maximalen Raumtemperatur verhindert und somit die geforderte Behaglichkeit erreicht. Um den Verbrauch der Kältemaschine einzugrenzen und den Betrieb auf das notwendige Maß zu reduzieren, wurde in dem oben dargestellten Fall die Kühlung im Zeitraum zwischen 19-6 Uhr abgeschaltet. Damit ergibt sich zu Beginn der Nutzung des Raumes eine Kühlleistung von ca. 1,7 kW.

Der Peak der Kühlleistung ist die Folge, dass der Raum über die Nacht nicht weiter gekühlt wird. Die Raumtemperatur sinkt dabei auf eine Temperatur von 24,1°C.

Um die Raumtemperatur im Nutzungszeitraum und mit der vorhandenen Lüftungsanlage gewährleisten zu können, erfolgt die Kühlung in diesem Fall über das Lüftungssystem während der Nacht. Dabei stellt sich folgender Temperaturverlauf ein.

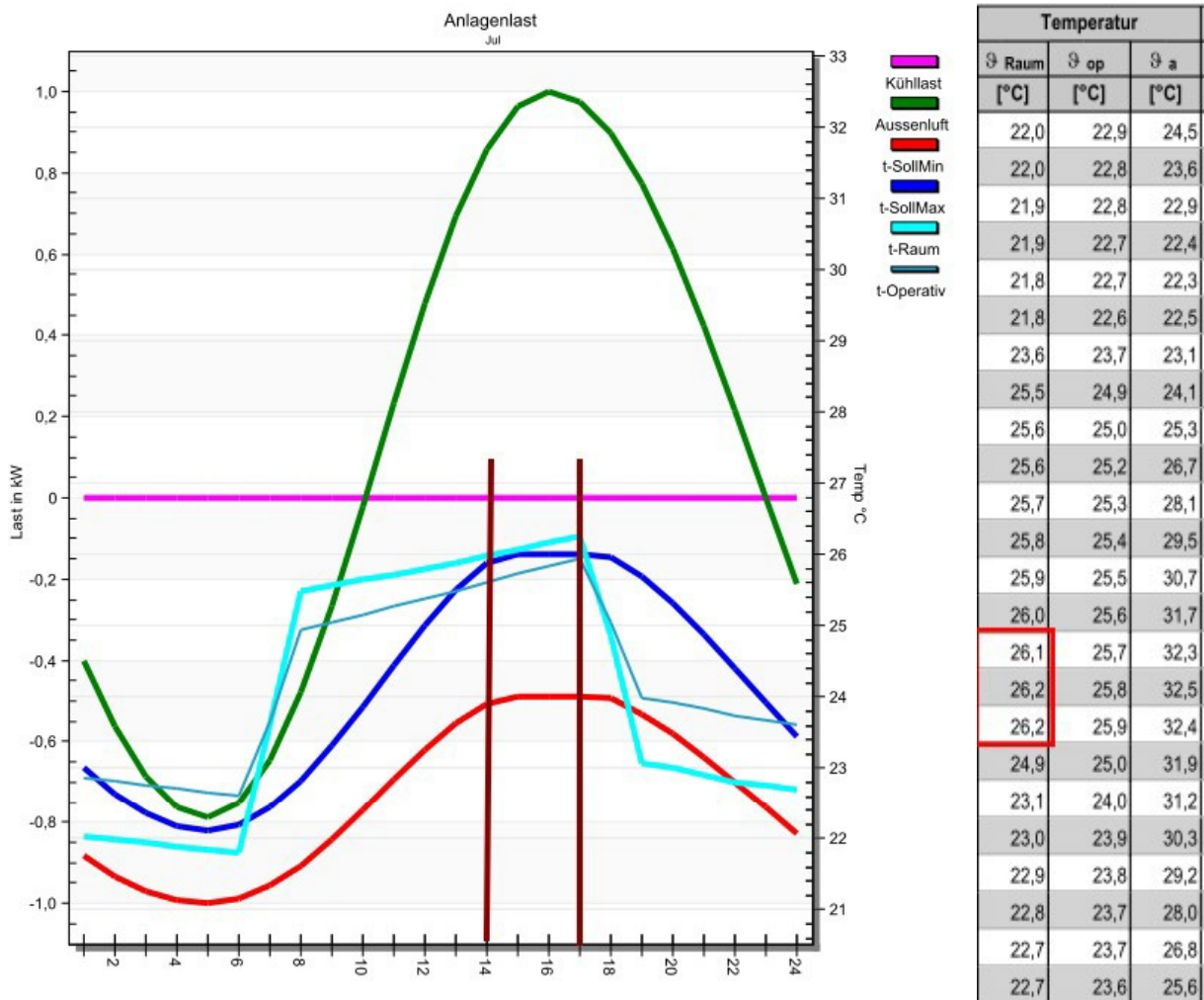


Abbildung 40: Diagramm Raumlufthverhalten mit nächtlicher Luftkühlung

Um den Raum bzw. die Bauteile nachts herunterzukühlen, muss die Zuluft-Temperatur mindestens 15°C betragen, dabei wird das Nachheizregister abgeschaltet. Die zulässige Raumtemperatur wird im Zeitraum von 14-17 Uhr um 0,1 bis 0,2 °C überschritten. Die Überschreitung liegt im Toleranzbereich der Messung und entspricht damit den Vorgaben des Bauherren.

Die Anlage wurde unter Punkt 5.1.3 für den Sommerfall ausgelegt. Dabei wurde eine Kühlleistung von 32,7 kW ermittelt. Für den Fall, dass eine Kühlung für die Lüftungsanlage erfolgt, muss überprüft werden, ob das Kühlregister und die Kälteerzeugung ausreichend dimensioniert ist. Für die Überprüfung wird eine mittlere Nachttemperatur von 24,5 °C und eine mittlere relative Luftfeuchtigkeit von 76,3 % ermittelt, die Mittelwerte wurden aus den DWD-Daten ermittelt.

Mit diesen Randparametern wird eine Kühlleistung von 23,5 kW für das Kühlregister berechnet. Dieser Wert liegt unter dem Auslegungswert der benötigten Kälteerzeugung und somit kann dieses Konzept umgesetzt werden.

Bei der Umsetzung dieses Konzeptes muss darauf hingewiesen werden, dass im Zeitraum zwischen 18-6 die Vorgaben der Behaglichkeit nicht eingehalten werden können. Da die Zuluft-Temperatur mit 15°C um 5K von dem Behaglichkeitsfeld abweicht. Zudem kann es durch die kältere einströmende Luft zu Zugserscheinungen kommen.

Ein weiterer Punkt der zu berücksichtigen ist, sind die unterschiedlichen Raumklimata die sich durch die unterschiedliche Lage im Gebäude und die unterschiedlichen Nutzungsprofile ergeben. Die Lüftungsanlage wurde ohne variierende Luftvolumenströme geplant, d. h. es werden alle Räume gleichzeitig 24h lang belüftet. Dadurch wird jeder Raum mit der gleichen Zuluft-Temperatur nachts versorgt und die Räume kühlen unterschiedlich aus. Die unterschiedliche Auskühlung kann zu Folge haben, dass die mit weniger Wärmequellen belasteten Räume zu stark auskühlen und zu Beginn der Nutzung zu geringere Raumlufttemperaturen aufweisen. Um diese Auskühlung zu verhindern müssen Zuluft und Abluftvolumenstrom geregelt werden. Dies führt wiederum zu Mehrkosten der Lüftungsanlage.

6.5 Wärmerückgewinnung

Aus den Prozessdaten der Anlagenberechnung für den Winterfall unter Absatz 5.1.3 geht hervor, dass über die Wärmerückgewinnung (WRG) die Außenluft um 14,8 K erwärmt wird. Bei einer Außenluft von -12°C und Abluft von 24°C entspricht dies einer Temperaturdifferenz 36 K, damit wird ein Wärmerückgewinnungsgrad von 41% erreicht. Der Wert liegt deutlich unter aktuellen Werten für Wärmeübertrager.

Der Grund für die geringe Wärmerückgewinnung liegt in der Einstellung des Vorerhitzers. Üblicherweise wird die Außenlufttemperatur durch den Vorerhitzer auf über +4°C angehoben, um den Frostschutz zu gewährleisten.

Der geringe Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung führt zu einem höheren Lüftungswärmeverlust. Bei der Kindertagesstätte mit einer Lüftung von 3470 m³/h liegt der Lüftungswärmeverlust bei 26,3 kW.

Hersteller wie zum Beispiel Vallox legen die Anlagen daher auf einer Grundlage und einer zusätzlichen Steuerung aus. Zum Vergleich dienen die Auslegungsdaten von einem Vallox Vario 1500 CC mit Plattenwärmeübertrager (Kreuzstrom). Laut Hersteller können diese Werte auch auf ein Vario 3500 CC übernommen werden, welches dem Luftvolumenstrom der Kitalüftungsgerätes entspricht.

Elektrischer Vorerhitzer		Zuluft	
Luftmenge	m ³ /h	1500	
Eingangstemp. (vor Erhitzer)	°C	-12	
Austrittstemp. (hinter Erhitzer)	°C	-8	
Heizleistung	kW	1,9	
Max. Heizleistung	kW	6,0	
Spannung	V	400	
Anschlussstutzen	mm	Ø 315	
Typ des Erhitzers		PH V1500	
		extern	

Abbildung 41: Auszug einer Vallox Vario 1500 CC Auslegung

Die Temperatur nach dem Vorerhitzer ist mit -8°C deutlich geringer, als die der unter Absatz 5.1.3 berechneten Anlage. Bei einer Eingangstemperatur von -8°C und einer Austrittstemperatur von 16°C auf der Zuluftseite und einer Temperaturdifferenz von 32K stellt sich ein Wirkungsgrad von 75% ein. Durch die Erhöhung der WRG verringert sich der Lüftungswärmeverlust auf 13,2 kW. Dies entspricht einer Reduzierung des Lüftungswärmeverlustes von 50%.

Die Vallox-Geräte werden so ausgelegt, dass auf der Fortluftseite im Wärmeübertrager die 0°C nicht unterschritten werden. Der Grund dafür liegt darin, dass auf der Fortluftseite des Wärmeübertragers die Abluft kondensiert und unter 0°C das Kondensat gefrieren kann. Des Weiteren kann über eine Absenkung des Fördervolumens der Luft der Frostschutz hergestellt werden.

Die Berechnung der Anlage mit den Parametern der Vallox-Geräte ergibt folgenden Verlauf im Mollier h,x-Diagramm.

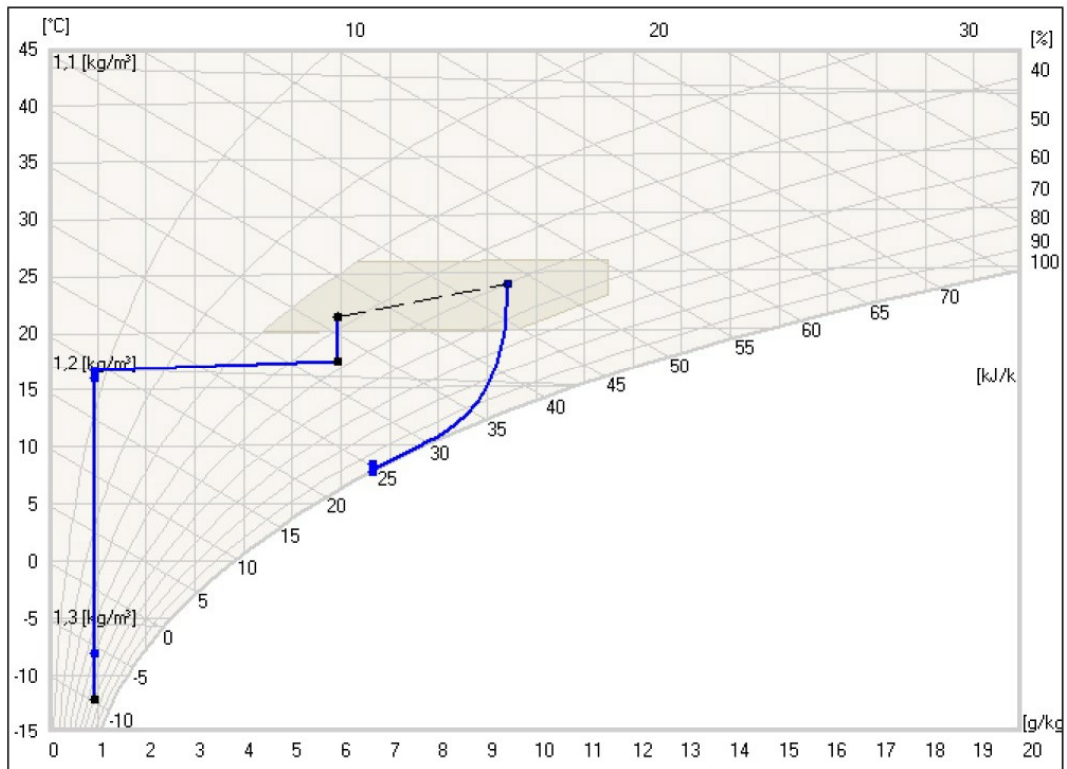


Abbildung 42: Mollier h,x-Diagramm für eine Vallox-Geräte

Die Auswirkung der Lüftungsanlage auf das Heizungssystem machen deutlich, dass ein Lüftungssystem optimal ausgelegt werden muss, damit das energetische Gesamtkonzept funktioniert. In der folgenden Tabelle sind die Werte der beiden Anlage nochmals zum Vergleich festgehalten.

Wirkungsgrad der WRG [%]	Lüftungswärmeverlust [kW]
41	26,3
75	13,2

Tabelle 20: Auswirkung Wirkungsgrad (WRG) auf den Lüftungswärmeverlust

6.6 Bewertung der Küchen-Lüftungsanlage

Die Lüftungsanlage wurde im ersten Schritt mit einem Abluftvolumenstrom von ca. 4.654 m³/h bewertet und ausgelegt.

Abgasstrom	m ³ /h
Gesamt-Volumenstrom	4.654 m³ /h

Abbildung 43: Ausschnitt aus der Berechnung des Küchenplaners

Dieser Wert entspricht ca. 40% des unter Absatz 5.1.3 ermittelten Abluftvolumenstromes, damit ist die Anlage unterdimensioniert. Bei der Überprüfung wurden folgende Fehler festgestellt. Die Haube 3 aus Absatz 5.4.2 wurde in der Berechnung nicht berücksichtigt. Des Weiteren wird der Gleichzeitigkeitsfaktor mit 0,7 angenommen und die Höhenangaben der Elektrogeräte mit einer anderen Höhe angegeben.

In der Berechnung der Küchenplanung wird mit z-Wert von 1 m bzw. 1,1 m gerechnet. Bei einem Maß von 2,1 m von Fertig-Fußboden zur Unterkante der Haube wird von einer Gerätehöhe von 1,1 m bzw. 1 m ausgegangen.

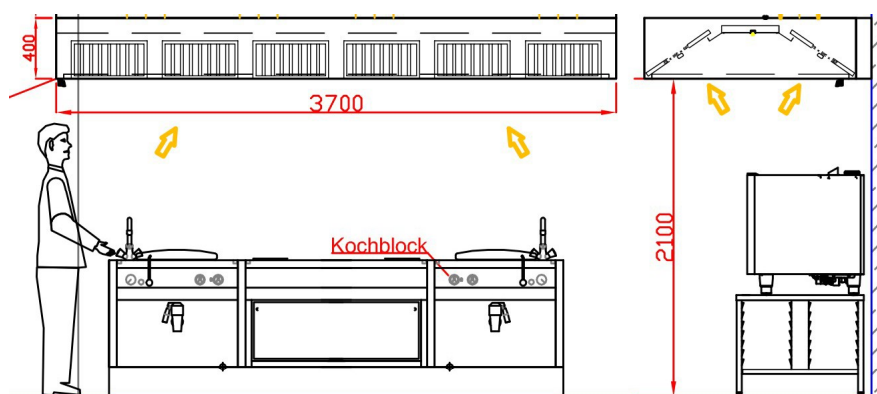


Abbildung 44: Schnittdarstellung der Küche

Dieser Wert entspricht nicht der Höhenangabe aus der Geräteaufstellung.

Pos.	Stck	Artikelbezeichnung	Breite	Tiefe	Höhe
01	2 Stck	ELEKTRO-BRAISIERE GN 3/1	1300	850	700

Abbildung 45: Ausschnitt aus der Geräteliste

Damit die Anlage richtig dimensioniert wird, wird mit dem Küchenlieferant geklärt, welche Höhe nun anzusetzen ist.

Der in Absatz 6.5 dargestellte Zusammenhang zwischen Abluftvolumenstrom und dem Lüftungswärmeverlust ist auf Effizienz zu hinterfragen. Die VDI 2052 spricht in Anhang B der Beispielrechnung von einem Küchenblock der als Kücheninsel dargestellt ist. Der Küchenblock beinhaltet dabei mehrere Geräte. Diese Betrachtung kann auch auf die Kita-Küchen angewandt werden. Dadurch kann der hydraulische Durchmesser der Haube 1 auf 2,06m

(Breite 2,6 x Länge 1,7) reduziert werden. Dadurch reduzieren sich der Erfassungsluftstrom auf 4.184 m³/h und der Gesamt-Abluftvolumenstrom auf 9.300 m³/h.

Ansatz	d_{hydr} in [m]	\dot{m}_{ABL} in [kg/h]	Q in [kW]	$Q_{WRG,70}$ in [kW]
I (aus 5.4.1)	1,03+0,92+0,8	13.726	115	34,5
II	2,06	11.198	100	30
Differenz:				4,5

Tabelle 21: Vergleich der Lüftungswärmeverluste durch Anpassung d_{hydr}

Das entspricht einer Differenz des Lüftungswärmeverlustes von 4,5kW. Diese Optimierung muss mit dem Küchenlieferant und dem Bauherren besprochen und abgestimmt werden.

7 Zusammenfassung und Fazit

Eine ordnungsgemäße Lüftung kann auf vielerlei Wegen erfolgen. Für die Planung sollten folgenden Faktoren, wie Behaglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz berücksichtigt werden. Lüftungsanlagen müssen daher an die vorliegenden Bedingungen, Ansprüche und Örtlichkeiten angepasst werden. Ebenfalls ist immer die Sinnhaftigkeit von Vorgaben zu hinterfragen. Falsche oder mangelnde Vorgaben können zu einer mangelhaften Planung führen.

In diesem Projekt wurde vom Bauherren auf eine Kühlung der inneren und äußeren Wärmequellen verzichtet. In diesem Fall muss der Bauherr auf die Auswirkungen bei Verzicht der Kühlung hinweisen werden. Der sommerliche Wärmeschutznachweis wird auf einer anderen Berechnungsbasis geführt und ist daher nicht projektspezifisch und berücksichtigt keinerlei Nutzerverhalten der einzelnen Räume. Der sommerliche Wärmeschutznachweis der mit dem EnEV-Nachweises geführt wird, beschreibt nur die Ertüchtigungen der Außenbauteile und somit nur den Auswirkung der äußeren Wärmequellen. Bei der Kühllastberechnung ohne innere Wärmequellen wird deutlich, dass keine zusätzliche Kühlung benötigt wird. Es ist daher darauf hinzuweisen, dass der Sommerliche Wärmeschutznachweis nicht für die Planung der RLT-Anlage maßgebend sein darf.

Im Verlauf der Planung wurde festgestellt, dass der Vorerhitzer sich negativ auf die WRG auswirkt, dies muss bei der weiteren Auslegung des RLT-Gerätes berücksichtigt werden.

Technische Vorleistungen, wie die Küchenplanung, die in eine TGA-Planung integriert werden, sind auf Plausibilität zu prüfen. Falls die Vorleistungen mangelhaft sind, wirkt sich dies auf die gesamte weitere Planung aller Gewerke aus, wie z. B. Lüftungsplanung, Heizungsplanung, Koordinationsplanung und der Schlitz- und Durchbruchsplanung aus.

8 Literatur- und Quellenverzeichnis

- [1] DIN EN 12792: Lüftung von Gebäuden – Symbole, Terminologie und graphische Symbole, Deutsche Fassung EN 12792:2003
- [2] DIN-Norm 18017-3: Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3, Sep 2009.
- [3] Heinze, H.-J.: Gute Raumlufte ist erwünscht. <https://www.ikz.de/detail/news/detail/gute-raumlufte-ist-erwuenscht-1/>, Abruf am 14.02.2018.
- [4] Hörner, B., Schmidt, M.: Handbuch der Klimatechnik. Bd. 2: 6. Aufl.2014, VDE Verlag, Berlin, ISBN 978-3-8007-3554-9
- [5] Lüdemann, B.: Vorlesungsskript Klimatechnik, Wärme- und Kälteerzeugung, HAW-Hamburg, 2013.
- [6] O.Verf.: Absorptionskältemaschine zur Kälteerzeugung. <http://absorptionsmaschine.de/wirtschaftlichkeitsbetrachtung-der-absorptionsmaschine/absorptionskaeltemaschine-zur-kaelteerzeugung-.html>, Abruf 19.02.2018
- [7] O. Verf.: Betriebsanleitung für den Benutzer, Vario-Lüftungsanlagen, Fa. HEINEMANN GmbH, April 2016.
- [8] O. Verf.: Firma EAW, http://www.eaw-energieanlagenbau.de/index.php/rueckkuehlwerk.html?file=files/theme_data/pdf-dokumente/akm/Wirtschaftlichkeit_AKM.pdf, Abruf am 17.02.2018
- [9] O. Verf.: Gebühren, Abgaben und Preise, HWW. <https://www.hamburgwasser.de/privatkunden/service/gebuehren-abgaben-preise/>, Abruf am 17.02.2018.
- [10] O. Verf.: Lüftung in Kita und Schule, Ausgabe 2018, Laible Verlagsprojekte, Allensbach, ISBN: 978-3-944549-16-3
- [11] O. Verf.: Mit der Sonne kühlen – Solare Kühlung ist trotz erprobter technologie und ökonomischem Potenzial immer noch ein Nischenmarkt. <https://www.ikz.de/nc/detail/news/detail/mit-der-sonne-kuehlen-solare-kuehlung-ist-trotz-erprobter-technologie-und-oekonomischem-potenzial-imm/>, Abruf am 19.04.2018
- [12] O. Verf.: Preisblatt 1. Quartal 2018, Vattenfall, 2018.
- [13] O. Verf.: Richtlinie für den Betrieb von Kindertageseinrichtungen, August 2012
- [14] O. Verf.: Strompreisabfrage. <http://www.hamburg.de/strompreise/>, Abruf am 17.02.2018.
- [15] O. Verf.: Wärmerückgewinnung. https://www.ffegmbh.de/download/informationen/528_ihk_hessen_waerme/fb_waermerueckgewinnung.pdf, Abruf am 16.04.2018
- [16] Pistohl, W., Rechenauer, C., Scheuerer, B.: Handbuch der Gebäudetechnik. Bd. 2: 9. Aufl. 2016, Bundesanzeiger Verlag, Köln, ISBN 978-3-8462-0589-1
- [17] Prof. Dr.-Ing. Helmut E. Feustel, Bestimmung des sommerlichen Ausluft-Auslegungszustands für Komfortklimatechnik, HLH Bd. 68 (2017) Nr. 10-Oktober
- [18] Recknagel, H., Sprenger, E., Schramek E.-R.: Taschenbuch für Heizung+Klimatechnik: 76.Aufl.2013, Oldenbourg Industrieverlag, München, ISBN 978-3-8356-3301-8
- [19] Richtlinie VDI 2052: Raumluftechnik. Blatt 1: Küchen (VDI-Lüftungsregeln). Düsseldorf: VDI, 2017.
- [20] Rietschel/Raiß: Heiz- und Klimatechnik. Bd. 2: 15.Aufl.1970, Springer Verlag, Berlin

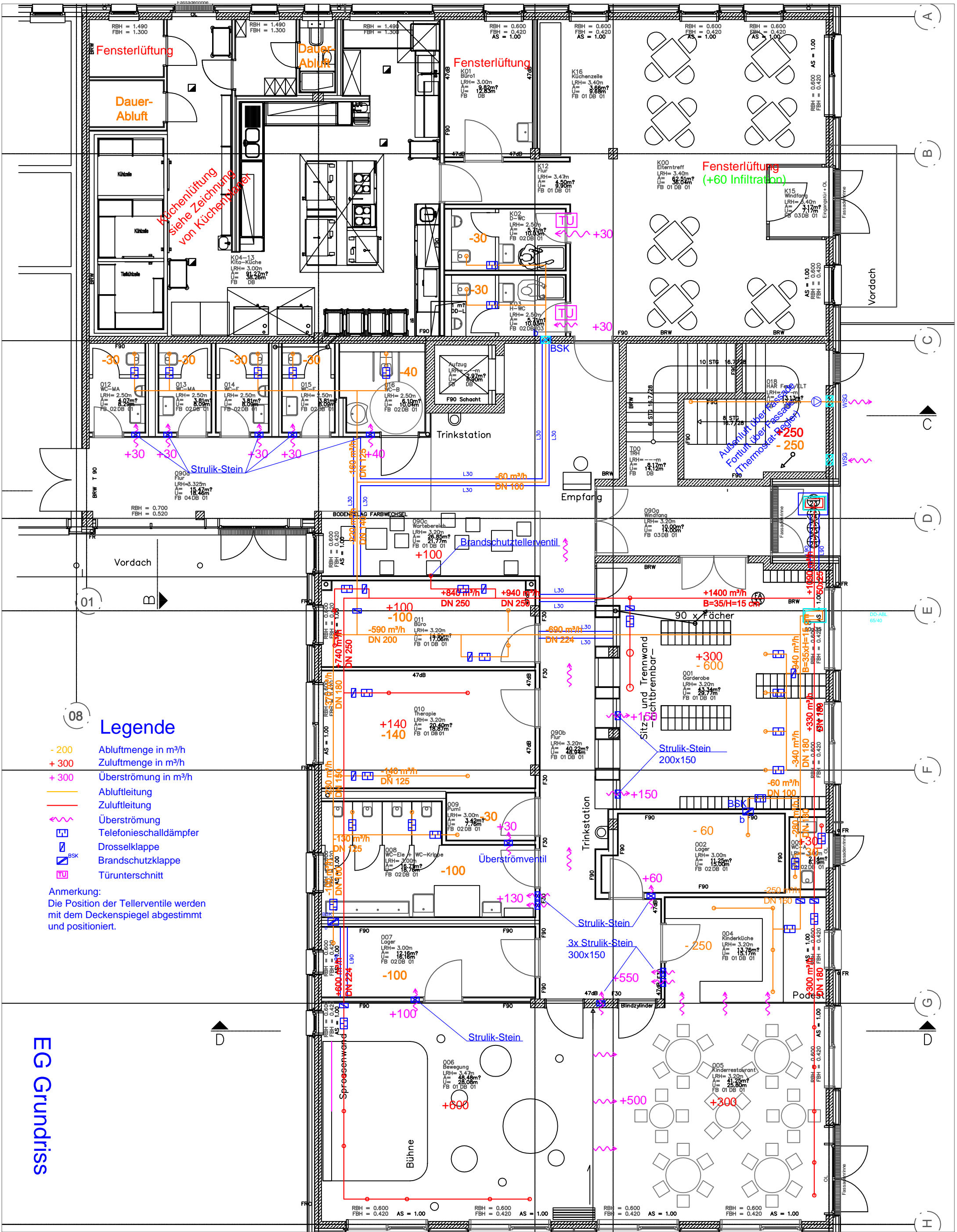
9 Anhang

9.1 Anhang A

Raum	Nr.	Etage	Fläche m ²	Raumhöhe m	Raumvolumen m ³	Vorgabe		berechneter Luftvolumenstrom m ³ /h	gemäß Vorgabe gewählt	
						LW -fach			Abluft m ³ /h	Zuluft m ³ /h
Windfang	090a	EG	9,80	3,20	31,36	-	-	-	-	-
Flur	090b	EG	41,81	3,20	133,79	2,5	334	Raumluftverbund		
Wartebereich	090c	EG	26,78	3,20	85,70	2,5	214		100	
Flur	090d	EG	15,20	3,20	48,64	2,5	122	Raumluftverbund		
Garderobe	001	EG	43,90	3,20	140,48	5	702	600	300	
Lager	002	EG	11,18	3,20	35,78	2,5	89	60		
WC-A	003	EG	2,05	3,20	6,56	2,5	16	30	30	
Kinderküche	004	EG	14,40	3,20	46,08	2,5	115	250		
Kinderrestaurant	005	EG	42,16	3,20	134,91	2,5	337		300	
Bewegung	006	EG	48,44	3,20	155,01	4	620		600	
Lager	007	EG	12,00	3,20	38,40	2,5	96	100		
WC-Ele+WC-Krippe	008	EG	16,55	3,20	52,96	4	212	100		
Pumi	009	EG	3,31	3,20	10,59	2,5	26	30		
Therapie	010	EG	19,98	3,20	63,94	2,5	160	140	140	
Büro	011	EG	14,40	3,20	46,08	2,5	115	100	100	
WC-MA	012	EG	3,81	2,50	9,53	2,5	24	30		
WC-MA	013	EG	3,81	2,50	9,53	2,5	24	30		
WC-E	014	EG	3,81	2,50	9,53	2,5	24	30		
WC-E	015	EG	3,81	2,50	9,53	2,5	24	30		
WC-B	016	EG	6,10	2,50	15,25	2,5	38	40		
D-WC	K02	EG	5,71	2,50	14,28	2,5	36	30	Infiltration	
H-WC	K03	EG	5,71	2,50	14,28	2,5	36	30	60	
Zwischensumme EG:								3.365	1.630	1.630

Raum	Nr.	Etage	Vorgabe					berechneter		gemäß Vorgabe	
			Fläche m ²	Raumhöhe m	Raumvolumen m ³	LW -fach	Luftvolumenstrom m ³ /h	Abluft m ³ /h	Zuluft m ³ /h		
Atelier+Werken	101	OG	50,02	3,00	150,06	2,5	375			370	
Lernwerkstatt	102	OG	19,65	3,00	58,95	2,5	147		140	140	
Bauraum/Krippe	103	OG	19,65	3,00	58,95	2,5	147		140	140	
WC-Elementar	104	OG	16,39	3,00	49,17	2,5	123		100		
WC-B-K	105	OG	9,71	3,00	29,13	4	117		100		
Wasserspielraum	106	OG	20,00	3,00	60,00	5	300		100	300	
WC-Krippe	107	OG	19,39	3,00	58,17	4	233		200		
Rollenspiel/Krippe	108	OG	23,62	3,00	70,86	2,5	177		180	180	
Ruheraum/Krippe	109	OG	29,93	3,00	89,79	2,5	224		220	220	
Krippe	110	OG	29,70	3,00	89,10	2,5	223		220	220	
Mitarbeiter	111	OG	23,70	3,00	71,10	2,5	178		150	150	
Materiallager	112	OG	7,47	3,00	22,41	2,5	56		100		
WC	113	OG	2,94	3,00	8,82	2,5	22		60		
RLT	114	OG	11,70	3,00	35,10	2,5	88		65	120	
Elterntreff	115	OG	16,80	3,00	50,40	2,5	126		65		
ELT Sich./BMA	116	OG	6,00	3,00	18,00	2,5	45		65		
Flur	190a	OG	56,35	3,00	169,05	2,5	423		Raumverbund		
							Zwischensumme OG:	3.004	1.840	1.840	
							Gesamt:	6.369	3470	3470	

9.2 Anhang B



Legende

- 200 Abluftmenge in m³/h
- + 300 Zuluftmenge in m³/h
- + 300 Überströmung in m³/h
- Abluftleitung
- Zuluftleitung
- ~ Überströmung
- ☐ Telefonschalldämpfer
- ☐ Drosselklappe
- ☐ BSK Brandschutzklappe
- ☐ Türunterschnitt

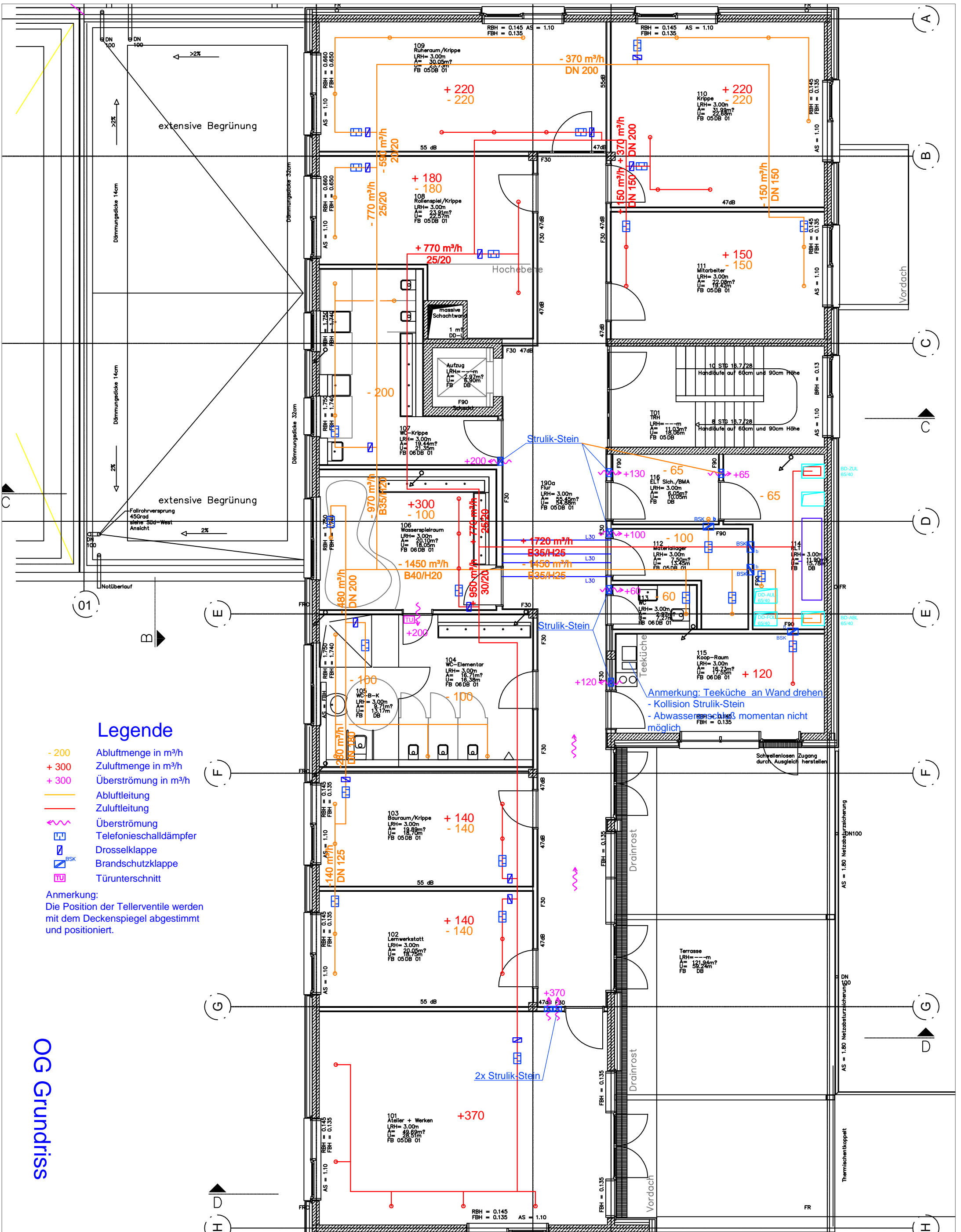
Anmerkung:
Die Position der Teilerventile werden mit dem Deckenspiegel abgestimmt und positioniert.

EG Grundriss

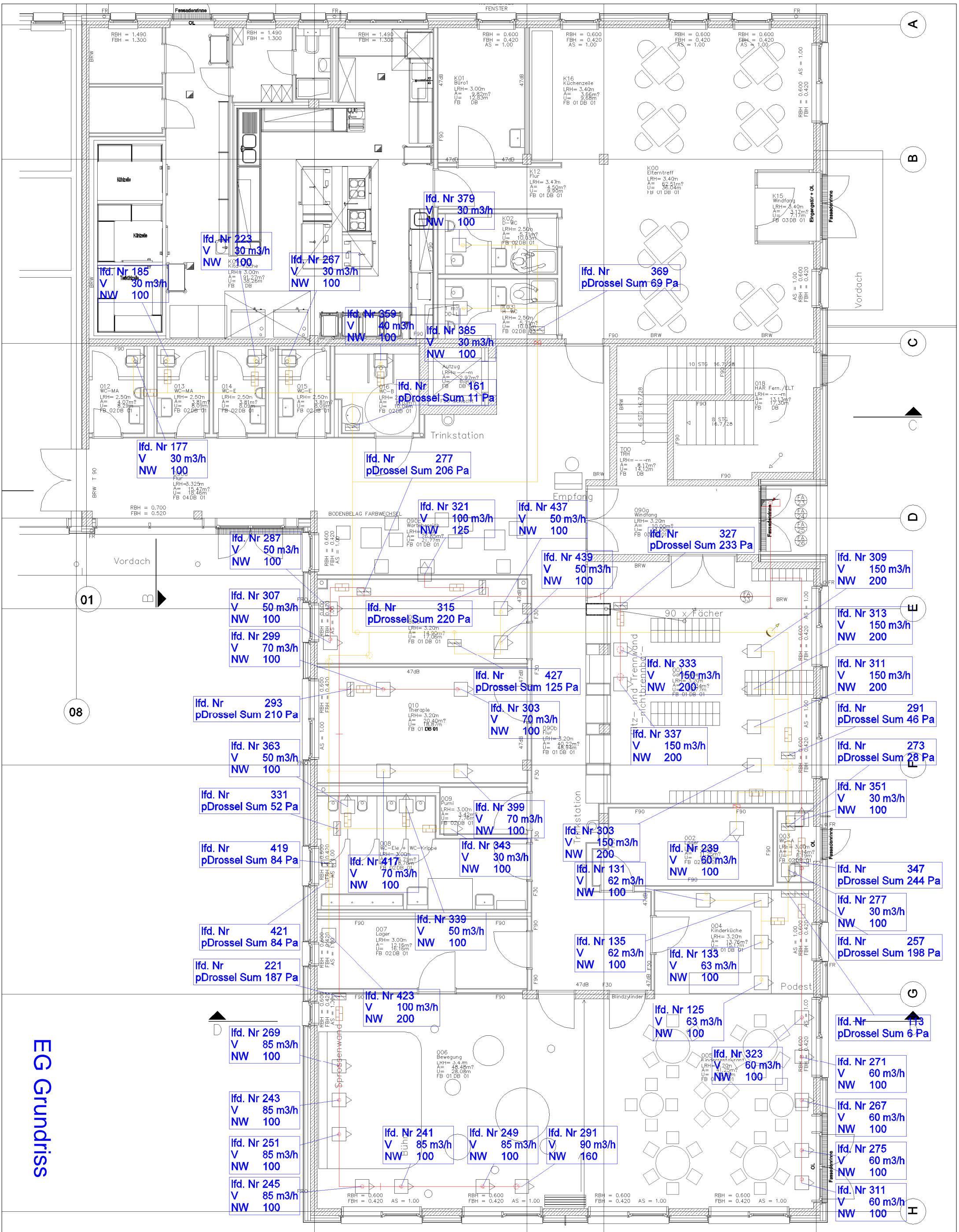
Legende

- 200 Abluftmenge in m³/h
- + 300 Zuluftmenge in m³/h
- + 300 Überströmung in m³/h
- Abluftleitung
- Zuluftleitung
- ↔ Überströmung
- ☐ Telefonschalldämpfer
- ☐ Drosselklappe
- ☐_{BSK} Brandschutzklappe
- ☐ Türunterschnitt

Anmerkung:
Die Position der Tellerventile werden mit dem Deckenspiegel abgestimmt und positioniert.

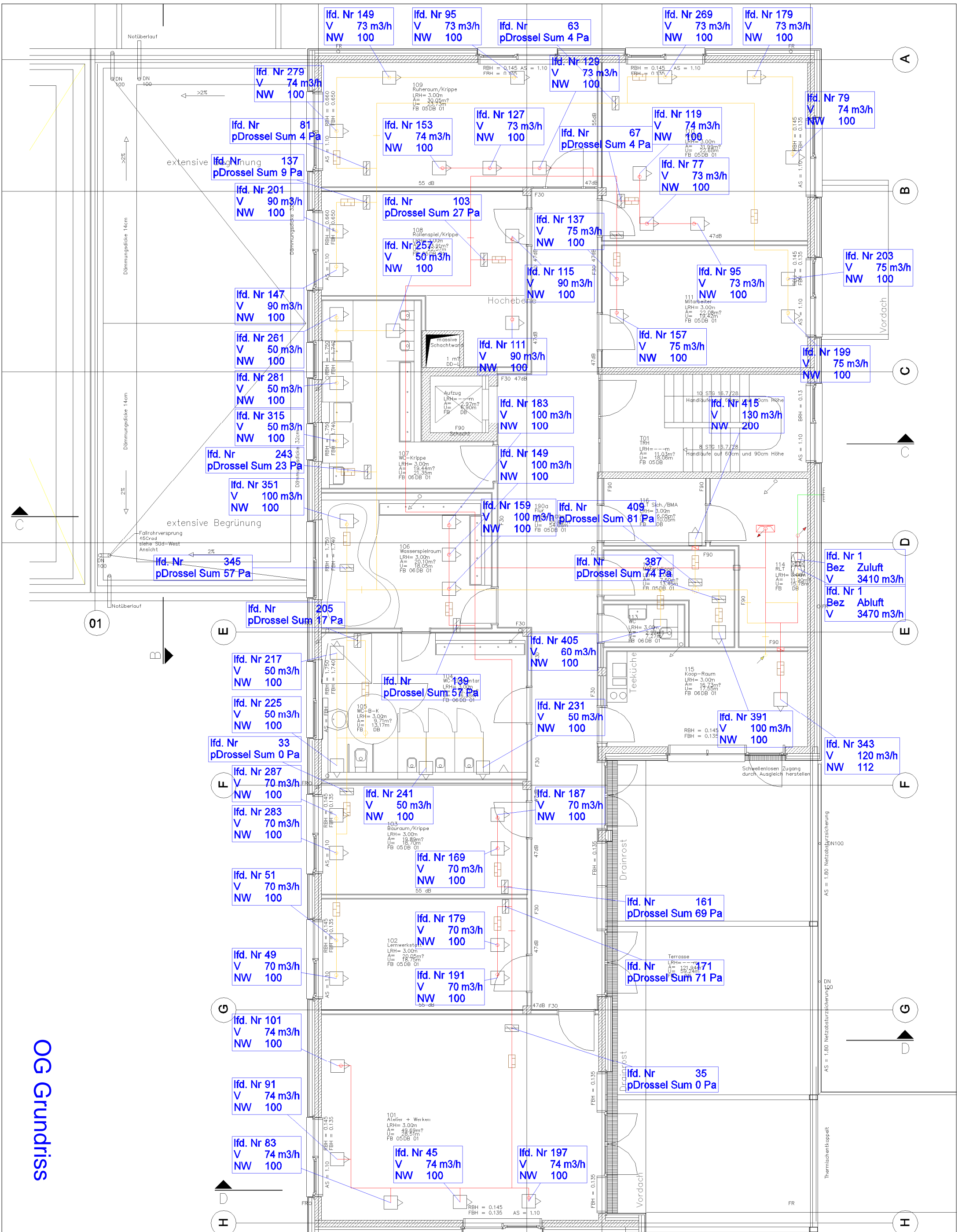


Anmerkung: Teeküche an Wand drehen
- Kollision Strulik-Stein
- Abwasseranschluß momentan nicht möglich



EG Grundriss

- lfd. Nr 185 V 30 m3/h NW 100
- lfd. Nr 223 V 30 m3/h NW 100
- lfd. Nr 267 V 30 m3/h NW 100
- lfd. Nr 359 V 40 m3/h NW 100
- lfd. Nr 379 V 30 m3/h NW 100
- lfd. Nr 385 V 30 m3/h NW 100
- lfd. Nr 161 pDrossel Sum 11 Pa
- lfd. Nr 177 V 30 m3/h NW 100
- lfd. Nr 277 pDrossel Sum 206 Pa
- lfd. Nr 321 V 100 m3/h NW 125
- lfd. Nr 437 V 50 m3/h NW 100
- lfd. Nr 327 pDrossel Sum 233 Pa
- lfd. Nr 287 V 50 m3/h NW 100
- lfd. Nr 439 V 50 m3/h NW 100
- lfd. Nr 309 V 150 m3/h NW 200
- lfd. Nr 307 V 50 m3/h NW 100
- lfd. Nr 299 V 70 m3/h NW 100
- lfd. Nr 315 pDrossel Sum 220 Pa
- lfd. Nr 427 pDrossel Sum 125 Pa
- lfd. Nr 313 V 150 m3/h NW 200
- lfd. Nr 293 pDrossel Sum 210 Pa
- lfd. Nr 303 V 70 m3/h NW 100
- lfd. Nr 311 V 150 m3/h NW 200
- lfd. Nr 333 V 150 m3/h NW 200
- lfd. Nr 291 pDrossel Sum 46 Pa
- lfd. Nr 337 V 150 m3/h NW 200
- lfd. Nr 273 pDrossel Sum 28 Pa
- lfd. Nr 331 pDrossel Sum 52 Pa
- lfd. Nr 399 V 70 m3/h NW 100
- lfd. Nr 351 V 30 m3/h NW 100
- lfd. Nr 419 pDrossel Sum 84 Pa
- lfd. Nr 343 V 30 m3/h NW 100
- lfd. Nr 303 V 150 m3/h NW 200
- lfd. Nr 239 V 60 m3/h NW 100
- lfd. Nr 347 pDrossel Sum 244 Pa
- lfd. Nr 131 V 62 m3/h NW 100
- lfd. Nr 337 V 150 m3/h NW 200
- lfd. Nr 277 V 30 m3/h NW 100
- lfd. Nr 421 pDrossel Sum 84 Pa
- lfd. Nr 339 V 50 m3/h NW 100
- lfd. Nr 135 V 62 m3/h NW 100
- lfd. Nr 239 V 60 m3/h NW 100
- lfd. Nr 257 pDrossel Sum 198 Pa
- lfd. Nr 221 pDrossel Sum 187 Pa
- lfd. Nr 423 V 100 m3/h NW 200
- lfd. Nr 125 V 63 m3/h NW 100
- lfd. Nr 323 V 60 m3/h NW 100
- lfd. Nr 271 V 60 m3/h NW 100
- lfd. Nr 269 V 85 m3/h NW 100
- lfd. Nr 243 V 85 m3/h NW 100
- lfd. Nr 241 V 85 m3/h NW 100
- lfd. Nr 249 V 85 m3/h NW 100
- lfd. Nr 291 V 90 m3/h NW 160
- lfd. Nr 275 V 60 m3/h NW 100
- lfd. Nr 245 V 85 m3/h NW 100
- lfd. Nr 311 V 60 m3/h NW 100



9.3 Anhang C

Prozessdaten der Lüftungsanlage (Winterfall)

Nr	Prozess	Luftzustand					Prozessstrom			Kost.	Differenzen					Bezeichnung
		t [°C]	x [g/kg]	phi [%]	h [kJ/kg]	rho [kg/m³]	fm [%]	V [m³/h]	m [kg/h]		dt [K]	dx [g/kg]	dh [kJ/kg]	dQ [kW]	dm [kg/h]	
1	Pkt	-12,0	0,9	69,6	-9,7	1,333	1,000	3157	4207	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2	Klp	-12,0	0,9	69,6	-9,7	1,333	1,000	3157	4207	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	Erw	5,0	0,9	17,3	7,4	1,251	1,000	3362	4207	1,00	17,0	0,0	17,1	20,0	0,0	
4	Flt	5,0	0,9	17,3	7,4	1,251	1,000	3362	4207	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	WRG	19,8	0,9	6,5	22,3	1,188	1,000	3542	4207	-0,87	14,8	0,0	14,9	17,5	0,0	
6		11,7	8,6	100,0	33,5	1,216	1,000	3542	4307	0,00	-12,3	-0,8	-14,6	-17,5	-3,3	
7	Venti	20,5	0,9	6,3	23,0	1,185	1,000	3550	4207	0,10	0,7	0,0	0,7	0,8	0,0	
8	tKühl	20,5	0,9	6,3	23,0	1,185	1,000	3549	4207	0,00	-0,0	0,0	-0,0	-0,1	0,0	
9	dBef	21,3	7,1	44,6	39,5	1,177	1,000	3573	4207	1,09	0,8	6,2	16,5	19,3	26,0	
10	Erw	21,3	7,1	44,6	39,5	1,177	1,000	3573	4207	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	Raum	24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3610	4207	0,00	2,7	2,3	8,6	10,1	9,7	
12	Flt	24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3697	4307	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	Venti	12,3	8,6	95,7	34,2	1,213	1,000	3550	4307	0,10	0,7	0,0	0,7	0,8	0,0	
14	Klp	12,3	8,6	95,7	34,2	1,213	1,000	3550	4307	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Prozessdaten der Lüftungsanlage (Sommerfall 29/40)

Nr	Prozess	Luftzustand					Prozessstrom			Kost.	Differenzen					Bezeichnung
		t [°C]	x [g/kg]	phi [%]	h [kJ/kg]	rho [kg/m³]	fm [%]	V [m³/h]	m [kg/h]		dt [K]	dx [g/kg]	dh [kJ/kg]	dQ [kW]	dm [kg/h]	
1	Pkt	29,0	10,1	40,0	55,1	1,145	1,000	3541	4056	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2	Klp	29,0	10,1	40,0	55,1	1,145	1,000	3541	4056	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	Erw	29,0	10,1	40,0	55,1	1,145	1,000	3542	4056	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	Flt	29,0	10,1	40,0	55,1	1,145	1,000	3542	4056	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	WRG	29,0	10,1	40,0	55,1	1,145	1,000	3542	4056	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6		24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3542	4127	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7	Venti	29,7	10,1	38,4	55,8	1,143	1,000	3550	4056	0,10	0,7	0,0	0,7	0,8	0,0	
8	tKühl	22,8	10,1	57,7	48,7	1,169	1,000	3469	4056	0,32	-6,9	0,0	-7,1	-8,0	0,0	
9	dBef	22,8	10,1	57,7	48,7	1,169	1,000	3469	4056	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10	Erw	22,8	10,1	57,7	48,7	1,169	1,000	3469	4056	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	Raum	24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3481	4056	0,00	1,2	-0,7	-0,6	-0,7	-2,9	
12	Flt	24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3542	4127	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	Venti	24,7	9,4	47,9	48,8	1,162	1,000	3550	4127	0,10	0,7	0,0	0,7	0,8	0,0	
14	Klp	24,7	9,4	47,9	48,8	1,162	1,000	3550	4127	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

Prozessdaten der Lüftungsanlage (Sommerfall 28/75)

Nr	Prozess	Luftzustand					Prozessstrom			Kost.	Differenzen					Bezeichnung
		t [°C]	x [g/kg]	phi [%]	h [kJ/kg]	rho [kg/m³]	fm [%]	V [m³/h]	m [kg/h]	[€/h]	dt [K]	dx [g/kg]	dh [kJ/kg]	dQ [kW]	dm [kg/h]	
1	Pkt	28,0	16,9	70,0	71,3	1,145	1,000	3542	4054	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
2	Klp	28,0	16,9	70,0	71,3	1,145	1,000	3542	4054	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	Erw	28,0	16,9	70,0	71,4	1,145	1,000	3542	4054	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	Flt	28,0	16,9	69,9	71,4	1,145	1,000	3542	4054	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	WRG	28,0	16,9	69,9	71,4	1,145	1,000	3542	4054	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6		24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3542	4127	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7	Venti	28,7	16,9	67,1	72,1	1,142	1,000	3550	4054	0,10	0,7	0,0	0,7	0,8	0,0	
8	tKühl	15,0	10,8	100,0	42,4	1,201	1,000	3376	4054	1,34	-13,7	-6,1	-29,7	-33,5	-24,8	
9	dBef	15,0	10,8	100,0	42,4	1,201	1,000	3376	4054	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10	Erw	23,0	10,8	60,7	50,6	1,168	1,000	3470	4054	0,46	8,0	0,0	8,2	9,2	0,0	
11	Raum	24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3479	4054	0,00	1,0	-1,4	-2,5	-2,8	-5,5	
12	Flt	24,0	9,4	50,0	48,1	1,165	1,000	3542	4127	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	Venti	24,7	9,4	47,9	48,8	1,162	1,000	3550	4127	0,10	0,7	0,0	0,7	0,8	0,0	
14	Klp	24,7	9,4	47,9	48,8	1,162	1,000	3550	4127	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	