

## **Konzeptstudie**

# **Neubau einer pharmazeutischen Produktionsstätte gem. EU-GMP Guide**

## **Systemvergleich - Raumluftechnik**



INHALT	
INHALT .....	1
PROJEKTDEFINITION .....	2
Projekthalt .....	2
Aufgabenstellung .....	2
Projektgrundlagen .....	2
BESCHREIBUNG DER VARIANTEN .....	3
VARIANTE 1 - Zentrale RLT mit 100% AU .....	3
V01 - Beschreibung .....	3
V01 - Mollier-h-x-Diagramm .....	4
V01 - Mollier-h-x-Diagramm - Ergebnisse .....	5
VARIANTE 2 - Zentrale RLT mit 30% AU .....	6
V02 - Beschreibung .....	6
V02 - Mollier-h-x-Diagramm .....	7
V02 - Mollier-h-x-Diagramm - Ergebnisse .....	8
VARIANTE 3 – Mischluft - FFU mit 30% AU .....	9
V03 - Beschreibung .....	9
V03 - Mollier-h-x-Diagramm .....	10
V03 - Mollier-h-x-Diagramm - Ergebnisse .....	11
VERGLEICH DER VARIANTEN .....	12
GRUNDLAGEN .....	12
Umfang .....	12
Raum-Luftmengen .....	12
Geräte-Luftmengen .....	12
Raumluft-Bedingungen .....	12
Zuluft-Bedingungen .....	12
Energiepreise (Mischkalkulation) .....	12
INVESTITIONSKOSTEN .....	13
Heizungsanlage .....	13
Raumluftechnik .....	13
Wärmerückgewinnung .....	13
Kälteanlage .....	13
Befeuchtung .....	13
Gebäudekosten für Technikfläche .....	13
Summen .....	13
JAHRES-ENERGIEKOSTEN .....	14
Grundlagen der Berechnung .....	14
Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse .....	14
Jahres-Energiebedarf .....	14
Jahres-Energiekosten .....	14
V01 - RLT-Zentralgerät mit 100% Außenluft und KVS-WRG .....	15
V02 - RLT-Zentralgerät mit 30% Außenluft und Mischkammer .....	16
V03 - Mischluft - FFU mit 30% AU .....	17
FEHLERBETRACHTUNG .....	18
INVESTKOSTEN .....	18
JAHRES-ENERGIEKOSTEN .....	18
FAZIT - SCHLUSSFOLGERUNG .....	18
INVESTKOSTEN .....	18
JAHRES-ENERGIEKOSTEN .....	18
AMORTISATION .....	18

## PROJEKTDEFINITION

### Projekthalt

Unser Kunde plant den Neubau eines Bereiches zur Produktion von pharmazeutischen Produkten an einem bestehenden Standort.

Der Produktions-Bereich soll in einem neu zu errichtenden Gebäude integriert werden. Die erforderliche Medien-Verteilung ist nach Leistungsbedarf zu dimensionieren und an die Liegenschaftsnetze anzubinden. Die zentrale Medienerzeugung ist um die zusätzlich benötigte Leistung zu erweitern.

Es sind GMP-Reinräume auf ca. 3.600 m<sup>2</sup> Grundfläche mit den Reinheitsklassen C und D vorgesehen. Überwiegend werden im Produktionsbereich verschiedene Solida verarbeitet.

Der Produktionsbereich ist in sich abgeschlossen und über Personal- und Materialschleuse zu erreichen.

Diese Studie umfasst die lufttechnische Anlage des betrachteten Bereiches und die für die Versorgung der RLT notwendigen Medien- und Energiesysteme.

Für diese Betrachtung werden ausschließlich Systeme betrachtet welche durch die konzeptionellen Unterschiede der Varianten beeinflusst werden.

### Aufgabenstellung

Im Rahmen dieser Studie sind drei verschiedene Konzepte zur raumluftechnischen Versorgung des Produktionsbereiches zu erarbeiten und in Bezug auf Ihre Vor- und Nachteile zu bewerten.

Als Vergleichskriterien sind sowohl die Investitions- als auch die Medien- und Energieverbrauchskosten zu ermitteln und einander gegenüber zu stellen.

Bei der Ausarbeitung ist zu beachten, dass die vorgesehenen Anlagen den Anforderungen der EG-GMP- Richtlinie entsprechen müssen.

Für die betrachteten Systeme sind die Investkosten als Richtkosten mit einer Genauigkeit von +/- 20% zu ermitteln. Dabei sollen neben den technischen Systemen auch die Kosten des Bauwerks zur Bereitstellung von Technikflächen berücksichtigt werden.

Die Kosten des jährlichen Energie- und Medienbedarfes der Anlagen sind, unter Einbeziehung lokaler Klimadaten, mittels eines geeigneten Berechnungsverfahrens zu ermitteln. Dabei ist für alle Varianten dasselbe Raum-Klima zugrunde zu legen.

Der Prozessverlauf der Luftaufbereitung soll dem konzeptionellen Ansatz der jeweiligen Variante folgen und einen möglichst effizienten Betrieb der Anlagen gestatten.

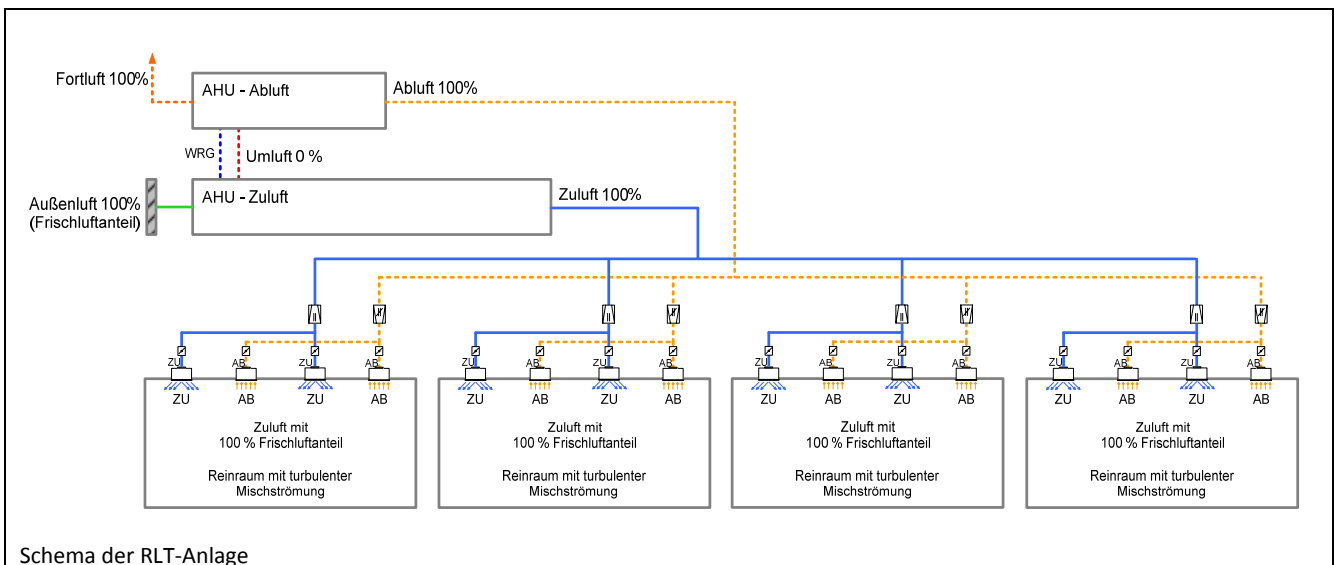
### Projektgrundlagen

- ⊕ GMP Reinräume Klasse „D“ und „C
- ⊕ Grundfläche der Reinräume 3.600 m<sup>2</sup>
- ⊕ Mittlere Raumhöhe 3,00 m
- ⊕ Mittlerer Luftwechsel 15/h
- ⊕ Klimadatensatz gem. DIN 4710 für Trier
- ⊕ Einschlägige Normen und Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE, ASR usw.)
- ⊕ Europäische Pharmazeutische Guidelines (EG-GMP-Guide und Annexe)

## BESCHREIBUNG DER VARIANTEN

VARIANTE 1 - Zentrale RLT<sup>1</sup> mit 100% AU<sup>2</sup>

## V01 - Beschreibung



Schema der RLT-Anlage

Die gesamte Aufbereitung der Zuluft erfolgt in einem zentralen RLT-Gerät. Das zentrale RLT-Gerät besteht aus einem Zuluft- und einem Abluft-/Fortluftgerät.

Die folgend aufgeführten Luftaufbereitungsfunktionen werden in den Geräten vorgenommen:

- ⊕ Wärmerückgewinnung
- ⊕ Heizen
- ⊕ Kühlen
- ⊕ Entfeuchten (durch Kühlung)
- ⊕ Nachheizen
- ⊕ Befeuchten

Zuluft-Gerät mit folgenden Baugruppen:

- ⊕ Jalousieklappe
- ⊕ Vorfilter (z.B. der Klasse F7)
- ⊕ WRG<sup>3</sup> durch KVS<sup>4</sup>
- ⊕ Vor-Erhitze-Register
- ⊕ Schalldämpfer
- ⊕ Ventilator
- ⊕ Schalldämpfer
- ⊕ Kühlregister mit Kondensatwanne
- ⊕ Tropfenabscheider
- ⊕ Nach-Erhitze-Register
- ⊕ Dampf-Befeuchterkammer
- ⊕ Feinfilter (z.B. Klasse F9)

Abluft-Gerät mit folgenden Baugruppen

- ⊕ Vorfilter (z.B. der Klasse F7)
- ⊕ Schalldämpfer
- ⊕ Ventilator
- ⊕ Schalldämpfer
- ⊕ WRG durch KVS
- ⊕ Jalousieklappe auf der Fortluftseite

Es wird weiter vorausgesetzt, dass Zu- und Abluft-Kastengerät nahe beieinander aufgestellt werden. Die Aufstellung der zentralen RLT-Geräte erfolgt in separaten Technik-Räumen.

Ausgehend von den RLT-Geräten wird die aufbereitete Zuluft über ein verzweigtes Kanalsystem zu den einzelnen Räumen geführt. Mittels verschiedener Kanaleinbauten wird sichergestellt, dass jeder Raum mit der benötigten Luftmenge versorgt wird.

Die Einbringung der Zuluft in die Räume erfolgt mittels deckenbündig eingebauter Lufterlässe mit Drallplatte und je nach Hygieneklasse mit integrierten Schwebstoff-Filtern.

Die Erfassung der Abluft erfolgt über Luftauslässe in der Decke des Raumes. Mittels des an die Auslässe angeschlossenen Kanal-/Rohrnetzes wird die Raumabluft dem zentralen RLT-Gerät im Technikbereich zugeführt und von dem integrierten Abluftventilator nach Entzug der rückgewinnbaren Wärmemenge aus dem Gebäude gefördert.

VORTEILE:

- ⊕ Keine Kreuzkontamination
- ⊕ Flexible Umnutzung von Räumen möglich
- ⊕ Ableitung hoher Wärme- und Feuchtelasten möglich

NACHTEILE:

- ⊕ Hohe Energie-Kosten der Luftförderung
- ⊕ Hohe Energie-Kosten der Luftaufbereitung
- ⊕ Hoher Raumbedarf für Installationen
- ⊕ Große Investition für Mediensysteme
- ⊕ Große Investition für Kanalsystem + Geräte
- ⊕ Große Investition für Gebäude
- ⊕ Individuelle Leistungsanpassung eingeschränkt

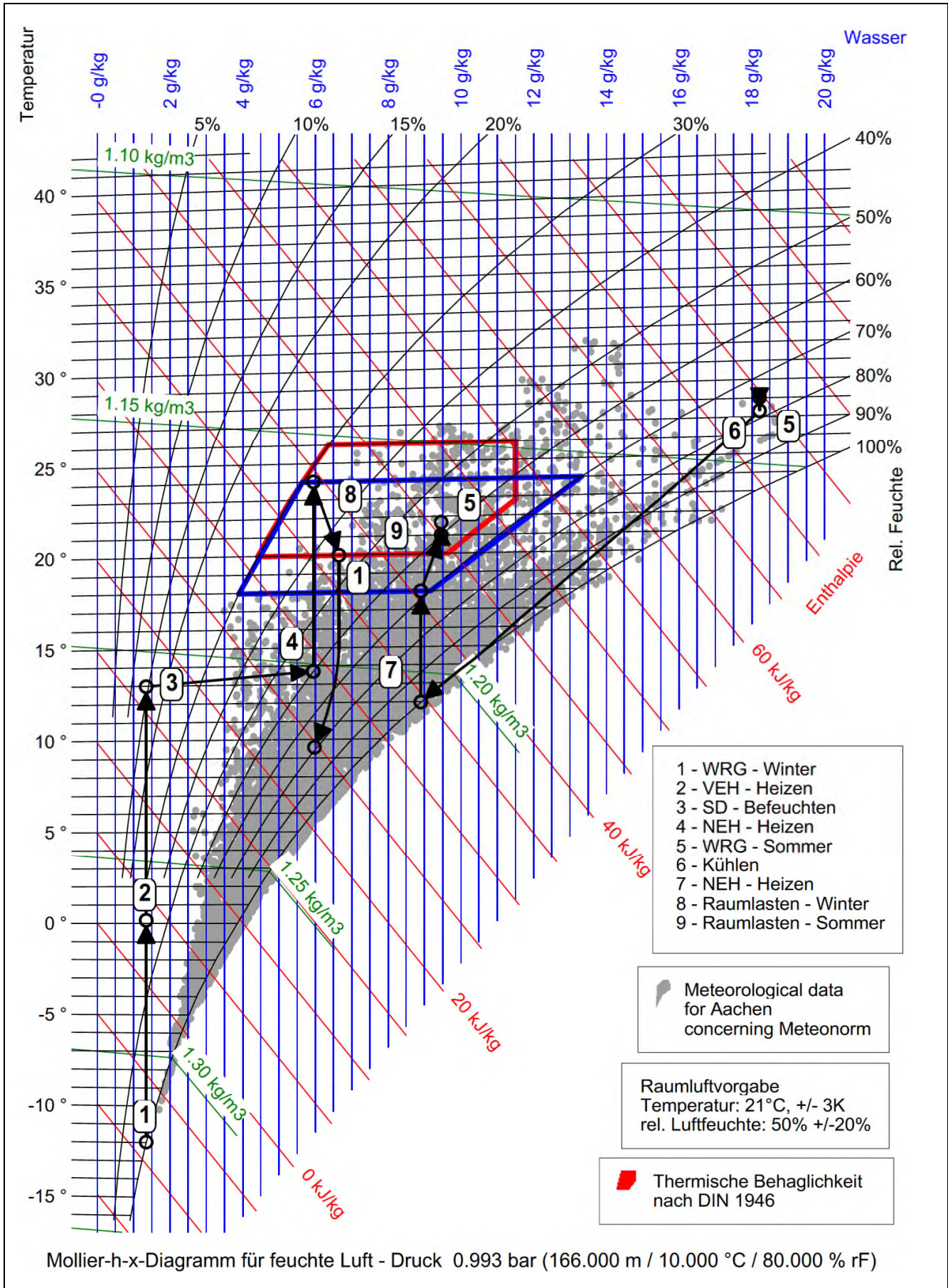
<sup>1</sup> RLT - Raum-Luft-Technik

<sup>2</sup> AU - Außenluft

<sup>3</sup> WRG - Wärme-Rück-Gewinnung

<sup>4</sup> KVS - Kreislauf - Verbund - System / WRG mit Glykol-Wasser-Gemisch als Wärmeträger

V01 - Mollier-h-x-Diagramm



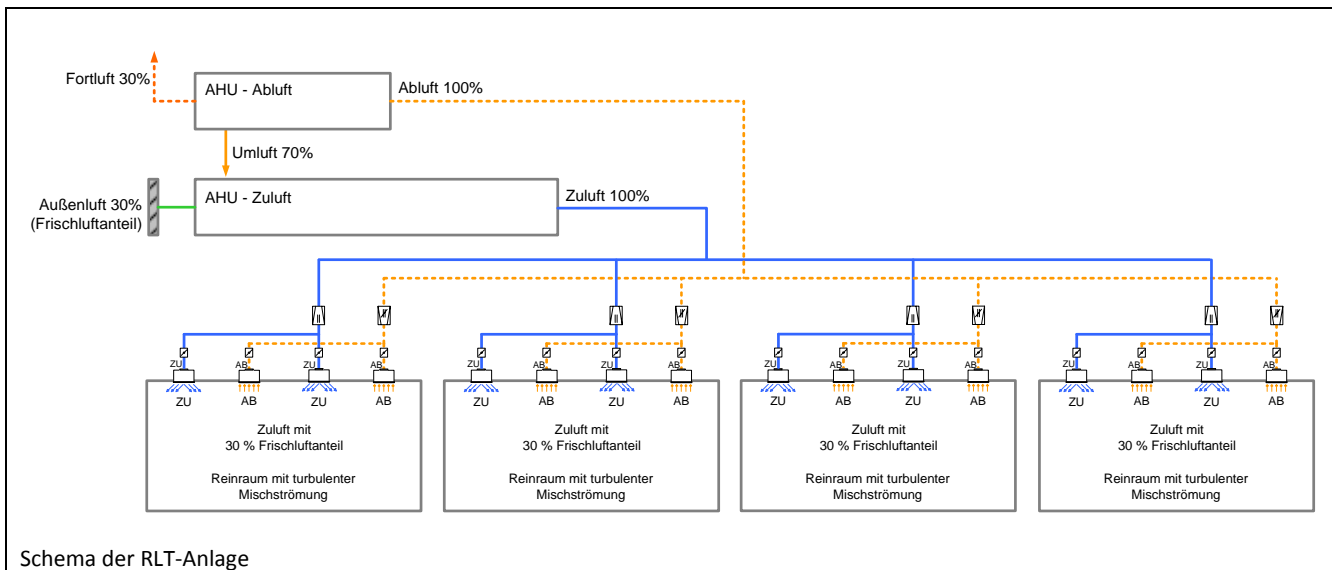
## V01 - Mollier-h-x-Diagramm - Ergebnisse

		<b>Variante 1</b>	
		<b>RLT-Zentralgerät mit</b>	<b>Kommentare</b>
		<b>100% Außenluft</b>	
<b>WRG – Wärmerückgewinnung Winter – System KVS (1)</b>			
Temperatur-Wirkungsgrad	%	38	Im Extrem-Winterzustand (abgemindert um Vereisung des Ablufttauschers zu verhindern)
Zuluftmenge	kg/h	204.994	
Kaltluft Eintritt	°C/%rF	-12/100	
Warmluft Eintritt	°C	20/45	
Kaltluft Austritt	°C/%rF	0,16/34,8	
Warmluft Austritt	°C	9,6/79	
WRG-Leistung	kW	698	
<b>VEH - Vorheizen der Luft – Winter (2)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	204.994	
Luft Eintritt	°C/%rF	0,16/34,8	
Luft Austritt	°C/%rF	13/14,4	
VEH-Leistung	kW	738	
<b>Befeuchtung der Luft (3)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	204.994	
Luft Eintritt	°C/%rF	13/14,4	
Luft Austritt	°C/%rF	13,7/59,9	
Dampftemperatur	°C	105	
Befeuchtungsmenge	kg/h	940	
Befeuchtungsleistung	kW	700	
<b>NEH - Nachheizen der Luft – Winter (4)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	204.994	
Luft Eintritt	°C/%rF	13,7/59,9	
Luft Austritt	°C/%rF	24/31,6	
NEH-Leistung	kW	596	
<b>WRG – Wärmerückgewinnung Sommer – System KVS (5)</b>			
Temperatur-Wirkungsgrad	%	10	wg. geringer Temperaturdifferenzen
Zuluftmenge	kg/h	210.000	
Kaltluft Eintritt	°C/%rF	21/60	
Warmluft Eintritt	°C	28/75	
Kaltluft Austritt	°C/%rF	21,7/57,5	
Warmluft Austritt	°C	27,3/78	
WRG-Leistung	kW	41,8	
<b>Kühlung der Luft (6)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	210.000	
Luft Eintritt	°C/%rF	27,3/78	
Luft Austritt	°C/%rF	12/100	
Medien-Temperatur	°C/°C	6/12	
Register-Leistung	kW	2.300	
<b>NEH - Nachheizen der Luft – Sommer (7)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	210.000	
Luft Eintritt	°C/%rF	12/100	
Luft Austritt	°C/%rF	18/68	
NEH-Leistung	kW	358	



VARIANTE 2 - Zentrale RLT mit 30% AU

V02 - Beschreibung



Schema der RLT-Anlage

Die gesamte Aufbereitung der Zuluft erfolgt in einem zentralen RLT-Gerät. Das zentrale RLT-Gerät besteht aus einem Zuluft-/Mischluft- und einem Abluft-/Fortluftgerät. Die folgend aufgeführten Luftaufbereitungsfunktionen werden in den Geräten vorgenommen:

- ⊕ Luftmischung von Außenluft und Umluftanteil
- ⊕ Heizen
- ⊕ Kühlen
- ⊕ Entfeuchten (durch Kühlung)
- ⊕ Nachheizen

Zuluft-Gerät mit folgenden Baugruppen:

- ⊕ Jalousieklappe
- ⊕ Mischkammer
- ⊕ Vorfilter (z.B. der Klasse F7)
- ⊕ Vor-Erhitzer-Register
- ⊕ Schalldämpfer
- ⊕ Ventilator
- ⊕ Schalldämpfer
- ⊕ Kühlregister mit Kondensatwanne
- ⊕ Tropfenabscheider
- ⊕ Nach-Erhitzer-Register
- ⊕ Feinfilter (z.B. Klasse F9)

Abluft-Gerät mit folgenden Baugruppen

- ⊕ Vorfilter (z.B. der Klasse F7)
- ⊕ Schalldämpfer
- ⊕ Ventilator
- ⊕ Schalldämpfer
- ⊕ Mischkammer
- ⊕ Jalousieklappe auf der Fortluftseite

Es wird weiter vorausgesetzt, dass Zu- und Abluft-Kastengerät direkt beieinander aufgestellt werden.

Die Aufstellung der zentralen RLT-Geräte erfolgt in separaten Technik-Räumen.

Ausgehend von den RLT-Geräten wird die aufbereitete Zuluft über ein verzweigtes Kanalnetz zu den einzelnen Räumen geführt. Mittels verschiedener Kanaleinbauten wird sichergestellt, dass jeder Raum mit der benötigten Luftmenge versorgt wird.

Die Einbringung der Zuluft in die Räume erfolgt mittels deckenbündig eingebauter Lufterlässe mit Drallplatte und je nach Hygieneklasse mit integrierten Schwebstoff-Filtern.

Die Erfassung der Abluft erfolgt über Luftauslässe in der Decke des Raumes. Mittels des an die Auslässe angeschlossenen Kanal-/Rohrnetzes wird die Raumabluft dem zentralen RLT-Gerät im Technikbereich zugeführt. Der festgelegte oder variable Umluftanteil wird der von außen angesaugten Frischluft (Außenluft) beigemischt.

VORTEILE:

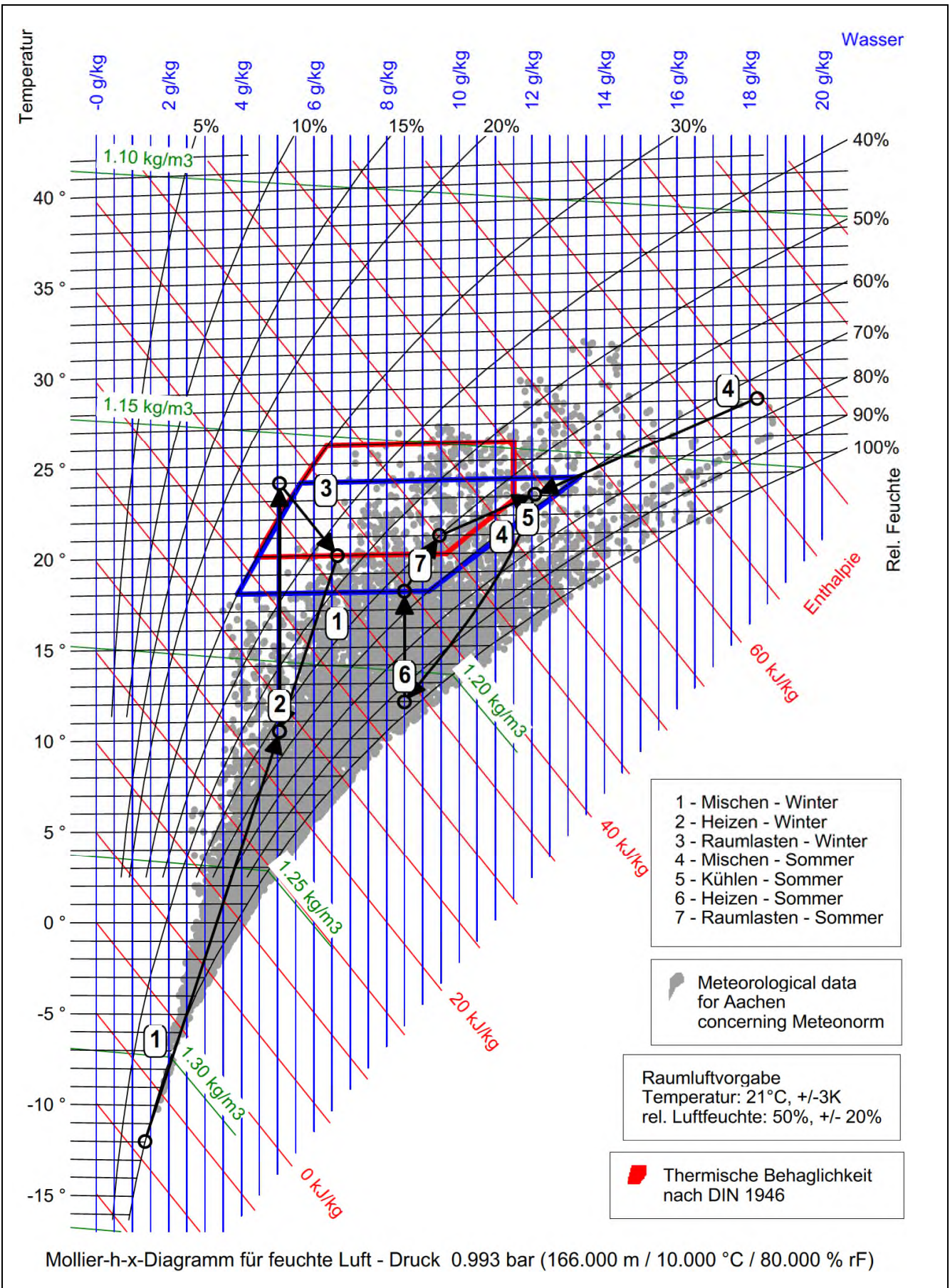
- ⊕ Niedrigere Energie-Kosten der Luftaufbereitung
- ⊕ Geringere Investition für Mediensysteme
- ⊕ Ableitung hoher Wärme- und Feuchtelasten möglich

NACHTEILE:

- ⊕ Kreuzkontamination möglich
- ⊕ Flexible Umnutzung von Räumen eingeschränkt
- ⊕ Hohe Energie-Kosten der Luftförderung
- ⊕ Hoher Raumbedarf für Installationen
- ⊕ Große Investition für Kanalnetz + Geräte
- ⊕ Große Investition für Gebäude
- ⊕ Individuelle Leistungsanpassung eingeschränkt



V02 - Mollier-h-x-Diagramm

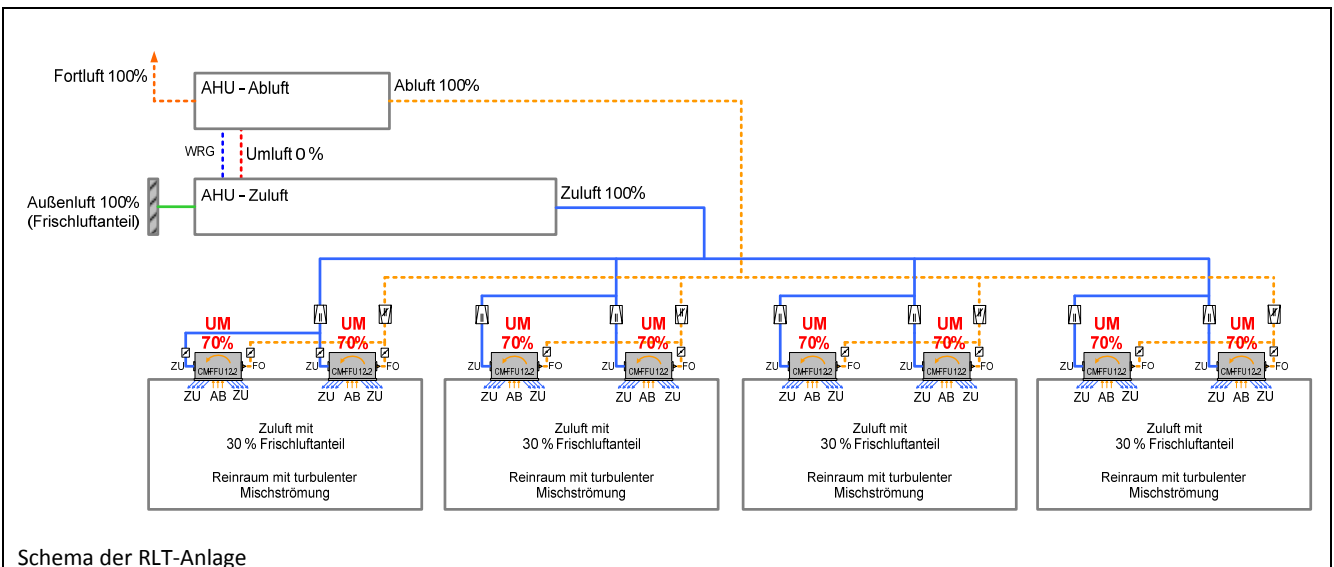


## V02 - Mollier-h-x-Diagramm - Ergebnisse

		<b>Variante 2</b>	
		<b>RLT-Zentralgerät mit</b>	<b>Kommentare</b>
		<b>30% Außenluft</b>	
<b>Mischen von zwei Luftmengen – Winter (1)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	204.994	
Außenluftmenge	kg/h	61.498	
Umluft Eintritt	kg/h	143.496	
Außenluft Eintritt	°C/%rF	-12/100	
Umluft Eintritt	°C/%rF	20/45	
Mischluft Austritt	°C/%rF	10,5/63,3	
<b>NEH - Nachheizen der Luft – Winter (2)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	204.994	
Luft Eintritt	°C/%rF	10,5/63,3	
Luft Austritt	°C/%rF	24/27	
NEH-Leistung	kW	782	
<b>Mischen von zwei Luftmengen – Sommer (4)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	210.000	
Außenluftmenge	kg/h	63.000	
Umluft Eintritt	kg/h	147.000	
Außenluft Eintritt	°C/%rF	28/75	
Umluft Eintritt	°C/%rF	21/60	
Mischluft Austritt	°C/%rF	23/67	
<b>Kühlung der Luft – Sommer (5)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	210.000	
Luft Eintritt	°C/%rF	23/67	
Luft Austritt	°C/%rF	12/95,4	
Medien-Temperatur	°C/°C	6/12	
Register-Leistung	kW	1.198	
<b>NEH - Nachheizen der Luft – Sommer (6)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	210.000	
Luft Eintritt	°C/%rF	12/95,4	
Luft Austritt	°C/%rF	18/65	
NEH-Leistung	kW	358	

VARIANTE 3 – Mischluft - FFU mit 30% AU

V03 - Beschreibung



Schema der RLT-Anlage

Die Aufbereitung des erforderlichen Frischluftanteils der Zuluft erfolgt in einem zentralen RLT-Gerät. Die benötigte Raum-Zuluft wird durch dezentrale Mischluftgeräte bereitgestellt. Das zentrale RLT-Gerät besteht aus einem Zuluft- und einem Fortluftgerät. Luftaufbereitungsfunktionen Zentralgerät + Mischluftgerät:

- ☒ Wärmerückgewinnung
- ☒ Heizen
- ☒ Kühlen (entfeuchtend)
- ☒ Entfeuchten (durch Kühlung)
- ☒ Nacheizen
- ☒ Mischen von Frischluft und Umluft
- ☒ Kühlen (sensibel)
- ☒ Filterung

Zuluft-Gerät mit folgenden Baugruppen:

- ☒ Jalousieklappe
- ☒ Vorfilter (z.B. der Klasse F7)
- ☒ WRG durch KVS
- ☒ Vor-Erhitze-Register
- ☒ Schalldämpfer
- ☒ Ventilator
- ☒ Schalldämpfer
- ☒ Kühlregister mit Kondensatwanne
- ☒ Tropfenabscheider
- ☒ Nach-Erhitze-Register
- ☒ Feinfilter (z.B. Klasse F9)

Dezentrales Mischluft-Gerät mit folgenden Baugruppen:

- ☒ Abluftauslass
- ☒ Vorfilter (z.B. der Klasse G4)
- ☒ Mischkammer
- ☒ Kühlregister (sensibel)
- ☒ Ventilator
- ☒ Schwebstoff-Filter (z.B. Klasse H14)
- ☒ Drallauslass

Abluft-Gerät mit folgenden Baugruppen

- ☒ Vorfilter (z.B. der Klasse F7)

- ☒ Schalldämpfer
- ☒ Ventilator
- ☒ Schalldämpfer
- ☒ WRG durch KVS
- ☒ Jalousieklappe auf der Fortluftseite

Es wird weiter vorausgesetzt, dass Zu- und Abluft-Kastengerät nahe beieinander aufgestellt werden.

Die Aufstellung der zentralen RLT-Geräte erfolgt in separaten Technik-Räumen.

Ausgehend von den RLT-Geräten wird die aufbereitete Frischluft über ein verzweigtes Kanalnetz zu den einzelnen Räumen geführt. Mittels verschiedener Kanaleinbauten wird sichergestellt, dass jedes Umluftgerät mit der benötigten Frischluftmenge versorgt wird.

Die aufbereitete Frischluft wird im dezentralen Mischluftgerät mit einem Umluftanteil gemischt, falls erforderlich abgekühlt und gefiltert. Die Einbringung der Zuluft in die Räume sowie die Erfassung der Raum-Abluft erfolgt mittels der Umluftgeräte.

Mittels des am Mischluftgerät angeschlossenen Rohrnetzes wird die Raum-Abluft dem zentralen RLT-Gerät im Technikbereich zugeführt.

VORTEILE:

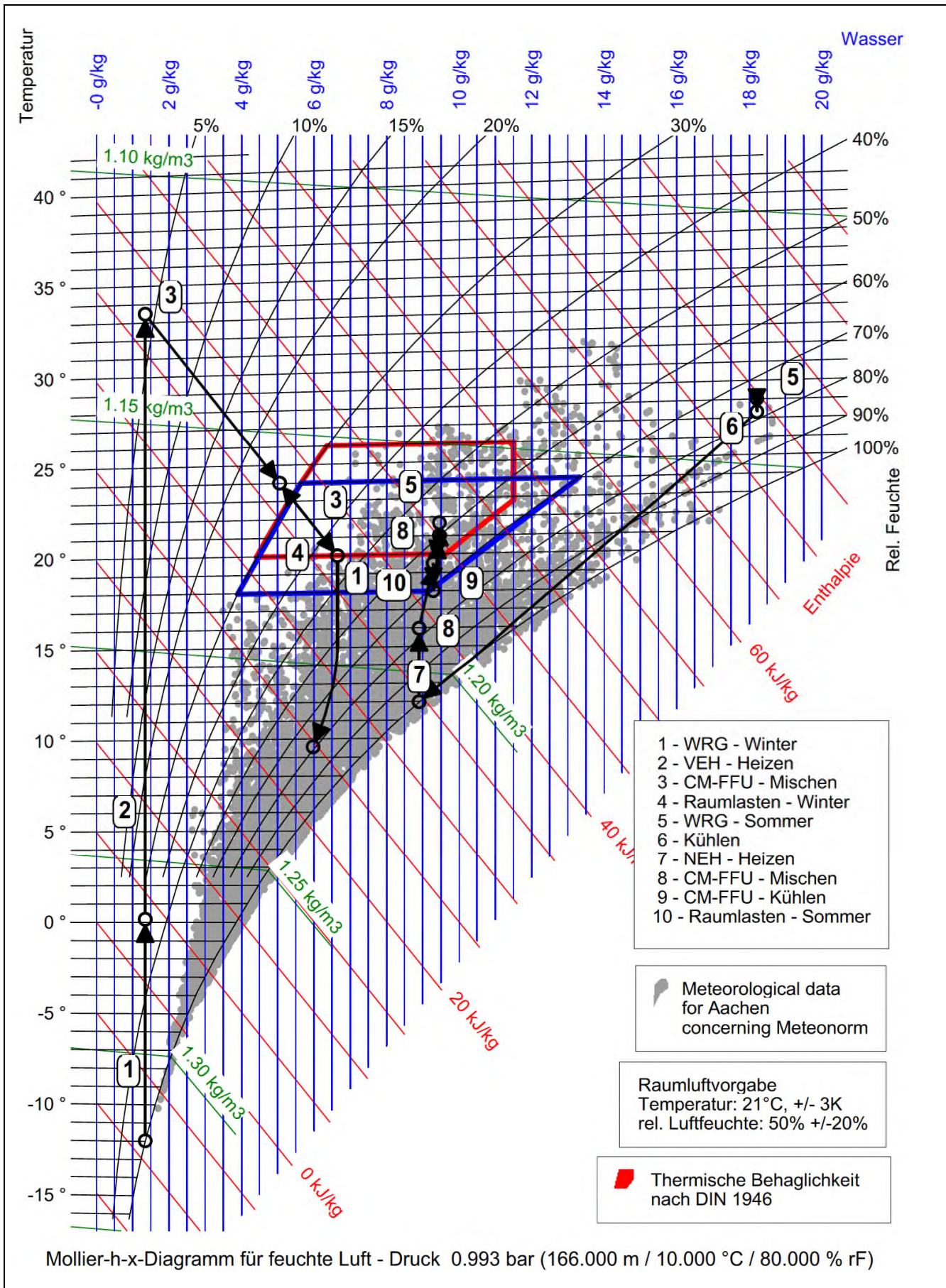
- ☒ Keine Kreuzkontamination
- ☒ Niedrige Energie-Kosten der Luftaufbereitung
- ☒ Geringere Investition für Mediensysteme
- ☒ Flexible Umnutzung von Räumen
- ☒ Geringe Energie-Kosten der Luftförderung
- ☒ Geringer Raumbedarf für Installationen
- ☒ Reduzierte Investition für Kanalnetz + Geräte
- ☒ Reduzierte Investition für Gebäude
- ☒ Gerätespezifische Einstellung von Temperatur und Frischluftanteil möglich
- ☒ Einzel- oder Gruppensteuerung der Mischluft-Geräte

NACHTEILE:

- ☒ Dezentrale Geräte im Gebäude verteilt
- ☒ Kühlwasserleitungen oberhalb Reinraumdecke
- ☒ Ableitung von Feuchtelasten ist eingeschränkt



V03 - Mollier-h-x-Diagramm



## V03 - Mollier-h-x-Diagramm - Ergebnisse

		<b>Variante 3</b>	
		<b>Mischluft – FFU mit</b>	<b>Kommentare</b>
		<b>30% AU</b>	
<b>WRG – Wärmerückgewinnung Winter – System KVS (1)</b>			
Temperatur-Wirkungsgrad	%	38	Im Extrem-Winterzustand (abgemindert um Vereisung des Ablufttauschers zu verhindern)
Außenluftmenge	kg/h	61.498	
Kaltluft Eintritt	°C/%rF	-12/100	
Warmluft Eintritt	°C	20/45	
Kaltluft Austritt	°C/%rF	0,16/34,8	
Warmluft Austritt	°C	9,6/79	
WRG-Leistung	kW	209	
<b>VEH - Vorheizen der Luft – Winter (2)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	61.498	
Luft Eintritt	°C/%rF	0,16/34,8	
Luft Austritt	°C/%rF	33,5/4,2	
VEH-Leistung	kW	575	
<b>Mischen von zwei Luftmengen (CM-FFU) – Winter (3)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	204.994	
Außenluftmenge	kg/h	61.498	
Umluft Eintritt	kg/h	143.496	
Außenluft Eintritt	°C/%rF	33,5/4,2	
Umluft Eintritt	°C/%rF	20/45	
Mischluft Austritt	°C/%rF	24/26,9	
<b>WRG – Wärmerückgewinnung Sommer – System KVS (5)</b>			
Temperatur-Wirkungsgrad	%	10	wg. geringer Temperaturdifferenzen
Zuluftmenge	kg/h	63.000	
Kaltluft Eintritt	°C/%rF	21/60	
Warmluft Eintritt	°C	28/75	
Kaltluft Austritt	°C/%rF	21,7/57,5	
Warmluft Austritt	°C	27,3/78	
WRG-Leistung	kW	12,5	
<b>Kühlung der Luft (6)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	63.000	
Luft Eintritt	°C/%rF	27,3/78	
Luft Austritt	°C/%rF	12/100	
Medien-Temperatur	°C/°C	6/12	
Register-Leistung	kW	690	
<b>NEH - Nachheizen der Luft – Sommer (7)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	63.000	
Luft Eintritt	°C/%rF	12/100	
Luft Austritt	°C/%rF	16/77	
NEH-Leistung	kW	72	
<b>Mischen von zwei Luftmengen (CM-FFU) – Sommer (8)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	210.000	
Außenluftmenge	kg/h	63.000	
Umluft Eintritt	kg/h	147.000	
Außenluft Eintritt	°C/%rF	16/77	
Umluft Eintritt	°C/%rF	21/60	
Mischluft Austritt	°C/%rF	19,5/65	
<b>Kühlung der Luft (CM-FFU) – Sommer (9)</b>			
Zuluftmenge	kg/h	210.000	
Luft Eintritt	°C/%rF	19,5/65	
Luft Austritt	°C/%rF	18/71	
Medien-Temperatur	°C/°C	14/18	
Register-Leistung	kW	90	

## VERGLEICH DER VARIANTEN

## GRUNDLAGEN

		Variante 1 RLT-Zentralgerät mit 100% Außenluft	Variante 2 RLT-Zentralgerät mit 30% Außenluft	Variante 3 Mischluft - FFU <sup>5</sup> mit 30% Außenluft
<b>Umfang</b>				
Reinraum Klassifizierung	EU GMP <sup>6</sup>	„D“, „C“	„D“, „C“	„D“, „C“
Grundfläche	m <sup>2</sup>	3.600	3.600	3.600
Lichte Raumhöhe	m	3,00	3,00	3,00
Rechnerisches Raumvolumen	m <sup>3</sup>	10.800	10.800	10.800
<b>Raum-Luftmengen</b>				
Raum-Luftwechsel	1/h	15	15	15
Raum-Zuluftmenge	m <sup>3</sup> /h	162.000	162.000	162.000
Zuschlag für Kanal-Leckagen	%	10	10	10
Brutto Zuluftmenge	m <sup>3</sup> /h	178.200	178.200	178.200
<b>Geräte-Luftmengen</b>				
AU-Anteil	%	100	30	30
AHU <sup>7</sup> -Luftmenge	m <sup>3</sup> /h	178.200	178.200	53.460
Luftmenge Umluftgeräte	m <sup>3</sup> /h	0	0	178.200
<b>Raumluft-Bedingungen</b>				
Raumluft - Winter	°C/%rF	20/45	20/45	20/45
Raumluft - Sommer	°C/%rF	21/60	21/60	21/60
<b>Zuluft-Bedingungen</b>				
Zuluft - Winter	°C	24	24	24
Zuluft - Sommer	°C	18	18	18
Zuluftmenge Winter	kg/h	204.994	204.994	204.994
Zuluftmenge Sommer	Kg/h	210.000	210.000	210.000
<b>Energiepreise (Mischkalkulation)</b>				
Elektroenergie	€/MWh	20,00	20,00	20,00
Heizung	€/MWh	73,40	73,40	73,40
Kälte	€/MWh	95,20	95,20	95,20
Wasser	€/m <sup>3</sup>	9,00	9,00	9,00
Dampf	€/MWh	180,00	180,00	180,00

<sup>5</sup> FFU - Filter-Fan-Units<sup>6</sup> EU-GMP - Europäischer GMP-Guide und seine Anhänge<sup>7</sup> AHU - Air-Handling-Unit

INVESTITIONSKOSTEN <sup>8</sup>				
		Variante 1 RLT-Zentralgerät mit 100% Außenluft	Variante 2 RLT-Zentralgerät mit 30% Außenluft	Variante 3 Mischluft - FFU mit 30% AU
<b>Heizungsanlage</b>				
Spezifische Kosten bez. auf ZU <sup>9</sup>	je m <sup>3</sup> /h	2,84 €	1,67 €	<b>1,23 €</b>
Installierte Leistung (VEH <sup>10</sup> + NEH <sup>11</sup> )	kW	1.334	783	575
Spez. Kosten	€/kW	380	380	380
Investkosten - Heizung		<b>506.920 €</b>	<b>297.540 €</b>	<b>218.500 €</b>
<b>Raumlufttechnik</b>				
Spezifische Kosten bez. auf ZU	je m <sup>3</sup> /h	13,41 €	13,41 €	<b>7,72 €</b>
RLT-Zentralgeräte	3,25 €/m <sup>3</sup> /h	579.150	579.150	173.745
Dezentrale Umluftgeräte	3,70 €/m <sup>3</sup> /h	-	-	659.340
Kanal-/Rohrnetz	3,22 €/m <sup>3</sup> /h	573.804	573.804	172.141
Kanaleinbauten	3,84 €/m <sup>3</sup> /h	684.288	684.288	205.286
Dämmung	1,24 €/m <sup>3</sup> /h	220.968	220.968	66.290
Montage	1,86 €/m <sup>3</sup> /h	331.452	331.452	99.436
Investkosten - RLT		<b>2.389.662 €</b>	<b>2.389.662 €</b>	<b>1.376.239 €</b>
<b>Wärmerückgewinnung</b>				
Spezifische Kosten bez. auf ZU	je m <sup>3</sup> /h	1,49 €	<b>0,00 €</b>	0,45 €
Installierte Leistung	kW	698	0	210
Spez. Kosten	€/kW	380	380	380
Investkosten - WRG		<b>265.240 €</b>	<b>0 €</b>	<b>79.800 €</b>
<b>Kälteanlage</b>				
Spezifische Kosten bez. auf ZU	je m <sup>3</sup> /h	5,81 €	3,03 €	<b>1,97 €</b>
Enthalpie Diff. Zentral	kJ/kgK	39,432	20,535	39,432
Enthalpie Diff. Umluftgeräte	kJ/kgK	-	-	1,237
Kühlleistung gesamt	kW	2.300	1.198	780
Spez. Kosten	€/kW	450	450	450
Investkosten - Kälte		<b>1.035.000 €</b>	<b>539.100 €</b>	<b>351.000 €</b>
<b>Befeuchtung</b>				
Spezifische Kosten bez. auf ZU	je m <sup>3</sup> /h	1,37 €	<b>0,00 €</b>	<b>0,00 €</b>
Befeuchtungsleistung	g/kg	4,586	0	0
Befeuchtungsleistung	kg/h	940	0	0
Befeuchtungsleistung	kW	700	0	0
Spez. Kosten	€/g/kg	260	260	260
Investkosten - Befeuchtung		<b>244.400 €</b>	<b>0 €</b>	<b>0 €</b>
<b>Gebäudekosten für Technikfläche</b>				
Spezifische Kosten bez. auf ZU	je m <sup>3</sup> /h	1,30 €	1,30 €	<b>0,36 €</b>
Max. AHU-Gerätegröße	m <sup>3</sup> /h	55.000	55.000	55.000
Anzahl Zentralgeräte	Stück	4	4	1
Mittlere Gerätegröße	m <sup>3</sup> /h	44.550	44.550	53.460
Technikfläche RLT gem. VDI 3803	m <sup>2</sup>	462	462	127
Spez. Kosten Gebäude	€/m <sup>2</sup>	500	500	500
Investkosten – Gebäude		<b>231.000 €</b>	<b>231.000 €</b>	<b>63.500 €</b>
<b>Summen</b>				
Investkosten - Summe		<b>4.672.222 €</b>	<b>3.457.302 €</b>	<b>2.089.039 €</b>
Spezifische Kosten bez. auf ZU	je m <sup>3</sup> /h	26,22 €	19,40 €	<b>11,72 €</b>
Abweichung		0%	-26,00%	<b>-55,29%</b>

<sup>8</sup> Der hier ermittelte Investitionsaufwand wurde auf Grundlage der Dimensionierung der Lufttechnik und Mediensysteme durch Multiplikation mit spezifischen Kostenkennwerten ermittelt. Die angewendeten Kennwerte beziehen sich auf ein konkretes Projekt und berücksichtigen den Anlagenaufbau sowie Anforderungen an die Qualität der einzusetzenden Komponenten. Die Kennzahlen sollten deshalb immer an das jeweils konkrete Projekt angepasst werden.

<sup>9</sup> ZU - Zuluft

<sup>10</sup> VEH - Vorerhitzer

<sup>11</sup> NEH - Nacherhitzer



**JAHRES-ENERGIEKOSTEN<sup>1</sup>**

**Grundlagen der Berechnung**

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse wurden durch eine dynamische Simulation der lufttechnischen Anlage erzielt. Dabei wurde der energetisch relevante Aufbau der Anlage zugrunde gelegt und mit einer optimierten Regelungsstrategie kombiniert. Für die Berechnung des Jahresverlaufes wurde der Datensatz "Trier" der DIN 4710 verwendet.

Die Berechnungen wurden mit dem Tool "RLT-Anlagen-Betriebs-Simulation" von MH-Software durchgeführt. Die Ergebnisse werden jedoch vom technischen Aufbau des Systems, dem Betriebsregime und der Regelungsstrategie der lufttechnischen Anlage erheblich beeinflusst und können deshalb nicht unmittelbar auf andere Projekte übertragen werden.

**Zusammenfassung der Berechnungsergebnisse**

**Jahres-Energiebedarf**

Variante	Wärme	Kälte	Wasser	Dampf	Strom	Gesamt	Ersparnis	
	kWh/a	kWh/a	m <sup>3</sup> /a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	kWh/a	%
V01 - Zentralgerät mit 100% AU	2.007.200	563.113	337	252.195	1.403.911	4.226.756	0	0,00%
V02 - Zentralgerät mit 30% AU	1.097.288	536.037	0	0	1.410.132	3.043.457	1.183.299	28,00%
V03 - Mischluft-FFU mit 30% AU	778.677	401.981	0	0	632.861	1.813.519	2.413.237	57,09%

**Jahres-Energiekosten**

Variante	Wärme	Kälte	Wasser	Dampf	Strom	Gesamt	Ersparnis	
	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	€/a	%
V01 - Zentralgerät mit 100% AU	147.328	53.608	3.035	45.395	280.782	530.148	0	0,00%
V02 - Zentralgerät mit 30% AU	80.541	51.031	0	0	282.026	413.598	116.550	21,98%
V03 - Mischluft-FFU mit 30% AU	57.155	38.269	0	0	126.572	221.996	308.152	58,13%

<sup>1</sup> Bei dieser Berechnung handelt es sich um eine projektbezogene Berechnung. Die Ergebnisse werden vom technischen Aufbau des Systems, dem Betriebsregime und der Regelungsstrategie der lufttechnischen Anlage beeinflusst und können deshalb nicht unverändert auf andere Projekte übertragen angewendet werden.

V01 - RLT-Zentralgerät mit 100% Außenluft und KVS-WRG

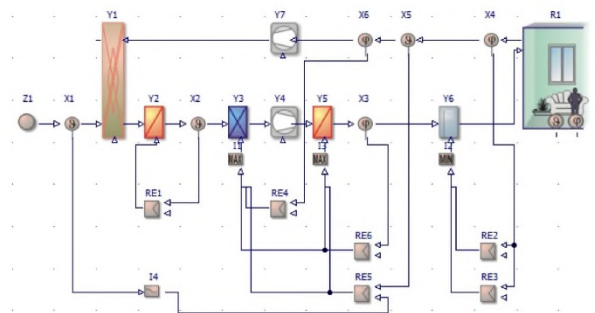
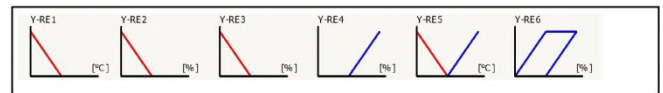
V01 - Regelstrategie

Die Raumtemperatur wird im Winter auf einen Festwert geregelt und im Sommer angehoben. Die Zulufttemperatur wird nach Raum-Ablufttemperatur geführt. Die Raumfeuchte wird unter Berücksichtigung einer neutralen Feuchtezone geregelt. Solange die Feuchte innerhalb eines vorgegebenen Bereiches liegt, findet weder Be- noch Entfeuchtung statt. Die Zuluftfeuchte wird vom Raum-Abluftfeuchte-Regler geführt.

Der Abluftventilator wird druckgeführt und gewährleistet einen konstanten Kanaldruck im Netz. Für diese Betrachtung wird der Zuluftvolumenstrom als konstant angesetzt. Durch raumweise Reduzierung des Zuluftwechsels außerhalb der Betriebszeit kann zusätzlich Energie gespart werden, da der Ventilator dann mit reduzierter Leistung betrieben werden kann und sich die Massenströme an allen Luftbehandlungseinheiten reduzieren. Der Abluftventilator wird ebenfalls druckgeführt und gewährleistet einen konstanten Kanaldruck im Netz. Dieser ist derart einzustellen, dass durch die Volumen-/ bzw. Druckregler der Räume bedarfsgerecht versorgt werden.

Es ist ein KVS-WRG vorgesehen. Der thermische Wirkungsgrad ist mit 55% angesetzt. Im Sommerbetrieb kann der Wirkungsgrad aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen gemindert sein. Im Winterbetrieb kann es erforderlich sein, den Wirkungsgrad des KVS durch aktiven Eingriff am Dreiwege-Ventil des KVS herabzusetzen, um das luftseitige Einfrieren des Fortlufttauschers zu verhindern. Beide Sonderfälle sind für diese vergleichende Betrachtung nicht berücksichtigt.

Das Kühlregister im zentralen RLT-Gerät wird hydraulisch mengengeregelt gefahren, da bereits bei geringen Ventilöffnungen Feuchteausscheidung gefordert ist. Dies bedeutet erhebliche Energieeinsparung gegenüber dem temperaturgeregelten Kühlerbetrieb.



Wasserausscheidung nach der Befeuchtung im Kanal wird durch eine Maximalbegrenzungsregelung der rel. Zuluftfeuchte auf 85% verhindert. Die Feuchteregelung über das Dampfventil setzt Prozeßdampf voraus. Steht dieser nicht zur Verfügung, so kann ein stetig ansteuerbarer elektrischer Dampfbefeuchter eingesetzt werden. Die Regelungsstrategie bleibt die gleiche. Zur Regelung der Raumtemperatur und Raumfeuchte werden die Ablufttemperatur und Abluftfeuchte gemessen da die Regelkreise schneller sind als bei Einsatz von Raumfühlern.

Bei der Führung (Feuchte-Kaskadenregelung) der minimalen bzw. maximalen Raumlufteuchte-Sollwerte muss darauf geachtet werden, dass eine neutrale Zone in den Sollwerten erhalten bleibt. Damit wird ein gleichzeitiges Be- und Entfeuchten verhindert.

V01 - Jahres - Energiebedarf

Anlagenkomponente	Wärme kWh/a	Kälte kWh/a	Wasser m³/a	Dampf kWh/a	Strom kWh/a	Gesamt kWh/a
KVS-WRG	-3.591.998	-39.216	0	0	0	-3.631.214
Mischkammer	0	0	0	0	0	0
Vorerhitzer	33.072	0	0	0	0	33.072
Kühler mengengeregelt	0	563.113	0	0	0	563.113
Ventilator – Zuluft	0	0	0	0	910.556	910.556
Nacherhitzer	1.974.128	0	0	0	0	1.974.128
Dampfbefeuchter	0	0	337	252.195	0	252.532
Mischkammer	0	0	0	0	0	0
Kühler, temperaturgeregelt	0	0	0	0	0	0
Ventilator – Umluft	0	0	0	0	0	0
Ventilator - Abluft	0	0	0	0	493.355	493.355
<b>Summen:</b>	<b>2.007.200</b>	<b>563.113</b>	<b>337</b>	<b>252.195</b>	<b>1.403.911</b>	<b>4.226.756</b>

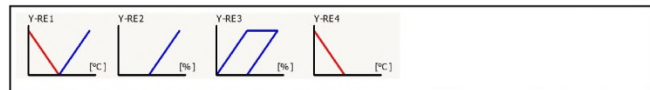
V01 - Jahres - Energiekosten

Anlagenkomponente	Wärme €/a	Kälte €/a	Wasser €/a	Dampf €/a	Strom €/a	Gesamt €/a
KVS-WRG	-263.653	-3.733	0	0	0	-267.386
Mischkammer	0	0	0	0	0	0
Vorerhitzer	2.427	0	0	0	0	2.427
Kühler mengengeregelt	0	53.608	0	0	0	53.608
Ventilator – Zuluft	0	0	0	0	182.111	182.111
Nacherhitzer	144.901	0	0	0	0	144.901
Dampfbefeuchter	0	0	3.035	45.395	0	48.430
Mischkammer	0	0	0	0	0	0
Kühler, temperaturgeregelt	0	0	0	0	0	0
Ventilator – Umluft	0	0	0	0	0	0
Ventilator - Abluft	0	0	0	0	98.671	98.671
<b>Summen:</b>	<b>147.328</b>	<b>53.608</b>	<b>3.035</b>	<b>45.395</b>	<b>280.782</b>	<b>530.148</b>

V02 - RLT-Zentralgerät mit 30% Außenluft und Mischkammer

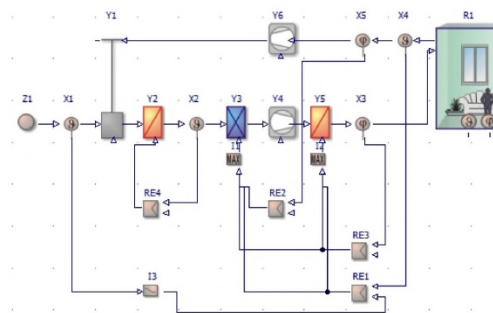
V02 - Regelstrategie

Die Raumtemperatur wird im Winter auf einen Festwert geregelt und im Sommer angehoben. Die Zulufttemperatur wird nach Raum-Ablufttemperatur geführt.



Die Raumfeuchte wird auf einen Maximalwert von 65% begrenzt. Solange die Feuchte unterhalb dieses vorgegebenen Wertes liegt, findet keine Entfeuchtung statt. Die Zuluftfeuchte wird von Raum-Abluftfeuchte-Regler geführt.

Der Abluftventilator wird druckgeführt und gewährleistet einen konstanten Kanaldruck im Netz. Für diese Betrachtung wird der Zuluftvolumenstrom als konstant angesetzt. Durch raumweise Reduzierung des Zuluftwechsels außerhalb der Betriebszeit kann zusätzlich Energie gespart werden, da der Ventilator dann mit reduzierter Leistung betrieben werden kann und sich die Massenströme an allen Luftbehandlungseinheiten reduzieren. Der Abluftventilator wird ebenfalls druckgeführt und gewährleistet einen konstanten Kanaldruck im Netz. Dieser ist derart einzustellen, dass durch die Volumen-/ bzw. Druckregler der Räume bedarfsgerecht versorgt werden.



Wasserausscheidung nach der Kühlung im Kanal wird durch eine Maximalbegrenzungsregelung der rel. Zuluftfeuchte auf 85% verhindert, welche auf das Nachheizregister wirkt.

Es ist eine Mischkammer mit einer festen Außenluft-Rate von 30% vorgesehen. Um eine Beeinträchtigung der Druckregelung der angeschlossenen Räume zu verhindern sollte auf eine voll-variable Ansteuerung der Mischklappen verzichtet werden.

Zur Regelung der Raumtemperatur und Raumfeuchte werden die Ablufttemperatur und Abluftfeuchte gemessen, da die Regelkreise schneller sind als bei Einsatz von Raumfühlern.

Das Kühlregister im zentralen RLT-Gerät wird hydraulisch mengengeregt gefahren, da bereits bei geringen Ventilöffnungen Feuchteausscheidung gefordert ist. Dies bedeutet erhebliche Energieeinsparung gegenüber dem temperatureregelten Kühlerbetrieb.

Eine Befeuchtung ist nicht vorgesehen, da dies durch den hohen Umluftanteil und aufgrund der vorgegebenen Grenzen der Raumluf-Feuchte nicht erforderlich ist. Bei engeren Toleranzgrenzen für Feuchte kann auch bei einer Mischluftanlage eine zusätzliche Befeuchtung erforderlich sein.

V02 - Jahres - Energiebedarf

Anlagenkomponente	Wärme kWh/a	Kälte kWh/a	Wasser m³/a	Dampf kWh/a	Strom kWh/a	Gesamt kWh/a
KVS-WRG	0	0	0	0	0	0
Mischkammer	-5.776.814	-71.268	-1760	0	0	-5.849.842
Vorerhitzer	10.384	0	0	0	0	10.384
Kühler mengengeregt	0	536.037	0	0	0	536.037
Ventilator – Zuluft	0	0	0	0	916.541	916.541
Nacherhitzer	1.086.904	0	0	0	0	1.086.904
Dampfbefeuchter	0	0	0	0	0	0
Mischkammer	0	0	0	0	0	0
Kühler temperaturgeregt	0	0	0	0	0	0
Ventilator – Umluft	0	0	0	0	0	0
Ventilator - Abluft	0	0	0	0	493.591	493.591
<b>Summen:</b>	<b>1.097.288</b>	<b>536.037</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1.410.132</b>	<b>3.043.457</b>

V02 - Jahres - Energiekosten

Anlagenkomponente	Wärme €/a	Kälte €/a	Wasser €/a	Dampf €/a	Strom €/a	Gesamt €/a
KVS-WRG	0	0	0	0	0	0
Mischkammer	-424.018	-6.785	0	0	0	-430.803
Vorerhitzer	762	0	0	0	0	762
Kühler mengengeregt	0	51.031	0	0	0	51.031
Ventilator – Zuluft	0	0	0	0	183.308	183.308
Nacherhitzer	79.779	0	0	0	0	79.779
Dampfbefeuchter	0	0	0	0	0	0
Mischkammer	0	0	0	0	0	0
Kühler temperaturgeregt	0	0	0	0	0	0
Ventilator – Umluft	0	0	0	0	0	0
Ventilator - Abluft	0	0	0	0	98.718	98.718
<b>Summen:</b>	<b>80.541</b>	<b>51.031</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>282.026</b>	<b>413.598</b>

V03 - Mischluft - FFU mit 30% AU

V03 - Regelstrategie

Die Raumtemperatur wird im Winter auf einen Festwert geregelt und im Sommer angehoben. Die Zulufttemperatur wird nach Raum-Ablufttemperatur geführt. Die Raumfeuchte wird auf einen Maximalwert von 65% begrenzt. Solange die Feuchte unterhalb dieses vorgegebenen Wertes liegt, findet keine Entfeuchtung statt. Die Zuluftfeuchte wird von Raum-Abluftfeuchte-Regler geführt.

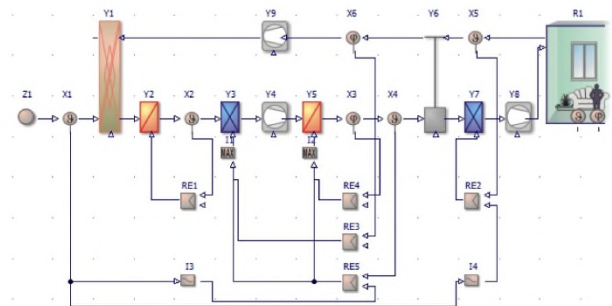
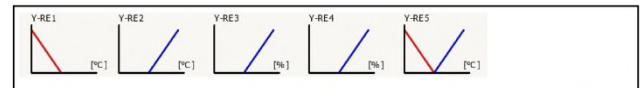
Der Abluftventilator wird druckgeführt und gewährleistet einen konstanten Kanaldruck im Netz. Für diese Betrachtung wird der Zuluftvolumenstrom als konstant angesetzt. Durch raumweise Reduzierung des Zuluftwechsels außerhalb der Betriebszeit kann zusätzlich Energie gespart werden, da der Ventilator dann mit reduzierter Leistung betrieben werden kann und sich die Massenströme an allen Luftbehandlungseinheiten reduzieren.

Der Abluftventilator wird ebenfalls druckgeführt und gewährleistet einen konstanten Kanaldruck im Netz. Dieser ist derart einzustellen, dass durch die Volumen- / bzw. Druckregler der Räume bedarfsgerecht versorgt werden.

Es ist ein KVS-WRG im Außenluftanteil vorgesehen. Der thermische Wirkungsgrad ist mit 55 % angesetzt. Im Sommerbetrieb kann der Wirkungsgrad aufgrund der geringen Temperaturdifferenzen gemindert sein. Im Winterbetrieb kann es erforderlich sein den Wirkungsgrad des KVS durch aktiven Eingriff am Dreiwege-Ventil des KVS herabzusetzen um das luftseitige Einfrieren des Fortluftaustachers zu verhindern. Beide Sonderfälle sind für diese vergleichende Betrachtung nicht berücksichtigt.

Das Kühlregister im zentralen RLT-Gerät wird hydraulisch mengengeregt gefahren, da bereits bei geringen Ventilöffnungen Feuchteausscheidung gefordert ist. Dies bedeutet erhebliche Energieeinsparung gegenüber einem temperaturgeregelten Kühlerbetrieb. Das Kühlregister in den dezentralen Mischluftgeräten wird temperaturgeführt gefahren, da hier keine Feuchteausscheidung gewünscht ist.

Wasserausscheidung nach der Kühlung im Kanal wird durch eine Maximalbegrenzungsregelung der rel. Zuluftfeuchte auf 85% verhindert, welche auf das Nachheizregister wirkt.



Zur Regelung der Raumtemperatur und Raumfeuchte werden die Ablufttemperatur und Abluftfeuchte gemessen, da die Regelkreise schneller sind als bei Einsatz von Raumfühlern.

Die Zulufttemperatur des Zentralgerätes wird lastabhängig adaptiert. Dabei sollte gewährleistet sein, dass die resultierende Mischlufttemperatur (im dezentralen Mischluftgerät) ohne zusätzliche Nachbehandlung eine ausreichende Beheizung außerhalb der Produktionszeit (bei Wegfall der aktiven inneren Lasten) gewährleistet. In den dezentralen Mischluftgeräten erfolgt die Mischung mit dem Umluftanteil und geführt durch die Ablufttemperatur eine bedarfsgerechte Abkühlung der gemischten Zuluft. Durch Umschaltung des integrierten Registers ist es möglich, bedarfsweise die Mischluft nachzuheizen.

Eine Befeuchtung ist im System nicht vorgesehen, da dies durch den hohen Umluftanteil und aufgrund der vorgegebenen Grenzen der Raumluft-Feuchte nicht erforderlich ist. Bei engeren Toleranzgrenzen für Feuchte kann eine zusätzliche Befeuchtung erforderlich sein.

V03 - Jahres - Energiebedarf

Anlagenkomponente	Wärme kWh/a	Kälte kWh/a	Wasser m³/a	Dampf kWh/a	Strom kWh/a	Gesamt kWh/a
KVS-WRG	-1.031.769	-11.383	0	0	0	-1.043.152
Mischkammer	0	0	0	0	0	0
Vorerhitzer	154.999	0	0	0	0	154.999
Kühler mengengeregt	0	360.095	0	0	0	360.095
Ventilator – Zuluft	0	0	0	0	274.914	274.914
Nacherhitzer	623.678	0	0	0	0	623.678
Dampfbefeuchter	0	0	0	0	0	0
Mischkammer	-1.687.619	-79.894	-2208	0	0	-1.769.721
Kühler temperaturgeregt	0	41.886	0	0	0	41.886
Ventilator – Umluft	0	0	0	0	219.391	219.391
Ventilator - Abluft	0	0	0	0	138.556	138.556
<b>Summen:</b>	<b>778.677</b>	<b>401.981</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>632.861</b>	<b>1.813.519</b>

V03 - Jahres - Energiekosten

Anlagenkomponente	Wärme €/a	Kälte €/a	Wasser €/a	Dampf €/a	Strom €/a	Gesamt €/a
KVS-WRG	-75.732	-1.084	0	0	0	-76.816
Mischkammer	0	0	0	0	0	0
Vorerhitzer	11.377	0	0	0	0	11.377
Kühler mengengeregt	0	34.281	0	0	0	34.281
Ventilator – Zuluft	0	0	0	0	54.983	54.983
Nacherhitzer	45.778	0	0	0	0	45.778
Dampfbefeuchter	0	0	0	0	0	0
Mischkammer	-123.871	-7.606	-19868	0	0	-151.345
Kühler, temperaturgeregt	0	3.988	0	0	0	3.988
Ventilator – Umluft	0	0	0	0	43.878	43.878
Ventilator - Abluft	0	0	0	0	27.711	27.711
<b>Summen:</b>	<b>57.155</b>	<b>38.269</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>126.572</b>	<b>221.996</b>

**FEHLERBETRACHTUNG**

**INVESTKOSTEN**

Die Ermittlung der Investitionskosten erfolgte für alle Anlagen mit den selben spezifischen Kostenansätzen. Diese Ansätze sind aus der Analyse einer Vielzahl realisierter Projekte im selben regulatorischen Umfeld ermittelt worden.

Eine unkritische Übernahme für andere Projekte ist jedoch trotzdem nicht empfehlenswert.

Die getroffenen Ansätze sind transparent dokumentiert um ggfs. notwendige Anpassungen an individuelle Aufgabenstellungen und qualitative Anforderungen zu ermöglichen.

**JAHRES-ENERGIEKOSTEN**

Beim Elektroenergiebedarf der Zuluft-Ventilatoren von V01 und V02 ergibt sich eine erkennbare Differenz.

Die Berechnung der Betriebskosten erfolgte mit konstanten Zuluft-Massenstrom.

Aus der druck- und temperaturabhängigen Luftdichte errechnet sich der Volumenstrom der geförderten Zuluft.

Aufgrund der, gegenüber dem KVS-WRG, thermisch effizienteren Mischkammer, hat die Zuluft im Ventilator des Mischluftgerätes eine geringere Dichte.

Bei identischem Massenstrom fördert der Ventilator im Mischluftgerät deshalb mehr Volumen als im Außenluftgerät mit KVS-WRG.

Mit identischem System-Druckverlust ergibt sich deshalb ein höherer Energieaufwand.

**FAZIT - SCHLUSSFOLGERUNG**

**INVESTKOSTEN**

Durch den Einsatz von dezentralen Mischlufteinheiten in lufttechnischen Anlagen für Reinnräume lassen sich, je nach Aufgabenstellung, bis zu 55% der Investitionskosten einsparen.

Zur Realisierung des gesamten Potentials ist jedoch eine integrale Betrachtung des gesamten Systems, bestehend aus Raumluftechnik und versorgenden Mediengewerken sowie Elektroanlagen, erforderlich.

Selbst bei isolierter Betrachtung der Raumluftechnischen Anlage ergeben sich aus der Reduzierung der zu fördernden Luftmengen erhebliche Einsparungen gegenüber konventionellen Konzepten.

Mit Mischluft-FFU reduziert sich der Montageaufwand für die Raumluftechnik im Reinnraumbereich.

Bei Umrüstungen oder Upgrades bestehender Bereiche können Produktionsunterbrechungen deshalb wesentlich verkürzt werden.

Durch den modularen Aufbau des Konzeptes sind bestehende lufttechnische Anlagen sehr einfach, raum- bzw. bereichsweise mit Mischluft-FFU zu ergänzen.

Dabei kann der Luftwechsel in den Räumen um den Faktor 2 ... 5 erhöht werden. Je nach gewählter Filterklasse kann so die Partikelreinheit des Raumes um bis zu 3 Stufen verbessert werden.

Dieses Konzept ermöglicht zusätzlich die Ableitung der Wärmelasten zusätzlicher Maschinen ohne Veränderung der zentralen lufttechnischen Anlagen sowie des Kanalnetzes.

**JAHRES-ENERGIEKOSTEN**

Bei der Berechnung der Jahres-Energiekosten wurde eine optimierte Regelstrategie zugrunde gelegt und die verfügbaren Angaben zu Wärme- und Feuchte-Lasten berücksichtigt.

Alle Konzepte (v01, V02, V03) gewährleiten die Einhaltung der definierten Raumkonditionen während des gesamten Jahresverlaufes.

Der überwiegende Anteil der Energieeinsparung ergibt sich aus dem verringerten Energieaufwand für den Transport der Zu- und Abluft.

Aber auch bei Heiz- und Kältebedarf ist eine erhebliche Reduzierung erkennbar.

Konzeptionell bedingt sind mit „Dezentralen Mischluft-FFU“ weitere Energie-Einsparungen realisierbar, da an jedem einzelnen Gerät unterschiedliche Kühllasten abgeführt werden können ohne die Zuluft-Temperatur des Zentralgerätes auf das benötigte Minimum absenken zu müssen.

**AMORTISATION**

Eine Amortisation konnte nicht ermittelt werden, da das energetisch sinnvollste System ebenfalls das am günstigsten zu errichtende System ist.

Es ist somit keine Mehrinvestition zu bestimmen welche durch Betriebskosten-Einsparungen refinanziert werden könnte.





Weitere Informationen finden Sie unter [www.cleanroom-systems.com](http://www.cleanroom-systems.com).

CLEANROOM SYSTEMS GMBH  
Solutions for Life Science + Clean Manufacturing  
Tel: + 49 (0) 9181 - 904 33 63  
Fax: + 49 (0) 9181 - 904 33 89  
E-Mail: [office@cleanroom-systems.com](mailto:office@cleanroom-systems.com)