

**Bedienen von
Raumlufotechnischen Anlagen
in öffentlichen Gebäuden**

(Bedien RLT 2008)

lfd. Nr. 103

Aufgestellt und herausgegeben vom Arbeitskreis
Maschinen- und Elektrotechnik staatlicher
und kommunaler Verwaltungen (AMEV)
Berlin 2008

Geschäftsstelle des AMEV im Bundesministerium
für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Ref. B 12
Krausenstrasse 17 – 20, 10117 Berlin,
Telefon (030) 2008-7722
Telefax: (0228) 300807-7126
e-mail: amev@bmvbs.bund.de

Der Inhalt dieser Broschüre darf nur nach vorheriger Zustimmung
der AMEV-Geschäftsstelle auszugsweise vervielfältigt werden.
Die Bedingungen für die elektronische Nutzung der AMEV-Empfehlungen
sind zu beachten (siehe www.amev-online.de)

Informationen über Neuerscheinungen erhalten Sie unter
www.amev-online.de
oder bei der AMEV-Geschäftsstelle

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	5
1	Allgemeines	6
1.1	Anwendungsbereich und Ziel.....	6
1.2	Einsatz von Raumluftechnischen Anlagen	6
2	Funktionen und Bauarten von Raumluftechnischen Anlagen.....	7
2.1	Funktionen von Raumluftechnischen Anlagen.....	7
2.2	Aufbau und typische Bauarten von Lüftungsanlagen	9
2.2.1	Zuluftanlagen	10
2.2.2	Abluftanlagen	11
2.2.3	Zentrale Lüftungsanlagen mit konstantem Volumenstrom	11
2.2.4	Zentrale Lüftungsanlagen mit variablem Volumenstrom.....	12
2.2.5	Zentrale Lüftungsanlagen mit dezentraler Umluftkonditionierung.....	13
2.2.6	Dezentrale Fenster- und Fassadenlüftungsgeräte	14
2.2.7	Dezentrale Umluftgeräte	15
3	Komponenten von Raumluftechnischen Anlagen	
	– Funktion und Bedienung	16
3.1	Ventilatoren	16
3.2	Luftfilter.....	20
3.2.1	Einsatzbereiche und Güteklassen	20
3.2.2	Filterbauarten	22
3.2.3	Filterwiderstand und Standzeit	26
3.3	Lufterwärmer	28
3.4	Luftkühler, Kälteerzeugung	30
3.5	Wärmerückgewinnung.....	33
3.6	Luftbefeuchter	37
3.6.1	Dampfbefeuchter	37
3.6.2	Aerosolzerstäuber	38
3.6.3	Verdunstungsbefeuchter	39
3.6.4	Hybridbefeuchter	40
3.7	Jalousieklappen (Gliederklappen), Mischkammern.....	41
3.8	Brandschutzklappen.....	43
3.9	Luftleitungen, Drosselklappen, Schalldämpfer und Entspannungs- kästen.....	45
3.10	Volumenstromregler und Mischkästen.....	47
3.11	Luftdurchlässe – Auslässe, Einlässe.....	48

4	Messen, Steuern, Regeln.....	50
4.1	Regelkreise und ihre Komponenten	50
4.1.1	Mischkammertemperaturregelung	52
4.1.2	Zulufttemperaturregelung	54
4.1.3	Raumtemperaturregelung.....	55
4.1.4	H,x-geführte Regelung	56
4.1.5	Frostschutzsteuerung	56
4.1.6	Zuluftfeuchteregeung.....	58
4.1.7	Raumluftfeuchteregeung	59
4.1.8	Druckabhängige Regelung des Ventilators.....	60
4.1.9	Volumenstromregelung	61
4.2	Steuern.....	63
4.3	Messen.....	65
4.4	DDC-Systeme	66
4.5	Arbeiten an Steuerungen und Regelungen.....	67
5	Raumlufttechnische Anlagen betreiben	69
5.1	Bedienen im Normalbetrieb.....	69
5.2	Unterlagen für den Betrieb von Raumlufttechnischen Anlagen.....	70
5.3	Qualifizierte Inspektionsarbeiten an den Anlagen.....	71
5.4	Qualifizierte Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten und Prüfungen	72
5.5	Energetische Optimierung der Betriebsweise.....	73
6	Anhang.....	75
6.1	Checkliste RLT-Anlagen	75
6.1.1	Gesamtanlage.....	75
6.1.2	Ventilatoren	76
6.1.3	Motoren.....	77
6.1.4	Wärmetauscher.....	77
6.1.5	Filter	77
6.1.6	Luftbefeuchter	78
6.1.7	Jalousieklappen.....	79
6.1.8	Brandschutzklappen.....	79
6.1.9	Luftleitungen, Kammern, RLT-Gerätetüren	79
6.1.10	Kälteanlagen	80
6.1.11	Steuerung, Regelung.....	80
6.2	Systematische Fehlersuche (Fehlereingrenzung).....	81
6.3	Symbole in RLT-Anlagenplänen.....	83
6.4	RLT-Fachbegriffe	84
6.4.1	Befeuchtung.....	84
6.4.2	Behaglichkeit	84

6.4.3	Entfeuchtung.....	85
6.4.4	Heizlast/Heizleistung.....	85
6.4.5	H,x-Diagramm	85
6.4.6	Kühllast/Kühlleistung	86
6.4.7	Luftwechselrate	86
6.4.8	Quelllüftung.....	87
6.4.9	Raumluftqualität	88
6.4.10	Schadgasverdünnung	88
6.4.11	Zustandsänderungen der Luft	88
6.5	Wichtige Vorschriften und Regelwerke.....	89
	Mitarbeiter	92

Vorwort

Durch einen qualifizierten Betrieb der gebäudetechnischen Anlagen kann der Energieverbrauch von Gebäuden deutlich gesenkt und die Nutzungsdauer der technischen Anlagen und Einrichtungen merkbar verlängert werden.

Dies gilt in besonderem Maße für die Raumluftechnischen Anlagen (RLT-Anlagen), denn dabei handelt es sich um komplexe technische Systeme, deren Betrieb einerseits für die ordnungsgemäße Gebäudenutzung unerlässlich ist, andererseits aber auch mit erheblichem Kostenaufwand für den Betrieb (u. a. für Strom, Wärme, Wartung und Ersatzteile) verbunden ist.

Der zuverlässige, wirtschaftliche und energiesparende Betrieb von RLT-Anlagen erfordert daher engagiertes und geschultes Betriebspersonal.

Die vorliegende Empfehlung soll das Personal in den Verwaltungen des Bundes, der Länder und Kommunen beim qualifizierten Betrieb der RLT-Anlagen unterstützen. Angesprochen ist dabei nicht nur technisch geschultes Personal, das in vielen öffentlichen Einrichtungen (z. B. Schulen) für den Betrieb der RLT-Anlagen zuständig ist, sondern auch die Hausmeister und Personen mit vergleichbaren Tätigkeiten, bei denen nur grundlegende technische Vorkenntnisse vorausgesetzt werden können.

Die Empfehlung kann auch als Ergänzung zu vorbereitenden Lehrgängen genutzt werden.

Dr. Georg Printz
Vorsitzender des AMEV

Ralf-Dieter Person
(Obmann)

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich und Ziel

Die folgende Empfehlung für die Bedienung von RLT-Anlagen richtet sich an das technische Personal, das für den Betrieb der Anlagen in öffentlichen Gebäuden des Bundes, der Länder und Kommunen zuständig ist.

Ziel dieser Empfehlung ist es, das Verständnis für eine zuverlässige, wirtschaftliche und energiesparende Funktionsweise der Anlagen zu entwickeln, fehlerhafte Zustände rechtzeitig zu entdecken und ihre Bedeutung abzuschätzen sowie ggf. die gezielte Beauftragung von Fachkräften zu ermöglichen. Die Empfehlung ersetzt nicht eine fehlende spezielle Qualifikation.

1.2 Einsatz von Raumluftechnischen Anlagen

Während in der Vergangenheit der Einbau von RLT-Anlagen vorwiegend dazu diente, einen gewissen Mindestkomfort zu garantieren, gibt es heute weitere Argumente, die als Begründung für den Einbau solcher Anlagen dienen.

In den vergangenen Jahrzehnten waren es zunächst günstige Energiepreise, die den Einsatz von RLT-Anlagen unter dem Komfortaspekt befördert haben. Später stand dann die Diskussion um hygienische Probleme und „krankmachende Klimatechnik“ im Vordergrund (sick building syndrome). In den letzten Jahren haben sich die Anforderungen an die RLT-Anlagen auf Grund der veränderten Gebäudekonzepte in Form von Leichtbauweise mit erheblichen Glasflächen-Anteilen erhöht.

In den Gebäuden wurde die Flächennutzung zunehmend verdichtet und die Raumnutzung intensiviert z. B. durch den Einsatz von Computern und Bildschirmen, was die Abfuhr deutlich höherer Wärmelasten erforderlich machte. Auch Umweltbelastungen in Form von Lärm, Staub und Schadgasen sind in zunehmendem Maße zu berücksichtigen. Dazu kommt die heute übliche dichte Bauweise, die für einen niedrigen Wärmebedarf erforderlich ist, aber ungleich höhere Anforderungen an die Lüftung stellt.

In vielen Fällen sind die notwendigen Luftwechsel nur noch mit maschineller Lüftung dauerhaft und ohne größere Komforteinschränkungen zu erreichen. Im Zuge der europäischen Normung sind außerdem neue qualitative Bewertungskriterien für Gebäude eingeführt worden. Die damit verbundenen Anforderungen wie sie beispielsweise in der DIN EN 15251 enthalten sind, werden den Einsatz maschineller Lüftung in vielen neuen Gebäuden erforderlich machen.

2 Funktionen und Bauarten von Raumlufotechnischen Anlagen

2.1 Funktionen von Raumlufotechnischen Anlagen

RLT-Anlagen dienen dazu, Innenräume von Gebäuden kontrolliert mit Luft von außen zu versorgen und/oder zu heizen, zu kühlen, zu befeuchten bzw. zu entfeuchten. Dies geschieht mit dem Ziel, die Raumluft hinsichtlich ihrer Qualität, Temperatur und Feuchtigkeit so zu konditionieren, wie es für die Nutzung der Räume durch die anwesenden Personen erforderlich bzw. gewünscht ist (DIN EN 15251).

Um die angestrebten Raumlufzustände zu erzielen, ist die verbrauchte Raumluft abzuführen und die Zuluft in der Regel zu filtern und thermodynamisch zu behandeln. Dabei unterscheidet man die vier Prozesse Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten. Die Dimensionierung der RLT-Anlagen hinsichtlich Volumenstrom, Temperatur und Feuchtigkeit der Zuluft erfolgt für Nichtwohngebäude nach den Vorgaben der DIN EN 13779.

RLT-Anlagen werden durch ihre jeweiligen Funktionen unterschieden:

Abluftanlagen dienen der kontrollierten Abfuhr von verbrauchter Raumluft. Sie werden als Einzelanlagen typischerweise für die Entlüftung von WC- und Nassräumen, für Küchen sowie Laborräume (dort als Digestorien bezeichnet) eingesetzt (s. Abschnitt 2.2.1). Die Außenluft strömt dabei frei über Fenster, Türen oder vorhandene Öffnungen in die Räume nach.

Zuluftanlagen dienen der kontrollierten Zufuhr von Außenluft sowie der thermodynamischen Konditionierung der Zuluft (s. Abschnitt 2.2.1). Sie werden als Einzelanlagen in Fällen eingesetzt, in denen aus baulichen Gründen eine räumliche Trennung zur Abluftanlage notwendig ist.

Mit dem Begriff **Lüftungsanlage** wird die Kombination von Zuluft- und Abluftanlage in einem System bezeichnet. In einer solchen Anlage ist die Möglichkeit zur Rückgewinnung von Wärme aus der Abluft für die Erwärmung der zugeführten Außenluft möglich.

Mit den gebräuchlichen Begriffen **Teilklima-** bzw. **Klimaanlage** werden Anlagen bezeichnet, in denen die Zuluft zwei oder drei bzw. allen vier thermodynamischen Konditionierungsprozessen (Heizen, Kühlen, Be- und Entfeuchten) unterzogen wird.

Eine **Umluftanlage** ist eine Lüftungsanlage, bei der auf die Zufuhr von Außenluft in den Raum verzichtet wird. Sie dient also nicht der Erneuerung der verbrauchten Raumluft, sondern ausschließlich der Heizung, Kühlung, Ent- bzw. Befeuchtung der Raumluft. Dazu wird der komplette Abluftstrom dem Raum wieder zugeführt, nachdem er gefiltert und den gewünschten thermodynamischen Konditionierungsprozessen unterzogen worden ist. Beispiele für Umluftanlagen sind Split-Klimageräte, Gebläsekonvektoren, Umluftheizgeräte und zentrale Umluftanlagen.

In Abbildung 1 sind die normgerechten Bezeichnungen für die im Zusammenhang mit RLT-Anlagen verwendeten Begriffe für Luftarten zusammengestellt.

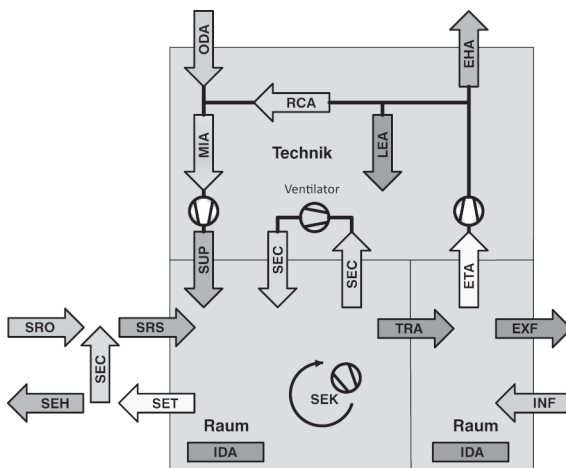


Abbildung 1: Darstellung von Luftarten nach DIN EN 13779

- Außenluft (ODA, Outdoor Air): Unbehandelte Luft, die von außen in die Anlage oder in eine Öffnung einströmt
- Außenluft Einzelraum (SRO, Single Room Outdoor Air): Unbehandelte Luft, die von außen in die Einzelraum-Luftbehandlungseinheit oder Öffnung eines Einzelraums einströmt
- Zuluft (SUP, Supply Air): Luftstrom, der in den behandelten Raum eintritt oder Luft, die in die Anlage eintritt, nachdem sie behandelt wurde
- Zuluft Einzelraum (SRS, Single Room Supply Air): Luftstrom, der in den behandelten Raum eintritt
- Raumluft (IDA, Indoor Air): Luft im behandelten Raum oder Bereich

- Überströmluft (TRA, Transferred Air): Raumluft, die von einer in eine andere behandelte Zone strömt
- Abluft (ETA, Extract Air): Luftstrom, der den behandelten Raum verlässt
- Abluft Einzelraum (SET, Single Room Extract Air): Luftstrom, der den behandelten Raum verlässt und in eine Einzelraum-Luftbehandlungseinheit einströmt
- Umluft (RCA, Recirculation Air): Abluft, die der Luftbehandlungsanlage wieder zugeführt wird und als Zuluft wiederverwertet wird
- Fortluft (EHA, Exhaust Air): Luftstrom, der ins Freie strömt
- Fortluft Einzelraum (SEH, Single Room Exhaust Air): Luftstrom, der aus einer Einzelraum-Luftbehandlungseinheit ins Freie strömt
- Sekundärluft (SEC, Secondary Air): Luftstrom, der einem Raum entnommen und nach der Behandlung demselben Raum wieder zugeführt wird
- Leckluft (LEA, Leakage Air): unbeabsichtigter Luftstrom durch undichte Stellen der Anlage
- Infiltration (INF, Infiltration): Lufteintritt in das Gebäude über Undichtheiten in der Gebäudehülle
- Exfiltration (EXF, Exfiltration): Luftaustritt aus dem Gebäude über Undichtheiten in der Gebäudehülle
- Mischluft (MIA, Mixed Air): Luft, die zwei oder mehr Luftströme enthält

2.2 Aufbau und typische Bauarten von Lüftungsanlagen

Zur Verdeutlichung der Funktion von Lüftungsanlagen ist in Abbildung 2 der prinzipielle Aufbau einer zentralen Lüftungsanlage mit Heizung, Kühlung und Wärmerückgewinnung abgebildet. Nicht alle Komponenten müssen in einer Anlage vorhanden sein.

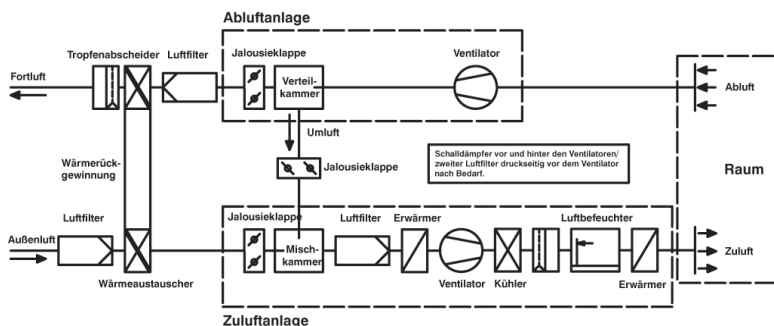


Abbildung 2: Schema einer Lüftungsanlage

Die wesentlichen Bauelemente sind auf der Zuluftseite die Mischkammer, der Luftfilter, die Lufterwärmer und Luftkühler, der Ventilator, der Luftbefeuchter und das Zuluftleitungssystem sowie auf der Abluftseite das Abluftleitungssystem, der Abluftventilator und die Verteilkammer. Verbunden sind Außen- und Fortluftteil ggf. über einen Wärmeübertrager zur Wärmerückgewinnung. Dazu kommen noch einige Elemente, die für einen sicheren Betrieb der Anlage unverzichtbar sind, wie Ansauggitter (Wetterschutzjalousie und Vogelschutzgitter), Drosselorgane, Tropfenabscheider, Luftdurchlassorgane, Schalldämpfer, Brandschutzklappen und Regeleinrichtungen.

Der Lufttransport in den Raum erfolgt durch den Zuluftventilator und aus dem Raum heraus durch den Abluftventilator. Der Zuluftventilator saugt je nach Klappenstellung im Außenluft-, Fortluft- und Umluftbereich bestimmte Mengen Außen- und Umluft an. Die Außenluft wird in der Wärmerückgewinnungseinheit durch die abströmende Fortluft vorgewärmt (bzw. im Sommerbetrieb auch vorgekühlt). Außenluft und Umluft werden dann in der Mischkammer zusammengeführt. Die gemischte Luft durchströmt zunächst den Filter, wo sie gereinigt wird, dann den Vorerwärmer, den Kühler, den Befeuchter und schließlich den Nacherwärmer. Bei der Befeuchtung wird durch fein versprühtes Wasser oder Einblasen von Dampf der Zuluft Feuchtigkeit zugeführt. Dies kann vorwiegend im Winter erforderlich werden, wenn durch Erwärmen der Zuluft die relative Feuchte zu stark abnimmt.

Die aufbereitete Zuluft wird durch den Schalldämpfer und die Luftleitungen bis hin zu den Luftdurchlässen und durch diese in den Raum transportiert (Abbildung 3). Der Abluftventilator saugt die Luft über die Abluftdurchlässe und den Abluftschalldämpfer aus dem Raum ab und drückt die angesaugte Luft dann über das Fortluftgitter nach außen bzw. je nach Klappenstellung über die Umluftklappe wieder in das System zurück. Tropfenabscheider verhindern das kondensiertes Wasser in die Luftkanäle eingetragen wird und vermeiden dadurch Korrosion und Bakterienwachstum. Die Schalldämpfer in der Zuluft- wie Abluftleitung haben die Aufgabe, die vom jeweiligen Ventilator ausgehende Schallentwicklung in den Raum zu dämpfen.

2.2.1 Zuluftanlagen

Zuluftanlagen weisen in der Regel einen Ventilator auf, der Außenluft ansaugt, ggf. mit einem Teil der Abluft mischt (Umluft), und durch ein Luftleitungsnetz und Zuluftdurchlässe in den Raum einbläst. In dem Zuluftgerät erfolgt in der Regel auch die Filterung sowie ggf. die thermodynamische Konditionierung der Zuluft. Zuluft- und Abluftanlage können räumlich voneinander getrennt oder in einem gemeinsamen Gerät ausgeführt werden (wie in Abbildung 2).

2.2.2 Abluftanlagen

Abluftanlagen weisen in der Regel nur einen Ventilator auf, der die Luft durch Abluftdurchlässe oder ähnliche Einrichtungen aus dem Raum heraus und durch ein Luftleitungsnetz weiter nach außen fördert. Abbildung 2 zeigt den Aufbau einer Abluftanlage als Teil einer größeren Lüftungsanlage.

2.2.3 Zentrale Lüftungsanlagen mit konstantem Volumenstrom

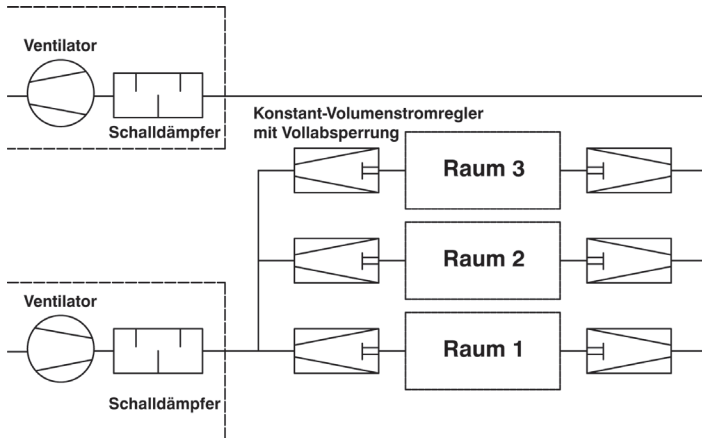


Abbildung 3: KVS-Anlage (Luftverteilung)

Bei diesen Anlagen (KVS-Anlagen) werden alle Räume mit einem konstanten Volumenstrom an Zuluft versorgt (s. Abbildung 3). Erreicht wird dies jeweils durch Konstantvolumenstromregler vor den Luftdurchlässen. Durch eine Absperrung an den Volumenstromreglern kann die Luftzufuhr an ungenutzte Räume individuell unterbrochen werden, wenn Räume unterschiedliche Betriebszeiten haben. Häufigste Ausführungsvariante dieser Anlagen ist die Niedergeschwindigkeitsanlage, in der die Luft mit mäßigen Geschwindigkeiten (etwa 6 bis 8 m/s in Hauptleitungen, weniger als 5 m/s in Nebenleitungen) durch das Luftleitungsnetz gefördert wird. Dadurch sind nur niedrige Ventilator drücke zur Überwindung der Strömungsverluste erforderlich; so dass für diese Anlagen auch der Name Niederdruckanlage gebräuchlich ist.

Ihre Vorteile sind geringe Geräuschentwicklung (Verzicht auf Schalldämpfer möglich) und niedrige Ventilatorleistung; nachteilig sind große Luftleitungsquerschnitte wegen der niedrigen Geschwindigkeiten.

KVS-Anlagen werden auch als Hochgeschwindigkeitsanlagen ausgeführt, bei denen die Leitungsquerschnitte und damit der Platzbedarf, verglichen mit denen der Niedriggeschwindigkeitsanlagen, wesentlich reduziert werden können. Die entstehenden Geräusche müssen durch Schalldämpfer gedämpft werden. Vor den Zuluftdurchlässen sind darüber hinaus Entspannungskästen einzubauen, die in den ersten Luftleitungsabzweigen kurz vor den Luftdurchlässen Druck und Geschwindigkeit mindern und das Volumen konstant halten. Die Hochgeschwindigkeitsanlage eignet sich für große Gebäude mit langen Luftleitungen und großen Luftmengen. Der Kostenvorteil beim Bau durch geringe Luftleitungsquerschnitte wird jedoch durch bedeutend höheren Energieaufwand im Betrieb erkauft, so dass solche Anlagen nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden. Unterschieden werden bei der Ausführung Ein- und Zweikanalanlagen.

2.2.4 Zentrale Lüftungsanlagen mit variablem Volumenstrom

Dieser Anlagentyp (auch als VVS-Anlage bezeichnet) gehört zu den Hochgeschwindigkeitsanlagen. Die Zuluft wird zentral aufbereitet und bis zu den Volumenstromreglern vor Eintritt in den Raum oder die Raumgruppe transportiert (im Prinzip wie in Abbildung 3, jedoch mit Reglern für variablen Volumenstrom). Der Volumenstromregler gibt auf Anforderung des Raumthermostaten mehr oder weniger Luftmenge für den Nutzraum frei. Ist mehr Wärme abzuführen (Temperatur im Raum steigt), wird mehr Luft durchgelassen, bei weniger Wärme umgekehrt. Eine Mindestluftmenge bleibt erhalten.

Die zentrale Zuluftanlage ist mit drehzahlregelbaren Ventilatorantrieben auszustatten, um die Luftmenge an die Abnahme anzupassen. Die Luftauslässe im Raum müssen für VVS geeignet sein.

Der hohe regeltechnische Aufwand ermöglicht individuelle Raumtemperaturregelung, zeitweise Luftmengenreduzierung oder Abschaltung in nicht benutzten Räumen und die Reduzierung der zentralen Zuluftmenge. Variable-Volumenstrom-Systeme eignen sich daher besonders für Gebäude mit zeitlich unterschiedlicher Raumbelastung und stark schwankenden Kühl- bzw. Heizlasten.

2.2.5 Zentrale Lüftungsanlagen mit dezentraler Umluftkonditionierung

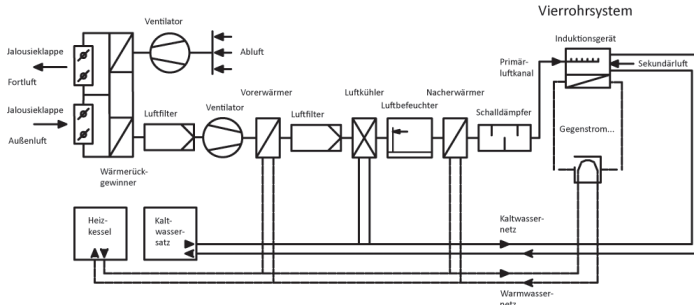


Abbildung 4: Aufbau einer Induktionsanlage
(Beispiel aus: Recknagel/Sprenger/Schramek)¹

Klimaanlagen mit Induktionsgeräten (Induktionsdurchlässe, aktive Kühlkonvektoren) unterscheiden sich von den bisher beschriebenen Zentral-Klimaanlagen durch die Ausführung der Luftdurchlässe und durch die Art der Energiezufuhr zu den zu versorgenden Räumen. Die Luftdurchlässe stellen eine Kombination aus örtlicher Heizfläche und Zuluftdurchlass der Klimaanlage dar.

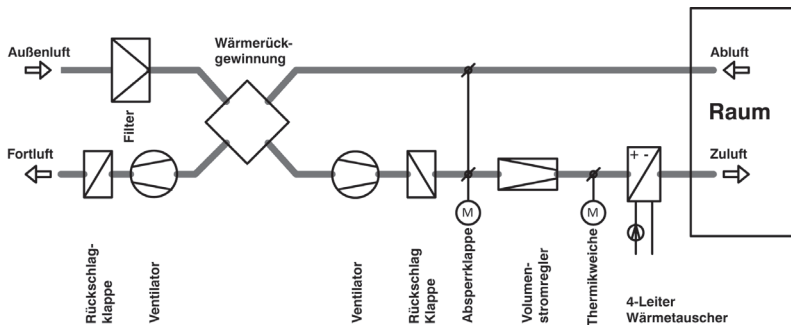


Abbildung 5: Schema eines Fassadenlüftungsgerätes (Beispiel)

Die Primärluft (Außenluft) wird zentral aufbereitet und mit hohem Druck durch das Luftleitungsnetz zu den einzelnen Induktionsgeräten transportiert. Dort wird sie durch Düsen geblasen, so dass durch eine Injektorwirkung die Sekundärluft (Raumluf) angesaugt wird und dabei durch einen Wärme-

¹ Schramek, Ernst-Rudolf [Hrsg.]: Recknagel/Sprenger/Schramek - Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Warmwasser und Kältetechnik, 73. Auflage, Oldenbourg Industrieverlag München 2007

tauscher strömt. Beim Durchgang durch den Wärmeaustauscher wird die Sekundärluft erwärmt oder gekühlt und übernimmt damit zusammen mit der Primärluft die Heiz- oder Kühllast des Raumes. Primär- und Sekundärluft gelangen als Mischluft, deren Temperatur individuell geregelt werden kann, in den Raum.

Da die Sekundärluft jeweils nur im Raum umgewälzt wird, wird ein Vermischen der Umluft mehrerer Räume vermieden und der Umluftkanal entfällt. Der Primärluftanteil beträgt ca. 20 bis 30 % der Gesamtluftmenge. Deshalb sind für das Luftverteilungsnetz nur relativ kleine Kanalquerschnitte erforderlich. Eine der Primärluft entsprechende Fortluftmenge wird zentral abgeführt.

Die Versorgung des Luft-Wasser-Wärmetauschers in den Geräten erfolgt durch Anschluss an das Kühl- bzw. Heizwassernetz des Gebäudes. Je nach Aufbau des Versorgungsnetzes unterscheidet man dabei die Anschlussarten 2-Rohr- (entweder Heizen oder Kühlen aller Geräte), 3-Rohr- (gleichzeitiges Heizen und Kühlen verschiedener Geräte mit gemeinsamem Rücklauf – aus energetischen Gründen allerdings nicht mehr üblich) und 4-Rohr-Systeme (gleichzeitiges Heizen und Kühlen verschiedener Geräte über vollständig getrennte Versorgungsnetze).

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Anlagen sind aufgrund hoher Investitions- und Betriebskosten im öffentlichen Bereich nur in Ausnahmefällen vorhanden.

2.2.6 Dezentrale Fenster- und Fassadenlüftungsgeräte

Dezentrale Fenster- und Fassadenlüftungsgeräte entsprechen in ihrem Aufbau prinzipiell zentralen Lüftungsanlagen, nur werden sie als Kleingeräte vor Ort für die Klimatisierung von einzelnen Räumen eingesetzt. Außenluft und Fortluft werden auf kurzem Weg durch die Fassade zu- bzw. abgeführt, wodurch auf die Installation eines Kanalnetzes im Gebäude vollständig verzichtet werden kann. Die Wärme der Abluft kann im Gerät zurück gewonnen und direkt an die Zuluft übertragen werden. Die Zuluft wird im Gerät gereinigt und wahlweise geheizt oder gekühlt. Die Regelung der Zuluftmenge und -temperatur erfolgt individuell an jedem Gerät.

2.2.7 Dezentrale Umluftgeräte

Dezentrale Umluftgeräte wie Splitklimageräte, Gebläsekonvektoren oder passive Kühlkonvektoren dienen nicht der Zufuhr von Außenluft, sondern ausschließlich der Heizung bzw. Kühlung der Raumluft vor Ort. Dazu wird Raumluft mittels Ventilator oder allein durch freie Konvektion durch den Wärmetauscher des Gerätes transportiert und dort erwärmt oder gekühlt. Bei Gebläsekonvektoren und passiven Kühlkonvektoren wird der Luft-Wasser-Wärmetauscher durch einen Kühl- bzw. Heizwasseranschluss versorgt. Bei Splitklimageräten handelt es sich bei dem Wärmetauscher um den Verdampfer (Kühlfall) bzw. Verflüssiger (Heizfall) eines Kälteaggregats, der direkt von der Raumluft überströmt wird. Die Versorgung dieser Einheiten mit Kältemittel erfolgt über eine abgesetzte Außeneinheit (Split), in der sich der Verdichter befindet. Bei Multi-Split-Anlagen werden mehrere Verdampfer- bzw. Kondensatoreinheiten von einer Außeneinheit mit Kältemittel versorgt. Dabei kann der Kältemittelstrom je Gerät variabel sein (Variable Refrigerant Flow: VRF-Anlagen). Ein Luftleitungsnetz ist nicht erforderlich. Zum Einsatz kommen Umluftgeräte z. B. zur Kühlung von EDV-Räumen und zur Kühlung von Räumen mit hohen Lasten und geringen Behaglichkeitsanforderungen.

3 Komponenten von Raumluftechnischen Anlagen – Funktion und Bedienung

3.1 Ventilatoren

Ventilatoren dienen dem Transport der erforderlichen Luftmengen. Sie werden entsprechend ihrer Strömungsrichtung grundsätzlich unterteilt in

- Axialventilatoren und
- Radialventilatoren.

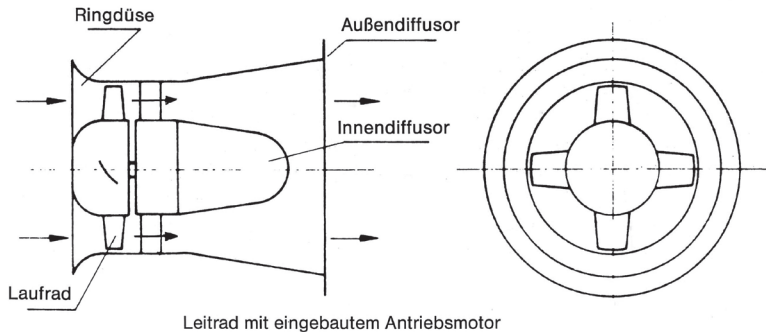


Abbildung 6: Schema eines Axialventilators

Bei Axialventilatoren (Abbildung 6) wird das Laufrad axial, also in Richtung der Drehachse durchströmt, während bei Radialventilatoren die Luft axial in das Laufrad eintritt, dort umgelenkt wird und den Ventilator radial, also senkrecht zur Drehachse verlässt (Abbildung 7).

Die Laufradschaufeln sind bei allen Radialventilatoren feststehend. Bei den Axialventilatoren sind sie meistens feststehend, können aber auch verstellbar ausgeführt sein. Hierbei lassen sich durch Änderung der Einstellwinkel die geförderte Luftmenge und der Druck in Grenzen verändern.

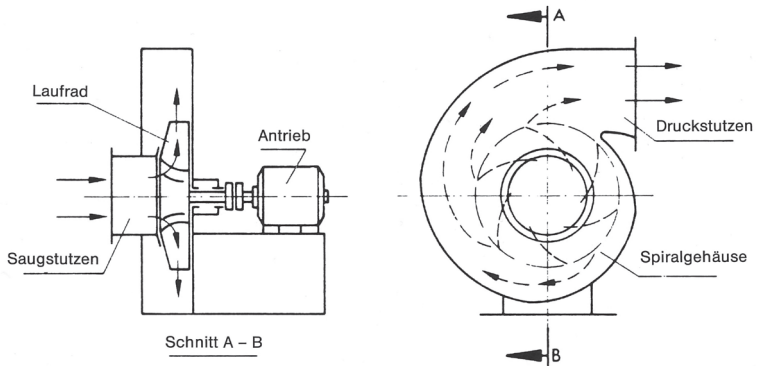


Abbildung 7: Schema eines Radialventilators

Bei den Bauarten gemeinsam sind die verschiedenen Antriebsformen. Beim Direktantrieb ist das Ventilatorlaufrad entweder auf der Motorwelle oder bei größeren Ventilatoren auf einer eigenen Ventilatorwelle montiert, die dann mit der Motorwelle durch eine elastische Kupplung verbunden ist. Motor und Ventilatorumdrehzahl sind gleich. Beim Riemenantrieb erfolgt die Leistungsübertragung vom Motor zum Ventilator über Riemenscheiben und Keil- bzw. Flachriemen. Zur Übertragung größerer Leistungen werden mehrere Riemen nebeneinander angeordnet. Gegenüber dem Direktantrieb hat der Riemenantrieb den wesentlichen Vorteil, dass durch unterschiedlich große Keilriemenscheiben an Motor- und Ventilatorwelle die Ventilatorumdrehzahl dem Bedarfsfall gut angepasst werden kann. Durch Austausch einer oder beider Riemenscheiben kann der Luftvolumenstrom nach Fertigstellung der Anlage aber auch den Nutzungsänderungen in bestimmten Grenzen angepasst werden.

Die Hauptkenndaten der Ventilatoren sind:

- zu fördernde Luftmenge
- aufzubringender Förderdruck
- notwendige Antriebsleistung
- Spezifische Ventilatorleistung (SFP).

Der Ventilator muss den Druck erzeugen, der benötigt wird, um den geforderten Luftvolumenstrom durch die Anlage zu fördern, d. h. um die Widerstände der einzelnen Anlagenelemente zu überwinden. Wie der Widerstand einer Anlage mit dem durchzusetzenden Luftvolumen anwächst, macht die

Anlagenkennlinie deutlich (Abbildung 8). Das Betriebsverhalten eines Ventilators hingegen, d. h., die Abhängigkeit des Förderdruckes vom durchgesetzten Volumenstrom, wird durch die Ventilator Kennlinie beschrieben, die je nach Bauart des Ventilators steiler (Radialventilator) oder flacher (Axialventilator) verlaufen kann. Eine Ventilator Kennlinie gilt nur für eine bestimmte Drehzahl. Der Schnittpunkt zwischen Anlagen- und Ventilator Kennlinie gibt den Betriebspunkt der Anlage wieder (s. Abbildung 8).

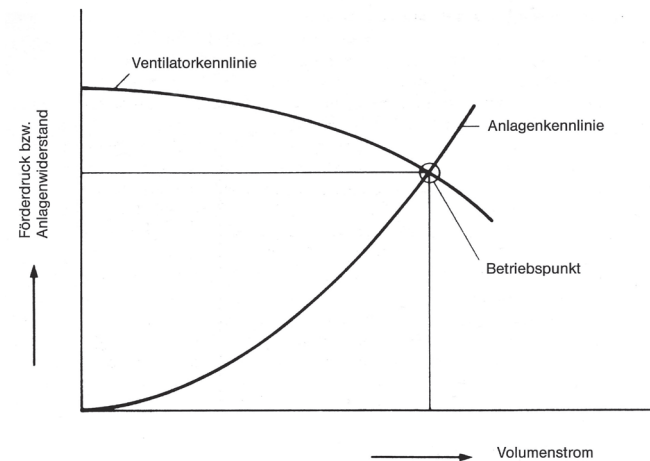


Abbildung 8: Anlagen- und Ventilator Kennlinie mit Betriebspunkt

Die Widerstände der einzelnen Anlagenelemente sind nur bei gleich bleibendem Volumenstrom zum Teil konstant (z. B. bei Lüftungsleitungen und Schalldämpfern), aber auch veränderlich (z. B. bei Luftfiltern durch Staubablagerungen, bei Luftkühlern durch Querschnittsverengung infolge kondensierenden Wassers, bei Regelklappen und Wärmeaustauschern durch Staub und Kalkablagerungen).

Steigen nun im Laufe des Betriebes einer Anlage die Widerstände dieser Bauelemente, so ändert sich die Anlagenkennlinie entsprechend. Bei konstanter Ventilator Drehzahl, und somit unveränderter Ventilator Kennlinie, stellt sich ein neuer Betriebspunkt ein; d. h. die Anlage fördert einen entsprechend kleineren Volumenstrom (s. Abbildung 9).

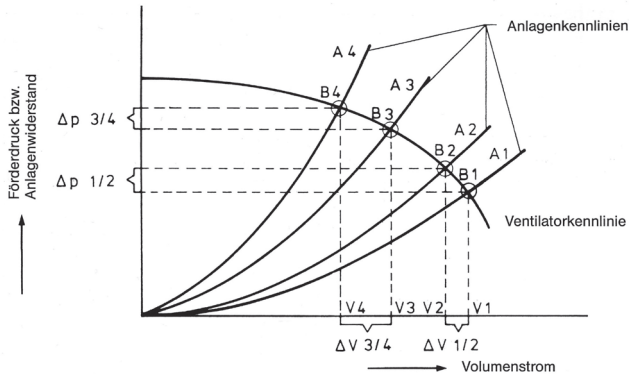


Abbildung 9: Verschiebung des Betriebspunktes auf der Ventilator Kennlinie bei Änderung des Anlagenwiderstandes

Abbildung 9 zeigt auch, dass durch den Anstieg des Anlagenwiderstandes – dargestellt durch die neue Anlagenkennlinie – die hervorgerufene Volumenstromänderung umso größer ist, je flacher die Ventilator Kennlinie im Bereich des Betriebspunktes verläuft; d. h. der Anstieg des Anlagenwiderstandes vom Betriebspunkt B1 nach B2 ruft eine geringere Volumenstromänderung hervor als eine gleichgroße Widerstandserhöhung von B3 nach B4. Da die Volumenstromänderung möglichst gering sein soll, sich aber eine Erhöhung des Anlagenwiderstandes, z. B. durch die Verschmutzung der Filter, nicht vermeiden lässt und nur bis zu bestimmten Werten zulässig ist, ist es unbedingt erforderlich, die Filter nach Erreichen des zulässigen Endwiderstandes zu reinigen bzw. durch neue zu ersetzen.

Ist es zwingend notwendig, den Volumenstrom trotz höherer Widerstände – z. B. bei Anlagen mit Schwebstofffiltern – konstant zu halten, so ist dies über höhere Drehzahlen möglich. Das führt jedoch zu höheren Betriebskosten durch einen wesentlich erhöhten Stromverbrauch.

Hinsichtlich der Optimierung der Betriebsweise von Lüftungstechnischen Anlagen siehe auch Kapitel 5.5.

Nach dem Proportionalitätsgesetz bewirkt eine Änderung der Drehzahl bei konstanter Anlagenkennlinie

- eine Volumenstromänderung proportional zur Drehzahländerung
- eine Druckänderung proportional zum Quadrat der Drehzahländerung

- eine Leistungsänderung proportional zur dritten Potenz der Drehzahländerung.

Dieses bewirkt bei einer Erhöhung der Ventilator Drehzahl um 10 % eine Erhöhung der Leistungsaufnahme um rd. 33 %. Umgekehrt führt eine Reduzierung der Drehzahl bzw. des Luftvolumenstromes um 30 % zu

- 66 % weniger elektrische Antriebsenergie
- 30 % weniger Heizenergie
- 30 % weniger Kühlenergie
- 30 % weniger Be- oder Entfeuchtungsenergie

Wegen der aufgezeigten Abhängigkeit der Leistungsaufnahme von der Drehzahl ist es bei lufttechnischen Anlagen mit wechselnden Betriebszuständen aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten besonders wichtig, die Luftwechselzahl und das geförderte Luftvolumen dem jeweiligen Bedarf anzupassen. Darüber hinaus wird die Geräuschentwicklung erheblich vermindert und die Lebensdauer der Anlage steigt.

Zum Antrieb von Ventilatoren werden heute überwiegend Drehstrommotoren eingesetzt. Der preiswerteste und robusteste Antrieb ist der Drehstromasynchronmotor mit Käfigläufer. Bei diesem Antrieb bieten sich zur Änderung der Drehzahl das preiswerte aber gröbere Umschalten der Polzahl (2 – 3 Stufen) und die aufwändigere aber stufenlose Drehzahländerung an. Diese erfolgt über Spannungsregelung (Phasenanschnitt oder Trafo) oder Frequenzregelung (Frequenzumrichter).

Neben Asynchronmotoren kommen auch permanenterregte elektronisch kommutierte Gleichstrommotoren zum Einsatz, die in weiten Drehzahlbereichen über hohe elektrische Wirkungsgrade verfügen.

3.2 Luftfilter

3.2.1 Einsatzbereiche und Güteklassen

Luftfilter tragen dazu bei, die geforderte Luftqualität in den belüfteten Bereichen zu sichern und schützen die Anlagenkomponenten sowie das luftführende Leitungsnetz vor Verschmutzung. Zur Filterung von Partikeln werden in der Raumlufttechnik hauptsächlich Filter aus synthetischen Faserstoffen und Metallfilter eingesetzt. Auf Sonderfälle beschränkt ist der Einsatz von Aktivkohlefiltern zur Adsorption gasförmiger Partikel. Hierzu zählen Gerüche aus Küchen, Dämpfe und Gase aus Prozessen und radioaktive Gase.

Luftfilter sind nach DIN EN 779 und DIN EN 1822 in Gruppen und Klassen unterteilt. Grobstaubfilter (G1 bis G4) dienen zur Vorfiltrierung der Luft. Zur Feinfiltrierung werden Feinstaubfilter (F5 bis F9) und für besonders hohe Anforderungen in der Krankenhaus- und Prozesstechnik Schwebstofffilter und Hochleistungsschwebstofffilter H10 bis H14 bzw. U15 bis U17 eingesetzt. Entsprechend der Arbeitsstättenrichtlinie ASR 5 sind nur typgeprüfte Luftfilter nach DIN EN 779 bzw. DIN EN 1822 einzusetzen. Tabelle 1 gibt die Klasseneinteilung wieder. Die Filterklasse muss am Filter erkennbar bezeichnet sein (DIN EN 779).

Bezeichnung	Filterklasse	Mittlerer Abscheidegrad (A_m) des synthetischen Prüfstaubes [%]	Filterbauart
Grobstaubfilter	G 1	$50 \leq A_m < 65$	Taschenfilter Rollbandfilter
Grobstaubfilter	G 2	$65 \leq A_m < 80$	
Grobstaubfilter	G 3	$80 \leq A_m < 90$	
Grobstaubfilter	G 4	$90 \leq A_m$	
Mittlerer Wirkungsgrad (E_m) bei Partikeln von $0,4 \mu\text{m}$ [%]			
Feinstaubfilter	F 5	$40 \leq E_m < 60$	Taschenfilter Plattenfilter Filterkassetten (Sonderbauformen)
Feinstaubfilter	F 6	$60 \leq E_m < 80$	
Feinstaubfilter	F 7	$80 \leq E_m < 90$	
Feinstaubfilter	F 8	$90 \leq E_m < 95$	
Feinstaubfilter	F 9	$95 \leq E_m$	
Integralwert Abscheidegrad [%]			
Schwebstofffilter	H 10	85	Plattenfilter Filterkassetten (Sonderbauformen)
Schwebstofffilter	H 11	95	
Schwebstofffilter	H 12	99,5	
Schwebstofffilter	H 13	99,95	
Schwebstofffilter	H 14	99,995	
Hochleistungsschwebstofffilter	U 15	99,9995	Plattenfilter
Hochleistungsschwebstofffilter	U 16	99,99995	
Hochleistungsschwebstofffilter	U 17	99,999995	

Tabelle 1: Güteklasse der Filter

Der Abscheidegrad ist das Verhältnis der abgeschiedenen Staubmenge zur Staubmenge in der angesaugten Luft. Neben dem Abscheidegrad gehört zur Beschreibung der Filtergüte auch die zugehörige Staubkorngrößenverteilung.

In RLT-Anlagen werden Außenluft und Umluft gefiltert. Zum Schutz der hochwertigen Filterklassen vor zu hoher Staubbelastung werden diesen immer Filter geringerer Klasse vorgeschaltet.

3.2.2 Filterbauarten

Nach dem Material lassen sich Filter unterscheiden in

- Faserfilter
- Elektrofilter
- Aktivkohlefilter
- Metallfilter.

Faserfilter bestehen aus einem Vlies aus Fasern unterschiedlicher Werkstoffe wie Glas, Kunststoff, Naturprodukte oder Metall. Faserfilter der Filterstufe G (Grobstaubfilter) werden als Vorfilter bei mehrstufiger Filterung eingesetzt, Feinstaubfilter (Filterstufe F) sowohl bei einstufiger Filterung als auch als Vorfilter für nachfolgende Schwebstofffilter. Das Filtermaterial für Schwebstofffilter (Filterklasse F) und Hochleistungsschwebstofffilter (Filterklasse U) besteht aus Mikroglassfasern, Zellulosepapier oder Glasfaserpapier. Schwebstofffilter dienen hauptsächlich zur Abscheidung von Bakterien, Viren, Aerosolen und radioaktiven Schwebstoffen. Sie werden als Endstufe eines mehrstufigen Filters eingesetzt.

Bei Faserfiltern sind die Filtermaterialien zu Matten mit Labyrinthstruktur verpresst und werden in Form von Platten, Taschen oder Kassetten angeboten (siehe nachfolgende Beschreibungen).

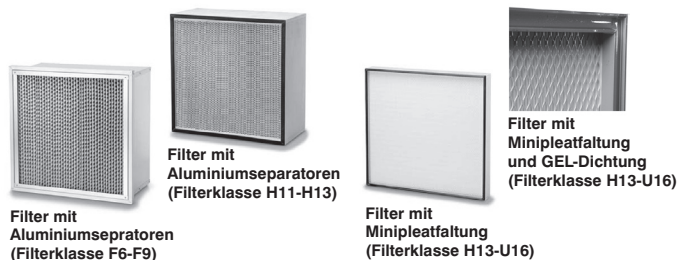
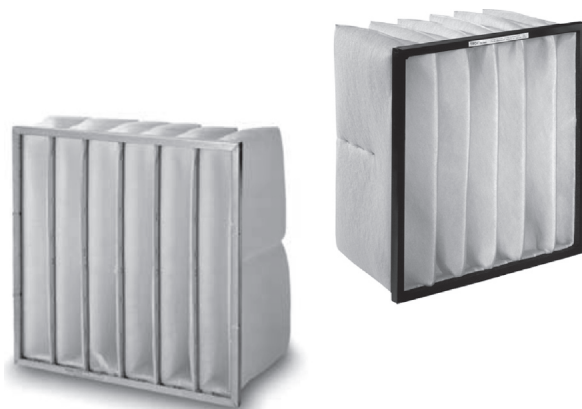


Abbildung 10: Plattenfilter (Kompaktfilter) verschiedener Filterklassen
(Werkbild: Camfil)

Beim Einbau der Filter ist besonders auf die Dichtigkeit zwischen Filter und Filtersitz in den Führungsschienen zu achten, da bei Undichtigkeiten der Filter von ungereinigter Luft umgangen wird. Die meisten dieser Filter sind Einwegfilter, die nach Verschmutzung nicht mehr gereinigt, sondern entsorgt und durch neue Filter ersetzt werden.

Plattenfilter (Kompaktfiler) werden für die Filterklassen F 6 bis F 9 (Feinstaubfilter), H 11 bis H 14 (Schwebstofffilter) und U 15/16 (Hochleistungsschwebstofffilter) angeboten (Abbildung 10). Taschenfilter sind für die Filterklassen F 5 bis F 9 sowie für die Filterklasse G 4 als Vorfilter erhältlich (Abbildung 11).



*Abbildung 11: Taschenfilter für die Filterklassen G und F,
(Werkbild: Camfil, Trox)*

Darüber hinaus gibt es für die Filterklassen F und H eine Reihe von Sonderbauformen in Form von Einsätzen für spezielle Filterrahmen (Abbildung 12).

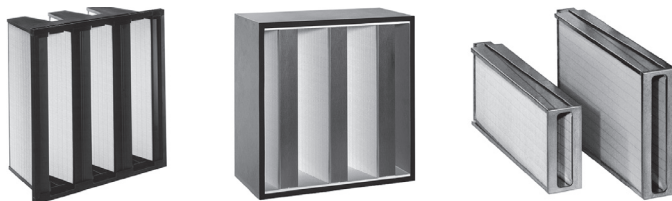


Abbildung 12: Filter-Sonderbauformen der Filterklassen F 6 bis F 9 und H 11 bis H 13 (Werkbild: Trox)

Eine Sonderbauart der Faserfilter stellen Rollbandfilter dar, die in der Lage sind, das Ansteigen des Filterwiderstandes auszuregeln und gleichzeitig den Zeitaufwand für die Filterwartung zu reduzieren. Bei diesen Filtern ist das Filtermaterial als Band auf einer Rolle aufgewickelt, die oben im Filtergehäuse eingelegt ist (Abbildung 13). Wie bei einem Film in einer Kamera wird das erste (saubere) Stück Filterband über den Luftdurchtrittsquerschnitt ausgespannt und an der unteren (leeren) Rolle befestigt. Steigt nun infolge der Filterverschmutzung der Druckabfall, so wird über einen Differenzdruckschalter der Rollmotor eingeschaltet und das verschmutzte Filterband so lange auf der unteren Rolle aufgerollt, bis der Differenzdruck wieder normal ist. Das Filterbandende sollte optisch signalisiert werden. Die Mechanik und Steuerung bedingen jedoch einen erhöhten Wartungsaufwand. Rollbandfilter werden in der Filterklasse G 3 angeboten und als Vorfilter in mehrstufigen Filtersystemen – jedoch wegen der gegenüber Taschenfiltern geringeren Filterfläche eher selten in neueren RLT-Anlagen – eingesetzt.

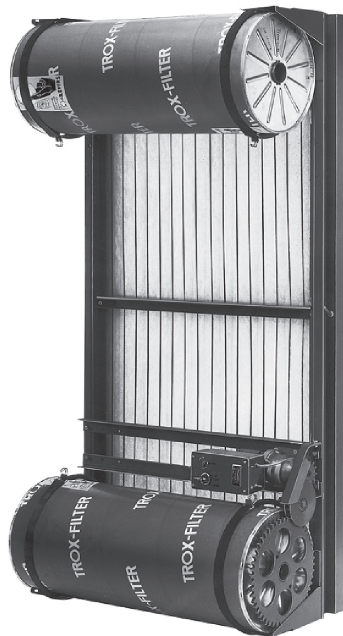


Abbildung 13: Rollbandfilter, Filterklasse G 3 (Werkbild: Trox)

Im **Elektrofilter**, der hauptsächlich bei der Filterung von Rauch, Dunst, Schweißereiabgasen usw. – aber auch in Sonderfällen bei der Zuluftfilterung – Anwendung findet (Abbildung 14) werden die Staubteilchen in einem Ionisierungsteil elektrisch aufgeladen. Im anschließenden Staubablagerungsteil mit positiv und negativ geladenen Platten werden dann die aufgeladenen Staubteilchen abgelenkt und bleiben an den Platten hängen. Eine Reinigung der Platten erfolgt durch Absprühen mit Wasser.

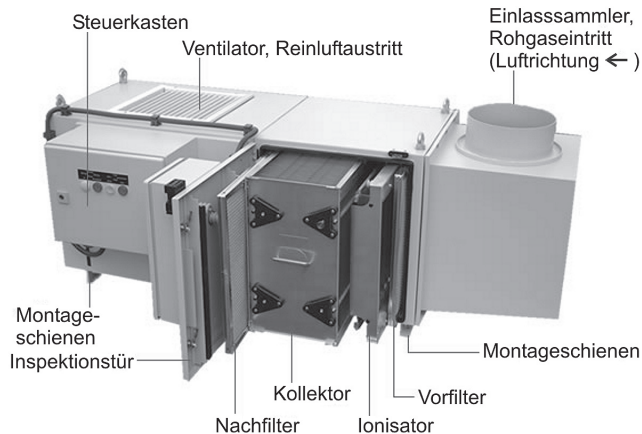


Abbildung 14: Elektroluftfilter (Werkbild: UAS)

Aktivkohlefilter dienen der Absorption von Geruchsstoffen, Gasen, Ausdünstungen und Dämpfen. Bei ihnen befindet sich zwischen gelochten Blechen eine Schicht Aktivkohle.

Aktivkohle ist ein poröses Material mit vielfach vergrößerter Oberfläche, in der Regel besonders aufbereitete Holzkohle, an die sich vorbeiströmende Teilchen anlagern. Das Regenerieren der Kohle erfolgt durch Erhitzen im Lieferwerk.

Metallfilter werden zur Abscheidung von Öl-, Fett- und Farbnebel eingesetzt, z. B. als Fettfilter in Küchenabluftanlagen, um Aerosole von Luftleitungen und Abluftventilatoren fernzuhalten. Die vollständig aus Metall gefertigten Filterzellen, die mit Metallgeweben o. ä. gefüllt sind, sind auswaschbar. Die Reinigung von Fettfiltern kann z. B. mit heißem Wasser und Fett lösenden Zusätzen in der Geschirrspülmaschine erfolgen.

3.2.3 Filterwiderstand und Standzeit

Filter setzen sich durch Staub und Schmutzablagerungen während des Betriebes zu. Dabei steigt der Filterwiderstand je nach Filterbeschaffenheit auf den 3- bis 6-fachen Wert gegenüber dem Neuzustand.

Eine Kontrolle des Filterwiderstandes ist durch die Messung des Druckverlustes (Druckdifferenz) an den einzelnen Filtern möglich und zur Beurteilung des Verschmutzungsgrades unerlässlich. Hierzu muss am Filter z. B. ein U-Rohr-Manometer oder besser ein Schrägrohrmanometer installiert sein, das jederzeit ein Ablesen der Druckdifferenz vor und hinter dem Filter ermöglicht (Abbildung 15). Bei Wartungsarbeiten ist unbedingt ein Nullabgleich vorzunehmen.

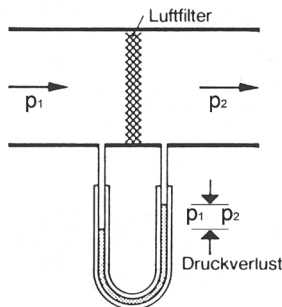


Abbildung 15: Druckverlustmessung am Filter

Nach VDI 6022 sind an jeder Luftfilterkammer außen dauerhaft sichtbar der Nennvolumenstrom der Anlage, die Anzahl der eingesetzten Luftfilter, die Filterklasse, die Filtermaße (H x B) und die empfohlene End-Druckdifferenz anzugeben. So wird damit gleichzeitig der Zeitpunkt für die Reinigung bzw. Erneuerung der Filter angezeigt.

Die Standzeit eines Filters ist in der Hauptsache abhängig von der Staubspeicherfähigkeit (Herstellerangabe), vom Staubgehalt der zu filternden Luft, von der Anströmgeschwindigkeit und von der täglichen Betriebsdauer der Anlage. Tabelle 2 enthält ungefähre Anhaltswerte für die Filterwiderstände und die Betriebszeit bis zur Erreichung der zulässigen Enddruckdifferenz bei Filterung von normaler Außenluft und einer täglichen Betriebsdauer von 8 Stunden.

Filterklasse	Filterwiderstand Anfangswert [Pa]	Filterwiderstand Endwert [Pa]	Betriebszeit [Monate]	Bemerkung
Grobstaubfilter G 1 - G 4	30 – 50	200 – 300	3 – 6	
Feinstaubfilter F 5 - F 9	50 – 150	300 – 500	6 – 9	mit vorgeschaltetem Grobstaubfilter
Schwebstoff-filter H10 - U 17	150 – 200	1.000 – 1.500	12 – 36	Mit vorgeschaltetem Grob- und Feinstaubfilter

Tabelle 2: Filterwiderstände und mittlere Betriebszeiten

Nach DIN EN 13779 sind die Filter jedoch mindestens zu wechseln

1. Filterstufe: nach 2.000 Betriebsstunden oder spätestens nach einem Jahr
2. Filterstufe: nach 4.000 Betriebsstunden oder spätestens nach zwei Jahren.

Um den bestimmungsgemäßen Betrieb zu gewährleisten, ist der sofortige Austausch der Filter notwendig, wenn auf der Anströmseite ein Filterkuchen entsteht. Als Filterkuchen wird das Zusammenbacken von Schmutzteilchen auf der Filteroberfläche bezeichnet. Die Bildung eines Filterkuchens ist mit einem signifikanten Anstieg des Druckverlustes verbunden und liegt bei Grobstaubfiltern G 4 bei ca. 150 Pa und bei Feinstaubfiltern F 9 bei etwa 300 Pa. Ein vorzeitiger Filterwechsel ist bei Betriebsstunden über 2.500 h oftmals wirtschaftlicher. Der optimale Zeitpunkt lässt sich aus der Gegenüberstellung der Kosten für den Filterwechsel und die Luftförderung ermitteln.

Besonders zu beachten ist, dass Trockenfilter, und hier ganz besonders Feinstfilter, im Betrieb nicht durchfeuchtet werden dürfen, z. B. von Wassertropfen, die vom Luftstrom mitgeführt werden. Der Staub setzt sich dann nicht lose und in der Tiefe des Filters ab, sondern verklebt bald zu einer wenig luftdurchlässigen Schicht und lässt die Druckdifferenz stark ansteigen. Dieses fördert das mikrobielle Wachstum (Schimmelpilz, Bakterien, Hefen) auf der Filteroberfläche. Besonders gefährdet sind hierdurch Filter hinter Luftbefeuchtern.

3.3 Luftherwärmer

Als Luftherwärmer bezeichnet man die in den RLT-Anlagen eingebauten Heizflächen, an denen die vom Ventilator angesaugte Luft entlang streicht und sich dabei erwärmt. Die Luftherwärmer sind in der Regel über Rohrleitungen mit dem Heizwasser-, in Ausnahmefällen mit dem Dampfnetz verbunden. In einzelnen Fällen, meist bei kleineren Anlagen sowie für die Sommerheizung, werden auch Luftherwärmer mit elektrischer Beheizung (Heizstäbe) eingesetzt. Im Luftherwärmer geht nun die mit dem Wärmeträger zugeführte Wärme teilweise an den Luftstrom über. Dabei kühlt das Heizwasser ab, bzw. bei Dampfbetrieb kondensiert der Dampf zu Wasser.

Von der Bauart her unterscheiden sich die Luftherwärmer in den verwendeten Werkstoffen (verzinkter Stahl, Kupfer, Aluminium), in der Art der Wärmeübertragungsflächen (Platten, berippte Rohre, Art der Rippen) und in der Fließrichtung des Wärmeträgers in Bezug auf den Luftstrom (Gleichstrom, Gegenstrom, Kreuzstrom). Die in der Lüftungs- und Klimatechnik vorwiegend eingesetzten Luftherwärmer sind berippte Rohrbündel-Wärmetauscher. Diese bestehen aus einer Vielzahl nebeneinander und hintereinander angeordneter Rohre, die außen von der Luft umströmt werden und in denen innen der Wärmeträger fließt.

Zur Verbesserung des Wärmeübergangs zwischen den Rohren und dem Luftstrom sind die Wärmeübertragungsflächen durch Lamellen oder Rippen, die außen auf den Rohren sitzen und durch die die Luft hindurchströmt, vergrößert worden (Abbildung 16).

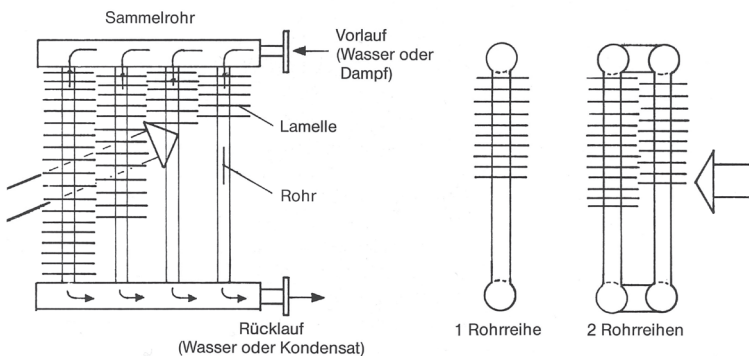


Abbildung 16: Schema eines berippten Rohrbündelwärmetauschers

Da die Abstände zwischen den einzelnen Lamellen bzw. Rippen in der Regel nur 2,5 – 5 mm betragen, lagert sich hier entsprechend schnell Staub und Schmutz ab und setzt die Luftleitungen zu. Dies führt genau wie bei den Filtern zu einer Erhöhung der Druckdifferenz und damit zu einer Verringerung des Volumenstromes. Darüber hinaus verschlechtern Staubablagerungen den Wärmeübergang und damit die Übertragungsleistung des Lufterwärmers.

Um dem entgegenzuwirken, muss zum einen die Luft vor dem Eintritt in den Wärmetauscher einwandfrei gereinigt werden (saubere dicht sitzende Filter), zum anderen eine regelmäßige Kontrolle und ggf. Reinigung der Wärmetauscher durch das Betriebspersonal erfolgen. Eine wirksame Reinigung ist möglich mittels Staubsauger, Druckluft oder Hochdruck-Reinigungsgeräten.

Im Winter besteht bei Lufterwärmern Einfriergefahr bei Ausfall der Heizversorgung oder bei Versagen der Regeleinrichtung. Deshalb werden hinter frostgefährdeten Wärmetauschern **Frostschutzwächter** angeordnet, die bei Unterschreiten einer bestimmten Temperatur den Ventilator abschalten, die Außenluftklappen schließen und das Regelventil ganz öffnen. Da ein Versagen des Frostschutzwächters erhebliche Schäden verursachen kann, muss das Betriebspersonal regelmäßig die einwandfreie Befestigung der Frostschutz-Kapillare und durch probeweises Einschalten des Wächters das korrekte Auslösen der drei Schutzfunktionen überprüfen.

Bei elektrischen Lufterwärmern haben die Heizstäbe Oberflächentemperaturen von 150 bis 200 °C und höher, die Kerntemperatur in den Heizstäben kann bei 400 bis 600 °C und höher liegen. Wegen der hiermit verbundenen Brandgefahr müssen Elektrolufterwärmer zwei von der Regelung unabhängige Sicherheitseinrichtungen haben:

- einen Temperaturwächter, der bei einer Lufttemperatur von 70 °C den Lufterwärmer abschaltet, und
- einen Strömungswächter, der bei Unterschreiten des mindestens erforderlichen Volumenstromes ebenfalls den Lufterwärmer abschaltet.

3.4 Luftkühler, Kälteerzeugung

In RLT-Anlagen wird „Kälte“ zur Kühlung und Entfeuchtung der Luft benötigt. Es gibt in der Raumlufttechnik zwei unterschiedliche Verfahren, mit denen die aus dem Luftstrom abzuführende Wärme an das Kältemittel im Verdampfer der Kälteanlage übergeben wird. Man unterscheidet die direkte und die indirekte Luftkühlung. Sowohl bei der direkten als auch bei der indirekten Kühlung muss die vom Kältemittel aufgenommene Wärme im Kondensator (Verflüssiger) der Kälteanlage entweder wieder an die Luft oder an einen Wasserkreislauf abgegeben werden.

Bei der **indirekten Luftkühlung** sind Luftkühler und Verdampfer der Kälteanlage getrennte Anlagenteile, die durch einen Kälte Träger miteinander verbunden sind. Dieser kann bei Temperaturen über 0 °C Wasser (Kaltwasser), bei Temperaturen unter 0 °C eine wässrige Lösung von Salzen oder ein Wasser-Glykol-Gemisch sein. Der Kälte Träger wird in der Kälteanlage von dem verdampfenden Kältemittel abgekühlt, zur Klimaanlage transportiert, durchfließt hier den Luftkühler und entzieht dabei der außen vorbeiströmenden Luft die Wärme (Abbildung 17).

Das Kaltwasser tritt bei Anlagen zur üblichen Raumluftkonditionierung mit Temperaturen von 6 – 8 °C in den Luftkühler ein und mit Temperaturen von 10 – 16 °C wieder aus. Liegt nun die luftseitige Oberflächentemperatur des Kühlers unter der Taupunkttemperatur der Luft, so kondensiert gleichzeitig mit der Abkühlung aus der Luft Wasser aus. Das heißt, die Luft verliert an Feuchtegehalt. Das ausgeschiedene Wasser läuft über die Kühlerlamellen in eine Auffangwanne und muss abgeführt werden. Damit der Luftstrom kein Wasser aus dem Kühler in andere Anlagenteile mitreißt, ist dem Kühler ein Tropfenabscheider nachgeschaltet. Dieser besteht aus zickzackförmig gebogenen Profilen (Kunststoff besser als verzinkter Stahl oder Edelstahl), die die Luft mehrmals umlenken, so dass die Wassertropfen auf die Profile prallen und in die Wanne ablaufen. Für eine vollständige, saubere und geruchsfreie Fortführung des Wassers sollen die Kondensatwanne und die automatische Entwässerung mittels Siphon sorgen. Wichtig ist neben der notwendigen Größe der Wanne und des Siphons und dem richtigen Gefälle der Abflussvorrichtung, dass der Siphon stets mit Wasser gefüllt ist, um ein Ansaugen von Falschluff (Luft aus dem Technikraum) zu verhindern. Ein direkter Anschluss des Siphons an die Abwasserleitung ist aus hygienischen Gründen nicht zulässig.

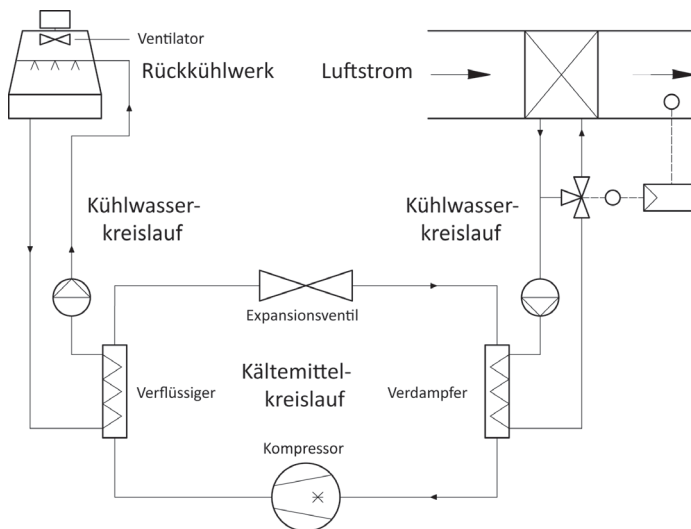


Abbildung 17: Schema einer indirekten Luftkühlung mit Wärmeabgabe an einen Kühlkreislauf

Bei der **direkten Luftkühlung** wird der in einem Klimagerät oder in einer Luftleitung eingebaute Luftkühler direkt vom Kältemittel durchflossen (s. Abbildung 18), das hier durch die Wärmeaufnahme aus der Luft verdampft (Direktverdampfer). Bezüglich der Kondensatbildung gilt das gleiche wie für die indirekte Luftkühlung. Unterschreitet infolge zu niedriger Kältemitteltemperatur die Oberflächentemperatur des Kühlers den Gefrierpunkt, kann es bei Direktverdampfern zusätzlich zu Eisbildung kommen. Der Kühler muss dann enteist und die Anlage einer gründlichen Prüfung unterzogen werden. Ursache ist häufig eine zu geringe Luftmenge und damit ein verminderter Wärmeübergang.

Luftkühler sind durch Staub- und Schmutzablagerungen stark gefährdet, da der Staub auf den nassen Oberflächen gut haftet. Die Reinigung erfolgt mittels Heißwasser oder Druckluft und ist noch wichtiger als bei Lufterwärmern. Die Kälteanlagen verfügen entweder über einen luftgekühlten oder wassergekühlten Verflüssiger. Im letzten Fall nimmt das Kühlwasser die Wärme im Verflüssiger auf und führt es einem Rückkühlwerk oder bei größeren Anlagen einem Kühlturm zu. Dort wird das Wasser mit Hilfe von Sprühdüsen in einem Luftstrom zerstäubt, wobei ein Teil des Wassers verdunstet. Die hierzu nötige Verdampfungswärme wird dem Kühlwasser entzogen und das Wasser kühlt ab. Das nicht verdunstete Wasser wird in einer Wanne aufge-

fangen und von dort wieder in den Kreislauf eingespeist. Bei Rückkühlwerken wird zur Intensivierung des Verdunstungsprozesses die Luftbewegung durch Einbau eines Ventilators verstärkt. In seltenen Fällen findet man in Altanlagen auch noch Verflüssiger, die mit Wasser aus dem öffentlichen Trinkwasserversorgungsnetz gekühlt werden.

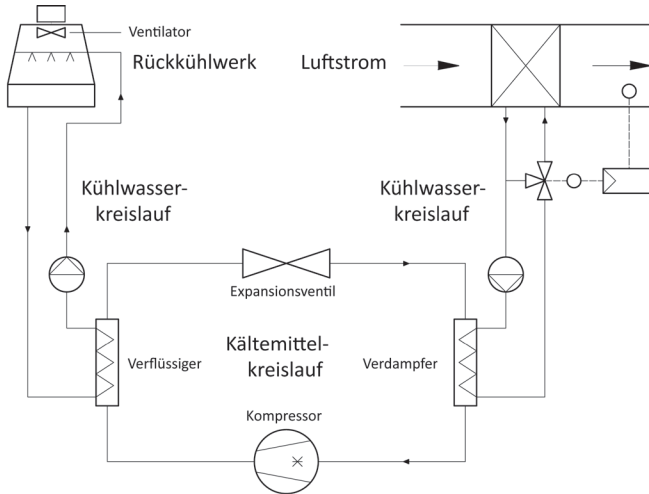


Abbildung 18: Schema einer indirekten Luftkühlung

Der wirtschaftliche Betrieb einer Kälteanlage hängt im Wesentlichen von der guten Funktion des Rückkühlwerkes und des damit verbundenen Wasserkreislaufes ab. Die direkte Berührung zwischen Kühlwasser und Luft führt zu einer erhöhten Sauerstoffaufnahme des Wassers und damit zu einer erhöhten Korrosionsgefahr des Leitungssystems. Außerdem bilden sich aus Luft, Staub, Salzen, Algen und sonstigen Rückständen Verschmutzungen im gesamten System, die u. a. zur Verschlechterung des Wärmeüberganges am Verflüssiger führen. Damit ist eine erhebliche Leistungsminderung des gesamten Kühlsystems verbunden. Um diese zu vermeiden, sind Rückkühl-systeme mit offenen Wasserkreisläufen in regelmäßigen Abständen zu reinigen.

Bei den luftgekühlten Verflüssigern empfiehlt sich eine regelmäßige Kontrolle und Wartung. Durch die angesaugte Außenluft kommt es zu Verschmutzungen an der Verflüssigerfläche, die eine wesentliche Verminderung des Durchtrittsquerschnittes und eine Veränderung des Wärmeüberganges bewirken. Um eine Leistungsverminderung zu vermeiden, muss der Verflüssiger regelmäßig gesäubert werden.

3.5 Wärmerückgewinnung

Die einfachste Art der Rückgewinnung von Abwärme ist ein Anlagenbetrieb mit einem möglichst hohen Umluftanteil. Unter dem Begriff Wärmerückgewinnung (WRG) wird jedoch in der Lufttechnik nicht der Betrieb mit Umluft, sondern die Rückgewinnung von Wärme mittels Wärmetauschern verstanden (s. a. VDI 2071). Bei Anlagen mit hohen Außenluftfraten und geringem Umluftanteil ist es auf diese Weise möglich, wenigstens teilweise die in der Fortluft enthaltene Wärme- und Kälteenergie zurück zu gewinnen. Hierfür kommen im Wesentlichen folgende Wärmeübertragungsarten in Frage:

- Regenerative Wärmerückgewinnung (Temperatur- und Feuchteübertragung)
- Rekuperative Wärmerückgewinnung (nur Temperaturübertragung)
- Wärmepumpe.

Beim Regenerativ-Wärmetauscher handelt es sich z. B. um ein langsam drehendes Rad (etwa 10 U/min) aus einem schnell Wärme aufnehmenden bzw. abgebenden Material, das in axialer Richtung von einer Vielzahl kleiner Luftleitungen durchzogen ist (Abbildung 19). Das Rad wird so in das Luftleitungssystem eingefügt, dass es auf der einen Seite von der Fortluft und auf der anderen Seite von der Außenluft durchströmt wird.

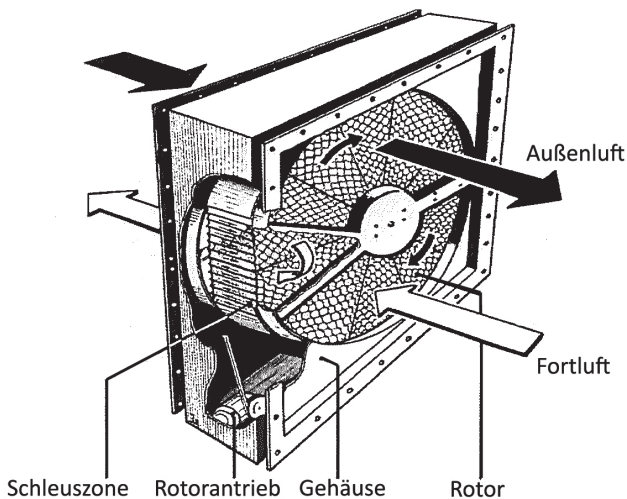


Abbildung 19: Regenerativer Wärmetauscher

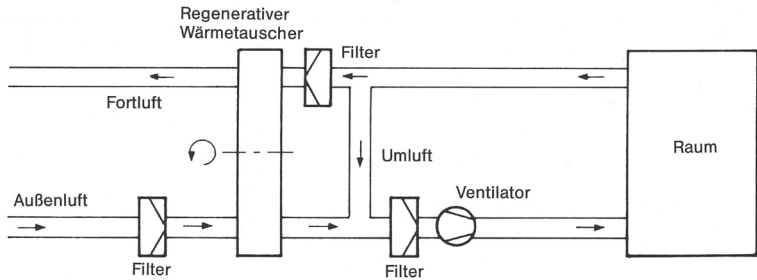


Abbildung 20: Anordnung eines regenerativen Wärmetauschers in einer Lüftungsanlage

Das speichernde Material des Rades nimmt dabei aus der Fortluft Wärme und Feuchte auf und gibt sie nach der Drehung an die Außenluft ab (Abbildung 20). Bei dieser Art der Wärmeübertragung wird neben der direkten Wärme auch die in der Fortluft enthaltene Feuchtigkeit und damit die in ihr enthaltene Energie an die angesaugte Außenluft übertragen.

Beim rekuperativen Wärmeaustausch kommen Fortluft und Außenluft nicht direkt miteinander in Berührung. Infolgedessen ist auch bei allen rekuperativen Systemen ein Stoffaustausch oder eine Feuchtigkeitsübertragung nicht möglich. Andererseits wird die Übertragung von Keimen, schädlichen Gasen, Geruchsstoffen und Staubteilchen aus der Fortluft an die angesaugte Außenluft verhindert. In die Gruppe der rekuperativen Wärmetauscher gehören alle Platten- und Rohrwärmetauscher. Abbildung 21 zeigt ein Beispiel, bei dem Fortluft und Außenluft im Kreuzstrom zueinander geführt und durch Aluminiumplatten voneinander getrennt sind. Der Wärmetransport von einem Luftstrom auf den anderen muss dann durch die Aluminiumplatten hindurch erfolgen. Im Gegensatz zum regenerativen System kann hierbei aber auch die Wärme stark verunreinigter Luft ausgetauscht bzw. übertragen werden. Weitere übliche Materialien solcher Wärmetauscher sind Edelstahl und Kunststoff.

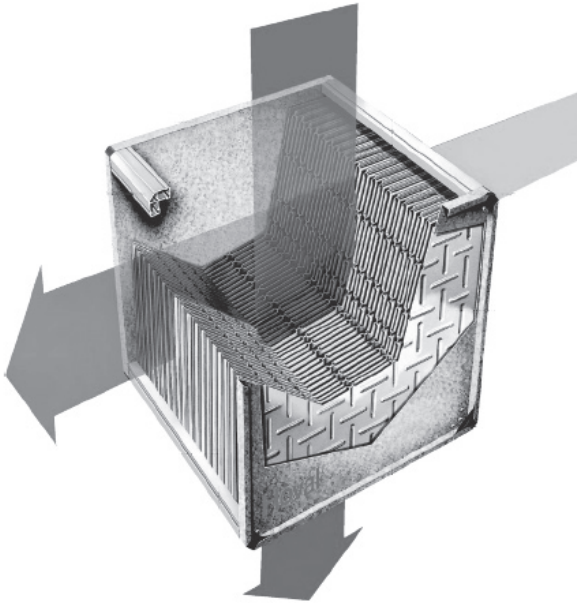


Abbildung 21: Rekuperativer Wärmetauscher als Plattenwärmetauscher aus Aluminium (Werkbild: Hoval)

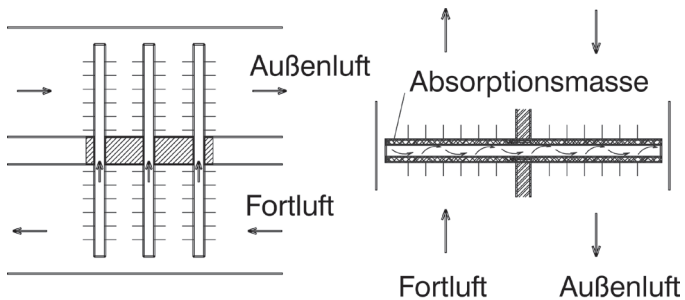


Abbildung 22: Rekuperativer Wärmetauscher als Wärmerohr

Eine Alternative zu Plattenwärmetauschern stellen Wärmerohre (Heatpipes) dar. Bei diesen erfolgt der Wärmetransport mittels eines Zwei-Phasen-Systems in einem Rohr zwischen der kalten (Außenluft-) und der warmen (Fortluft-)Seite (Abbildung 22).

Beide bisher genannten Verfahren der Wärmerückgewinnung haben den Nachteil, dass die beiden Luftströme an einem Ort, also in eine Zentrale geleitet werden müssen. Dies ist mit hohen Investitionskosten verbunden und besonders in vorhandenen Gebäuden und Anlagen sehr schwierig zu verwirklichen.

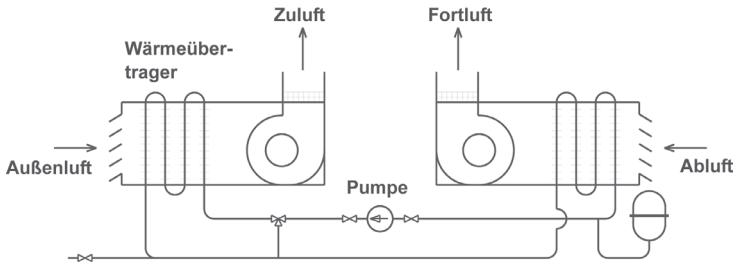


Abbildung 23: Wärmerückgewinnung mit Kreislaufverbundsystem

Einfacher arbeitet ein anderes rekuperatives Verfahren, bei dem ein Rippen- oder Lamellenrohr-Wärmetauscher in der Fortluftleitung und ein anderer in die Außenluftleitung eingesetzt wird (Abbildung 23). Beide Wärmetauscher können räumlich voneinander getrennt sein, denn sie werden über ein Rohrleitungssystem miteinander verbunden, in dem Wasser oder ein Wasser-Frostschutz-Gemisch den Wärmetransport zwischen den Tauschern übernimmt. Diese Konzeption eignet sich besonders für die Nachrüstung von Rückgewinnungseinrichtungen in vorhandenen Anlagen.

Beim Wärmepumpen-Verfahren wird ein Kältemittel verwendet, welches unter Energiezufuhr Wärme überträgt. Hierbei wird das Temperaturniveau der zurück gewonnenen Energie erhöht. WRG über Wärmepumpe erbringt mehr zurück gewonnene Energie als alle übrigen Wärmetauschersysteme, erfordert dafür aber einen vergleichsweise hohen Eigenenergieaufwand. Ihr Einsatz ist wegen der hohen Investitionskosten im Allgemeinen nur sinnvoll, wenn eine Kältemaschine für Kühlaufgaben erforderlich ist.

Zu berücksichtigen ist, dass bei allen Systemen neben der Einsparung an Wärme und Kälte ein zusätzlicher Aufwand für die Luftförderung entsteht, da der Widerstand der beiden Wärmetauscher und des Fortluftfilters den Gesamtwiderstand der Anlage erhöht und damit eine zusätzliche elektrische Leistung des Ventilators erforderlich wird.

Der Frostschutz, den die handelsüblichen Frostschutzmittel bieten, ist abhängig vom Mischungsverhältnis mit Wasser. Zur Ermittlung des Mischungsverhältnisses ist die niedrigste Temperatur zugrunde zu legen, der die Anlage oder Anlagenteile während des Betriebes ausgesetzt sind. Sind vom Lieferanten des Frostschutzmittels keine Intervalle zur Wirksamkeitsprüfung vorgeschrieben, hat diese Prüfung alle 2 Jahre zu erfolgen.

Die handelsüblichen Frostschutzgemische stellen schwach wassergefährdende Stoffe dar. Sollten derartige Gemische bei Arbeiten an den technischen Anlagen in die Kanalisation gelangen, ist eine Beeinträchtigung der Umwelt (z. B. der Kläranlagen) nicht auszuschließen. Deshalb ist, bevor Frostschutzgemische in die öffentlichen Abwasserkanäle geleitet werden, die Untere Wasserbehörde zu informieren.

3.6 Luftbefeuchter

Sind von RLT-Anlagen nicht nur bestimmte Temperaturwerte, sondern auch bestimmte Feuchtigkeitswerte einzuhalten, z. B. in großen Bibliotheken, so geschieht dies mit Hilfe von Luftbefeuchtern. In der Raumlufttechnik kommen vier Befeuchtungsverfahren zur Anwendung, die Dampfbefeuchtung, die Aerosolzerstäubung, die Verdunstungsbefeuchtung und die Hybridbefeuchtung.

3.6.1 Dampfbefeuchter

Bei der Dampf-Luftbefeuchtung wird Dampf über besondere Verteilrohre in die Luft eingebracht. Dabei können die Dampfverteilrohre entweder in der Klimazentrale oder direkt in der Zuluftleitung angebracht sein. Da der Dampf sich nicht sofort bei Austritt aus dem Dampfverteilrohr gleichmäßig in der Luft verteilt, muss eine genügend lange Mischstrecke ohne Einbauten zur Verfügung stehen, da sonst Dampf aus noch übersättigter Luft auskondensieren kann. Zum Erkennen unerwünschter Kondensatabscheidung soll ein Schauglas und entsprechende Beleuchtung vorhanden sein, damit nasse, tropfende Luftleitungen, Korrosionsschäden, Bakterienwachstum und Geruchsbildung im Vorwege vermieden werden können.

Der Dampf kann entweder über die Dampfleitung einer zentralen Anlage oder aber über einen örtlichen Dampferzeuger vorgehalten werden. Bei Entnahme aus dem Dampfnetz ist sicherzustellen, dass keine gesundheitsschädlichen Stoffe zur Korrosionsminderung verwendet wurden (Sauerstoff-

Bindemittel). Bei örtlichen Kleindampferzeugern wird der Dampf in der Regel elektrisch über eine Elektrodenheizung oder eine Widerstandsheizung erzeugt.

Bei der Elektrodenheizung wird das über ein Magnetventil in einen Kunststoff-Dampfzylinder gespeiste Wasser zwischen den Elektroden als elektrischer Heizwiderstand verwendet. Das Elektrodenprinzip bietet den Vorteil einer stufenlosen Leistungsregulierung. Eine Regelelektronik überwacht und steuert ständig die Dampfleistung, den Wasserstand, Wasserzu- und -abfluss bzw. die Mineralienkonzentration. Da durch die Verdampfung des Wassers eine Aufsalzung des Wassers im Dampfzylinder erfolgt, wird entweder das Wasser mit der erhöhten Salzkonzentration regelmäßig automatisch abgeschlämmt, oder die Mineralien lagern sich im Dampfzylinder von unten her über den ganzen Querschnitt ab. Ist der Dampfzylinder nicht mehr funktionsfähig, so wird er, je nach Befeuchterfabrikat, entweder geöffnet und mechanisch gereinigt oder ausgetauscht. Die Standzeiten der Dampfzylinder sind abhängig von der Gesamthärte des Wassers und der am Gerät eingestellten Dampfleistung.

Bei der elektrischen Widerstandsheizung erfolgt die Beheizung des Wassers ähnlich einem Tauchsieder. Da im Gegensatz zur Elektrodenheizung kein direkter Stromdurchgang durch das Wasser erfolgt, muss das Wasser auch nicht über eine elektrische Leitfähigkeit verfügen. Solche Anlagen werden daher mit vollentsalztem Wasser betrieben (Erzeugung über Umkehrosmose mit anschließendem Mischbettfilter) und sind damit praktisch wartungsfrei.

3.6.2 Aerosolzerstäuber

Bei Aerosolzerstäubern wird das Wasser in Form eines feinen Aerosolnebels in den Luftstrom eingebracht, entweder durch Eindüsen mittels einer Hochdruckpumpe (bis 120 bar) oder durch einen Ultraschallzerstäuber. In beiden Fällen erfolgt die Verdunstung der Wassertröpfchen durch Aufnahme von Wärme aus dem Luftstrom, der sich hierbei abkühlt (adiabate Verdampfung). Kritisch ist bei Aerosolzerstäubern, dass trotz nachgeschalteter Tropfenabscheider nicht auszuschließen ist, dass lungengängige Aerosole in die Raumluft gelangen. Der Betrieb erfolgt mit vollentsalztem Wasser. Während Hochdruckzerstäuber keine Wasservorlage benötigen, arbeiten Ultraschallzerstäuber mit einer offenen Wasservorlage. Hier besteht die Gefahr der Verkeimung. Die kritischen Hygieneverhältnisse bedingen besondere Anforderungen an die Wartung der Anlage.

3.6.3 Verdunstungsbefeuchter

In der Klimatechnik finden sich Verdunstungsbefeuchter als Sprühbefeuchter (Wäscher) oder Kontaktbefeuchter. Wäscher sind insbesondere bei Altanlagen häufig im Einsatz. Bei diesen (Abbildung 24) wird mit Hilfe von Düsen ein dichter Wassertröpfchenschleier erzeugt, durch den der Luftstrom hindurchgeführt wird. Da die Luft nur etwa 1 – 2 % der eingedüsten Wassermenge aufnimmt und verhindert werden muss, dass nicht verdunstete Wassertropfen von der Luft mitgerissen werden, ist am Ende des Sprühbefeuchters ein Tropfenabscheider angeordnet. Das abgeschiedene Wasser wird in einer Wanne aufgefangen, über Wasserfilter von einer Umwälzpumpe angesaugt und wieder eingedüst. Das von der Luft aufgenommene Wasser wird mit Hilfe eines Niveaureglers nachgespeist.

Bei der Kontaktbefeuchtung strömt Wasser über Kontaktplatten (Gitter), die von der Luft durchströmt werden. Hierbei verdunstet ein Teil des Wassers.

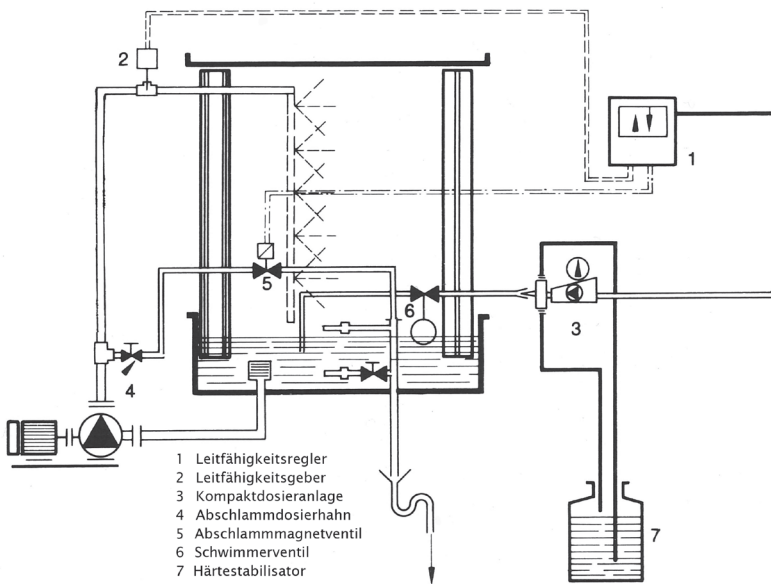


Abbildung 24: Schnittbild eines Sprühbefeuchters

Probleme bereitet bei Verdunstungsbefeuchtern der infolge der Wasserverdunstung laufend steigende Salzgehalt des Wassers. Hierdurch sind besonders die Zerstäuberdüsen gefährdet, die sich durch Salzablagerungen zusetzen können. Zur Begrenzung des Salzgehalts des Befeuchterwassers muss dieses regelmäßig abgeschlämmt werden. Bei den üblichen Wasserqualitäten der Versorgungsnetze ist eine Wasseraufbereitung für das Nachspeisewasser unumgänglich. Die einfachste Art ist das Dosieren von Härtestabilisierungsmitteln, dann das Enthärten, um bei steigendem Gehalt die Salze länger in Lösung zu halten. Besser ist das Entsalzen bzw. Teilentsalzen.

Der vom Umlaufwasser aus der Luft aufgenommene Staub führt zu einer erheblichen Verunreinigung des Wassers, das dann einen Nährboden für Algen und Keime bietet. Es sind daher Maßnahmen zur Desinfektion des Umlaufwassers (Chemikalienzusatz, UV-Desinfektion) notwendig. Die Befeuchter sind regelmäßig zu kontrollieren und das Wasserauffangbecken, die Düsenkammerwände, die Düsenstöcke und Düsen, bzw. die Kontaktplatten und die Filter, sind gründlich zu reinigen (siehe auch Kapitel 5 und Abschnitt 6.1.6). Bei Ausbau und Reinigung der Düsen sind die Anweisungen der Herstellerfirma genau zu beachten.

Auf Grund der kritischen hygienischen Verhältnisse von Verdunstungsbefeuchtern (es besteht u. a. die Gefahr der Legionellen-Kontamination) ist zu prüfen, ob nicht auf eine Luftbefeuchtung verzichtet und die Befeuchtung außer Betrieb genommen werden kann.

3.6.4 Hybridbefeuchter

Hybridbefeuchter (Abbildung 25) arbeiten mit Niederdruck (4 – 8 bar) und vereinen die beiden Befeuchtungsprinzipien Zerstäuben und Verdunsten. Das Befeuchterwasser wird über Düsen in feine Aerosole zerstäubt und in den Luftstrom eingebracht. Nicht verdunstete Aerosole schlagen sich auf porösen Keramikplatten oder ähnlichen Nachverdunstungsflächen nieder und verdunsten dort. Da keine Wasservorlage notwendig ist, sind diese Anlagen wartungsärmer als Wäscher, benötigen jedoch ein Desinfektionsmittel für die Nachverdunstungsfläche, z. B. Silberionen.

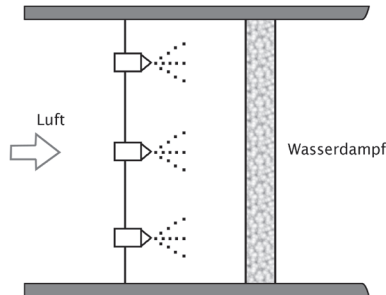


Abbildung 25: Hybridbefeuchter

3.7 Jalousieklappen (Gliederklappen), Mischkammern

Einfache Blechklappen in Luftleitungen dienen dem Abgleich der Luftmengen bei der ersten Einregulierung der Anlage. Sie werden fest eingestellt, wobei die korrekte Stellung für spätere Kontrollen markiert sein soll.

Des Weiteren stellen Klappen neben der Drehzahlregelung von Ventilatoren die nahezu einzige Möglichkeit dar, die Luftmengen in Lüftungs- und Klimaanlagen zu beeinflussen. Die hierzu eingesetzten Klappen sind die Glieder- oder Jalousieklappen. Sie bestehen aus mehreren einzelnen Lamellen (Klappenglieder), die über ein Gestänge miteinander verbunden sind und entweder von Hand oder automatisch über einen Motorantrieb verstellt werden (Abbildung 26).

Gliederklappen ermöglichen also eine Aufteilung und Regelung von Teilvolumenströmen, wobei aber die Änderung des Teilvolumenstromes nicht der Änderung des Klappenstellwinkels entsprechen muss; d. h. halb geöffnete Klappe bedeutet nicht halbe Luftmenge. Häufiges Anwendungsgebiet für Gliederklappen ist der Einsatz in Mischkammern, wo mit ihrer Hilfe das Mischungsverhältnis von Außenluft und Umluft geändert wird.

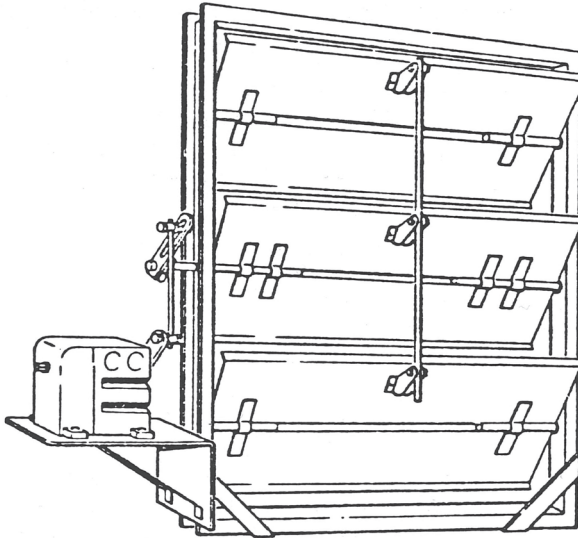


Abbildung 26: Luftklappe mit Motorantrieb

Zu diesem Zweck sind die Klappenbewegungen so aufeinander abgestimmt, dass eine gegenläufige Bewegungsrichtung der Umluftklappen zur Außenluft- und Fortluftklappe gewährleistet ist.

Die Mischung von Außen- und Umluft führt gegenüber dem reinen Außenluftbetrieb zu einem wirtschaftlicheren Betrieb der Anlage. Durch die Beimischung von Umluft wird die Außenluftmenge reduziert und damit auch der Energieeinsatz für ihre Erwärmung bzw. Kühlung. Zur Lufterneuerung selbst ist nur ein bestimmter Mindest-Außenluftanteil erforderlich.

Um eine einwandfreie Funktion der Klappen zu gewährleisten, ist eine regelmäßige Funktionsprüfung und Wartung durch das Bedienungspersonal unerlässlich. Ganz allgemein ist bei Klappen in Lüftungs- und Klimaanlage insbesondere bei Außen- und Fortluftklappen darauf zu achten, dass diese in der Endlage dicht schließen. Ist dies nicht der Fall, so kommt es je nach Jahreszeiten zu erheblichen Wärmeverlusten durch Leckluftmengen. So gelangt z. B. über nicht dicht schließende Fortluftklappen infolge der Kaminwirkung Raumluft nach außen.

3.8 Brandschutzklappen

Brandschutzklappen werden in Luftleitungen eingebaut, wenn diese Brandabschnittsgrenzen überschreiten. Diese Klappen sollen bei Ausbruch eines Brandes verhindern, dass sich das Feuer über die Lüftungsleitungen in andere Räume ausbreitet. Die Brandschutzklappe muss die Leitung selbsttätig absperren und verriegeln, wenn die Lufttemperatur einen bestimmten Wert z. B. 70 °C übersteigt (Abbildung 27).

Die Klappe wird in der Stellung OFFEN gegen einen Federzug durch eine Schmelzsicherung arretiert. Wird die Temperatur der Schmelzsicherung überschritten, so schmilzt sie und die Klappe fällt durch den Federzug zu. Der Klappenfall wird durch örtliche Anzeige sichtbar gemacht. Er kann über einen Meldekontakt auch an eine zentrale Stelle (Gebäudeautomation, zentrale Leittechnik) gemeldet werden. Brandschutzklappen können auch zusätzlich mit einem elektrischen Antrieb ausgestattet sein, der das Öffnen und Schließen von zentraler Stelle aus ermöglicht.

Es dürfen nur Brandschutzklappen mit einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung eingebaut werden. Bei diesen Klappen ist eine regelmäßige Funktionsprüfung in der Zulassung vorgeschrieben.

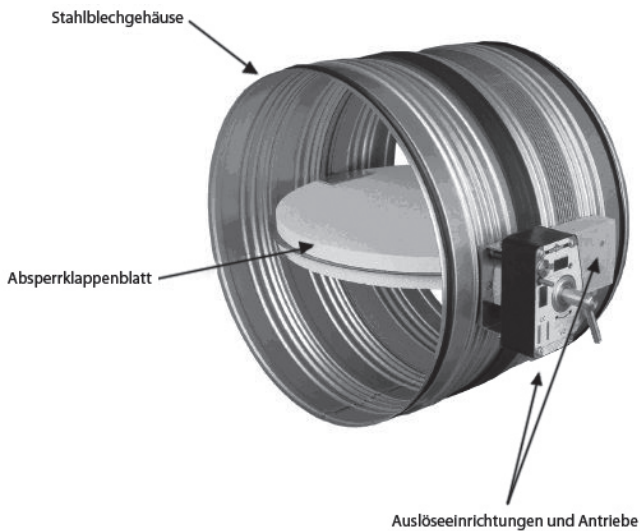


Abbildung 27: Brandschutzklappe (Werkbild: Wildeboer)

Rauchschutzklappen sind Absperrvorrichtungen gegen Rauch in Lüftungsleitungen (Abbildung 28). Sie verhindern die Rauchübertragungen in Lüftungsanlagen. Rauchschutzklappen schützen vor:

- Rauchansaugung über Außenluftöffnungen in der Gebäudefassade
- Rauchausbreitung innerhalb eines Gebäudes über Umluftleitungen
- Rauchüberleitung in gemeinsamen Außenluft- oder Fortluftleitungen.

Der Einbau erfolgt in

- Lüftungszentralen und – wenn nicht vorhanden –
- Lüftungsleitungen.

Rauchschutzklappen schließen selbsttätig über Federrücklaufantriebe. Sie müssen mit geeigneten und bauaufsichtlich zugelassenen Rauchauslöseeinrichtungen verwendet werden. Rauchschutzklappen müssen bei Rauch in Lüftungsleitungen schließen, in für Außenluft oder Fortluft gemeinsamen Lüftungsleitungen auch bei Stillstand der Ventilatoren. Die Rauchauslöseeinrichtung wird so an oder in den Leitungen montiert, dass ein Teil des Luftstroms durch sie hindurchströmt und eventuelle Rauchgase in der Leitung detektiert werden.



Abbildung 28: Rauchschutzklappe mit zugehöriger Rauchauslöseeinrichtung (Werkbilder: Wildeboer)

3.9 **Luftleitungen, Drosselklappen, Schalldämpfer und Entspannungs-kästen**

Der Transport der in Lüftungs- oder Klimazentralen aufbereiteten Luft zu den einzelnen Räumen und zurück erfolgt durch Luftleitungen, die meist rechteckige oder runde Querschnitte besitzen. In der Regel bestehen sie aus verzinktem Stahlblech, aber auch Aluminiumblech, Edelstahlblech, Kunststoff, Faserzementplatten und Mauerwerk oder Beton kommen als Baustoffe in Frage. Die Luftleitungen müssen dicht sein und innen eine möglichst glatte Oberfläche besitzen. Je geringer die Rauigkeit der Oberfläche auf der Innenseite der Luftleitungen, desto geringer ist auch der Druckverlust durch Reibung. Im Krankenhausbereich wird aus hygienischen Gründen eine besonders glatte Oberfläche gefordert.

Eine generelle Reinigung des Leitungsnetzes ist im Normalfall weder möglich noch zweckmäßig. Besonders beachtet und gepflegt werden müssen jedoch die Leitungsabschnitte hinter Kühlern- und Befeuchtern (Korrosion) und hinter den Abluftöffnungen (typisches Beispiel: Küchenabluft). Auf ausreichende Ausstattung mit Revisionsöffnungen gemäß VDI 6022 (dort unter 4.3.11) wird hingewiesen.

Bei anhaltend starker Korrosion sollten die Ursachen ermittelt und abgestellt werden. Auf die Dichtigkeit der Luftleitungen ist wegen der dadurch bedingten Energieverluste besonders zu achten. Leckverluste lassen sich nie ganz vermeiden, aber sie sollten so gering wie möglich gehalten werden (s. hierzu DIN EN 13779).

Zur Verringerung der Wärme- und Kälteverluste sind die Luftleitungen in der Regel mit einer Wärmedämmung versehen. Kaltluft führende Leitungen, z. B. auch Außenluftleitungen, müssen außen auf der Isolierung zusätzlich eine Dampfsperre erhalten, um eine Durchfeuchtung der Dämmung und eine Kondensation auf der kalten Luftleitungsoberfläche zu vermeiden. Schadhafte und fehlende Wärmedämmung, z. B. nach Umbauarbeiten, sind aus diesen Gründen besonders sorgfältig auszubessern.

Hauptgeräuschquellen in RLT-Anlagen sind die Ventilatoren. Daneben treten im Leitungssystem durch Abzweige, Umlenkungen, Gleichrichter und Luftauslässe Strömungsgeräusche auf, die besonders bei hohen Geschwindigkeiten beachtlich sein können. Außerdem können Lüftungsleitungen Geräusche (Stimmen, Instrumente) von einem Raum in den anderen übertragen. Schalldämpfer haben nun die Aufgabe, die Schallausbreitung in Luftleitungen und durch Luftauslässe so zu dämpfen, dass weder in den Räumen noch außen störende Geräusche auftreten,

Die einfachste Art der Schalldämpfung ist das Auskleiden der Innenwände der Luftleitungen mit Schall absorbierendem Material. Da diese Maßnahme meist nicht ausreicht, muss ein Schalldämpfer in das Leitungssystem eingesetzt werden.

In der Klimatechnik wird vornehmlich mit Absorptionsschalldämpfern gearbeitet. Diese haben Einbauten (Kulissen) aus Mineralwolle, die aufgrund ihrer Porösität die Schallenergie aufnehmen können (Abbildung 29). Hierbei sind die Oberflächen der Mineralwollschichten durch Gewebe, gelochte Bleche, Folien und dergleichen abriebfest gemacht. Sind die Poren des Kulissenmaterials durch starke Verschmutzungen verstopft, so kann die Wirkung erheblich beeinträchtigt werden. Diese Schalldämpfer können nicht gewartet, nur ausgetauscht werden.

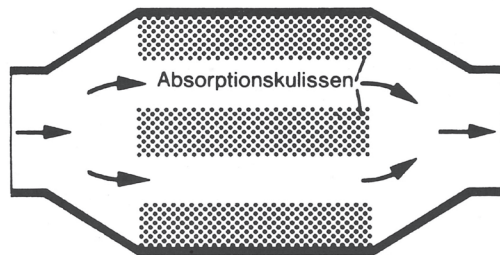


Abbildung 29: Schalldämpfer in Kulissenbauweise

Entspannungskästen werden in Einkanal-Hochdruckklimaanlagen verwendet. Sie haben die Aufgabe, den hohen Druck und die hohe Geschwindigkeit der Luft in den Luftleitungen vor den Luftauslässen zu reduzieren, damit die Luft mit geringer Geschwindigkeit und geräuscharm in die zu belüftenden Räume eintreten kann. In der Regel handelt es sich um Stahlblechkästen, die innen mit Schallschluckstoffen ausgekleidet sind. Bei solchen Auskleidungen ist eine hygienische Beprobung nicht möglich.

Zusätzlich befindet sich in den meisten Entspannungskästen noch ein Volumenstromregler.

3.10 Volumenstromregler und Mischkästen

Volumenstromregler werden eingesetzt, um

- entweder selbsttätig über den Leitungsdruck für einen konstanten Volumenstrom zu sorgen
- oder aber über einen Stellmotor ein Verändern des Volumenstroms zuzulassen.

Im ersten Fall wird z. B. ein Verdrängungskörper auf eine Achse gegen Federdruck so geführt, dass bei steigendem Luftdruck der Durchgangsquerschnitt kleiner wird. Im zweiten Fall verändert der Volumenstromregler mit Hilfe eines Stellmotors in Abhängigkeit von einem Raumthermostaten den Durchgangsquerschnitt. Bei steigender Raumtemperatur wird z. B. der Querschnitt und damit der Volumenstrom vergrößert, bei fallender Raumtemperatur verkleinert.

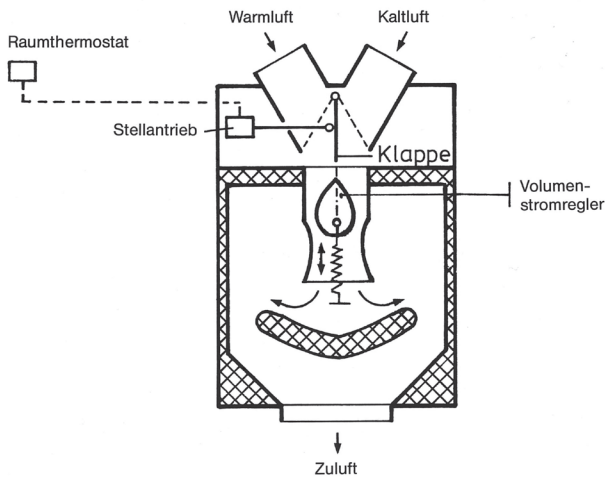


Abbildung 30: Schema eines Mischkastens mit Volumenstromregler

Vereinzelt finden sich noch Zweikanal-Klimaanlagen, die aufbereitete Luft über zwei getrennte Leitungssysteme (Warmluftleitung und Kaltluftleitung) den zu versorgenden Räumen zuführt. Hier werden vor den eigentlichen Luftauslässen Mischkästen eingebaut. Dies sind Entspannungskästen mit vorgeschalteter Mischklappe, in der Warm- und Kaltluft zusammengeführt und gemischt werden, um die Raumtemperatur bzw. die Zuluftmenge konstant zu halten. Hauptbestandteile der Mischkästen sind die Mischklappe,

der Klappenstellantrieb und der Volumenstromregler (Abbildung 30). Die über einen Stellantrieb gesteuerte Mischklappe öffnet entweder die Warm- oder Kaltluftseite oder je einen Teilquerschnitt, so dass sich die Teilluftströme mischen können.

Mischkästen ermöglichen in Verbindung mit Raumtemperaturfühlern und Reglern eine individuelle Regelung der einzelnen Raumluftzustände.

3.11 Luftdurchlässe – Auslässe, Einlässe

Die Öffnungen, durch die die Luft in einen Raum einströmt oder aus ihm abströmt, bezeichnet man als Luftdurchlässe (Abbildung 31). Unterschieden werden Zuluftdurchlässe (Luftauslässe) und Abluftdurchlässe (Luftseinlässe). Die Luftführung im Raum wird maßgeblich durch die Art und Lage der Zuluftseinlässe bestimmt. Hierbei lassen sich zwei Luftführungsarten im Raum unterscheiden, die Verdünnungslüftung (Misch- oder Strahlüftung) und die Verdrängungslüftung (Quelllüftung, Laminar-Flow).

Bei der Verdünnungslüftung wird durch den Luftauslass eine turbulente Mischströmung erzeugt. Hierzu muss die Luft mit einer Mindestgeschwindigkeit in den Raum eingebracht werden, damit eine entsprechende Wurfweite des Luftstrahls erzielt wird. Die Durchlässe müssen so angeordnet und bemessen sein, dass Belästigungen durch Zugerscheinungen im Aufenthaltsbereich vermieden werden. Anordnungsbereiche sind im Wesentlichen die Decke und die oberen Wandteile, in Sonderfällen auch der Fußboden (Rechenzentren, Schaltwarten, Regieräume). Letzteres setzt einen Doppelboden voraus.

Die Art der Luftdurchlässe für die Zuluft ist vielfältig. Als Wanddurchlass werden Ventile, Schlitze und Lamellengitter, als Deckendurchlass Ventile, Drallauslässe, Plattenluftverteiler und Schlitzschienen verwendet; darüber hinaus Luftauslässe, die mit der Beleuchtung kombiniert sind oder mit anderen fest verbundenen Einrichtungsgegenständen wie Stühlen, Pulten usw.

Bei zahlreichen Luftdurchlässen ist über Regulierklappen noch eine Mengeneinstellung des Luftvolumenstromes möglich. Auch die Richtung des Luftstrahles kann bei einigen Auslässen beeinflusst werden.



*Abbildung 31: Deckenauslässe für Verdünnungslüftung
(Ventil, Schlitzauslass, Drallauslass – Werkbilder: Wildeboer)*

Bei der Quelllüftung wird die Zuluft mit geringer Luftgeschwindigkeit über Zuluftöffnungen, in der Regel in Bodennähe, in den Raum eingebracht.

Im Gegensatz zu den Zuluftöffnungen haben Art und Lage der Abluftöffnungen einen geringen Einfluss auf das Strömungsbild im Raum. Bei Räumen mit starken Luftverschmutzungsquellen soll die Abluft möglichst nahe an den betreffenden Quellen abströmen. Bei der Quelllüftung wird die Luft grundsätzlich im Deckenbereich abgesaugt.

Die Wirkungsweise der einzelnen Luftdurchlässe kann verhältnismäßig einfach mittels Rauch aus sog. Rauchröhren verdeutlicht werden. Der Rauchversuch ermöglicht eine grobe Funktionsüberprüfung; er kann kein Ersatz für die notwendigen Einregulierungen und Kontrollmessungen sein.

4 Messen, Steuern, Regeln

In diesem Abschnitt sollen die wichtigsten Aspekte der Regelung Raumlufttechnischer Anlagen dargelegt werden, damit für das Betreiben und Instandhalten ein Verständnis für das Zusammenwirken der Einzelteile vorhanden ist, Fehler erkannt, und erforderliche Nachjustierungen vorgenommen werden können.

4.1 Regelkreise und ihre Komponenten

Das geschlossene, in sich selbst rückwirkende System einer Regelung, wird als Regelkreis bezeichnet. Ein Regelkreis besteht aus der Regeleinrichtung und der Regelstrecke. Zur Regelstrecke gehören die Lüftungsanlagen mit ihren Einrichtungen und der zu lüftende Raum.

Zur Regeleinrichtung gehören der Regler selbst, die Sollwerteneinstellvorrichtung, der Messwertfühler und der Stellantrieb.

Am Beispiel einer Zulufttemperaturregelung, dargestellt in Abbildung 32, soll dies erläutert werden. Das Bild zeigt die Regelstrecke, bei der Luft von außen angesaugt, über den Erwärmer geführt wird, zum Ventilator gelangt und von diesem über das Leitungssystem in den Raum eingeblasen wird. Die Regeleinrichtung besteht aus dem Messwertgeber zur Erfassung der Temperatur am Messort vor dem Raum, dem Regler und dem Stellantrieb des Ventils im Heizkreislauf, mit dem die Warmwasserzufuhr zum Erhitzer gesteuert wird.

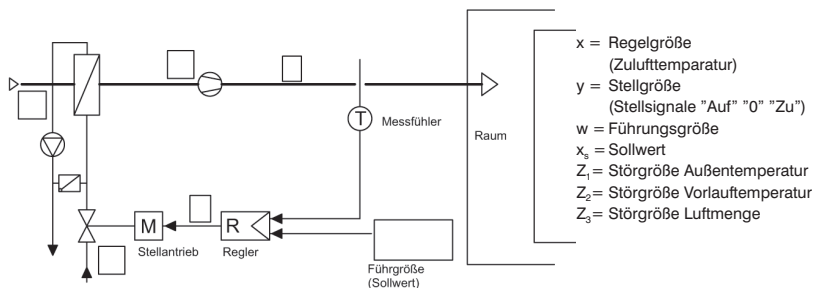


Abbildung 32: Beispiel eines Regelkreises

Der Regler bildet sein Ausgangssignal, genannt Stellgröße, aufgrund von Signalen, die er vom Messwertgeber bekommt, der die Zulufttemperatur erfasst. Weiterhin ist ihm eine Führungsgröße vorgegeben, die an ihm selbst als Sollwert eingestellt ist oder von anderer Stelle kommt.

Der Regler vergleicht den momentanen Wert der Regelgröße, den so genannten Istwert, mit dem Sollwert (Führungsgröße), stellt die Abweichung fest und bildet aus dieser Abweichung das Signal, die Stellgröße für den Ventilmotor.

Im vorliegenden Fall wird dieses Signal den Stellmotor in Richtung „Ventil öffnen« bewegen, sobald der Wert der Lufttemperatur (Istwert) unter den Sollwert sinkt, d. h. wenn die Luft zu kalt ist, steigt umgekehrt der Istwert über den Sollwert (was bedeutet, die Zuluft ist zu warm), würde die Stellgröße das Motorventil in Richtung „Ventil schließen« bewegen.

Die Ventilstellung wird so lange geändert, bis die Heizwassertemperatur im Kreislauf des Erwärmers soweit angehoben oder abgesunken ist, dass die Zulufttemperatur den Sollwert wieder erreicht.

Die Zulufttemperatur wird solange konstant bleiben, wie keine Änderungen von außen eintreten. Diese Änderungen sind aber immer gegeben; man nennt sie Störgrößen. Auf diese Störgrößen soll der Regelkreis so reagieren, dass die Zulufttemperatur möglichst unverändert bleibt. Im vorliegenden Beispiel können als Störgrößen sich die Außentemperatur und die Vorlauf-temperatur des Heizwassers ändern sowie unterschiedliche Luftmengen auftreten. Aus Abbildung 32 ergeben sich einige Begriffe, die in der Regelungstechnik üblich sind:

Regelgröße x	Signal (z. B. Strom oder Spannung), das vom Messwertgeber (Fühler) aus dem Istwert, nämlich der Zulufttemperatur des Beispiels, gebildet und dem Regler zugeführt wird.
Führungsgröße w	Vergleichssignal für den Regler, meistens der eingestellte Sollwert x_s der Zulufttemperatur. Aus beiden Signalen Regelgröße x und Führungsgröße w bildet der Regler durch Vergleich die Stellgröße y.
Stellgröße y	Ausgangssignal des Reglers, mit dem das Stellglied betätigt wird.

Störgrößen z Änderung von Zuständen, die auf den Regelkreis im Sinne einer Veränderung des Istwertes einwirken. Der Regelkreis hat die Aufgabe, diese Störgrößen zu kompensieren, so dass der Istwert möglichst gleich dem Sollwert bleibt.

Zur Erfassung des Istwertes der Regelgröße dient der Messwertgeber. Die Messwerterfassung bietet dann die richtige Voraussetzung für ein gutes Regelergebnis, wenn sie möglichst exakt und repräsentativ der zu regelnden Größe entspricht.

Neben der Messgenauigkeit haben die richtige Auswahl des Messortes und der Einbau des Messwertgebers in der Anlage entscheidenden Einfluss auf die Qualität der Messwerterfassung.

In RLT-Anlagen sind als wichtigste Messgrößen anzunehmen:

- Temperatur
- Feuchte
- Druck
- Luftgeschwindigkeit
- Volumenstrom.

Die Güte der Messwerterfassung hängt von den Einsatzbedingungen des Fühlers ab: Schnelligkeit und Genauigkeit der Messung werden beeinflusst vom Medium welches den Fühler umgibt (Wasser oder Luft), von der Geschwindigkeit des Mediums und von der Verwendung von Tauchhülsen.

4.1.1 Mischkammertemperaturregelung

In vielen Fällen wird in lufttechnischen Anlagen aus Gründen der Energieersparnis ein gewisser Anteil Umluft der Zuluft beigemischt.

Das richtige Zusammenspiel der Außenluft/Umluftbeimischung bei den verschiedenen Energiezuständen der Außenluft übernimmt der Mischkammer-Regelkreis (s. Abbildung 33).

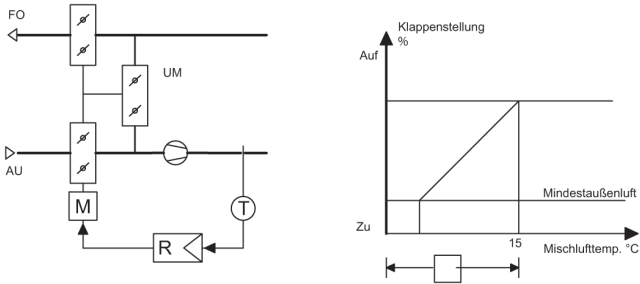


Abbildung 33: Mischluftregelung

Zu regelnde Größe (Regelgröße) ist die Mischkammertemperatur, die durch einen Temperaturfühler erfasst wird. Das Stellglied ist der Klappenstellmotor mit den über die Gestänge an den Stellmotor angekoppelten Außenluft-, Umluft- und Fortluftklappen. Außenluft- und Fortluftklappe werden gleichsinnig gesteuert, die Umluftklappe dazu im Gegensatz, so dass sich mit steigendem Außenluftanteil auch ein steigender Fortluftanteil und ein fallender Umluftanteil ergeben und umgekehrt.

Bei Lüftungsanlagen ohne Kühlung genügt es in der Regel, einen Soll-Wert für die Mischkammertemperatur zwischen 10 und 15 °C vorzugeben und über den Regler die Außenluftklappe/Fortluftklappe so weit zu schließen, dass mit entsprechendem Öffnen der Umluftklappe die Mischkammertemperatur eingehalten wird. Dabei ist zu beachten, dass die Außenluftklappe beim Betrieb der Anlage nie ganz schließen darf, denn ein Mindestaußenluftanteil ist zur Lüftung und Lufterneuerung erforderlich.

Bei elektrischen Stellmotoren kann der minimale Außenluftanteil am Stellmotor selbst durch den Endschalter eingestellt werden; bei pneumatisch geregelten Anlagen wird dies in der Regel am Sollwertsteller des Schaltschrankes erfolgen.

Bei Inspektionen soll die Funktion des Außenluft-, Umluft- und Fortluftklappenspiels überprüft werden, wobei auf die Einhaltung des Mindestaußenluftanteils wenigstens durch Sichtkontrolle zu achten ist.

Beim Stillstand der Anlage hingegen ist das dichte Schließen der Außenluftklappe zur Vermeidung unkontrollierter Luftströmungen und Energieverluste erwünscht.

4.1.2 Zulufttemperaturregelung

Der Regelkreis für die Zulufttemperatur ist verhältnismäßig einfach aufgebaut. Er wurde schon in Abschnitt 4.1 als typisches Beispiel eines Regelkreises erläutert.

Die Regelung der Zulufttemperatur wird nur bei einfachen Anlagen angewendet, nämlich dann, wenn mehrere Räume von einem Gerät aus ohne Nacherwärmerbehandlungen mit Luft versorgt werden sollen und in diesen Räumen einigermaßen gleiche Wärmebelastungszustände zu erwarten sind. Nachteilig an dieser Temperaturregelung ist, dass Wärmelasten des Raumes von der Regelung nicht erfasst werden und somit durch Absenkung der Zulufttemperatur auch nicht ausgeglichen werden können.

Vorteilhaft ist die Zulufttemperaturregelung jedoch, wenn ein Teil des Wärmebedarfes des Raumes durch statische Heizflächen mit Thermostatventilen gedeckt wird. Durch die Thermostatventile der Heizflächen können unterschiedliche Wärmebelastungszustände im Raum ausgeglichen werden. Durch die unterschiedliche Lage der Messfühler (nicht in gleichem Raum) ist außerdem eine gegenseitige Beeinflussung der beiden Regelkreise und ein evtl. Schwingen der Raumtemperatur mit Sicherheit ausgeschlossen. Abbildung 34 zeigt einen Zulufttemperatur-Regelkreis.

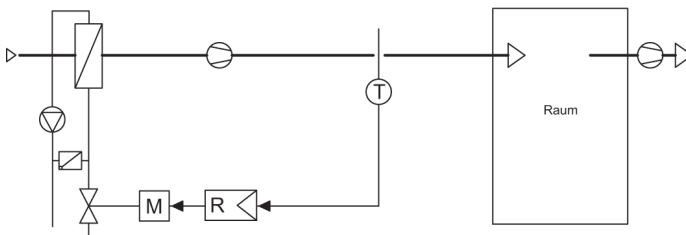


Abbildung 34: Zulufttemperaturregelung

Ein Messwertgeber (Temperaturfühler) erfasst den Istwert der Regelgröße (Zulufttemperatur). Er bildet daraus das Signal für den Regler, dieser vergleicht es mit dem Sollwert und gibt das Stellsignal an den Ventilmotor ab. Dieser bewegt das Heizventil in Richtung AUF oder ZU bis der Sollwert der Zulufttemperatur wieder erreicht ist.

4.1.3 Raumtemperaturregelung

Wie schon erwähnt, erfasst die Zulufttemperaturregelung nicht die Wärmelasten im Nutzraum und kann somit keinen Ausgleich der Raumtemperatur vornehmen. Soll eine Erwärmung oder im selteneren Falle eine Kühlung des Raumes aufgrund von inneren Wärmelasten bzw. Abkühlungen ausgeglichen werden, muss die Raumtemperatur oder die Ablufttemperatur erfasst werden und diese als Regelgröße auf einen Regelkreis geschaltet sein. Einen solchen Kreis zeigt die Abbildung 35 (siehe auch Abbildung 32).

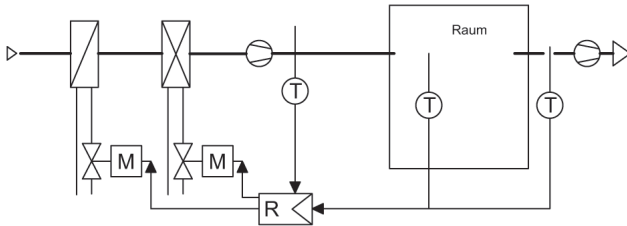


Abbildung 35: Raumtemperaturregelung

Dargestellt wird der in einer Teilklimaanlage sehr häufige Fall einer Raumtemperaturregelung durch Veränderung der Erwärmerleistung im Heizbetrieb bzw. Veränderung einer Kühlerleistung im Kühlfalle. Vorab sei erwähnt, dass Erwärmerleistung und Kühlerleistung nacheinander geregelt werden müssen; man nennt das Sequenzregelung oder Folgeregelung. Die Sequenzregelung hat sicherzustellen, dass Erwärmer und Kühler nicht gleichzeitig in Betrieb sind; bei gleichzeitigem Betrieb käme nur ein irrationaler Energieverbrauch zustande. Bei der Sequenzregelung teilt der Regler die Stellgröße in zwei Arbeitsbereiche auf.

Häufig ist es schwierig, einen repräsentativen Messort für die Erfassung der Raumlufttemperatur zu finden. Bei größeren Räumen können sich in einiger Entfernung vom Messort andere Raumluftzustände einstellen als am Messort selbst, am Temperaturfühler. Noch größer werden die Abweichungen zwischen Messort und Raum, wenn mehrere Räume parallel an eine Anlage angeschlossen sind.

Man setzt daher häufig an Stelle eines Fühlers im Raum einen Temperaturfühler in der Abluftleitung ein und erfasst dadurch die mittlere Raumtemperatur durch die Ablufttemperatur (in Abbildung 35 gestrichelt dargestellt).

Dem Raumtemperaturregler ist zur Sollwertverschiebung und Minimalbegrenzung noch die Temperatur in der Zuluftleitung aufgeschaltet, die zur Vermeidung von Zugescheinungen einen bestimmten Wert nicht unterschreiten darf. Dieser wird im Allgemeinen auf 16 bis 18 °C eingestellt. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Störgrößen durch den Temperaturfühler in der Zuluft schneller erfasst werden und damit eine Vorregelung für die träge Raumtemperaturregelung möglich ist.

Die Folge- oder Sequenzregelung des Erwärmers und Kühlers kann selbstverständlich auch, anstatt das Kühlerventil am Kälteregister kontinuierlich zu regeln, eine oder mehrere Kältemaschinen ansteuern. Je nach Leistungsabstufung der Kälteerzeugung werden nach dem Schließen des Erwärmerregelventils die Kältemaschinen in Stufen zugeschaltet und nicht kontinuierlich geregelt.

4.1.4 H,x-geführte Regelung

Bei einer h,x-geführten Regelung wird der Sollwert durch ein Behaglichkeitsfeld, das sich im h,x-Diagramm (s. Abschnitt 6.4.5) darstellen lässt, festgelegt. Das Behaglichkeitsfeld umfasst eine gewisse Bandbreite von Temperatur und Luftfeuchte und bildet dabei das menschliche Empfinden von „Behaglichkeit“ ab, das sich nicht allein an festen Zahlenwerten (z. B. 22°C Raumtemperatur) orientiert. Das unter Betriebskostengesichtspunkten erreichbare Optimum liegt dabei an der Grenze bzw. im Innern des Behaglichkeitsfeldes. In Verbindung mit einem Energierückgewinnungssystem lassen sich Einspareffekte erzielen. Der Sollwert der Zuluft bestimmt die Schaltung der Luftbehandlungsfunktionen Heizen, Kühlen, Befeuchten und Entfeuchten. Die Regelung kann in Verbindung mit Umluftklappen oder einer Anlage zur Wärmerückgewinnung betrieben werden.

4.1.5 Frostschutzsteuerung

Bei Lüftungstechnischen Anlagen mit Außenluftbetrieb oder einem Außenluftanteil ist eine Frostschutteinrichtung notwendig, die verhindern soll, dass das Vorheizregister oder Heizregister einfriert, wenn die Anlage betrieben wird und das Heizmedium aufgrund einer Störung ausbleibt. Die Wirkungsweise ergibt sich aus der Abbildung 36.

Im Luftstrom dicht hinter dem Heizregister, möglichst im unteren und damit am meisten frostgefährdeten Bereich, wird ein so genannter Frostschutzthermostat angebracht, der mit einem Kapillarrohrfühler ausgestattet ist. Dieser Kapillarrohrfühler wird über dem unteren Bereich des Heizregisters

ausgespannt. Der Fühler, meistens mit einer Ausdehnungsflüssigkeit gefüllt, betätigt im Gehäuse des Gebers bei Temperaturen, die zwischen +3 und +7 °C eingestellt werden können, einen Schalter.

Mit diesem Schalter können die Steuerspannungen für den Zuluftventilator unterbrochen und durch Relais weitere Signale auf die Anlage gegeben werden.

Grundsätzlich ist die Steuerung und Schaltung einer Lüftungsanlage so aufgebaut, dass **drei Funktionen** bei Ansprechen des Frostschutzthermostaten ausgelöst werden:

1. Abschalten des Ventilators
2. Schließen der Außenluftklappe durch Steuerbefehl auf den entsprechenden Stellmotor
3. Öffnen des Ventils für das Heizmedium.

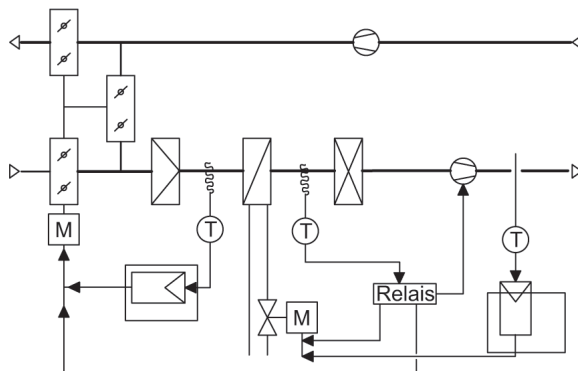


Abbildung 36: Frostschutzsteuerung

Ein sicherer Frostschutz ist nur bei zuverlässigem Auslösen aller drei Funktionen gewährleistet! In der Regel sind Anlagen so konzipiert, dass nach Eintreten des Frostwarnfalles die Anlage von Hand entriegelt werden muss. Dabei soll der Bediener die Ursache der Frostwarnung feststellen, z. B. Ausbleiben des Heizmediums, Versagen des Regelventils, undichte Außenluftklappe o. ä. (s. a. Abschnitt 3.3) und den festgestellten Mangel beseitigen.

Das Entriegeln der Frostschutzeinrichtung geschieht entweder am Frostschutzthermostaten selbst oder an der Schalttafel. Dies ist nur möglich, wenn die Lufttemperatur am Lufterwärmer wieder über die eingestellte Auslösetemperatur angestiegen ist.

4.1.6 Zuluftfeuchteregelung

Die bisher erörterte Wirkungsweise von Regelkreisen zur Regelung von Temperaturen lässt sich auf andere in Klimaanlage zu regelnde Größen übertragen. Am Beispiel einer Klimaanlage mit Dampfbefeuchtung soll zunächst die Zuluftfeuchteregelung, die jedoch im Gegensatz zur Zulufttemperaturregelung verhältnismäßig selten anzutreffen ist, erläutert werden.

Abbildung 37 zeigt das Regelungsschema für eine Befeuchtung durch Dampf und die Entfeuchtung über einen Direktverdampfer-Kühler mit Kältemaschine.

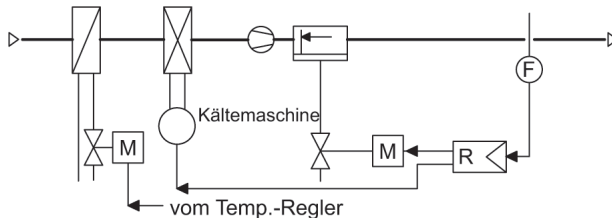


Abbildung 37: Zuluftfeuchteregelung

Im Winter wird die Außenluft, die nur geringe Feuchtigkeit enthält, auf die vorgesehene Zulufttemperatur angewärmt; dabei sinkt die relative Feuchte.

Die so angewärmte Zuluft ist besser in der Lage, Wasser aufzunehmen. Bei Zufuhr von Sattdampf kann ein gewünschter Befeuchtungszustand relativ leicht durch Vermindern oder Verstärken des Dampfzustroms erreicht werden. Diese Verminderung oder Vermehrung des Dampfzustroms geschieht über das Dampfventil, dass vom Regler angesteuert wird.

Schwieriger werden die Verhältnisse bei der Entfeuchtung. Wie in den vorigen Kapiteln erörtert, wird in einer Klimaanlage verfahrenstechnisch mit Hilfe des Kühlers entfeuchtet.

Die durch die Entfeuchtung abgekühlte Zuluft muss anschließend über Nacherhitzer wieder auf die gewünschte Zulufttemperatur gebracht werden.

Die Zuluftfeuchteregelung für Be- und Entfeuchtung ist ebenfalls eine Sequenzregelung. Der Feuchtefühler erfasst den Istwert in der Luftleitung und bildet daraus die Regelgröße, die der Regler mit der Führungsgröße, dem vorgegebenen Sollwert, vergleicht.

Die vom Regler abgegebene Stellgröße ist wieder in zwei Teile zu teilen, nämlich bei niedrigen Feuchten in das stetige Signal für das Öffnen des Dampfventils zur Vermehrung des Dampfzustroms in der Zuluft. Ist der vorgegebene Sollwert an Feuchte in der Zuluftleitung erreicht, muss das Dampfventil schließen. Steigt die Feuchte (aufgrund von Außeneinflüssen) weiter an, wird zunächst ein neutraler Bereich durchfahren und erst danach über den Regler ein Signal auf den Kühler gegeben. Bei einem kaltwasserbeaufschlagten Kühler handelt es sich um ein stetiges Signal, das den Kaltwasserdurchfluss stufenlos vergrößert. Bei einem Direktverdampfer-Kühler gibt der Regler ein Zweipunkt-Signal (EIN - AUS) auf die zugehörige Kältemaschinenanlage.

4.1.7 Raumluftfeuchteregelung

Der häufiger anzutreffende Einsatzfall für eine Feuchteregelung ist der Regelkreis für die Raumluftfeuchte (Abbildung 38). Der Anlagenaufbau ist ähnlich wie der im vorherigen Abschnitt.

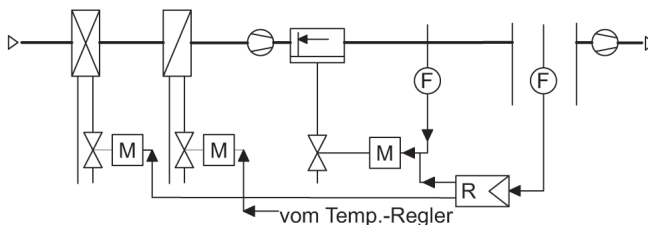


Abbildung 38: Regelung der Raumluftfeuchte

Als Regelgröße wird anders als bei der Zuluftfeuchteregelung nun die Raumluftfeuchte oder Abluftfeuchte verwendet. Die Wirkungsweise des Reglers auf die Befeuchtungseinrichtung (Kühler) entspricht der Zuluftfeuchteregelung.

Zusätzlich erforderlich ist bei diesem System eine Absicherung der Zuluftfeuchte in der Luftleitung gegen eine max. zulässige Grenze, weil sonst eine Überbefeuchtung der Zuluft aufgrund der Trägheit des Systems erfol-

gen könnte. Beim Dampfbefeuchter besteht grundsätzlich die Gefahr, dass Überbefeuchtungen in der Luftleitung auftreten. Deshalb muss die Feuchte auf einen maximalen Wert hinter dem Befeuchter (meistens eingestellt auf 90 bis 95 % relative Feuchte) begrenzt und bei Erreichen dieses Wertes der Befeuchter abgeschaltet werden. Hierzu verwendet man einen schaltenden Hygrostaten, der ein Schließsignal unter Umgehung des Reglers direkt auf das Befeuchterventil bzw. seinen Stellmotor gibt (Vorrangschaltung).

4.1.8 Druckabhängige Regelung des Ventilators

Es gibt eine Reihe von Einsatzfällen, bei denen die Luftmenge, die vom Ventilator zu fördern ist, starken Änderungen unterliegt. Eine druckabhängige Regelung in Verbindung mit einem regelbaren Ventilatorantrieb ermöglicht in diesen Fällen eine stetige und energiesparende Bedarfsanpassung. Zwei typische Beispiele werden näher erläutert:

1. Beispiel

Eine Zuluftanlage versorgt mehrere Laborräume, in denen Abzüge aufgestellt sind. Die Zuluftleitungen zum Einzelraum erhalten Klappen, die sich öffnen, wenn der Abzug betätigt wird, d. h. wenn Abluft gefördert wird, so dass entsprechender Ersatz durch die Zuluft vorgenommen werden muss. Je nach der Anzahl der in Betrieb befindlichen Abzüge, muss mehr oder weniger Zuluft gefördert werden.

Die Regelaufgabe wird so gelöst, dass der Leitungsdruck möglichst an der ungünstigsten Stelle im Leitungssystem, d. h. kurz vor der Klappe im strömungstechnisch ungünstigsten Zuluftstrang, als Regelgröße herangezogen wird. Man braucht dazu einen Druckgeber, welcher mit einem Signal über den Regler den Ventilatorantrieb schneller oder langsamer laufen lässt. Dadurch wird die Luftmenge bis zu einem Wert verändert, bei dem der Leitungsdruck dem eingestellten Sollwert entspricht.

2. Beispiel

Eine Zuluftanlage mit Kühlung versorgt mehrere Räume, bei denen die Zuluftvolumenströme jedes Einzelraumes der Wärmelast angepasst werden sollen. Die Anpassung geschieht über Volumenstromregler, die von einem Temperaturregler mit Regler angesteuert werden. Die Volumenstromregler lassen nur so viel Luft passieren, wie zur Kühlung des Raumes notwendig ist.

Im Hauptsystem vor den Volumenstromreglern ändert sich die Luftmenge ganz erheblich, so dass die Förderleistung des zentralen Zuluftventilators laufend diesen Mengen angepasst werden muss. Ein Druckgeber in der Zuluftleitung verändert über einen entsprechenden Regler und ein Stellgerät die Ventilator Drehzahl. Er hält den erforderlichen Mindestvordruck für die Volumenstromregler aufrecht und verhindert unnötige Überdrücke in der Leitung.

Die Temperatur- und Feuchteregelelungen sind unabhängig von möglichen druckabhängigen Regelungen und werden in der bereits erörterten Art eingesetzt.

Das Schema einer druckabhängigen Regelung für drei Räume zeigt als Beispiel Abbildung 39.

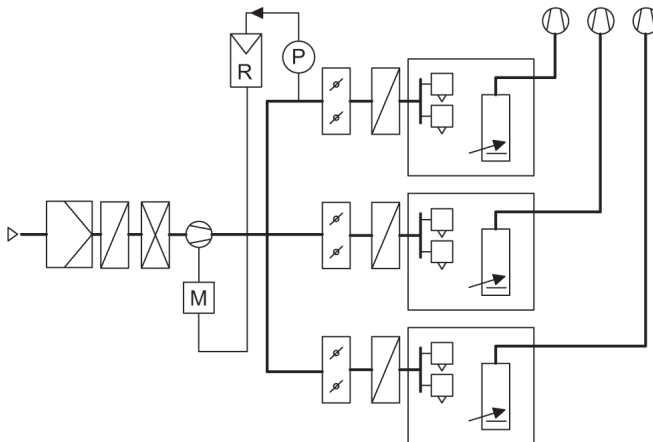


Abbildung 39: Kanaldruckregelung

4.1.9 Volumenstromregelung

Im vorherigen Abschnitt wurde bereits der Volumenstromregler erwähnt. Er ist verbreitet und wird daher ausführlicher erläutert.

Bei den Anlagen mit variablem Volumenstrom (abgekürzt VVS- oder VVA-Anlagen) wird nicht wie bei Anlagen mit konstanter Zuluftmenge die Temperaturdifferenz der Zuluft zur Raumluft verändert, um die Kühlleistung der Kühllast bzw. Wärmeleistung der Wärmelast anzupassen. Stattdessen hält

man die Temperaturdifferenz möglichst konstant und teilt jedem einzelnen Verbraucher nur soviel Luftmenge zu wie nötig. Die Verminderung der Volumenströme (vgl. Abbildung 40) ist eine besonders wirtschaftliche Reglungsart.

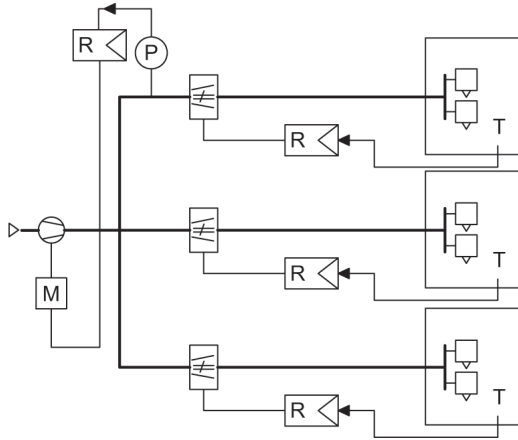


Abbildung 40: Volumenstromregelung

Der Volumenstromregler ist ein kastenförmiges Gerät, in dem eine Luftdrosselklappe oder ein luftventilähnliches Bauelement eingebaut ist. Klappe oder Luftventil werden von einem Stellmotor betätigt, der vorzugsweise pneumatisch ausgerüstet ist. Über einen pneumatischen Thermostaten bzw. einen pneumatischen Fühler mit Regler im Raum wird das Pneumatikstellorgan der Klappe bzw. des Ventils betätigt und somit die Luftmenge eingegrenzt. Auch hier ist meistens ein Mindestluftstrom notwendig, der in der Pneumatik sehr einfach durch die Vorgabe eines Mindestluftdrucks am Stellmotoreingang zu realisieren ist. Beim elektrischen Antrieb wird die Mindestluftmenge über einen Endschalter eingehalten.

Der Volumenstromregler hat den Nachteil, dass bei der Drosselung der Luftmenge erhebliche Geräusche entstehen. Er ist deshalb meistens serienmäßig mit einem kleinen Schalldämpfer ausgestattet. Weiterer Nachteil ist, dass der Volumenstromregler einen Mindestvordruck benötigt, der je nach Hersteller 150 bis 200 Pa nicht unterschreiten darf, damit der Regler ordnungsgemäß funktioniert.

4.2 Steuern

Jede Anlage benötigt auch die entsprechenden Schaltgeräte zum Ansteuern, z. B. der Ventilatormotoren, der Filterantriebe oder der Pumpen für die Heizungs- bzw. Kühlwasserversorgung. Nur bei sehr kleinen Ventilatoren und untergeordneten Anlagen werden Motorschutzschalter sowohl zum Schalten als auch für den Überlastungsschutz von Motoren eingesetzt. Die Regel ist bei mittleren und großen Anlagen die Ansteuerung der Motoren über Luftschütze.

Luftschütze haben die Aufgabe, den für einen Drehstrommotor im Dreiphasenbetrieb angelieferten Strom hoher Leistung zu schalten, wobei die Schütze selbst im Einphasenbetrieb (230 V) mit geringer Leistung betätigt werden können. In das Luftschütz integriert ist in der Regel ein Überstromauslöser (auch Bimetall-Auslöser genannt), Bei Überlastung des Motors schaltet dieser den Leistungsstrom ab.

Das Umsetzen des Steuerstroms in die Leistungsschaltung innerhalb des Schützes geschieht über einen Elektromagneten, der vom Steuerstrom angezogen wird und die dreiphasigen Schalter öffnet oder schließt. Durch Änderung des Steuerstromes werden die nachgeschalteten Antriebe zu- oder abgeschaltet.

Neben den Leistungsabgängen enthält ein Schütz in der Regel auch zusätzliche Hilfskontakte (Öffner und Schließer), die gleichzeitig mit den Leistungsabgängen geschaltet werden.

Die Hilfskontakte können, abhängig von der Schützstellung und dem Betrieb des nachgeschalteten Antriebes, weitere Schaltungen durch Auslösen anderer Steuerstromkreise vornehmen oder für die Betätigung von Betriebs- und Störungsanzeigen benutzt werden.

Ein typischer Anwendungsfall ist der Betrieb eines Abluftventilators parallel zu einem Zuluftventilator. Im Hauptsteuerstromkreis braucht dann nur der Zuluftventilator geschaltet zu werden. Der Abluftventilator läuft parallel mit und wird ebenfalls abgeschaltet, wenn der Zuluftventilator von Hand oder über die Schützeinrichtung außer Betrieb gesetzt wird.

Die Schaltgeräte werden im Normalfall von einem oder mehreren anderen Schalteinrichtungen angesteuert. Die wichtigsten Gerätearten und ihr üblicher Einsatzbereich sind in der folgenden Übersicht zusammengestellt:

- Handschalter
EIN – AUS
ohne weitere Steuereinrichtungen nur bei ununterbrochenen Betrieben sinnvoll z. B. Telefonzentralen
- Wahlschalter
EIN – AUS - Automatik
Stellung „AUS“ in Revisionen; Stellung „EIN“ nur bei Sondernutzungszeiten oder Ausfall der Automatik; normalerweise Automatikbetrieb über zusätzliche Steuereinrichtungen z. B. Zeitschaltuhr
- Zeitschaltuhr mit
– Wochenprogramm
– Tagesprogramm
Einsatz bei regelmäßigen Nutzungspausen oder Betriebsbereitschaftszeiten; schaltet Anlage
– AUS oder
– auf abgesenkten Betrieb und
– EIN oder
– auf Betriebsbereitschaft
- Zeitrelais
(in Verbindung mit Hand – EIN)
bei unregelmäßiger Nutzung: Einschaltung nur bei Bedarf von Hand; automatische Abschaltung nach Zeitablauf (z. B. 5 – 100 Min. einstellbar) z. B. in Schulungs- und Verhandlungsräumen, Gerichtssälen
- Bewegungsmelder
(in Verbindung mit Zeitrelais)
bei unregelmäßiger Nutzung: automatische Abschaltung ca. 10 – 15 Min. nach letzter Nutzung (Bewegung im Raum) z. B. in Hörsälen oder Konferenzräumen
- Thermostat
(temperaturabhängiger Schalter)
Temperaturüberwachung bei abgeschalteter Anlage, falls keine statischen Heizflächen (Frostschutz)
- Hygrostat
(feuchteabhängiger Schalter)
automatische Überwachung und Begrenzung der Raumluftfeuchte, unabhängig von Nutzungszeiten, z. B. in Duschräumen

Die Steuerungen sollen gemeinsam mit den Regeleinrichtungen einen automatischen, dem tatsächlichen Bedarf möglichst genau angepassten Betrieb sicherstellen. Unabdingbare Voraussetzung dafür ist, dass die Funktionen der einzelnen Steuer- und Regelbausteine genau aufeinander abgestimmt sind. Dies wird bei den Steuereinrichtungen durch das schrittweise Einstel-

len jedes einzelnen Schaltzustandes und die Kontrolle der jeweils ausgelösten Anlagenfunktionen überprüft. Die Kontrolle der Regeleinrichtungen erfolgt mit Hilfe geeigneter Messgeräte (siehe Abschnitt 4.3).

Die Steuer- und Regelgeräte können nur dann über längere Zeiträume störungsfrei arbeiten, wenn sie vor Staub und anderen Verschmutzungen sowie vor überhöhter Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit geschützt werden. Die Betriebsräume sind daher stets sauber und trocken zu halten. Zur Vermeidung temperaturbedingter Störungen kann es notwendig sein, für eine bessere Ableitung der Eigenwärme aus den Schaltschränken (Innentemperatur max. 40 °C) oder für eine bessere Wärmedämmung der Luft- und Rohrleitungen und Armaturen zu sorgen.

Darüber hinaus unterliegen auch Regel- und Steuergeräte einem natürlichen Verschleiß und müssen regelmäßig überprüft und gewartet werden.

4.3 Messen

Im Rahmen der Errichtung, Einregulierung und Abnahme von RLT Anlagen sind eine große Anzahl von Funktionsmessungen erforderlich. Besonderen Aufwand erfordern Leistungsmessungen.

Für Wartung und Betrieb von Anlagen kann der Messumfang eingeschränkt werden auf laufende Verbrauchsmessungen und gelegentliche Kontrollmessungen (in der Regel im Störfall).

Zu den laufenden Messungen durch fest eingebaute Messgeräte und Zähler gehören:

- Messen des Filterwiderstandes durch Differenzdruckanzeiger (zur Bestimmung des Filterwechselzeitpunktes)
- Zählen der Betriebsstunden an Kältemaschinen und großen Ventilatoren durch Betriebsstundenzähler (zur Festlegung der Wartungsabstände)
- Messen von Verbrauchsmengen durch Wasserzähler für Befeuchtungseinrichtungen (zur Betriebskostenerfassung)
- Messen von Wärmemengen/Kältemengen durch Wärmemengenzähler bei großen Anlagen (zur Betriebskostenerfassung).

Darüber hinaus sind in besonderen Räumen (Datenverarbeitung, Operationsräumen o. ä.) fest eingebaute Messgeräte für Temperatur und/oder Feuchte zu empfehlen (Thermometer und Hygrometer).

Speziell in Versammlungsräumen, aber auch in Laboren oder vergleichbaren Räumen wird die Erfassung der Luftqualität mit Hilfe von speziellen Raumfühlern, die als CO₂- oder Mischgasfühler erhältlich sind, durchgeführt. Der Luftwechsel kann auf diese Weise auch unabhängig von der Raumbelastung gesteuert werden. Bei variablen Luftmengen sollten VOC-Sensoren (volatile organic compound) zur Erfassung flüchtiger organischer Stoffe (z. B. auch Gerüche) eingesetzt werden.

Für alle Messungen ist es wichtig, einen geeigneten Messort in der Anlage zu finden. Eine falsch gewählte Messstelle kann zu falschem Ergebnis und somit falscher Anlagenbeurteilung führen.

Für alle Messgeräte gilt, dass sie sehr sorgsam bedient und gepflegt werden müssen und dass vor der Messung eine Justierung zu erfolgen hat. Nur geübtes ggf. vom Gerätehersteller eingewiesenes Personal, sollte mit Messgeräten umgehen und dabei die Bedienungsanweisung strikt beachten.

4.4 DDC-Systeme

DDC-(Direct Digital Control) Systeme sind auf der Basis eines Microcomputers aufgebaut, die die Regelaufgaben (z. B. aus den vorher beschriebenen Beispielen) mit Hilfe von mathematischen Gleichungen lösen. So sind die bekannten Proportional (P)-, Proportional-Integral (PI) und Proportional Integral Differential (PID) bereits als Betriebssoftware im Computer programmiert. Darüber hinaus gibt es zahlreiche Weiterentwicklungen, mit dem Ziel, immer schneller, genauer und energiesparender die Regelaufgaben zu erledigen, ohne dass die Regelstrecke zu schwingen beginnt.

Analoge Signale der Messfühler werden in Microcomputern digitalisiert und zusammen mit den als Parameter eingegebenen Sollwerten in den als mathematische Gleichungen dargestellten Regelalgorithmen verarbeitet. Ergebnisse sind digitale Ausgangsgrößen für Stellglieder, die häufig noch in analoge Signale umgewandelt werden müssen, soweit diese in analoger Form von den Stellgliedern benötigt werden. Ein Microcomputer arbeitet zyklisch alle ihm zugewiesenen Regelaufgaben ab. Die in den mathematischen Regelgleichungen zu verarbeitenden Parameter können vom Bediener verändert werden.

Diesbezüglich ergeben sich für den Bediener entsprechende Kontroll- und Optimierungsaufgaben, auf die an anderer Stelle eingegangen wird. Ein Vorteil der DDC-Technik ist, dass alle digitalen Messwerte zu einer Leitwarte gesandt werden können und von dort die gesamte Betriebstechnik überwacht werden kann.

4.5 Arbeiten an Steuerungen und Regelungen

Bei der heute üblichen DDC-Regelungstechnik befindet sich in der Regel am Schaltschrank ein Bildschirm, auf dem die Bedienfunktionen und Anzeigemöglichkeiten in einem Menü durchgeblättert werden können. Es können so Soll-, Ist- und Grenzwerte angezeigt und ggf. verändert werden, die vor der Kühl- bzw. Heizperiode mit einem Thermo- bzw. Hygrometer etc. an den entsprechenden Stellen im RLT-Anlagen-Luftstrom und Räumen auf Richtigkeit überprüft werden müssen. Bei Differenzen muss Ursachenforschung und ein Abgleich vorgenommen werden:

Ist-, Grenzwert- und Raumtemperaturanzeigen bzw. Feuchteanzeigen überprüfen	Temperatur mit Thermometer, Feuchte mit Hygrometer messen und über Bildschirmenü Fühlerabgleich vornehmen.
Ursachenforschung bei Grenzerletzungen:	Beispiele möglicher Ursachen (s. a. Abschnitt 6.2):
Raumtemperatur zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor defekt • Luftherhitzer Wärmerückgewinnung defekt • Filter verschmutzt • Frequenzumformer/Ventilator defekt • Kälteerzeugung/Verteiler defekt
Raumtemperatur zu niedrig	<ul style="list-style-type: none"> • Filter defekt • Kälteverteilung defekt • Nacherhitzer defekt
Raumfeuchte zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor defekt • Kälteerzeugung/-verteilung defekt
Raumfeuchte zu niedrig	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor defekt • Befeuchter defekt
Heizwassertemperatur zu hoch	<ul style="list-style-type: none"> • Sensor defekt • Heizwasserverteilung (Regelventil) defekt

Heizwassertemperatur
zu niedrig

- Sensor defekt
- Pumpe defekt
- Heizwasserverteilung (Regelventil) defekt

Kühlwassertemperatur
zu hoch

- Sensor defekt
- Rückkühlwerk defekt
- Externe Wasserversorgung gestört
- Kühlwasserverteilung (Regelventil) defekt

Weitere Arbeiten und Prüfungen an der Mess-, Steuer- und Regeltechnik sind:

- Funktionsprüfung durch Betätigen der Betriebsschalter, Lampenkontrollen etc. am Schaltschrank
- gelegentliches Prüfen von Lufttemperaturen im Schaltschrank (max. 40°C)
- Funktionsprüfungen durch Betätigen der Sollwertsteller/Handscharter für Stellantriebe von Klappen und Ventilen
- Betätigen von Handabsperungen; Schmieren von Ventilspindeln; Abdichten (Nachziehen) von Stopfbuchsen
- Schmieren von Gestängelagern
- Prüfen von Pneumatikschläuchen auf Dichtigkeit; Prüfen auf dichten Anschluss
- Funktionsprüfung der Frostschutzanlage vor Winterbeginn vornehmen
- Prüfen der Zeitprogramme und optimal Einstellung.

5 Raumlufttechnische Anlagen betreiben

Die Verantwortung für den Anlagenbetrieb liegt in der Regel bei der hausverwaltenden Dienststelle (Nutzer bzw. Betreiber). Die tägliche Betriebsführung wird normalerweise vom Hausmeister vor Ort wahrgenommen. Zur Dokumentation des Betriebs, von Störungen, Inspektionen sowie Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten wird das Führen von Betriebsbüchern und Arbeitskarten empfohlen.

Die Verbrauchswerte und Betriebsstunden sind monatlich zu erfassen, abzulegen und durch Vergleich mit den Betriebsergebnissen der Vergleichszeiträume (z. B. Vormonate, Vorjahre) auszuwerten. Dies kann durch automatisierte Erfassung und Auswertung mit Hilfe von Energiemanagement- oder Energiecontrolling-Systemen erfolgen.

5.1 Bedienen im Normalbetrieb

Die Bedienung von RLT-Anlagen im täglichen Normalbetrieb beinhaltet im Wesentlichen die folgenden Handlungen:

- Ein- und Ausschalten der Anlagen (z. B. während der Nutzungs- bzw. Nichtnutzungszeit) entweder von Hand oder durch ein anlagenbezogenes Bedienpanel oder mit Hilfe eines Gebäudeautomationssystems
- Einstellen von Schaltzeiten zum Ein- bzw. Ausschalten der Anlage entweder an einer Schaltuhr von Hand oder durch ein anlagenbezogenes Bedienpanel oder mit Hilfe eines Gebäudeautomationssystems
- Schalten von Betriebsstufen (z. B. Reduzierung der Luftfördermenge) bei geringem Nutzungsumfang der belüfteten Räume
- Einstellen von Sollwerten (z. B. Temperaturen, Luftfeuchte) innerhalb einer vorgegeben Bandbreite.

Das Bedienungspersonal hat die Betriebszeit der Anlage auf das unabweisbar notwendige Maß zu beschränken. Durch die Reduzierung der Betriebszeit kann nicht nur der Energieverbrauch, sondern auch der Wartungsaufwand gesenkt werden.

Der Energieverbrauch und die Betriebskosten von RLT-Anlagen können durch eine sachkundige Betriebsweise und Kontrolle der Anlagen erheblich gesenkt werden. Das Betriebspersonal hat es in vielen Fällen in der Hand, ohne Einbuße an Komfort oder z. T. sogar unter Verbesserung der Arbeitsbedingungen unnötige Kosten einzusparen.

Auch bei weitgehend automatischer Regelung und Steuerung der Anlagen sollte sich das Betriebspersonal Gedanken darüber machen, ob die eingestellten Schaltzeiten und Sollwerte sinnvoll oder ob Verbesserungen im Betriebsverhalten oder in den Betriebskosten erzielbar sind.

Der Betreiber sollte sich nicht scheuen, Anregungen für Verbesserungen durch Nachrüstungen an die zuständigen Stellen weiterzugeben. Dies gilt z. B. für den Einbau von Schaltuhren, um Betriebszeiten zu reduzieren oder für das Nachrüsten von Regeleinrichtungen für den Umluftbetrieb beim Anfahren.

Zum Normalbetrieb gehört auch die regelmäßige Sicht- und Funktionskontrolle (z. B. im Rahmen eines täglichen Rundgangs) nach Kriterien wie Geräuschen, Wasseraustritt, Störungsanzeigen sowie die Kontrolle bestimmter Anzeigeinstrumente.

5.2 Unterlagen für den Betrieb von Raumlufttechnischen Anlagen

Zu jeder Anlage müssen Betriebsunterlagen verfügbar sein. Hierzu zählen

- Bestandszeichnungen
- Aufstellungs- und Installationspläne
- Anlagenschemata (Schaltschemata)
- Funktionsbeschreibungen der Anlage
- Betriebsanleitungen
- Technische Daten der wesentlichen Anlagenteile (z. B. Ventilatoren, Wärmetauscher)
- Elektrische Schaltpläne, Regelschemata
- Messprotokolle (zu den während der Einregulierung durchgeführten Messungen)
- Soll-Werte (Übersicht, Liste)
- Wartungspläne
- Inspektionspläne
- Instandhaltungsanleitungen
- Ersatzteillisten.

Die Unterlagen müssen entweder direkt vor Ort bei den Anlagen und/oder an zentraler Stelle verfügbar sein (elektronisch z. B. in einem für die Betreffenden zugänglichen strukturierten Verzeichnis). Gebäudeautomations- und insbesondere CAFM- und Dokumentenmanagementsysteme können hierzu sinnvoll genutzt werden.

5.3 Qualifizierte Inspektionsarbeiten an den Anlagen

Hierunter fallen die Inspektionsarbeiten gemäß VDI 6022 Kategorie B (qualifizierte Tätigkeiten) und Kategorie C (Hilfstätigkeiten).

Ein ordnungsgemäßer und an den Nutzungszeiten orientierter Betrieb ist die Voraussetzung für Wirtschaftlichkeit und geringen Energieverbrauch. Insbesondere die Abschaltung bzw. das Herunterfahren der Anlage (Sommer-/Winterbetrieb, Ferienbetrieb, Übergangszeiten) und die Nutzung der vorhandenen Betriebsprogramme zur Optimierung sind hierzu notwendig.

Der ordnungsgemäße Betrieb der Anlage lässt sich mit Hilfe eines Soll-/Ist-Wertvergleichs der wichtigen Parameter erkennen. Hierzu sind die erforderlichen Informationen z. B. in tabellarischer Form aufzulisten und die entsprechenden Instrumente bzw. Orte zur Ablesung der Daten (an der Anlage oder in Gebäudeautomationssystemen) zu kennzeichnen und zu beschreiben. Insbesondere wenn kein speziell qualifiziertes Personal zur Verfügung steht, sind entsprechende Erläuterungen notwendig.

Nach DIN 31051 umfasst die Inspektion alle Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes einer Betrachtungseinheit – in diesem Falle einer RLT-Anlage – einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung. Dabei gilt es zu unterscheiden zwischen

- Inspektionsgang (einfach, z. B. 14-tägig bis monatlich): Filtermanometer (Druckabfall) ablesen, Kondensatablauf am Kühlregister überprüfen, Verschmutzung von Heiz- und Kühlregister überprüfen, Vergleich von Soll- und Ist-Werten anhand einer Vorgabe (z. B. Liste), Filtervorrat prüfen (ggf. Nachbestellung veranlassen), Filtertransport prüfen
- Hygienekontrolle nach VDI 6022: Sichtprüfung der RLT-Anlage (z. B. Lufteinlässe, Luftauslässe und zugängliche Stellen im Luftleitungsnetz und in den Lüftungsgeräten) auf Verschmutzungen, Rostbildung, Kalkablage und Beschädigungen.

Wichtig ist auch, dass die von der Herstellerfirma vorgenommene Einstellung der Mess-, Steuer- und Regelgeräte vom Bedienungspersonal durch regelmäßige Kontrollen überwacht wird. Die Regel- und Steuergeräte der RLT-Anlagen ermöglichen zwar einen automatischen Betrieb, verändern aber im Laufe der Zeit durch Verschleiß, Alterung, Verschmutzung oder äußere Einwirkung ihre Funktion. Darüber hinaus können Nutzungsänderungen eine Neueinstellung erforderlich machen.

Das Bedienungspersonal soll in Abstimmung mit der zuständigen Dienststelle (z. B. Bauamt oder Betriebsüberwachung gemäß RBBau für Bundesbauten) Betriebsaufzeichnungen regelmäßig und vollständig anfertigen. Die Ergebnisse von Kontrollmessungen sind in einem Betriebsbuch zu protokollieren.

Betriebsaufzeichnungen ermöglichen es, Abweichungen vom Soll-Betrieb zu erkennen bzw. Störungen und besondere Vorkommnisse im Nachhinein auszuwerten. Sie sind außerdem im Hinblick auf die Hygienebestimmungen hilfreich, um durchgeführte Maßnahmen zu dokumentieren.

Sind Anlagen mit Betriebsstundenzählern ausgerüstet, so sollen deren Zählerstände in regelmäßigen Abständen abgelesen und protokolliert werden. Zur Beurteilung der eingestellten Betriebswerte und zur Beweisführung bei Beschwerden sollten in regelmäßigen Abständen Kontrollmessungen in festgelegten Räumen oder Bereichen durchgeführt und die Werte notiert werden.

Empfehlungen zur Ausstattung mit Messeinrichtungen finden sich in der AMEV-Broschüre EnMess2001.

5.4 Qualifizierte Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten und Prüfungen

Hierunter fallen die Inspektions-, Wartungs- und Instandsetzungstätigkeiten gemäß VDI 6022 Kategorie A (weiter qualifizierte Tätigkeiten).

Ein wichtiger Verantwortungsbereich des Bedienungspersonals besteht darin, darauf zu achten, dass die notwendigen Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten entsprechend den Vorgaben durchgeführt werden.

Empfohlen wird das Anlegen von Arbeitskarten für jede Anlage, in denen durchgeführte Wartungen mit Datum und die größeren Arbeiten wie Keilriemenwechsel, Lagerwechsel, Filteraustausch oder umfassende Reinigungen gesondert eingetragen werden. Hinweise hierzu sind in der AMEV-Empfehlung Wartung 2006 enthalten.

Die Arbeiten von Wartungsfirmen sind zu überwachen.

Für alle RLT-Anlagen und Geräte, die Räume oder Aufenthaltsbereiche in Räumen versorgen, in denen sich bestimmungsgemäß Personen mehr als 30 Tage pro Jahr oder regelmäßig länger als zwei Stunden pro Tag aufhalten, sind folgende Anforderungen zu beachten:

- Hygienekontrollen nach VDI 6022 u. a. mit Sichtprüfung der RLT-Anlage (z. B. Lufterlässe, Luftauslässe, Luftleitungsnetz an zugänglichen Stellen) auf Verschmutzungen, Rostbildung, Kalkablagerung und Beschädigungen sowie Veranlassung einer mikrobiologische Prüfung bei begründetem Verdacht (Oberflächenproben)
- Hygieneinspektion nach VDI 6022 im Abstand von 3 Jahren (Anlagen mit Befeuchtung: 2 Jahre) durch speziell dafür qualifiziertes Personal.

Des Weiteren sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Energetische Inspektionen gemäß Energieeinsparverordnung 2007 §12 (s. a. Abschnitt 5.5)
- Prüfpflichten bei prüfpflichtigen Anlagen: z. B. Digestorien nach UVV, Gefährdungsbeurteilung gemäß Betriebssicherheitsverordnung, Länderrichtlinien und -verordnungen, z. B. Schulbaurichtlinien, Arbeitsstättenrichtlinien ASR 5 (ggf. eingeschränkte Gültigkeit), BGV A3.

5.5 Energetische Optimierung der Betriebsweise

Der Verbrauch an Wärme, Strom und Wasser ist mindestens monatlich aufzuzeichnen. Der Vergleich mit Referenzwerten gibt Aufschluss über das energetische Optimierungspotenzial.

Auf einfache Optimierungen wie Schalten der Anlagen in Abhängigkeit vom Nutzungsumfang wurde bereits im Abschnitt 5.1 hingewiesen. Sofern das technische Know How vorhanden ist, können weitere Maßnahmen ergriffen werden, um den Anlagenbetrieb zu optimieren:

- Optimierung des Ventilatorbetriebs (Umrüstung auf Frequenzumrichterbetrieb)
- Überprüfung des Anfahrbetriebs (Anfahren mit Umluft)
- Optimierung der Regelungsstrategie (z. B. h,x-geführte Regelung, s. 4.1.4)
- Anpassung der Luftwechsel an die Anforderungen (vgl. hierzu DIN EN 13779, DIN EN 15251, DIN V 18599, DIN 1946-Teil 4, AMEV RLT-Anlagen-Bau).

In der Energieeinsparverordnung (Stand: EnEV 2007) werden besondere Anforderungen an Klimaanlage und sonstige Anlagen der Raumlufttechnik formuliert (§ 12 und § 15):

Gemäß § 12 ist eine energetische Inspektion von Klimaanlage (bei einem Kältebedarf von mehr als 12 kW Nennleistung) im zehnten Jahr nach der Inbetriebnahme (oder Erneuerung wesentlicher Bauteile) durchzuführen. Für die Erstinspektion vorhandener Anlagen gelten besonderen Regelungen (Energetische Inspektion nach 6, 4 bzw. 2 Jahren entsprechend einem Anlagenalter von 4 bis 12 Jahren, mehr als 12 Jahren bzw. mehr als 20 Jahren). Die Inspektion ist mindestens alle 10 Jahre zu wiederholen.

Sie ist von fachkundigem Personal durchzuführen und beinhaltet „fachliche Hinweise für Maßnahmen zur kostengünstigen Verbesserung der energetischen Eigenschaften der Anlage, für deren Austausch oder für Alternativlösungen“. Als Fachkundige werden Ingenieure der Fachrichtung Technisches Gebäudemanagement, Maschinenbau, Elektrotechnik oder vergleichbare Studienrichtungen, wie z. B. Schiffsbetriebstechnik, bezeichnet, die zusätzlich eine entsprechende Berufserfahrung durch ihre Tätigkeit nachweisen können.

6 Anhang

6.1 Checkliste RLT-Anlagen

In den folgenden Abschnitten sind die wichtigsten Hinweise für einen fachgerechten und energiesparenden Betrieb der gesamten Anlage und der einzelnen Anlagenkomponenten in Form einer Checkliste zusammengefasst. Sie sollen dem Betriebspersonal als Anhalt für eine systematische Kontrolle der eigenen Anlagen dienen. Für weitergehende Überprüfungen sei auf die AMEV-Empfehlung Wartung 2006 und die VDI 6022 (Hygieneanforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte) verwiesen.

6.1.1 Gesamtanlage

- Nur die unbedingt notwendigen Anlagen und Anlagenteile betreiben. Überprüfen, ob die vorhandenen RLT-Anlagen im Hinblick auf die derzeitige Nutzung überhaupt erforderlich sind. In Zweifelsfällen Anlagen probeweise stilllegen.
- Außerhalb der Nutzungszeiten RLT-Anlagen nur betreiben, falls keine stationäre Grundheizung vorhanden und Frostgefahr besteht: in diesem Fall Umluftbetrieb mit abgesenkter Temperatur.
- Betriebszeiten der Anlagen den wirklichen Nutzungszeiten der Räume anpassen, z. B. Eingabe von Wochenbelegungsplänen und Nutzungsanpassungen wie „frühestens eine Stunde vor Raumnutzung einschalten und spätestens eine halbe Stunde danach ausschalten“.
- Außerbetriebnahme der gesamten Anlagen, z. B. an Feiertagen oder während der Ferien (Ausnahmen z. B. bei der Aufrechterhaltung bestimmter Mindestraumlufzustände, Frostgefahr oder bei der Abführung von Gasen usw.).
- Laufzeiten der Anlagen auf ein Minimum begrenzen, z. B. durch Zeitrelais oder Bewegungsmelder (bei Bedarf von Hand wieder einschaltbar).
- Aufheizen von Räumen ohne stationäre Grundheizung nur im Umluftbetrieb oder mit stationärer Grundheizung ohne RLT-Anlagen.
- Anlagenbetrieb der jeweiligen Nutzung (z. B. Mindestaußenluftfrate der tatsächlichen Personenbelegung) anpassen.
- Reduzieren der Außenluftfrate bei hohen Außentemperaturen im Kühlbetrieb und bei niedrigen Außentemperaturen im Heizbetrieb (soweit nicht automatische Klappenregelung); Mindestaußenluftfrate beachten.
- Kontrolle der Raumtemperatur und ggf. Raumfeuchte in bestimmten Testräumen zu gleichbleibenden Zeiten; gemessene Werte notieren.
- In Räumen ohne besondere Anforderungen sind Anlagen zur Befeuchtung und Kühlung – soweit möglich – ganz außer Betrieb zu nehmen.

- Zulassen größerer Toleranzen für die Luftbehandlung; Be- bzw. Entfeuchtung weitgehend reduzieren; Bereich der relativen Feuchte zwischen 35% und 65% voll ausschöpfen; kein Kühlbetrieb bei Raumtemperaturen unter 26 °C (Ausnahmen bei Gebäuden mit besonderer technologischer Anforderung wie spezielle Labors – Biologie, Chemie – sowie Daten- und Serverräume).
- Funktionskontrolle der einzelnen Zeitschaltungen (bei Zeitschaltuhren richtige Uhrzeit und Wirkrichtung); Überprüfen der eingestellten Schaltzeiten und der an den Regelgeräten eingestellten zugehörigen Sollwerte.
- Funktionskontrolle bzw. Einrichtung des Sonnenschutzes so, dass dieser an sonnigen Sommertagen auf der Ostseite der Gebäude geschlossen wird (wegen morgendlicher Sonneneinstrahlung auch nachts), sofern möglich in Verbindung mit Wind- und Sonnenlichtsensoren; auf den Schattenseiten sollen die Sonnenschutzvorrichtungen wieder öffnen, um einen erhöhten Lichtstromverbrauch zu vermeiden; durch Sonneneinstrahlung aufgewärmte, ungenutzte Dachräume durchlüften.
- Fenster in klimatisierten Räumen geschlossen halten; unkontrollierten Luftwechsel durch Schließen von Türen, Abdichten von unbenutzten Kaminen und Entlüftungsöffnungen auf ein Mindestmaß beschränken.

6.1.2 Ventilatoren

- Sichtkontrolle auf Beschädigungen, Undichtigkeiten, Korrosion und sonstige Mängel oder Veränderungen vornehmen.
- Funktionsprüfung vornehmen, Schalter (0 – EIN – AUTOMATIK o. ä.) betätigen; Reparaturschalter prüfen; falls vorhanden Störungsüberwachung (Druckschalter, Bimetall) prüfen.
- Ventilatorinnenteile bei Verschmutzung reinigen (mit Staubsauger oder Heißwasserreiniger).
- Schwingungsverhalten überprüfen; Laufradveränderungen kontrollieren; Schwingungsdämpfer auf Bruch, Abriss, Verklemmen prüfen.
- Flexible Anschlussstutzen auf freies Spiel und Dichtigkeit prüfen.
- Spannung, Abrieb, Bruch und Fluchtung am Keilriementrieb prüfen; Fluchtung durch Band oder Holzplatte feststellen; Motor auf dem Schlitten wieder festziehen; überdehnte oder defekte Riemen austauschen (immer nur ganzen Riemensatz wechseln); Riemenschutz nach Arbeiten wieder montieren!
- Lager auf Geräusche durch Schwingungsübertragung über Schraubenzieher prüfen (Lagerprüfgeräte nur bei sehr großen und wichtigen Anlagen); Lager nach Herstellerempfehlung schmieren.
- Drallschaukeln, Drosseleinbauten, falls vorhanden, auf richtige Stellung und evtl. Bewegung prüfen, Gestängelager fetten.

6.1.3 Motoren

- Sichtkontrolle vornehmen; Verschmutzung, Schäden, Veränderungen, Korrosion feststellen.
- Funktionsprüfung in Zusammenhang mit angetriebenem Aggregat (siehe Prüfung Ventilator) vornehmen; Schalterstellungen prüfen.
- Lager auf Geräusche prüfen; nach Herstellerempfehlung fetten; Motorlüfterrad reinigen.
- Kupplungen (falls vorhanden) und Kupplungsschutz zum angetriebenen Aggregat prüfen.
- Bei Kommutatormaschinen Bürstenverschleiß kontrollieren, Laufruhe genau beobachten, Bürsten und Kollektor reinigen, Bürsten evtl. erneuern.
- Stromaufnahme kontrollieren (falls möglich, nur in größeren Abständen).

6.1.4 Wärmetauscher

- Sichtkontrolle vornehmen; Verschmutzung, Schäden, Korrosion, sonstige Veränderungen feststellen.
- Reinigen mit Druckluft (gegen Luftrichtung), Industriestaubsauger (beidseitig) oder Heißwassergerät (beidseitig).
- Korrosionsansätze mit Schutzanstrich behandeln.
- Vor- und Rücklauf des Heiz-/Kühlmediums prüfen. Schmutzfänger reinigen, Register entlüften.
- Bei Luftkühlung Tropfenabscheider reinigen; Kondenswasserwanne und Kondenswasserablauf reinigen.
- Absperrventile betätigen, Spindeln fetten, Dichtigkeit prüfen.
- Bei Direktverdampferkühlern auf Vereisung achten (Eisansatz abtauen lassen und Luftdurchsatz prüfen).
- Bei Elektrolufterhitzern Zunder und Korrosionsansatz entfernen; Sicherheitseinrichtungen (Überhitzungsthermostat und Luftmangelsicherung prüfen).

6.1.5 Filter

- Durch Sichtkontrolle Differenzdruck, ungewöhnliche Verschmutzung, Filtersitz, Filterabriss prüfen; ggf. Filter austauschen oder regenerierbares Filtermedium reinigen.
- Korrosionen des Gehäuses und der Dichtleisten feststellen und beseitigen.
- Soweit vorhanden: Funktionskontrolle der Vorheizung der Filterstufe 1.
- Messflüssigkeit in Differenzdruckanzeige ggf. nachfüllen (falls kein Differenzdruckmanometer vorhanden, nachrüsten oder nachrüsten lassen!).

- Max. zulässigen Differenzdruck am Manometer markieren.
- Einwegfilter auswechseln; regenerierbare Filter auswaschen; Filterkammer reinigen.
- Bei Rollbandfiltern, Funktion der Steuerung prüfen, Sollwert evtl. nachstellen; Filtertransport prüfen; Spanndrähte und Filterführung prüfen.
- Ersatzfilter nachbestellen.
- Arbeiten an Spezialfiltern für Isotope, Toxide oder an Elektrofiltern durch Wartungsfirmen abwickeln oder nach spezieller Einweisung ausführen.
- Arbeiten an Elektrofiltern nur nach besonderer Wartungsanleitung des Herstellers und Sicherungen im Hochspannungsteil vornehmen.

6.1.6 Luftbefeuchter

Bei Luftbefeuchtern ist in besonderem Maße die Beachtung der Hygienemaßnahmen gemäß VDI 6022, Pkt. 4.3.7 sicherzustellen. Insbesondere wird empfohlen:

- Beprobung des verwendeten Trinkwassers (Anforderungen gem. VDI 3803, Tab. A1).
- Die Schauöffnungen der Befeuchter müssen (mit Ausnahme von Dampfbefeuchtern) nach aussen verdunkelt betrieben werden.
- Bei Stillstandzeiten oder entsprechenden Phasen ohne Feuchteanforderung von mehr als 48 h muss der Befeuchter leergefahren und anschließend trockengewischt werden.
- Reinigungspersonal ist mit Atemmaske (Filter P3) auszustatten.

Sprühbefeuchter

- Sichtkontrolle vornehmen; auf gleichmäßiges Sprühen aller Düsen achten; Kalkablagerungen und Korrosion (besonders im Tropfenabscheider) beobachten; ggf. Düsen reinigen oder austauschen
- Hygienekontrolle gemäß VDI 6022 (z. B. Keimzahlmessung des Befeuchterwassers, Waschen und Desinfizieren der Wanne).
- Abschlämmvorrichtung und Schmutzfänger prüfen, ggf. reinigen.
- Schwimmerschaltung, Nachspeisung, Wasserniveau prüfen.
- Düsen, Düsenstöcke, Gleichrichter und Tropfenabscheider reinigen; Ab- und Überlauf reinigen, Umwälzpumpenansaugung und Pumpe reinigen.
- Pumpendruck prüfen.
- Dosierung oder sonstige Wasserbehandlungsanlage prüfen.

Dampfbefeuchter

- Durch Sichtkontrolle Dampfverteilerdüsen auf gleichmäßiges Arbeiten und Ablagerungen, Verschmutzungen, Korrosion prüfen.
- Hygienekontrolle gemäß VDI 6022 (z. B. halbjährliches Waschen mit Reinigungsmittel, Ausspülen und Austrocknen der Befeuchterkammer).
- Dampfventil einer Funktionskontrolle unterziehen; Kondensatableiter und Absperrventile prüfen und betätigen.
- Bei Kleindampferzeuger Zylinder auf Ablagerung prüfen; evtl. austauschen; Magnetventile für Wasserzulauf, Wasserstand, Stromaufnahme registrieren.
- Funktionskontrolle der Abschlämmapomatik und der Wasseraufbereitung.
- Befeuchtungsregelung und Sicherheitsbegrenzung einer Funktionskontrolle unterziehen.

6.1.7 Jalousieklappen

- Sichtkontrolle auf Verschmutzung und Korrosion vornehmen; ggf. reinigen.
- Gängigkeit der Klappe prüfen.
- Lager schmieren; Gestänge auf Gängigkeit prüfen, Gestängelager einfetten.
- Dichtigkeit der Klappe prüfen; gleich-/gegensinnigen Lauf von Außenluft- und Fortluft-Umluftklappe beobachten.
- Außen- und Fortluftklappe bei abgeschalteter Anlage geschlossen halten.

6.1.8 Brandschutzklappen

- Klappenstellung prüfen; Übereinstimmung von Stellung und Stellungsanzeige prüfen.
- Endschalter überprüfen; optische Anzeige prüfen.
- Hebel, Feder, Haltevorrichtung prüfen; Probeauslösung vornehmen.
- Auslöseelement evtl. erneuern.
- Wetterschutzgitter von Laub und Schmutz befreien; Korrosionsansätze beseitigen.
- Luftdurchlässe (vor allem Abluftgitter) reinigen.

6.1.9 Luftleitungen, Kammern, RLT-Gerätetüren

- Sichtkontrollen vornehmen.
- Hygienekontrolle gemäß VDI 6022.
- Luftleitungen – soweit zugänglich – reinigen.
- Kammern reinigen und bei Korrosionsansatz streichen.

- Luftkammertüren und Revisionsluken auf Dichtigkeit prüfen; Verschlüsse prüfen.

6.1.10 Kälteanlagen

- Arbeiten an Kälteanlagen nur dann ausführen, wenn Fachwissen vorhanden, sonst Wartungsfirma anfordern.
- Luftgekühlte Kondensatoren von Schmutz und Korrosion befreien (siehe Wärmetauscher).
- Wassergekühlte Kondensatoren spülen; evtl. im Umlaufverfahren mit Säure reinigen/entkalken und anschließend neutralisieren.
- Kühlturm von Kalkablagerungen und Algen befreien; Funktion der Sprühdüsen prüfen; gleichmäßiges Durchfluten des Füllkörpers beobachten; Heizung für Rückkühlwasser im Sommer abschalten; Kühlturm im Herbst „winterfest machen« oder Anlage außer Betrieb nehmen und Wasser ablassen.
- Bei mehreren Kälteanlagen Folgeschaltungen kontrollieren.
- Prüfen, ob Kälteanlage außerhalb der Sommermonate (Außenlufttemperatur < 16 °C) außer Betrieb genommen werden kann.

6.1.11 Steuerung, Regelung

Arbeiten an Steuerungen und Regelungen nur von besonders geschultem Fachpersonal ausführen lassen:

- Mess- und Anzeigergeräte (Manometer, Thermometer, Niveaumessgerät) auf Anzeigegenauigkeit prüfen.
- Durchflussmessgeräte auf Funktion prüfen.
Einfache Arbeiten und Prüfungen kann eigenes Wartungspersonal regelmäßig ausführen, z. B.:
- Funktionsprüfung durch Betätigen der Betriebsschalter, Lampenkontrollen etc. am Schaltschrank.
- Gelegentliches Prüfen von Lufttemperaturen im Schaltschrank (max. 40 °C).
- Funktionsprüfungen durch Betätigen der Sollwertsteller/Handscharter für Stellantriebe von Klappen und Ventilen.
- Betätigen von Handabsperungen; Schmieren von Ventilspindeln; Abdichten (Nachziehen) von Stopfbuchsen.
- Schmieren von Gestängelagern.
- Prüfen von Pneumatikschläuchen auf Dichtigkeit; prüfen auf dichten Anschluss.
- Funktionsprüfung der Frostschutzanlage vor Winterbeginn vornehmen.

Mängel beeinträchtigen den Betrieb der Anlagen und bedeuten auch Energieverschwendung. Aus diesem Grunde sollen sie so schnell wie möglich beseitigt werden.

Soweit bauliche oder technische Mängel festgestellt werden, die nicht vom Betriebspersonal behoben werden können, ist dies unverzüglich ggf. schriftlich der zuständigen Stelle zu melden.

6.2 Systematische Fehlersuche (Fehlereingrenzung)

Nicht alle Fehler und Störungen an RLT-Anlagen können vom Betriebspersonal selbst beseitigt werden. Das Betriebspersonal sollte jedoch in der Lage sein, jedem fehlerhaften Erscheinungsbild eine mögliche Ursache zuzuordnen und nach einer Fehlereingrenzung die richtigen Fachleute (RLT, Kälte, Elektro, MSR o. ä.) hinzuzuziehen. In der folgenden Tabelle sind häufig auftretende Fehlerquellen, ihr Erscheinungsbild und die möglichen Ursachen angegeben.

Fehlerart	Auswirkung / Erscheinungsbild	Ursachen
Steuerungs- undelektrotech- nische Fehler	Minderleistung von Drehstrom-Antrieben	Ausfall einer Phase bzw. falsche Drehrichtung
	Fehlerhafte Funktion der Regelanlagen	Verdrahtungsfehler
		Falsch angeordnete Messfühler, falsche Wirkungsrichtung von Stellantrieben
		Lockerung der Arretierungen an Stellantrieben
		Veränderung der Messfühlerumgebung
		Defekt von Messfühlern
	Verstellte Sollwerte und Regelparameter	
	Auslösen des Motorschutzschalters	Überstromrelais zu niedrig eingestellt
	Ventilator nimmt durch Veränderung des Luftleitungsnetzes zu hohe Leistung auf Tür von Kastengerät geöffnet oder fehlende Luftfilter	
	Ausfall einer Phase	
Häufiges Auslösen des Frostschutzes	Frostschutz zu niedrig eingestellt	
	Fehler in der Heizmittelversorgung	
Keine Betriebs- oder Störanzeige (Schalttafel)	Defekte Kontrolleuchte	
Mechanische und maschi- nentechnische Fehler	Schneller Verschleiß der Keilriemen	Keilriemen zu schlaff
		Keilriemenscheiben fluchten nicht
		Keilriemen zu schwach dimensioniert
	Laufgeräusche an Ventilatoren und Pumpen	Defekte Lager
		Unwucht an Laufrädern
Defekte Schwingungsdämpfer		
	Verformung am Gehäuse	
	Blockieren von Gestängen an Stellantrieben	Verschleiß oder Verrosten von Lagern
		Verbiegen von Gestängen durch äußere Einwirkungen
Strömungs- und anlagentechnische Fehler	Heiz- oder Kühlleistung zu gering	Verstellte Regler
		Verstopfte Schmutzfänger
		Festsitzende Absperroorgane

Fehlerart	Auswirkung / Erscheinungsbild	Ursachen	
		Blockierte Motorventile	
		Ausfall der Pumpen	
		Luftpolster im System	
		Minderleistung der Kessel- oder Kälteanlage	
		Zu geringe Luftleistung	
	Luftleistung zu gering		Schlupf am Keilriemenantrieb
			Blockierte Luftklappen
			Verstopfte Luftfilter
			Verschmutzte Wärmeaustauscher, Luftleitungen und Gitter
			Ausfall einer Phase
			Falsche Drehrichtung der Lüfter
	Verschmutzte Luftfilter		Verstopfte Düsen
			Defekte Widerstandsanzeige
Deformation von Geräten und Luftleitungen durch Unter- oder Überdruck		Defekte Transporteinrichtung bei Rollbandfiltern	
		Verschmutzte Filter	
		Blockierte Luftklappen	
		Verschmutzte oder verstopfte Gitter und Luftleitungen	
	Verschmutzte Geräte und Luftleitungen		Fehlende Luftfilter
			Undichte Luftfilter
			Stark verschmutzte Luftfilter
	Zugelastigung		Verstellter Zuluft-Minimalbegrenzer
			Zu hohe Raumtemperatur
Zu geringe Zuluftmenge			
		Verstellte Zuluftauslässe	
		Befeuchtungsleistung zu gering (Luftwäscher)	
	Befeuchtungsleistung zu gering (Luftwäscher)		Feuchtesollwert zu niedrig eingestellt
			Wäscherdüsen verstopft
			Wäscherwanne verschmutzt
			Feuchtefühler defekt
			Wasseraufbereitung nicht in Funktion
	Befeuchtungsleistung zu gering (Dampfluftbefeuchter)		Pumpendruck zu niedrig
			Stellenantrieb blockiert
			Feuchtesollwert zu niedrig eingestellt
			Dampfleitungen und Düsen verstopft
Dampfzylinder verkalkt			
Schwitzwasserbildung an Luftleitungen und Rohrleitungen		Zu hohe Raumluftfeuchtigkeit	
		Defekte Innenisolierung	
Blockierte Feuerschutzklappen Eindringen von Wasser in Geräteteile hinter dem Wäscher		Vorschriftswidriger Einbau	
		Wasserstand in der Wanne zu hoch	
		Tropfenabscheider defekt	
		Tropfenabscheider verschmutzt oder verkalkt	
		Luftgeschwindigkeit zu hoch	
		Pumpendruck zu hoch	

6.3 Symbole in RLT-Anlagenplänen






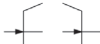









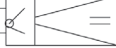



















Zuluftdurchlass 	Fortluftdurchlass 	Axialventilator 	Luftfilter 
Luftverteilung Teil 1			
Übergang, plötzlich 	Übergang, gleichmäßig 	Jalousieklappe 	Wetterschutzgitter 
Drosselklappe 	luftdichte Drosselklappe 	Strömungsgleichrichter 	
Schalldämpfer 	Verteilungselement Aufteil-Umschaltklappe 	Luftbehandlung	
Rückschlagklappe 	Überströmklappe 	Mischkammer mit konst. Luftvolumenstrom 	Mischkammer mit gereg. Luftvolumenstrom 
Rauchschutzklappe 	Brandschutzklappe 	Lufterwärmer 	Luftkühler 
Brand- u. Rauchschutzkl. (diagonal hatching) 	Beipassklappe 	Luftbefeuchter 	Luftsprühbefeuchter 
Regler für konstanten Luftvolumenstrom 	Regler für variablen Luftvolumenstrom 	Luftmischkammer 	Ventilator-Konvektor 
Ventilator 	Radialventilator 	Induktionsgerät 	Konstant-Volumenstrom-regler mit Vollabspernung 
		Wärmetauscher 	Tropfenabscheider 

Abbildung 41: RLT-Symbole (nach DIN EN 12792)

6.4 RLT-Fachbegriffe

Zum Verständnis der Wirkungsweise von RLT-Anlagen sollen einige wesentliche Begriffe und Kennwerte und erläutert werden.

6.4.1 Befeuchtung

Bei der Befeuchtung wird durch fein versprühtes Wasser oder Einblasen von Dampf der Zuluft Feuchtigkeit zugeführt. Dies wird vorwiegend im Winter erforderlich, wenn durch Erwärmen der Zuluft die relative Feuchte zu stark abnimmt.

6.4.2 Behaglichkeit

Die Behaglichkeit des Menschen wird wechselseitig beeinflusst durch seinen individuellen Zustand, seine geistige oder körperliche Tätigkeit und Verfassung, seine Bekleidung sowie durch die objektiven Luftzustände, beschrieben durch Luft- und Fußbodentemperatur, Lufttemperaturunterschiede, Feuchte, Luftströmungsgeschwindigkeit (Zugerscheinungen), Lufterneuerung, Reinheit der Luft, durch Geräusche oder durch bauphysikalische Gegebenheiten des Raumes wie durch die Akustik und Belichtung bzw. Beleuchtung.

Die RLT-Anlage kann nur die thermische Behaglichkeit sicherstellen. Das bedeutet, dass „sich eine Person insgesamt thermisch neutral fühlt (d. h., dass sie nicht weiß, ob ein höherer oder ein niedrigerer Wert der Umgebungstemperatur vorzuziehen ist). Das Wärmegefühl wird durch die Art der Tätigkeit (Aktivität), die Wärmedämmung der Kleidung, die Lufttemperatur, die durchschnittliche Strahlungstemperatur, die Luftgeschwindigkeit und die Feuchtigkeit (den Wasserdampfdruck) beeinflusst. Thermische Behaglichkeit ist gegeben, wenn der Mensch mit der Temperatur, der Feuchte und der Luftbewegung in seiner Umgebung zufrieden ist und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Luft wünscht“².

In den Normen DIN EN 13779 und insbesondere DIN EN 15251 sind Auslegungswerte für die operative Raumtemperatur in Räumen für den Entwurf von Gebäuden und RLT-Anlagen genannt, die bei bestehenden Gebäuden als Orientierungswerte herangezogen werden können. Darüber hinaus sind weitere Auslegungskriterien, u. a. für die Luftgeschwindigkeit, Raumluftqualität, Raumluftfeuchte und Schalldruckpegel, soweit sie Lüftungs- und Klimaanlagen betreffen, genannt.

² Vgl. hierzu Schramek, Ernst-Rudolf [Hrsg.]: Recknagel-Sprenger-Schramek – Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik einschließlich Warmwasser- und Kältetechnik, Oldenbourg Industrieverlag München 2007 (73. Aufl.)

Empfehlungen zu den für Raumtemperatur und Raumluftfeuchte einzuhaltenen Grenzen sind außerdem in den Hinweisen zur Planung und Ausführung von RLT-Anlagen für öffentliche Gebäude – RLT-Anlagen-Bau – des AMEV angegeben.

6.4.3 Entfeuchtung

Eine Lüftungstechnische Anlage kann auch zum Abführen von Feuchte aus dem Raum eingesetzt werden. Die bekanntesten Beispiele hierfür sind Duschräume und Hallenbäder.

Die Lüftungstechnische Anlage hat sicherzustellen, dass in der Raumluft vorgegebene Höchstwerte für die relative Feuchte nicht überschritten werden. Die Eingrenzung der Luftfeuchten ist nicht nur aus hygienischen Gründen notwendig, sondern vielmehr auch aus bauphysikalischen, da bei fortwährend hoher Luftfeuchtigkeit und ungünstigen Außenwandkonstruktionen erhebliche Bauschäden infolge Durchfeuchtung der Wände auftreten.

6.4.4 Heizlast/Heizleistung

Soll ein Raum im Winter nicht nur von statischen Heizflächen erwärmt werden, sondern auch über die Lüftungsanlage der Wärmeverlust des Raumes gedeckt werden, so ist die Lüftungsanlage entsprechend auszulegen.

Die für den Raum aufzubringende Wärmemenge nennt man Heizlast.

Die Heizleistung ist dagegen die Wärmemenge, die der Lufterwärmer in der Anlage aufbringen muss; denn dieser hat in der Regel neben der Heizlast auch noch die Außenluft auf die Raumtemperatur aufzuwärmen.

Aus wirtschaftlichen Gründen ist es üblich, nur einen Teil der Heizlast der RLT-Anlage zuzuordnen. Den anderen Teil übernimmt die statische Heizung. Die Regelung der beiden Systeme muss aber aufeinander abgestimmt sein.

6.4.5 H,x-Diagramm

Mit Hilfe des h-x-Diagramms (Mollier-h-x-Diagramm) können Zustandsänderungen der Luft durch Erwärmung, Befeuchtung, Entfeuchtung, Kühlung und Mischung ermittelt werden. Das Mollier-h-x-Diagramm gilt für isobare (d.h. bei einem bestimmten Luftdruck – in der Regel 1024 hPa – betrachtete) Zustandsänderungen. Die Größen Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Enthalpie und Dichte werden dabei auf graphischem Wege bestimmt. Das Diagramm wurde 1923 nach Richard Mollier benannt. Weitere Informationen (Beispiele, Berechnungshilfe) werden auf der AMEV-Web-Seite³ zur Verfügung gestellt.

³ www.amev-online.de

6.4.6 Kühllast/Kühlleistung

Unter der Kühllast wird die Wärmemenge verstanden, die zur Einhaltung einer vorgegebenen Raumtemperatur aus dem Raum abgeführt werden muss.

Diese Wärmemenge setzt sich im Allgemeinen zusammen aus Personenwärme, Geräthewärme (Maschinenwärme) und der Transmissionswärme, die durch Wärmeeinstrahlung an den Fenstern und Wärmedurchgang durch die Wände im Sommer auftritt. Die sich aus der Kühllast ergebende Luftmenge ist in der Regel erheblich größer als die Mindestluftmenge, die zur Lüfterneuerung erforderlich ist.

Die Temperaturdifferenz zwischen Zuluft und Raumluft muss niedrig gehalten werden (max. 8 – 10 K), da es sonst zu Zugerscheinungen im Raum kommt. Aus diesem Zwang heraus ergibt sich häufig eine hohe Luftmenge bzw. Luftwechselzahl.

Die Kühlleistung von Luftkühlern muss nicht nur für den Entzug der sog. „fühlbaren Wärme („sensible Wärme“) sondern auch für den damit gekoppelten Entzug der Verdampfungswärme (sog. „latente Wärme“) ausgelegt werden. Mit der Abkühlung ist infolge der Kondensatbildung auch eine Feuchtigkeitsverminderung verbunden.

Daher ist die Kühlleistung für Außenluft und Umluft größer als die für die Kühllast des Raumes.

6.4.7 Luftwechselrate

Die Luftwechselzahl ist ein Erfahrungswert, der es erlaubt, die Durchströmung des Raumes zu beurteilen, die Gefahr von Zugerscheinungen abzuschätzen und damit eine Vorauswahl über die Luftführung zu treffen.

Unter der Luftwechselzahl LW ist das Verhältnis der stündlich dem Raum zugeführten Luftmenge q_v [m^3/h] im Verhältnis zum Raumvolumen V_R [m^3] zu verstehen.

$$LW = \frac{q_v}{V_R} [\text{h}^{-1}]$$

Vereinfacht gesagt, gibt die Luftwechselzahl an, wie oft die Raumluft in einer Stunde durch die zugeführte Luft ausgetauscht wird. Je nach Raumnutzung können sich sehr unterschiedliche Luftwechselzahlen ergeben.

Die Außenluftfrate ist die stündliche Außenluftmenge (nicht Zuluftmenge), die je Person dem Raum zugeführt wird. DIN EN 13779:2007 sieht als Standardwert für mittlere Raumluftheiligkeit (IDA 2) einen Standardaußenluftstrom je Person von 12,5 l/s je Person (entsprechend 45 m³/h) vor, wobei bei Räumen mit erhöhter Geruchsbelastigung (z. B. durch Tabakrauch) der Standardaußenluftvolumenstrom bis zu 90 m³/h gewählt werden kann. Dieser Wert ist zwar nicht verbindlich, gilt allerdings z. B. im Rahmen von Bauleistungsverträgen, sofern keine anderen Vereinbarungen getroffen worden sind (möglich wäre beispielsweise auch, IDA 3 als Basis zu vereinbaren, was dem Standardwert aus der vorherigen Fassung der Norm – DIN EN 13779:2004 – entspricht). Zu beachten ist auch, dass nationale Regelungen (im Rahmen von Anwendungs- und Verwaltungsvorschriften der Länder, Kommunen oder sonstiger Körperschaften des öffentlichen Rechtes) entsprechend Mindestwerte festlegen können.

In der Praxis ist es üblich, die Außenluftfrate bei extremen Außenluftzuständen, das sind hohe Sommertemperaturen bzw. tiefe Wintertemperaturen (unter 0°C), aus Kostengründen zu senken. Dabei sollten jedoch mindestens 50 % des nach DIN geforderten Mindestaußenluftvolumenstromes zur Verfügung stehen.

6.4.8 Quelllüftung

Quelllüftungs- oder Laminar-flow-Systeme gehören zu den Verdrängungslüftungen (im Gegensatz zu den Verdünnungslüftungen bzw. Induktionssystemen). Sie sind gekennzeichnet durch die Art und Weise, in der die kühle Luft in den Raum eingebracht wird (sehr geringe Strömungsgeschwindigkeit, s. hierzu Abschnitt 3.11). Durch die im Raum vorhandenen Wärmequellen (z.B. Personen und Geräte) steigt die frische Luft nach oben und sorgt so für den erforderlichen Austausch. Die Ausführung der Lüftungsanlage selbst ist davon unabhängig und kann daher als Hoch- oder Niederdruckanlage bzw. mit konstantem oder variablem Volumenstrom realisiert werden.

6.4.9 Raumlufqualität

Die DIN EN 13779 enthält eine allgemeine Klassifizierung der Raumluf im Aufenthaltsbereich:

Kategorie	Beschreibung
IDA 1	Hohe Raumlufqualität
IDA 2	Mittlere Raumlufqualität
IDA 3	Mäßige Raumlufqualität
IDA 4	Niedrige Raumlufqualität

Zur Klassifizierung kann der Außenluftvolumenstrom, der Luftvolumenstrom je Bodenfläche, die CO₂-Konzentration und die Konzentration bestimmter Verunreinigungen dienen. Werte für die Raumlufklassen können in nationalen Bestimmungen enthalten sein. Standardwerte können der DIN EN 15251 entnommen werden.

6.4.10 Schadgasverdünnung

Werden an Arbeitsplätzen Schadgase frei, z. B. in Laboratorien, so sind durch entsprechende Luftzufuhr die Konzentrationen dieser schädlichen Gase so weit zu verdünnen, dass sie gesundheitlich unbedenklich sind.

6.4.11 Zustandsänderungen der Luft

Unter Zustandsänderungen der Luft werden im Rahmen der Beschreibung von Klimaanlageanlagen so genannte thermische Änderungen verstanden. Dies sind Temperatur- und Feuchtigkeitsveränderungen, die durch Erwärmen, Kühlen, Be- und Entfeuchten bewirkt werden. Zur Darstellung der Zustandsänderungen verwendet der Lufttechniker das h-x-Diagramm für feuchte Luft (s. u. 6.4.5).

Von Menschen werden Temperatur und Temperaturänderungen empfindlich wahrgenommen, relative Feuchte dagegen nur grob. Für die absolute Feuchte (Feuchtegrad) hat der Mensch kein Empfinden; sie kann nur mit Messgeräten erfasst werden. Der Feuchtegrad ist jedoch eine entscheidende Größe bei der Beurteilung und Berechnung von Zustandsgrößen.

6.5 Wichtige Vorschriften und Regelwerke

AMEV-Empfehlungen

RLT-Anlagenbau

- | | |
|-------------------------|--|
| 2004 | Hinweise zur Planung und Ausführung von Raumlufttechnischen Anlagen für öffentliche Gebäude |
| Kälte 2007 | Planung, Ausführung und Betrieb von Kälteanlagen in öffentlichen Gebäuden |
| Gebäude-automation 2005 | Hinweise für Planung, Ausführung und Betrieb der Gebäudeautomation in öffentlichen Gebäuden |
| Heizbetrieb 2001 | Hinweise für das Bedienen und Betreiben von heiztechnischen Anlagen in öffentlichen Gebäuden |
| Bedien Sanitär 90 | Bedienen von Sanitäreinrichtungen in öffentlichen Gebäuden |
| Wartung 2006 | Wartung, Inspektion und damit verbundene kleine Instandsetzungsarbeiten von technischen Anlagen und Einrichtungen in öffentlichen Gebäuden Vertragsmuster, Bestandsliste, Leistungskatalog |
| Energie 2000 | Hinweise zur Sicherstellung einer wirtschaftlichen, umweltverträglichen und sparsamen Verwendung von Energie und Wasser, insbesondere bei Betrieb und Nutzung öffentlicher Gebäude |
| EnMess 2001 | Empfehlungen über den Einbau von Meßgeräten zum Erfassen des Energie- und Medienverbrauchs |

Gesetze und Verordnungen

- Gesetz zur Einsparung von Energie in Gebäuden (Energieeinsparungsgesetz – EnEG) vom 1. September 2005
- Verordnung über die Prüfung technischer Anlagen und Einrichtungen [...] der Länder TPrüfV.
- Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden (Energieeinsparverordnung – EnEV) vom 24. Juli 2007

Normen (DIN)

- | | |
|-------------|---|
| DIN EN 779 | Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik – Bestimmung der Filterleistung |
| DIN EN 1822 | Schwebstofffilter (HEPA und ULPA) – Teil 1: Klassifikation, Leistungsprüfung, Kennzeichnung |
| DIN EN 1886 | Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumlufttechnische Geräte – Mechanische Eigenschaften und Messverfahren |
| DIN 1946-4 | Raumlufttechnische Anlagen in Krankenhäusern |

- DIN EN 12097 Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Anforderungen an Luftleitungsbauteile zur Wartung von Luftleitungssystemen
- DIN EN 12792 Lüftung von Gebäuden – Symbole, Terminologie und graphische Symbole
- DIN EN 13053 Lüftung von Gebäuden – Zentrale Raumluftechnische Geräte – Leistungskenndaten für Geräte, Komponenten und Baueinheiten
- DIN EN 13779 Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme
- DIN EN 15239 Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen
- DIN EN 15240 Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Klimaanlage
- DIN EN 15241 Lüftung von Gebäuden – Berechnungsverfahren für den Energieverlust aufgrund der Lüftung und Infiltration in Nichtwohngebäuden
- DIN EN 15243 Lüftung von Gebäuden – Berechnung der Raumtemperaturen, der Last und Energie für Gebäude mit Klimaanlage
- DIN EN 15251 Eingangsparmeter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung von Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik
- DIN EN 15650 Lüftung von Gebäuden – Brandschutzklappen in Luftleitungen
- DIN 18379 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Raumluftechnische Anlagen
- DIN V 18599-1 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 1: Allgemeine Bilanzierungsverfahren, Begriffe, Zonierung und Bewertung der Energieträger
- DIN V 18599-7 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 7: Endenergiebedarf von Raumluftechnik- und Klimakältesystemen für den Nichtwohnungsbau
- DIN V 18599-10 Energetische Bewertung von Gebäuden – Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung – Teil 10: Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten

- DIN 18869 Großküchengeräte – Einrichtungen zur Be- und Entlüftung von gewerblichen Küchen – Teil 1: Küchenlüftungshauben, Anforderungen und Prüfung; Teil 2: Küchenlüftungsdecken, Anforderungen und Prüfung
- DIN 31051 Grundlagen der Instandhaltung

VDI-Richtlinien

- VDI 2071 Wärmerückgewinnung in Raumluftechnischen Anlagen
- VDI 2892 Ersatzteilwesen der Instandhaltung
- VDI 3525 Regelung und Steuerung Raumluftechnischer Anlagen – Beispiele
- VDI 3803 Raumluftechnische Anlagen – Bauliche und technische Anforderungen
- VDI 6022-1 Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen und Geräte
- VDI 6022-2 Hygiene-Anforderungen an Raumluftechnische Anlagen und -Geräte – Messverfahren und Untersuchungen bei Hygienekontrollen und Hygieneinspektionen

Mitarbeiter:

Joachim Frommhold	Deutsche Bundesbank, Frankfurt am Main
Dr. Martin Hellmann	Gebäudewirtschaft Stadt Kassel
Manfred Kahle	Stadt Hannover, Hochbauamt
Markus Kirch	Finanzministerium Rheinland-Pfalz, Mainz
Ralf-Dieter Person (Obmann)	HIS Hochschul-Informationssystem GmbH, Hannover

Bestellungen unter:

amev@elch-graphics.de · Fax (030) 44 03 33 99

Satz, Druck und Vertrieb:

Elch Graphics · Digitale- und Printmedien GmbH & Co. KG
Saarbrücker Str. 20/21 - Maschinenhaus · 10405 Berlin

**Bedienen von
Raumlufotechnischen Anlagen
in öffentlichen Gebäuden**

(Bedien RLT 2008)

A M E V
