

Raumlufttechnik

Bruno Bosy

Die Raumluft- und Klimatechnik ist ein Stiefkind der betrieblichen und schulischen Ausbildung !?!

Dieses Buch ist nach dem Prinzip des Seitenaufschlages geschrieben. Wir haben versucht, den Inhalt der Themen auf die je zwei aufgeschlagenen Seiten unterzubringen. Leider war dies nicht immer möglich. Ein Seitenaufschlag ist für eine Unterrichtseinheit von 30 bis 45 Minuten gedacht.

< Sie können mir glauben, dass diese Aufgabe schwieriger war, als wenn eine unbegrenzte Seitenzahl zur Verfügung steht >

In den Textspalten sind also nur die wichtigsten Fakten der Themen aufgeführt. Die Abbildungen sollen die Aussagen im Text unterstützen. Nun liegt es bei den unterrichtenden Fachlehrern/innen, den Schülern/innen zusätzliche Informationen zukommen zu lassen. Dieses setzt ein fundiertes Fachwissen und eine intensive Unterrichtsvorbereitung voraus.

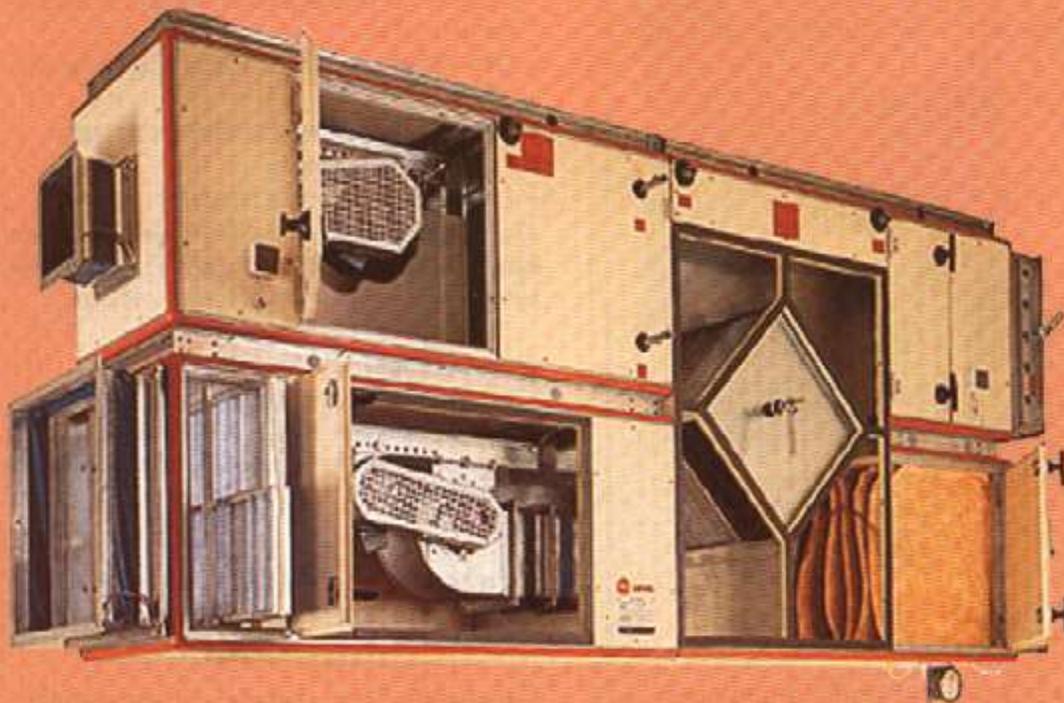
Wir haben nicht versucht, ein Bilderbuch zu erstellen. Auch ist das Buch nicht für die Lehrer/innen geschrieben. Die Kollegen/innen haben andere (bessere) Möglichkeiten, sich weitergehend mit den Themen auseinanderzusetzen. Außerdem ist es wichtig, den Schülern/innen die Themen praxis- bezogen und handlungsorientiert, möglichst in Lernortkooperationen mit den "Überbetrieblichen Ausbildungsstätten" (noch besser auf der Baustelle), zu vermitteln.

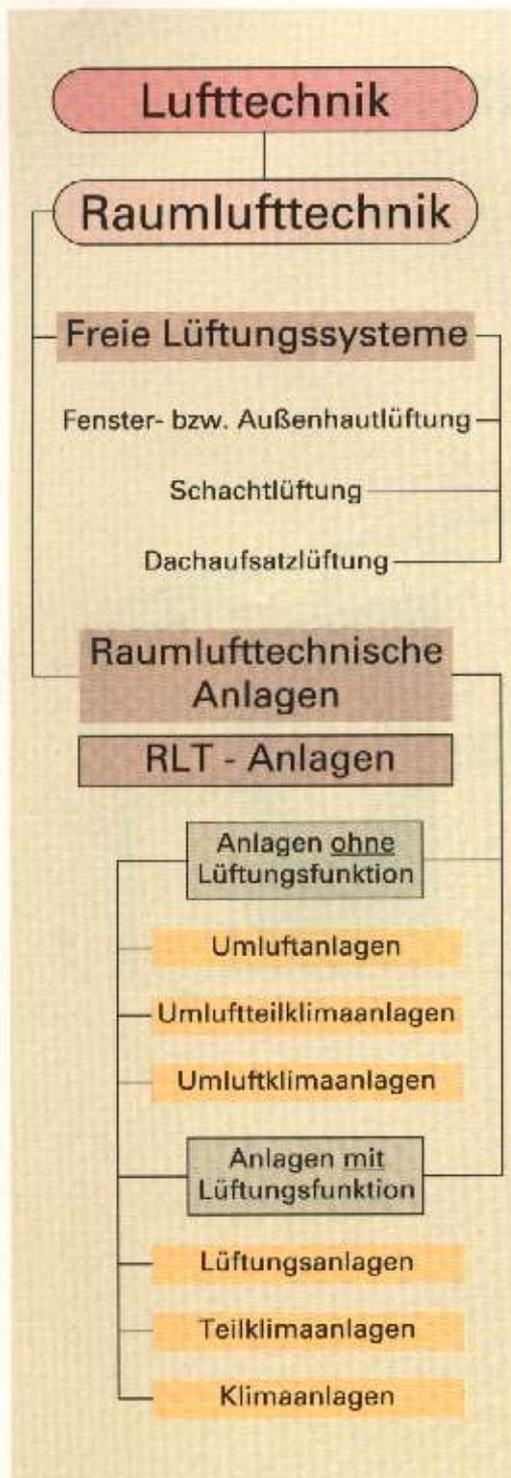
Leider haben sich bei der Druckerstellung im Verlag einige Fehler eingeschlichen. Dies ist sehr ärgerlich, zumal die Schüler/innen die fachlichen Fehler oft nicht bemerken, also alles was im Buch steht für "Richtig" (das steht ja hier) halten. Hier ist der der Lehrer/in besonders gefordert. Im Kapitel "Raumlufttechnik" sind das die Seiten 202 (jetzt - Suchbild), 210 - Bild 3 - und die "h-x-Diagramme" ab Seite 228. Ansonsten sind in diesem Kapitel "nur" einige unerhebliche Druckfehler.

Raumlufttechnik

von

Bruno Bosy





1. Einteilung der RLT-Anlagen

7.1 Anforderungen an die Raumluftechnik

Die in Schema 1 gezeigte **Einteilung der Raumluftechnik** ist in der DIN 1946-1 festgelegt. Diese Norm des Deutschen Instituts für Normung und die Eurovent (Euronorm) sind die Grundlagen für alles, was mit der Raumluftechnik zu tun hat. Daneben gibt es Vorschriften und Richtlinien, die in diesem Kapitel immer wieder angesprochen werden:

- VDI-Richtlinien (Verein Deutscher Ingenieure)
 - VOB (Verdingungsordnung für Bauleistungen); hier besonders der Teil C: **Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV)**
 - DIN 18299 – Allgemeine Regelungen für Bauarbeiten jeder Art
 - DIN 18379 – Raumluftechnische Anlagen
 - Herstelleranweisungen
 - Einbauvorschriften der Hersteller
- Alle gültigen Normen und Richtlinien sind **Anerkannte Regeln der Technik (ARdT)**. Diese müssen bei allen Arbeiten eingehalten werden.

Anforderungen an eine Lüftung

Sie muss ausreichend **Luftsauerstoff** durch genügend Außenluft in die Räume **fördern**. Der Sauerstoffgehalt der Raumluft wird durch die **Atmung** verbraucht.

Ein Mensch benötigt 20 bis 60 m³ Außenluft in einer Stunde.

Schadstoffe (Gase, Dämpfe und Schwebstoffe), die **produktionsbedingt** in den Räumen entstehen, müssen durch Außenluft verdünnt und **abtransportiert** werden.

Schadstoffe gefährden die Gesundheit.

Durch andere Einflüsse können Emissionen (Aussendungen) entstehen. Im Diagramm 2 ist die Entwicklung einer CO₂-Konzentration durch die Atmung dargestellt.

Aber auch Einrichtungsgegenstände und Baumaterialien dünsten Gase (z. B. Geruchsstoffe, Formaldehyd) aus. Der Mensch scheidet Stoffe aus, beim Kochen und Rauchen entstehen Gerüche. Alle diese **Gase** müssen **verdünnt** und **abtransportiert** werden.

Verunreinigungen (Aerosole, Viren, Bakterien und Pilzsporen), die durch Menschen, Tiere, Pflanzen, Einrichtungen und Baumaterialien freigesetzt werden, müssen aus dem Raum heraus transportiert oder herausgefiltert werden.

Die Atemluft muss gereinigt werden.

Wärme muss zugeführt werden, um den Wärmebedarf zu gewährleisten. Außerdem muss die Zulufttemperatur so eingestellt sein, dass die in Diagramm 3 aufgezeigte „empfundene Temperatur“ (operative Raumtemperatur) eingehalten wird.

Innere **Wärmegewinne**, die durch Menschen, Beleuchtung, Maschinen und Sonneneinstrahlung im Raum auftreten, müssen **abtransportiert** werden.

Wasserdampf durch Kochen, Waschen, Duschen, Baden und **Feuchtigkeit** durch Ausdünstungen aus dem Baukörper, durch Blattpflanzen und Personen müssen aus dem Gebäude **entfernt** werden. In Bild 4 sind die an einem Tag anfallenden Wassermengen einer Wohnung aufgeführt.

Feuchte Bauteile führen zu Bauschäden und Stockflecken (Schimmelpilze).

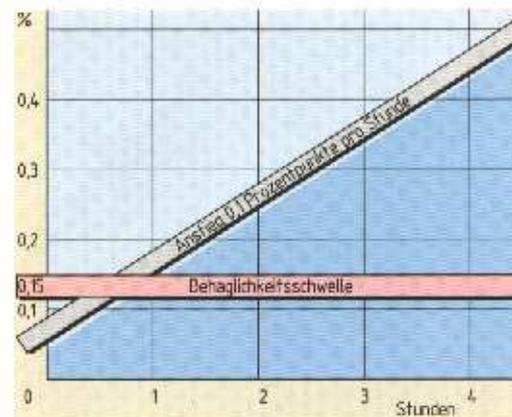
Beim Aufheizen kalter Außenluft wird die Luft relativ trocken. Damit die Behaglichkeit wieder hergestellt wird, muss der Luft **Wasser zugegeben** werden.

Die relative Luftfeuchte sollte zwischen 35 und 65 % liegen.

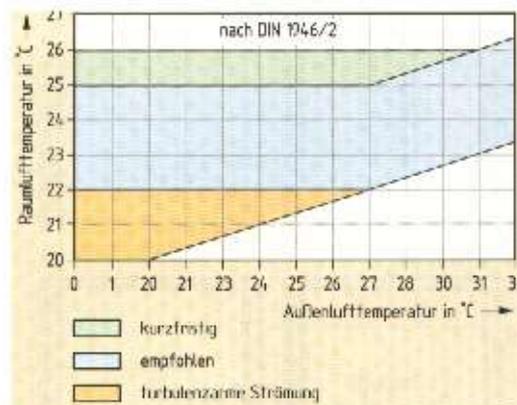
Ein besonderer Vorteil einer raumluftechnischen Anlage ist die Möglichkeit, Wärme vor dem Verlassen des Gebäudes wieder zu verwenden. Durch die **Wärmerückgewinnung** werden die höheren Kosten einer RLT-Anlage gesenkt.

Aufgaben

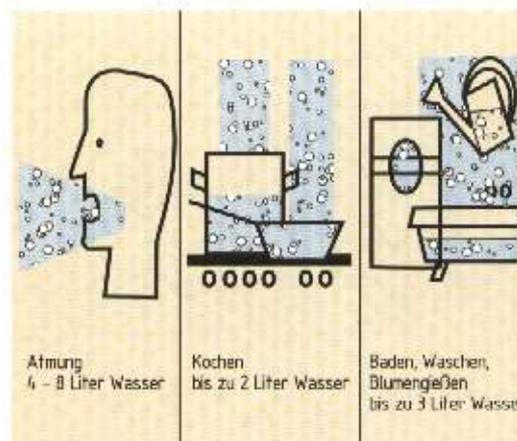
1. Welche Normen und Regeln sind bei der Planung und Montage von RLT-Anlagen zu beachten?
2. Welche Anforderungen werden an die Raumluftechnik gestellt?
3. Warum kann Feuchtigkeit schädlich sein?



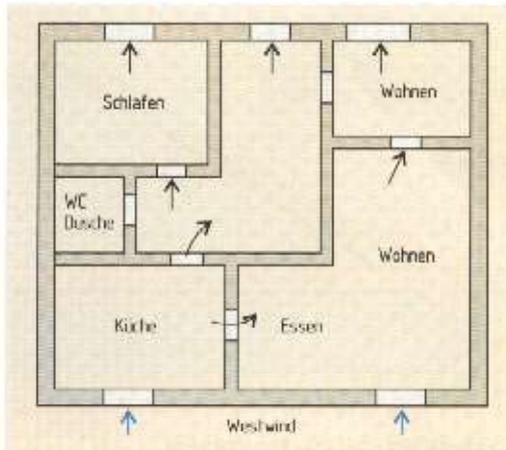
2. Entwicklung einer CO₂-Konzentration



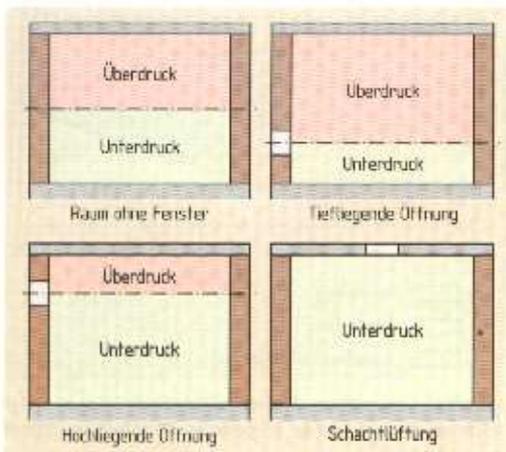
3. Bereiche operativer Raumtemperaturen (Lesen oder Schreiben und leichte körperliche Tätigkeit im Sitzen oder Stehen)



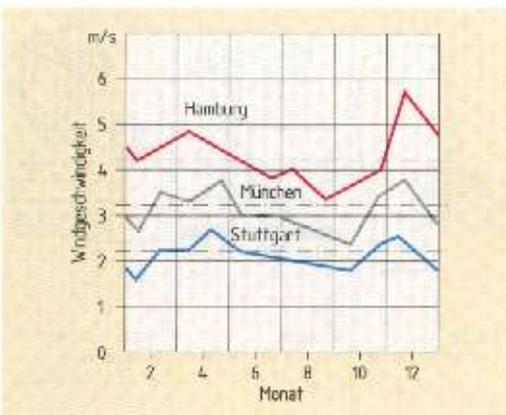
4. Mittlere Feuchtigkeit und Wasserdampf je Tag



1. Luftströmung in einer Wohnung



2. Druckdifferenzen durch Temperaturunterschied



3. Mittlere jährliche Windgeschwindigkeiten

7.2 Natürliche Lüftung (freie Lüftung)

Der Kunde aus der in Bild 1 abgebildeten Wohnung beklagt sich: „Ich öffne das Fenster und es kommt keine Luft herein. Ja, die Luft wird sogar schlechter.“

Der Monteur sieht sich die Räumlichkeiten an und antwortet: „Das kann mit der Lage der Fenster, der Windrichtung, der Windstärke, den Temperaturen und der Raumtiefe zu tun haben!“

Temperaturunterschied

Eine Druckdifferenz, die eine Luftbewegung bewirkt, kann sich nur aufbauen, wenn zwischen der Innen- und der Außentemperatur ein Unterschied besteht. Beim Öffnen einer Klappe (Fenster, Luftklappe in der Außenwand oder Decke) baut sich im Raum ein Unter- und ein Überdruck auf. In dem Bild 2 erkennt man, dass sich in der Mitte einer Öffnung die Nulldruckebene (neutrale Zone) befindet. Diese physikalische Wirkung ist aber nur bei Windstille zu beobachten.

Je größer der Temperaturunterschied (Druckdifferenz), desto effektiver ist die Lüftung.

Windanfall

Der Einfluss des Windes ist abhängig von der Windrichtung und der Windgeschwindigkeit. Diese sind bei den verschiedenen Standorten eines Hauses (Bild 3 und 4) unterschiedlich.

Wie im Bild 5 zu sehen ist, befindet sich die angeströmte Hausseite und ein kleiner Teil des Daches im Überdruck (Luv) und der Rest des Hauses ist im Unterdruckbereich (Lee).

Diese Tatsache bewirkt, dass die Luft aufgrund von Undichtigkeiten (Fugen, geöffnete Fenster) durch das Gebäude strömt. Folglich kommt die Luft der Räume der windangeströmten Seite in die Räume der windabgewendeten Seite des Hauses.

Deshalb sollten Aufenthaltsräume (wenig Schadstoffanfall) an der Luvseite und Küche, Bad, WC an der Leeseite angeordnet sein. Auch ein Ventilator in der Außenwand (z. B. Küchendunstabzug) hat Probleme gegen den Winddruck zu arbeiten. Ab Windstärke 4 bis 5 hebt sich der Lufttransport des Ventilators auf. Außerdem kommen die nach außen geförderten Gerüche oder Wasserteilchen über die geöffneten Fenster wieder herein.

Der Windanfall kann die Druckdifferenz aufheben und die Lüftungswirkung verändern.

Die Druckverhältnisse im Gebäude können sich durch die Höhe des Hauses, große Fensterflächen und innenliegende Schächte (z. B. Treppenhäuser) extrem ändern. Luftschächte wirken wie Kamine.

Lage der Fenster

Wenn in einem Raum die Fenster an zwei entgegengesetzten Seiten liegen, bestehen keine großen Lüftungsprobleme. Hier ist eine **Querlüftung** möglich.

Eine Lüftungsöffnung (Fenster oder Klappe) in der Außenwand (Bild 2) sollte hoch angeordnet sein, damit durch den Unterdruckbereich im Raum möglichst schnell viel Luft eindringen kann.

Die Öffnungszeit eines Fensters ist abhängig von der Fensteröffnungsart, Fensterstellung, Anströmgeschwindigkeit und der Windrichtung (Diagramm 6). Bei hohen Anströmgeschwindigkeiten müssen die Fenster (Altbau) nicht geöffnet werden, weil durch die Fugendurchlässigkeit ein einfacher Luftwechsel je Stunde gewährleistet ist.

Ein Lüftungsfenster soll hoch angeordnet und einstellbar sein.

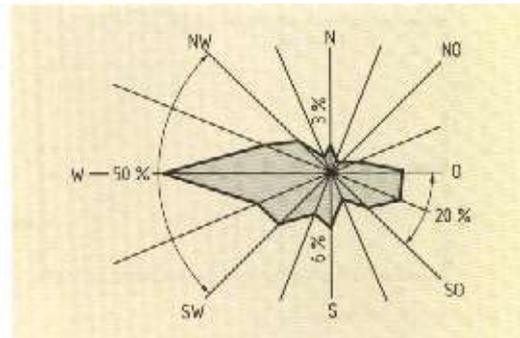
Raumtiefe

Damit ein Raum gut belüftet werden kann, darf bei einer Querlüftung die Raumtiefe maximal 5 mal die lichte Raumhöhe und bei einseitiger Fensteranordnung 2,5 mal die lichte Raumhöhe betragen.

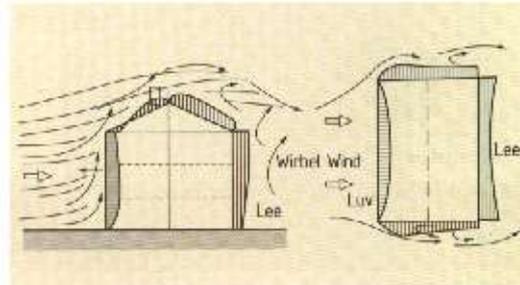
Die lichte Raumhöhe und die Raumtiefe beeinflussen die Belüftung eines Raumes.

Aufgaben

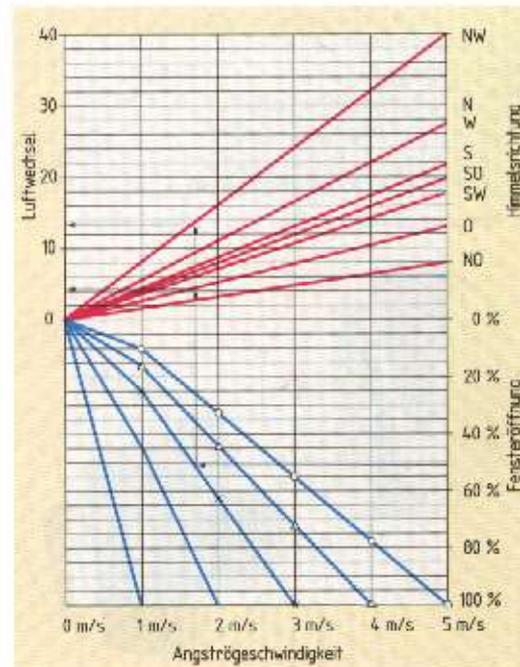
1. Wie lautet die richtige Antwort auf die Frage des Kunden aus Bild 1?
2. Von welchen Faktoren ist das „Lüften“ abhängig?
3. Wann ist kein Luftaustausch möglich?
4. Welchen Einfluss auf das „Lüften“ hat der Wind?
5. Warum funktioniert eine Küchenlüftung mit Dunstabzugsventilator manchmal nicht?
6. Wie müssen Lüftungsöffnungen angeordnet sein?
7. Wie lange muss ein Fenster zu 50 % geöffnet sein, wenn der Wind mit 3 m/s aus nordwestlicher Richtung kommt?



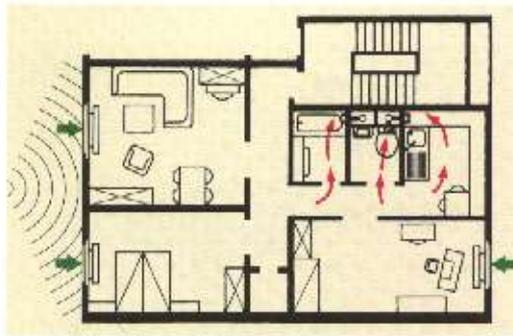
4. Windrichtung in %



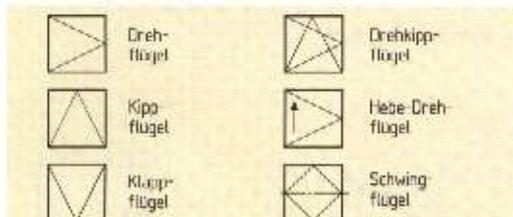
5. Luv- und Lee-Seiten eines Gebäudes



6. Luftwechsel bei Anströmgeschwindigkeiten, Fensterstellungen und Windrichtungen



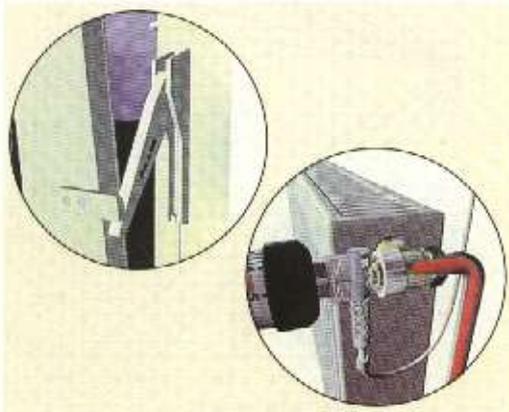
1. Innenliegende Sanitärräume



2. Fensterkonstruktionen

Fensteröffnungsart	Öffnungsstellung	zunehmende Wirksamkeit	
		keine (gering)	sehr groß
Dreh- und Drehkipp	geschlossen	•	
	in Spaltstellung (Dreh) geöffnet		•
	in Drehstellung geöffnet		•
Dreh, Kipp, Kipp, Klapp	in Drehstellung geöffnet mit gegenüberliegenden Öffnungen		•
	geschlossen	•	
	in Spaltstellung (Kipp) geöffnet		•
	in Kipp- (Klapp-) Stellung geöffnet		•
	in Kipp- (Klapp-) Stellung geöffnet mit gegenüberliegenden Öffnungen		•

3. Wirksamkeit verschiedener Fensteröffnungsarten



4. Lüftungsfenster / Spezialbeschlag

7.3 Freie Lüftungssysteme

Eine Wohnung mit innenliegendem Sanitärraum (Bild 1) soll mit möglichst niedrigen Kosten belüftet werden. Welche Systeme könnten zum Einsatz kommen?

Fugenlüftung

Die Luft kommt fast ausschließlich durch die Fenster- und Außentürfugen unkontrolliert in die Räume. Auch Rolladenkästen, alte Türschlösser und Briefkastenschlitze sind sehr undicht. Die Länge und die Dichtheit der angeblasenen und nichtangeblasenen Fugen (Innentüren oder die Fugen an der Leeseite des Hauses) beeinflussen den Lufteintritt. Außerdem ist der Windanfall und der Temperaturunterschied von Bedeutung.

Bei Neubauten, die nach der Wärmeschutzverordnung (WSVO 1995) gebaut werden müssen, sind dichte Außenfugen vorgeschrieben. Deshalb ist diese Lüftungsart aufgrund der unzureichenden Lüftungswirkung **nicht mehr aktuell**.

Fensterlüftung

Diese Lüftungsart wirkt durch das mehr oder weniger lange Öffnen der Fensterelemente. In der Praxis gibt es viele verschiedene Fensterkonstruktionen (Bild 2). Je nach der Fensteröffnungsart ist die Wirksamkeit der Lüftung unterschiedlich (Tab. 3). Ein kurzzeitiges Öffnen des gesamten Fensterflügels (Stoßlüftung) ist dem langzeitigen Öffnen kleiner Fenster oder dem „Kippen“ vorzuziehen.

Stundenlang aufgekippte Fenster sind „Energiefresser“.

Bei starkem Wind und/oder großem Temperaturunterschied (Winter) ist nur eine sehr kurze Öffnungsdauer erforderlich. Oft kommen dann Fenster mit einstellbaren Spallüftungs- oder Spezialbeschlägen (Bild 4) zum Einsatz.

Nur das Raumvolumen muss einmal ausgetauscht werden.

Die wirkungsvollste Lüftungsart ist das Öffnen der Fenster an zwei entgegengesetzten Seiten eines Hauses bei offenen Innentüren (Querlüftung). Hierbei verkürzt sich die Lüftungszeit erheblich.

Schachtlüftung

Die Wirkung dieses Systems ist abhängig von dem Nachströmen der Außenluft. Je nach Außentemperatur und Schachthöhe entstehen große Auftriebskräfte, die durch verstellbare Jalousieklappen eingestellt werden müssen. Die Lüftungswirkung geht bei steigender Außentemperatur erheblich zurück.

Im Sommerbetrieb kann die Schachtlüftung nicht ausreichend sein.

Bei der **Dortmunder Lüftung** wird jede Wohnung über einen separaten Schacht, der in die Diele mündet, mit Luft versorgt (Bild 5). Die kalte Außenluft gelangt in die meistens unbeheizte Diele und nicht direkt in die beheizten Aufenthaltsräume oder den Sanitärraum. Zugserscheinungen im zu belüftenden Raum werden durch die Temperierung der Dielenluft vermindert.

Bei der **Kölner Lüftung** wird die Außenluft direkt in den fensterlosen Raum geleitet (Bild 6). Dies kann zu Zugserscheinungen führen.

Bei der **Berliner Lüftung** kommt die Außenluft über die Fenster- und Türlugen (Bild 7). Der Lüftungseffekt ist bei dichten und geschlossenen Fenstern unzureichend. Bei einer modifizierten Ausführung werden spezielle Beläge (Bild 4) oder Heizplatten mit Außenlufteinlass eingesetzt. In den Wohnräumen kann es dann aber zu Zugserscheinungen kommen.

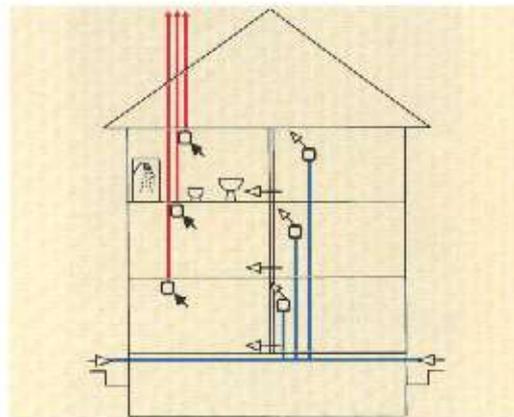
Bei der Schachtlüftung geht wertvolle Energie verloren. Wärmerückgewinnung ist nicht möglich.

Dachaufsatzlüftung

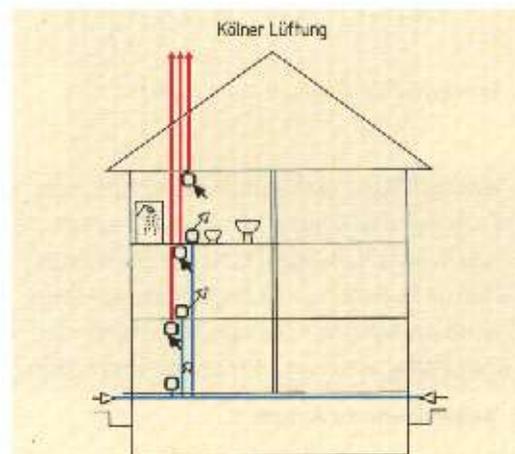
Durch verschiedene Dachaufsätze können große Räume (Hallen, Lager, Werkstätten) kostengünstig entlüftet werden. Wenn ein bestimmter Außenluftanteil vorgeschrieben ist, kann dieses System nicht eingesetzt werden.

Aufgaben

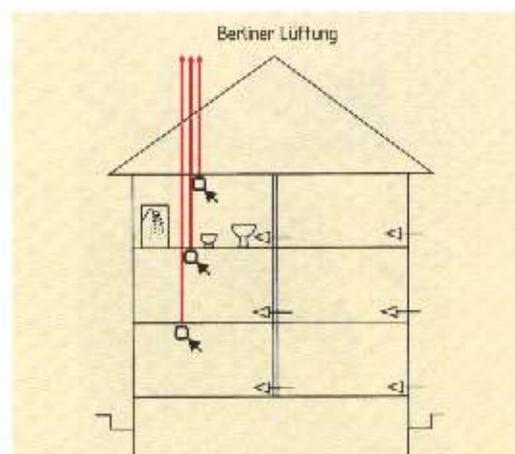
1. Warum ist die Fugenlüftung nicht mehr aktuell?
2. Wie wird mit dem Fenster richtig gelüftet?
3. Wie nennt man die Lüftungsarten bei der Fensterlüftung?
4. Welche Arten der Schachtlüftung gibt es? Worin unterscheiden sie sich?
5. Welche Nachteile hat die Schachtlüftung?



5. Dortmunder Lüftung



6. Kölner Lüftung



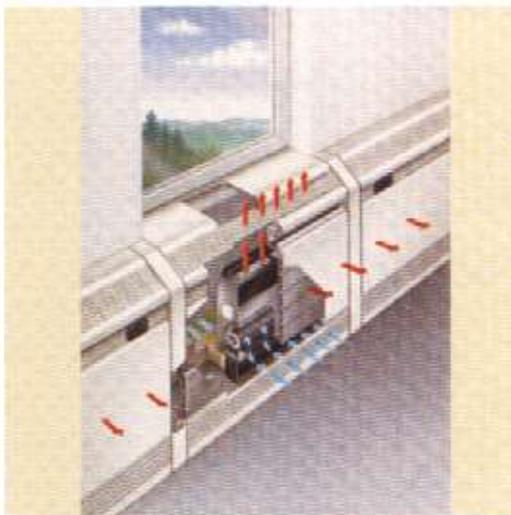
7. Berliner Lüftung



1. Einzelgeräte für dezentrale Anlagen

Geringer Platzbedarf – Individuelle Regelung
 Nachträglicher Einbau – Einfacher Transport
 Gute Raumanpassung – Einfache Erweiterung
 Einfache Bedienung – Geringe Wartungskosten
 Leichter Austausch – Geringe Baunebenkosten
 Einfache Erweiterung – Preiswerte Installation

2. Vorteile dezentraler Anlagen



3. Aufbau und Ausstattung von Ventilatorconvektoren

7.4 Dezentrale Anlagen

In vielen Fällen kann die „freie Lüftung“ nicht mehr ausreichend lüften. Es ist notwendig, Häuser, Wohnungen und größere Räume (Lager, Werkstätten) vorschriftsmäßig zu be- und entlüften. Wenn der Einbau einer zentralen raumlufttechnischen Anlage nicht gewünscht oder nachträglich nicht möglich ist, bietet der Markt ein großes Angebot von Einzelgeräten (Bild 1) an, mit denen man fast alle Anforderungen der Raumlufttechnik erfüllen kann.

In der Tafel 2 sind die Vorteile von dezentralen Anlagen aufgeführt. Warum werden diese Möglichkeiten in der Praxis so wenig eingesetzt?

Ventilatorconvektor

Dieses Gerät kann „Heizen“, „Kühlen“, „Lüften“, „Filtern“, „Entfeuchten“ und „Befeuchten“. Ventilatorconvektoren gibt es in Wand- und Deckenausführung mit Kanalanschluss.

Ventilatorconvektoren ersetzen Heizkörper und ermöglichen den Einstieg in die Lüftungstechnik.

Bild 3 zeigt den Aufbau und Anbauteile eines Ventilatorconvektors. Ein Grundgerät ist folgendermaßen aufgebaut:

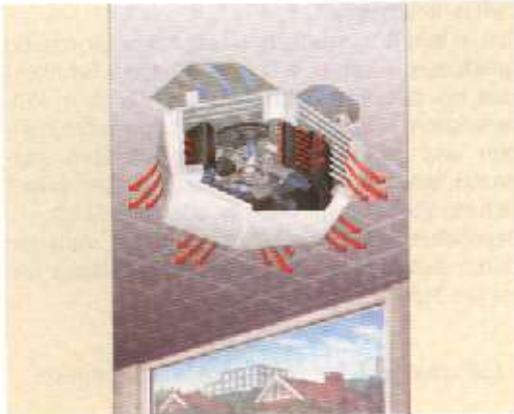
In einem Stahlblechgehäuse ist ein Wärmetauscher aus Cu-Rohren mit aufgezogenen Alu-Lamellen mit 2 oder 3 Rohrreihen für Warmwasser (Heizleistung bis 30 kW), Kaltwasser, Kältemittel oder Sole (Kühlleistung bis 20 kW) angeordnet. Ein doppelseitig saugender Radial- oder ein Querstromventilator mit 3 Drehzahlstufen fördert 150 bis 1.500 m³/h.

Am Lufteintritt befindet sich eine Filtermatte aus Kunststoffvlies (Grobfilter). Der senkrecht oder schräg nach oben angeordnete Luftaustritt besteht aus einem Aluminium-Gitter. Alle elektrischen Bauteile (z. B. Ventilator, Regelung) sind fertig verdrahtet.

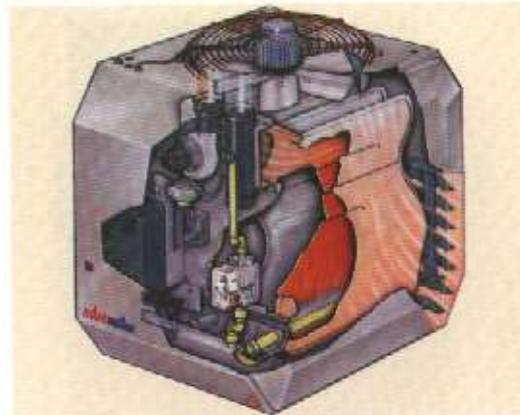
Zusätzlich kann ein Sockel mit Außen- und Umluftklappe, ein Feinfilter, eine Kondenswasserwanne, ein elektrisches Heizregister und ein Luftbefeuchter eingebaut werden.

Im Außenluftbetrieb ist ein separater Ab- bzw. Fortluftventilator notwendig.

Auch die Berliner Lüftung kann durch den Ventilatorconvektorbetrieb wieder einwandfrei funktionieren.



4. Aufbau eines Luftheizgerätes



5. Decken- und Wandluftheizgeräte

Decken- und Wandluftheizgeräte

Sie werden zur Beheizung und Belüftung von gewerblichen Räumen wie Turn-, Lager- und Industriehallen, Werkstätten, Ausstellungsräumen, Supermärkten und Gewächshäusern eingesetzt. Diese Lüftungsgeräte werden seit Jahrzehnten von Heizungsbauern eingebaut, weil sie nach dem Baukastenprinzip ausgelegt sind und an vorhandene Heizungsanlagen angeschlossen werden können.

Das Grundgerät in Bild 4 besteht aus einem verzinkten Gehäuse, einem Axialventilator, einem Wärmetauscher für Dampf, Warm- oder Heißwasser und einer Ausblasjalousie. Bild 5 zeigt Decken- und Wandgeräte. Wenn ein Kanalsystem angeschlossen werden muss, wird ein Radialventilator notwendig.

Um die Luft in hohen oder langen Räumen (z. B. Lagerhallen) weit genug in den Raum zu fördern, werden die in Bild 6 dargestellten speziellen Ausblasjalousien eingesetzt. Sie erreichen eine große Eindringtiefe (Wurfweite) und durch rotierendes Austreten der Luft, wird die Raumluft mitgerissen (Induktionswirkung). In beiden Fällen wird eine gute Durchmischung der Raumluft und eine große Umwälzleistung (Umwälzzahl) erreicht.

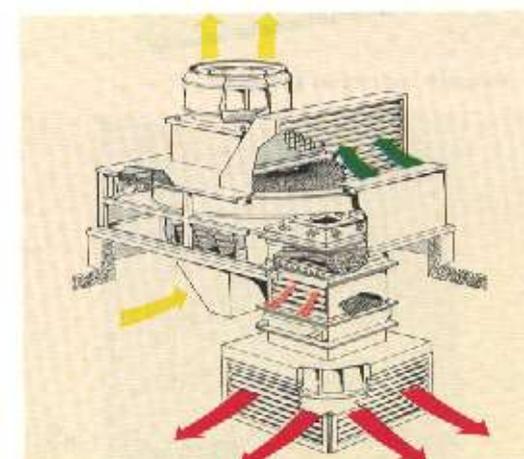
In Bild 7 ist ein Deckenluftheizgerät mit Dachaufsatz und Wärmerückgewinnung (Rotationswärmetauscher) zu sehen.

Direktbefeuerte Geräte können mit Öl oder Gas (Bild 5) betrieben werden. Dadurch werden Rohrleitungen und ein Heizkessel eingespart.

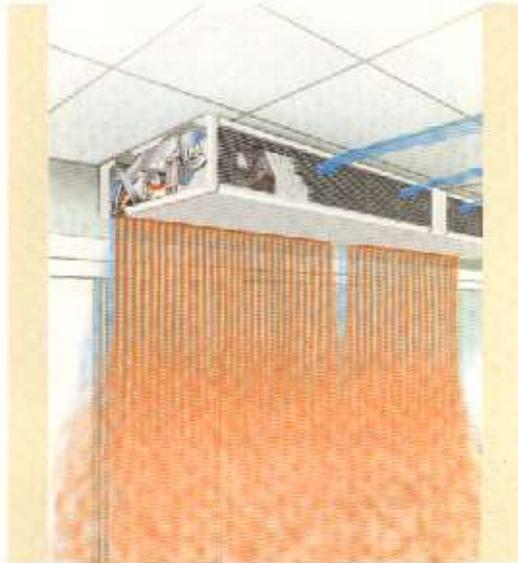
Decken- und Wandluftheizgeräte ersetzen eine aufwendige raumluftechnische Anlage in großen Räumen.



6. Deckenluftheizgerät mit spezieller Ausblasdüse



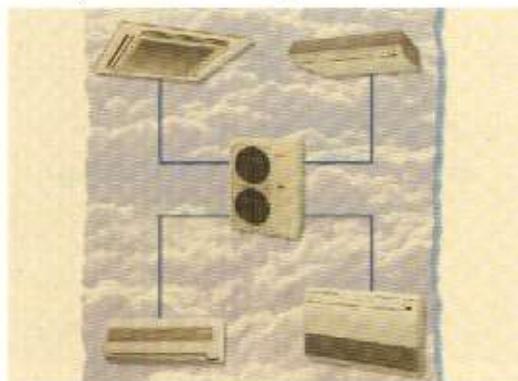
7. Deckenluftheizgerät mit Dachaufsatz und Wärmerückgewinnung



8. Luftschleiergerät



9. Kompakt- und mobiles Klimagerät



10. Raumklimagerät in gesplitteter Ausführung

Luftschleiergerät

Das in Bild 8 dargestellte Gerät soll bei kurzzeitig geöffneten Toren (z. B. in Frachthallen, Fabriken) und bei ständig geöffneten Türen (z. B. in Warenhäusern, Einkaufspassagen) Zugerscheinungen und große Wärmeverluste mindern. Aufgrund einer hohen Luftgeschwindigkeit bildet sich ein Vorhang aus warmer oder kalter Luft. Besonders wirkungsvoll sind diese Anlagen durch den Einsatz eines zweiten Ventilators unter der Türöffnung.

Luftschleiergeräte verringern Wärmeverluste.

Raumklimageräte

In den Bildern 9 und 10 sind besondere Arten von Lüftungsgeräten zu sehen. Sie können die Raumluft rückkühlen, dabei entfeuchten und reinigen. Diese Geräte gibt es als Kompakt-, Splitt- oder Mobilgerät.

Sie werden eingesetzt, wenn einzelne Räume eines Gebäudes (z. B. Verkaufs-, Ausstellungs- und Sitzungsräume) nur für einige Stunden am Tage gekühlt werden sollen, um ein angenehmeres Raumklima zu schaffen. Geräte in gesplitteter Ausführung können durch das Umschalten des Kältekreislaufes auch heizen. Hierbei wird über ein Außengerät der Luft Wärme entzogen und dem Raumgerät zugeführt. Dabei werden in der Übergangszeit für eine Heizleistung von 3.000 Watt etwa 1.000 Watt aus dem Stromnetz benötigt. Diese Lösung kennen Sie vielleicht aus südlichen Urlaubsländern.

Raumklimageräte sind kleine Wärmepumpen.

Aufgaben

1. Welche Vorteile haben dezentrale Anlagen?
2. Warum werden raumlufttechnische Einzelgeräte so selten eingebaut?
3. Welche Lüftungstechnischen Funktionen kann ein Ventilator-konvektor erfüllen?
4. Wann werden Decken- oder Wandluftheizgeräte eingebaut?
5. Welche Vorteile haben direktbefeuerte Wand- oder Deckenluftheizgeräte?
6. Welche Aufgaben hat ein Luftschleier?
7. Wann ist der Einsatz von Raumklimageräten sinnvoll?
8. Was versteht man unter „splitten“?
9. Was sind Wärmepumpen?

7.5 Raumluftechnische Anlagen

Das Schema 1 zeigt eine übliche Einteilung von RLT-Anlagen. Die einzelnen Systeme sind in der DIN 1946-1 beschrieben.

Luftzuführung

1. Die Abluft wird wieder aufbereitet.
2. Die Abluft wird mit Außenluft gemischt.
3. Die Anlage wird nur mit Außenluft betrieben und die Abluft wird zur Fortluft.

Anordnung der Geräte

1. Zentrale Förderung und Behandlung der Luft für den gesamten Versorgungsbereich.
2. Förderung und Behandlung der Luft des gesamten Versorgungsbereiches mit Geräten in den Räumen.
3. Die Luft wird den Räumen mit Einzelgeräten zugeführt und über eine Zentralanlage abtransportiert.

Druckverhältnisse im Raum

1. Den Räumen wird mehr Luft entnommen als nachströmen kann. Die Anlage wird auch **Unterdruckanlage** (Ab- bzw. Fortluftanlage) genannt. Gerüche oder Schadstoffe können nicht in Nebenräume gelangen.
2. Den Räumen wird mehr Luft zugeführt als abgeführt wird. Aus den Nebenräumen können keine Gerüche oder Schadstoffe eindringen.
3. Der Zu- und Abluftluftvolumenstrom ist gleich.

Luftführung im Raum

1. Der Raumlufzustand ist infolge der starken Durchmischung im Aufenthaltsbereich an jeder Stelle nahezu gleich.
2. Der Raum wird ohne Mischung der Luft durchströmt.

Druck im System

1. System mit Druckabfall am Luftdurchlass bis 100 Pa.
2. System mit Druckabfall am Luftdurchlass, Volumenstromregler oder Drosselklappe über 100 Pa.

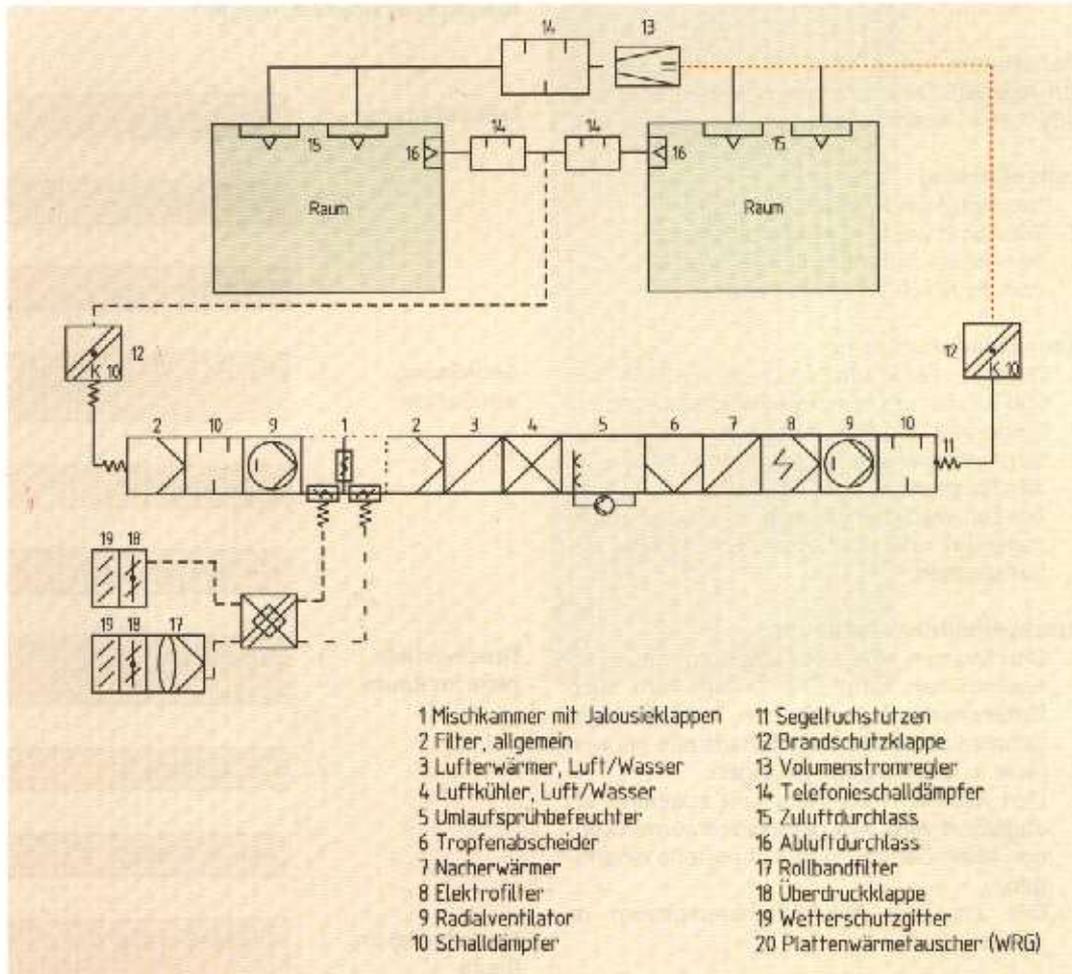
Volumenstrom

1. System mit konstant gehaltenem Volumenstrom an den Versorgungsstellen.
2. System mit lastabhängig geregelter Volumenstrom.

Raumluftechnische Anlagen

Luftzuführung	1.	Umluftanlagen
	2.	Mischluftanlagen
	3.	Außenluftanlagen
Anordnung der Geräte	1.	Zentralanlagen
	2.	Einzelgeräte
	3.	Kombination (1.-3.)
Druckverhältnisse im Raum	1.	Sauglüftung
	2.	Drucklüftung
	3.	Verbundlüftung
Luftführung im Raum	1.	Mischströmung
	2.	Schichtenströmung
Druck im System	1.	Niederdruckanlagen
	2.	Hochdruckanlagen
Volumenstrom	1.	Konstanter Volumenstrom
	2.	Variabler Volumenstrom

1. Einteilungsschema für RLT-Anlagen



2. Schema einer raumlufttechnischen Anlage mit Wärmerückgewinnung (Symbole nach DIN 1946)

Kurzzeichen	Farbe	Strichkennzeichen
AU	Grün	-----
AB	Gelb	-----
FO	Gelb	-----
UM	Gelb	-----
MI	Orange	-----
ZU	Grün	keine Luftbehandlung
	Rot	1 Luftbehandlung
	Blau	2 / 3 Luftbehandlungen
	Violett	4 Luftbehandlungen

3. Kennzeichen der Luftarten

In dem Schema 2 ist eine raumlufttechnische Anlage mit allen Bauteilen, die einer **Klimaanlage** entsprechen, dargestellt. Die Anordnung der Bauteile kann in einigen Bereichen verändert werden. Die aufgeführten Bauteile sind die Grundlage für die nächsten Abschnitte.

Um Schema- oder Bauzeichnungen lesen zu können, sind die **Bauteilsymbole** in der DIN 1946-1 festgelegt. Wenn die Zeichnungen mit einem Computerprogramm erstellt werden, können aus grafischen Gründen andere Symbole verwendet werden. Zu jeder Zeichnung gehört eine Beschreibung der Bauteile (Legende).



4. Zentrale einer raumlufttechnischen Anlage

Farbliche Darstellung

Zur besseren Übersicht werden umfangreiche Anlagen farbig (Tab. 3) gezeichnet. Diese Zeichnungen werden bei der Übergabe der Anlage dem Bauherrn übergeben. Sie sollen dem Bedienungs- und Wartungspersonal eine bessere Übersicht bei ihren Arbeiten geben.

Bauteile werden nicht farbig gezeichnet. Aber Luftleitungen und Kanäle, die sich auf engem Raum kreuzen, werden farbig angelegt. In Schemazeichnungen (Strichzeichnungen) werden oftmals statt Farben verschiedene Stricharten mit den genormten Kurzzeichen (Tab. 3) verwendet.

Arten der Bauteilanordnung

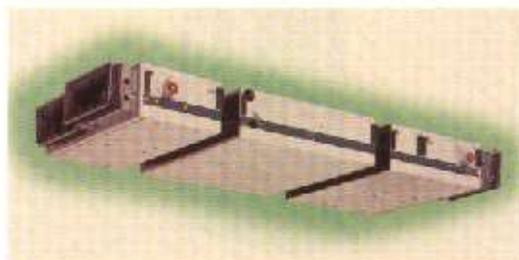
Die Luftbehandlungsbauteile können in verschiedenen Arten angeordnet sein. Die häufigste Bauart ist die **Blockbauweise**. Die Bauteile werden in Form von Blöcken aneinander gebaut und sind dann in speziell geplanten Räumen (Zentralen) aufgestellt (Bild 4). Aber auch eine Aufstellung auf dem Flachdach (Bild 5) ist möglich. Für kleine Anlagen sind die Bauteile in der richtigen Reihenfolge in einem Kasten montiert. Diese werden **Decken-** (Bild 6) oder **Schrankgeräte** genannt.

Aufgaben

1. Wie können RLT-Anlagen eingeteilt werden?
2. Ordnen Sie den Luftarten in Schema 2 die richtigen Farben zu!
3. Welche Luftbehandlungsarten sind in der Tabelle 3 gemeint?



5. Wetterfestes Dachzentralgerät



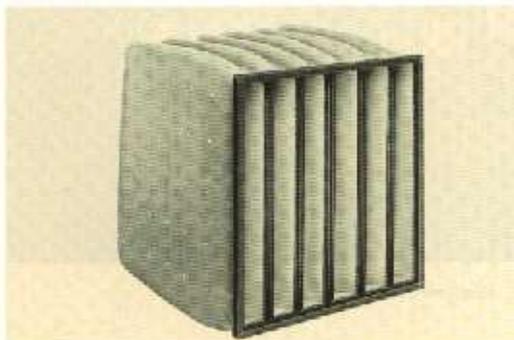
6. Kompaktes Zentralgerät



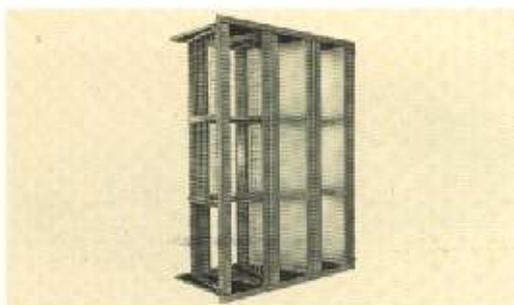
1. Luftverunreinigungen

Filterart	Feinstfilter		Feinfilter		Grobfilter	
	Aktivkohle	Elektrofilter	Normalfilter	Zyklone	Absenkammern	
Größen der Teilchen	Dämpfe, ständige Luftverunreinigungen, Viren, Rauch oder Dunst		normaler Staub		schwerer Industrieabrieb	
	Mikrometerteilchen	Tabakrauch, Ölnebel	Bakterien, Pollen	Nebel, Flüssigkeit	Regen	
Wellenlänge	sichtbares Licht					
	Röntgenstrahlen	ultraviolettes Licht	Infrarotes Licht		Ultraschallwellen	
Größe der Stausteilchen in µm (Mikron = 1/1000 mm)						
0,001 0,01 0,1 1 10 100 1000						

2. Arten der Luftverunreinigungen



3. Taschenfilter



4. Keilfilter

7.6 Luftfilter

Die Luft ist voller Verunreinigungen, übelriechender und giftiger Gase (Bild 1).

Diese fein verteilten Stoffe, die je nach Feinheit unterteilt werden (Tab. 2), nennt man Aerosole (feste und flüssige Stoffe), Ruß, Rauch, Dunst und Emissionen (fest, flüssig oder gasförmig; z. B. aus Schornsteinen).

Die Verunreinigungen müssen, je nach Anforderung der Anlagebetreiber, abgeschieden werden. Die Abscheidung der Teilchen im Filter beruht auf verschiedenen physikalischen Effekten (Diffusions-, Trägheits-, Sperr- und Siebeffekt). Das Haften der Teilchen am Filtermedium ist von elektrostatischen Kräften abhängig.

Filter werden nach einer Euro-Norm in Klassen eingeteilt. Um die verschiedenen Stoffe auszufiltern, werden verschiedene Filterarten eingesetzt.

Die Bezeichnungen Grob-, Fein- und Feinstfilter dürfen noch verwendet werden.

Die Filterklassen unterscheiden synthetischen und atmosphärischen Staub.

Faserfilter

Diese Filterart wird am häufigsten eingesetzt. Das Filtermedium kann Glasfaser-, Chemiefaser- oder Wirrfaservlies aus synthetischer Faser sein. Die Fasern sind meistens mit Staubbindemittel benetzt, um den Abscheidegrad zu erhöhen und das Abwehen des Staubes zu verhindern.

Der **Taschenfilter** (Beutelfilter) in Bild 3 hat eine hohe Staubspeicherfähigkeit und geringe Bauhöhe. Wenn er aus Kunststoff besteht, kann er mit Wasser gereinigt werden. Sie werden zum Schutz der Luftaufbereitungsgeräte eingesetzt.

Taschenfilter werden als Vorfilter eingesetzt.

Die Keilfilter in Bild 4 sind **Flächenfilter**, die zickzackförmig gefaltet in Rahmen eingepasst sind. Je nach Güte des Filtermediums werden sie nach den Taschenfiltern als Feinstfilter eingesetzt. Sie können auch in mehreren Stufen nacheinander angeordnet sein.

Faserfilter können keine radioaktive Schwebstoffe, Bakterien und Viren abscheiden, deshalb werden **Schwebstofffilter** in der Endstufe eingebaut.

Rollbandfilter (Bild 5), die als Filtermedium Faservlies, Zellulose- oder Glasfaserpapier haben, können mit einem Elektromotor automatisch betrieben werden. Über ein Kontaktmanometer wird beim Erreichen der eingestellten maximalen Druckdifferenz der Bandtransport eingeschaltet und beim Erreichen einer eingestellten minimalen Druckdifferenz wieder ausgeschaltet.

Flächen-, Schwebstoff- und Rollbandfilter sind Spezialfilter zur Luftaufbereitung.

Aktivkohlefilter

Diese Filter (Bild 6) sind in der Lage, Gase (Argon, Radon, Formaldehyd, PCP, CO_2 , CO, O_3 , H_2O_2 , SO_2 , NO_x) und dampfförmige Verunreinigungen (Gerüche aus Küchen, Toiletten, Versammlungsräumen) zu adsorbieren. Aktivkohle wird aus Steinkohle, Kokoschalen oder Holz so aufbereitet, dass zahlreiche Poren entstehen. An der großen Oberfläche können sich die Schadstoffmoleküle anlagern (adsorbieren).

Die „innere“ (spezifische) Oberfläche von 1 g Aktivkohle (etwa 2 cm^3) beträgt 900 bis 1.200 m^2 .

Elektrofilter

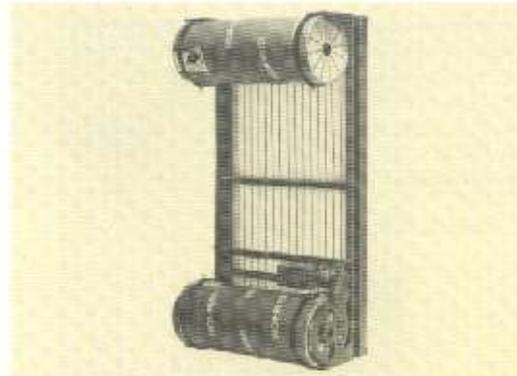
Das Bild 7 zeigt die Funktion. In einem Ionisierungsteil mit positiv geladenen Drähten werden die Staubteilchen elektrisch geladen. In einem abwechselnd positiv und negativ gepolten Plattenkondensator aus Aluminium (Bild 8) lagern sich die positiv ionisierten Staubteilchen ab. Die Reinigung erfolgt durch das Abspritzen mit 40°C warmem Wasser.

Vor und hinter dem Elektrofilter sollten immer Faserfilter eingebaut werden, weil von den Kondensatorplatten leicht Teilchen abwehen können.

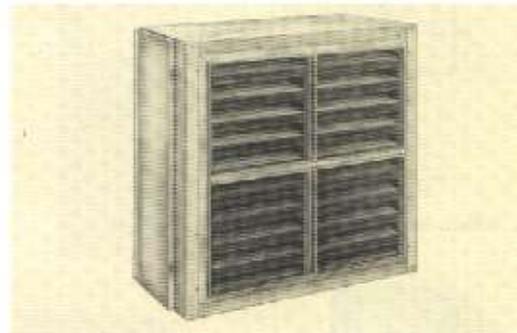
Tabakrauch, Pollen und Bakterien können gut ausgeschieden werden.

Aufgaben

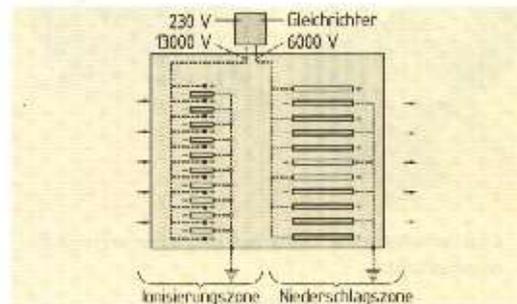
1. Welche Verunreinigungen sind in der Luft?
2. Nennen Sie die verschiedenen Filtermedien!
3. Wie wirken Faserfilter?
4. Welche Aufgabe hat ein Vorfilter?
5. Wann bietet sich der Einsatz von Rollbandfilter an?
6. Erklären Sie die Wirkungsweise eines Elektrofilters!



5. Rollbandfilter



6. Aktivkohlefilter



7. Elektrofilter (Schema)

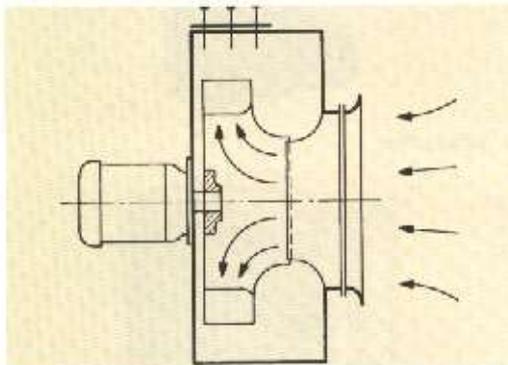


8. Elektrofilter

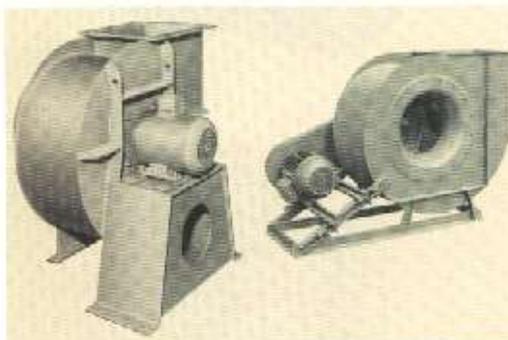


- | | |
|---------------------|----------------|
| • Volumenstrom | • Betriebszeit |
| • Förderdruck | • Platzbedarf |
| • Regelbarkeit | • Korrosion |
| • Betriebsverhalten | • Sicherheit |
| • Schallleistung | • Wirkungsgrad |
| • Antrieb | • Kostenfragen |
| • Drehzahlen | |

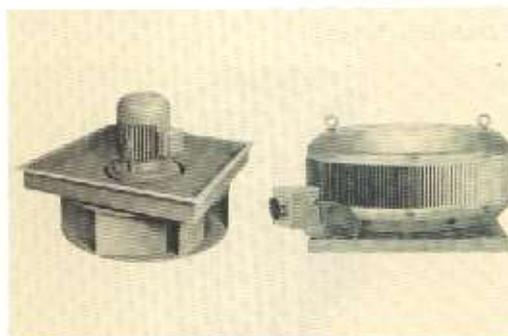
1. Auswahlkriterien für Ventilatoren



2. Aufbau und Funktion eines Radialventilators



3. Radialventilator mit Motor auf der Achse und mit Keilriemenantrieb



4. Radialventilator mit freilaufendem Laufrad und Dachradialventilator

7.7 Ventilatoren

Der Ventilator ist eine Strömungsmaschine, die in der Wirkungsweise einer Kreiselpumpe gleicht. Luft muss gegen die Widerstände der Luftaufbereitungsgeräte und des Kanalnetzes mit den eingebauten Bauteilen gefördert werden.

Um den richtigen Ventilator auszuwählen, müssen die Auswahlkriterien aus der Tafel 1 beachtet werden.

Radialventilator

Dieser Ventilator wird in RLT-Anlagen am häufigsten eingesetzt. Die Funktion ist in Schema 2 dargestellt. Radial heißt, strahlenförmig von der Achse ausgehend.

Im Laufrad (Schaufelkanal) findet die Energieumsetzung statt, d. h., die dem Laufrad über die Welle vom Antriebsmotor zugeführte mechanische Energie wird in Druck- und Geschwindigkeitsenergie umgesetzt. Das Spiralgehäuse hat zwei Aufgaben zu erfüllen. Es sammelt die aus dem Laufrad ausströmende Luft und führt sie zu einem gemeinsamen Austritt, außerdem wandelt es durch die stetige Querschnittserweiterung in Strömungsrichtung einen Teil der Geschwindigkeitsenergie (dynamischer Druck) in Druckenergie (statischer Druck) um (Diffusoreffekt).

Radialventilatoren gibt es in vielen verschiedenen Bauformen (Bilder 3 und 4).

Radialventilatoren werden in Anlagen mit hohen Widerständen eingesetzt.

Axialventilator

Dieser Ventilator wird hauptsächlich in Einzelgeräte (Wandventilator, Rohrventilator, Wärmepumpe) eingebaut. Der Aufbau ist in Schema 5 dargestellt. Axial heißt, in Richtung zur Achse strömen.

Die Einströmdüse hat die Aufgabe, eine gleichmäßige Geschwindigkeitsverteilung vor dem Laufrad zu erzeugen, damit diese voll über die gesamte Schauffellänge beaufschlagt wird. Die Druckerzeugung gleicht dem Radialventilator. Hinter dem Laufrad ist eine stark drallbehaftete, spiralenförmige Strömung. Damit der Druck genutzt werden kann, wird er durch Leiträder in statischen Druck umgewandelt. Diese Leiträder sind Leitschaufelkränze, die vor oder hinter dem Laufrad angeordnet sind. Sie richten die Abströmgeschwindigkeit axial aus.

Querstromventilator

Dieser Ventilator (Bild 6) wird auch Walzenlüfter genannt. Die Luft wird im Winkel von 90° oder 180° durch das Luftrad gefördert. Er wird in Einzelgeräten (Ventilator-konvektor, Türschleiergerät) eingesetzt. In der Heizungstechnik wird er auch in Unterflurkonvektoren eingebaut, um den Volumenstrom aufgrund der geringen Schachthöhe zu erhöhen.

Merkmale und Unterschiede

Die Unterschiede in Bezug auf Wirkungsweise, Bestandteile und Einbau ist aus dem vorherigen Text zu entnehmen.

Der **Radialventilator** ist gut regelbar, stabil gegen Belastungsschwankungen (flache bis steile Kennlinie), geräuscharm und unempfindlich bei stark verschmutzter Luft. Der Förderdruck liegt zwischen 700 und 3.000 Pa.

Der **Axialventilator** fördert große Volumenströme bei geringem Druck (300 bis 1.000 Pa) mit sehr steiler Kennlinie, ist instabil bei Belastungen (Abriss der Kennlinie) und benötigt wenig Platz.

Der **Querstromventilator** hat ein stabiles Betriebsverhalten, ist geräuscharm und benötigt wenig Platz.

Druckmessung am Ventilator

Bild 7 zeigt eine grundsätzliche Möglichkeit der **Druckmessung** auf der **Druck-** und auf der **Saugseite** eines Ventilators. Der Luftstrom muss sich beruhigt haben und stabil sein. Die Messorte sollten etwa 2 bis $4 \cdot D$ vor und hinter dem Ventilator in einem geraden Rohr- oder Kanalsstück angeordnet sein.

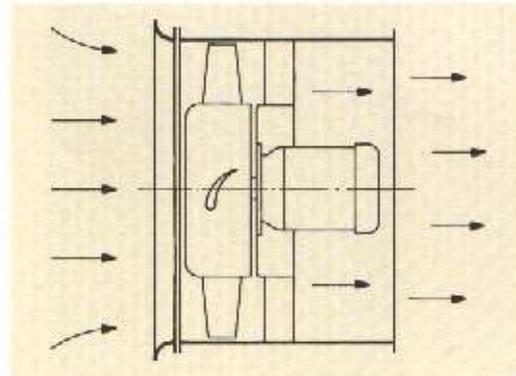
Der **statische Druck** p_s ist der Druck, der auf eine zur Strömungsrichtung parallele Wand ausgeübt wird.

Der **dynamische Druck** p_d ist der vor einem Hindernis auftretende Staudruck.

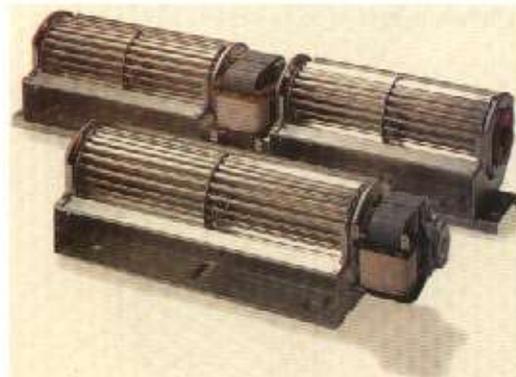
Der **Gesamtdruck** p_t ist die Summe aus statischem und dynamischen Druck.

Aufgaben

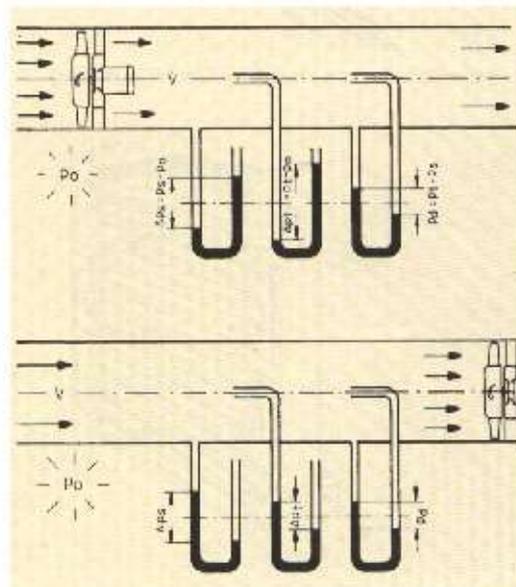
1. Nach welchen Kriterien werden Ventilatoren ausgewählt?
2. Wie funktionieren Radial- und Axialventilatoren?
3. Nennen Sie Bauteile eines Radial- und eines Axialventilators!
4. Vergleichen Sie die verschiedenen Ventilatorarten anhand einer Tabelle!
5. Wie und wo werden die Drücke an Ventilatoren gemessen?



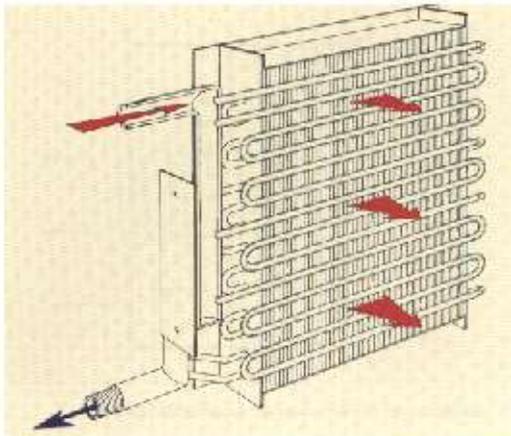
5. Aufbau und Funktion eines Axialventilators



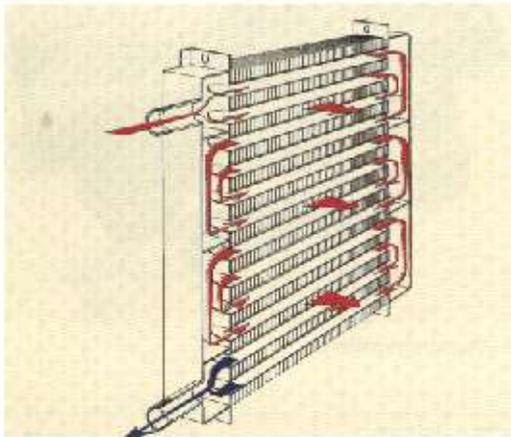
6. Querstromventilator



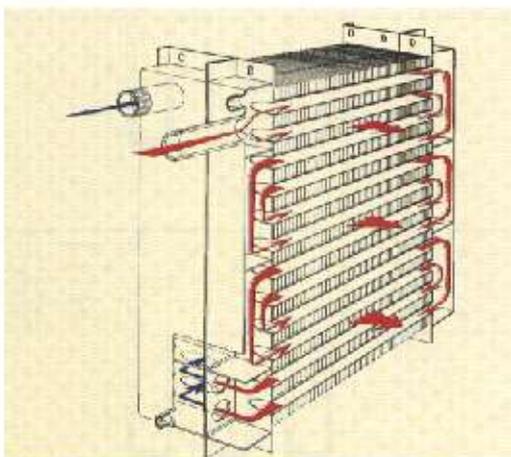
7. Druckmessungen an Ventilatoren



1. Wärmetauscher aus Kupfer/Aluminium (Kreuzstrom)



2. Wärmetauscher aus verzinktem Stahl (Kreuzstrom)



3. Wärmetauscher aus verzinktem Stahl (Kreuzgegenstrom)

7.8 Lufterwärmer – Luftkühler

Um die kalte Außenluft oder die Misch- bzw. Umluft auf die geforderte Zulufttemperatur zu erwärmen, werden Wärmetauscher (auch **Lufterwärmer** oder **Heizregister** genannt) eingesetzt. Die Leistung des Wärmetauschers wird nach der Heizlast (Wärmebedarfsberechnung nach DIN 4701) und dem Außenluftvolumenstrom ermittelt.

Bei dem Wärmetauscher in Bild 1 sind die Aluminiumlamellen durch Erweiterung des Kupferrohres fest verbunden. Der Verteiler und Sammler besteht aus Stahl. Diese Bauart ermöglicht eine hohe Wärmeleistung, ist aber schwierig zu reinigen und nicht für Dampf und Thermoöl geeignet.

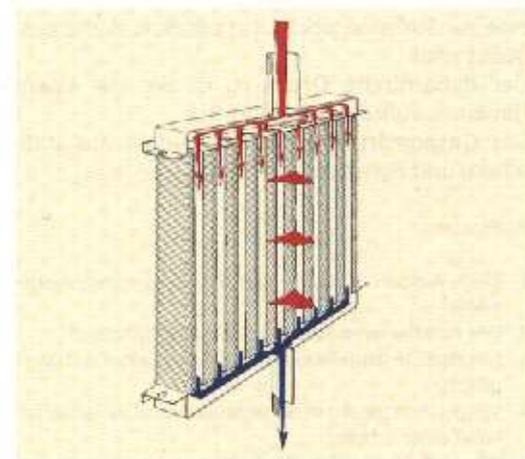
Die verzinkten Wärmetauscher in den Bildern 2 bis 4 bestehen aus ellipsenförmigen Rohren mit aufgesetzten Lamellen. Sie können mit einem Hochdruckreiniger oder mit Pressluft gereinigt werden.

Alle Wärmetauscher können bis 10 bar Betriebsdruck und bis 150 °C Wärmeträgertemperatur betrieben werden.

Der **elektrische Lufterwärmer** in Bild 5 wird eingesetzt, wenn bei geringen Heizlasten die Installation einer Wasserheizungsanlage zu aufwendig ist.

Luftkühler

Um Luft abzukühlen, werden die gleichen Wärmetauscher wie bei der Erwärmung verwendet.



4. Wärmetauscher aus verzinktem Stahl für Dampf

Aufgrund der geringeren Temperatur des Wärmeträgers wird hauptsächlich der Kreuzgegenströmer eingesetzt. Luftkühler (auch **Kühlregister** genannt) können als trockene Kühler (die Oberflächentemperatur liegt über der Taupunkttemperatur) oder als feuchte Kühler (der Taupunkt wird unterschritten) ausgelegt werden. Der feuchte Kühler benötigt eine Kondenswasserwanne mit Ablauf und Geruchsverschluss (Wassersperre). Der Geruchsverschluss verhindert das Einsaugen von Luft.

Die Leistung ergibt sich aus der Kühllast und des Außenluftvolumenstromes.

Bei **direkter Kühlung** (der Luftkühler ist der Verdampfer der Kältemaschine) muss eine sehr genaue Berechnung erfolgen, damit die Wärmetauscheroberfläche nicht vereist.

Bei der Kühlung mit Erdwärme (Rohrschlangen werden im Erdreich verlegt) wird dem Wasser Frostschutzmittel zugegeben. Dabei muss die berechnete Konzentration genau eingehalten werden, weil Dichte, Ausdehnung und Zähigkeit zunehmen und die spezifische Wärmekapazität abnimmt.

Bei der **indirekten Kühlung** wird der Wärmeträger immer wieder durch eine Kältemaschine (Kaltwassersatz) abgekühlt.

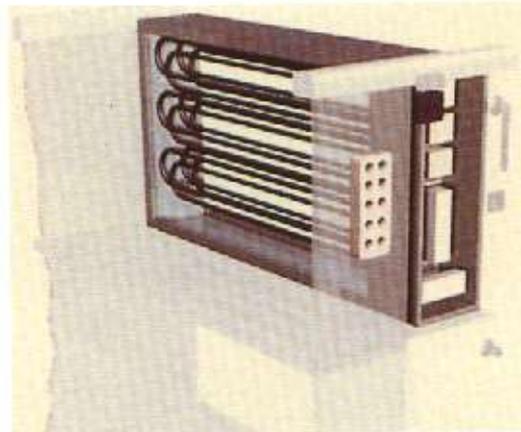
Für die Planung und Berechnung der Wärmetauscher sind folgende Angaben notwendig:

- Luftvolumenstrom
- Ein- und Austrittstemperatur
- Wärmeträger wie Warmwasser, Heißwasser, Dampf, Thermoöl, Kaltwasser, Sole (Wasser mit Frostschutzmittel), Frigen
- Maximal zulässiger Luftwiderstand
- Maximal zulässiger Wasserwiderstand
- Maximaler Betriebsdruck
- Rohrreihen mit Anschlussart
- Baumaße und Material

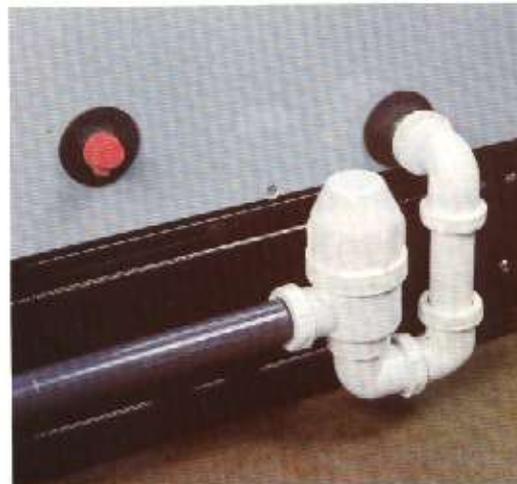
Bild 7 zeigt einen Wärmetauscher mit elektrischer Zusatzheizung.

Aufgaben

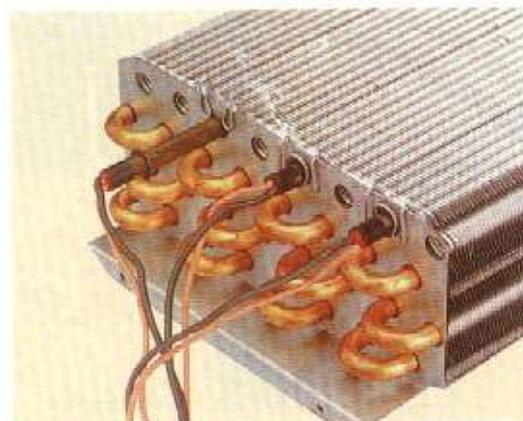
1. Wie sind Wärmetauscher aufgebaut?
2. Warum benötigt der Luftkühler eine Kondenswasserwanne mit Geruchsverschluss?
3. Erklären Sie „direkte“ und „indirekte“ Kühlung!
4. Was bewirkt Frostschutzmittel (z. B. Antifrogen N) im Wasser?
5. Welche Angaben sind für die Auswahl eines Wärmetauschers notwendig?



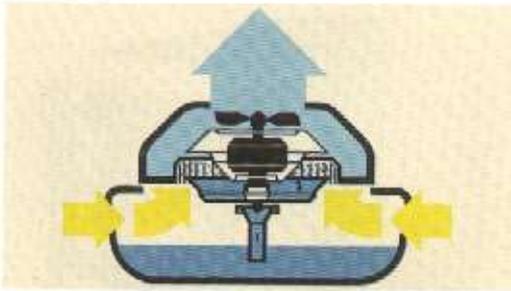
5. Elektriluftwärmer



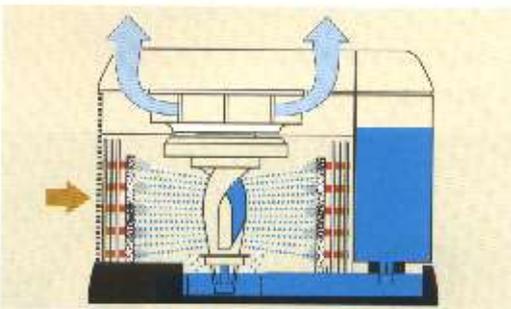
6. Luftkühler mit Kondenswasserwanne und Geruchsverschluss



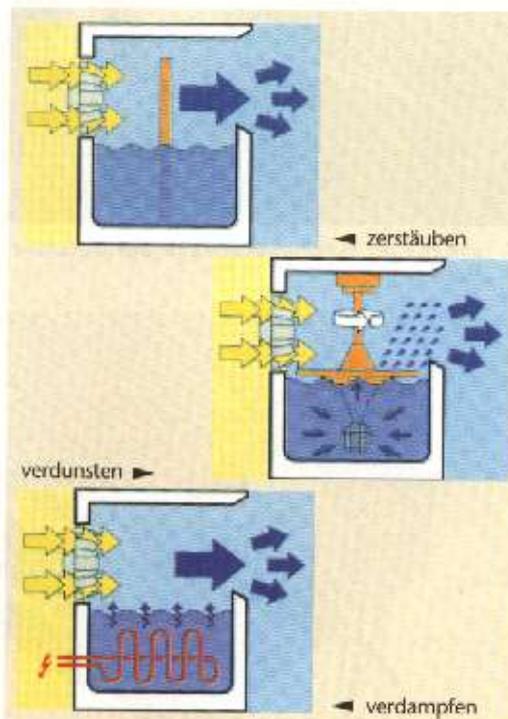
7. Wärmetauscher mit elektrischer Zusatzheizung



1. Wohnraumzerstäuber (nur Befeuchtung)



2. Wohnraumzerstäuber (mit Luftreinigung)



3. Arten der Luftbefeuchtung

7.9 Luftbefeuchtung

„Die Luft in Wohn- oder Bürogebäuden ist in der Heizperiode zu trocken“, beschwerten sich die Bewohner oder Angestellten. Dies besonders, wenn ausreichend mit kalter Außenluft gelüftet wird.

Die Behaglichkeit der Menschen in geschlossenen Räumen ist abhängig von der Luftqualität, also vom thermischen Gleichgewicht, ausreichender Lüftung und der „richtigen“ Luftfeuchtigkeit. Die relative Luftfeuchte sollte nie unter 35 % absinken, da sonst die Schleimhäute austrocknen und Schaden nehmen können.

In gewerblich genutzten Räumen (Büro-, Fabrikations- und Lagerräume) ist die jeweils richtige relative Luftfeuchte wichtig. Ja, sie muss teilweise in engen Grenzen konstant gehalten werden. So wird z. B. eine relative Feuchte von etwa 45 % gefordert, damit sich Einrichtungsgegenstände, Bauteile und Magnetbänder nicht elektrostatisch aufladen. In der Textilindustrie wird eine relative Feuchte von 60 bis 70 % und in der Holzverarbeitung von 50 bis 60 % gefordert.

Dezentrale Befeuchtung

Wenn in Gebäuden die Räume eine unterschiedliche relative Luftfeuchtigkeit erfordern, werden **Zerstäubergeräte** eingesetzt, die das Wasser nach dem Zentrifugalprinzip (Bilder 1 und 2) in den Raum geben. Die Luftfeuchte der Räume wird individuell über Hygrostaten geregelt.

Bei diesen Einzelgeräten ist eine **regelmäßige Wartung** unbedingt erforderlich, damit kein verkeimtes Wasser in die Raumluft gelangt.

Jeder Raum muss je nach der Nutzung die geeignete relative Luftfeuchte haben.

Zentrale Befeuchtung

Wenn mehrere Räume die gleiche Luftfeuchte erfordern, werden die Befeuchter in das Zentralgerät eingebaut. Diese werden in drei Arbeitsprinzipien (Bild 3) eingeteilt.

Zerstäubungsbefeuchter

Das Wasser wird in die durchströmende Luft gesprüht. Die Verdunstungswärme des von der Luft aufgenommenen Wassers wird aus der Luft entnommen. Der Wärmeinhalt der Luft bleibt vor und nach der Befeuchtung praktisch gleich. Dies nennt man **adiabatische Zustandsänderung** ($h = \text{konstant}$ – ohne Enthalpieänderung).

Weil Staubteilchen und Gase (hauptsächlich SO_2) vom überschüssigen Wasser aufgenommen werden, nennt man den Zerstäuber auch „Luftwäscher“. Das Wasser wird am Tropfenabscheider abgefangen und läuft in eine Auffangwanne. Dieses Wasser muss unbedingt sorgfältig und regelmäßig gereinigt werden, damit es keimfrei und hygienisch einwandfrei wieder verwendet werden kann.

Es kommen hauptsächlich die in den Bildern 4 und 5 gezeigten Sprühbefeuchter zum Einsatz.

Die Luft muss nacherwärmt werden, um die relative Feuchte einzuregulieren.

Dampfluftbefeuchter

Mit diesem Bauteil wird Dampf direkt in den Kanal geblasen. Der Dampf wird entweder durch ein Elektroheizregister hergestellt oder er steht als Fremddampf (Industrie oder Krankenhaus) zur Verfügung.

Der Dampf wird aus aufbereitetem Wasser hergestellt und mit 0,2 bis 4 bar Druck in den Luftstrom gegeben. Die Umgebungstemperatur an den Einblasrohren darf nicht zu niedrig sein, damit es nicht zu Kondensatbildung kommt.

Die Befeuchtung mit Dampf ist hygienisch (steril), verursacht keinen störenden Geruch, die Lufttemperatur bleibt nahezu unverändert (isotherm), es bilden sich keine Mineralablagerungen im Kanal und die relative Luftfeuchtigkeit lässt sich sehr genau regeln.

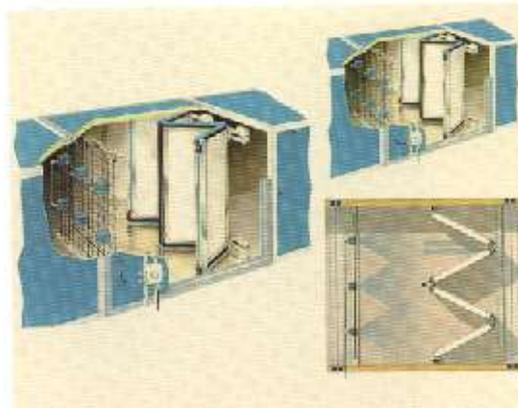
Die Luft muss nicht nacherwärmt werden.

Rieselbefeuchter

Wasser fließt durch eine Verteilrinne über einen Füllkörper nach unten. Auf der vergrößerten Oberfläche verdunstet das Wasser. Auch hier wird der Luft Wärme entzogen. Die relative Feuchte wird über einen Bypass (Luft wird am Gerät vorbeigeführt) geregelt. Diese Befeuchtungsart wird aus hygienischen Gründen nur noch selten eingebaut.

Aufgaben

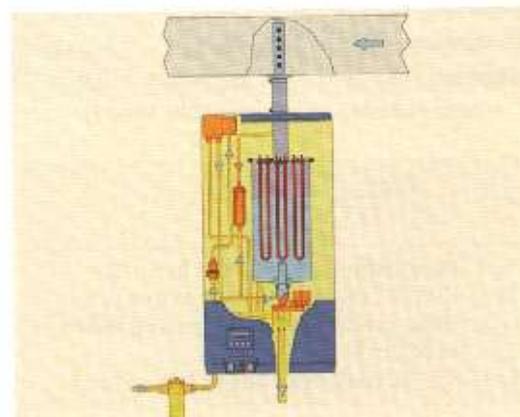
1. Warum ist die richtige relative Feuchte wichtig?
2. Wann sind Einzelgeräte sinnvoll?
3. Was bedeutet adiabatische Zustandsänderung?
4. Warum nennt man den Zerstäubungs-befeuchter auch Luftwäscher?
5. Welche Vorteile hat der Dampf-befeuchter?



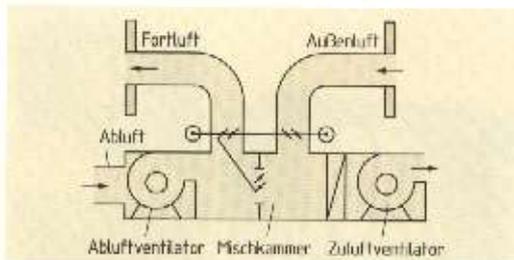
4. Hybrid-Sprühbefeuchter



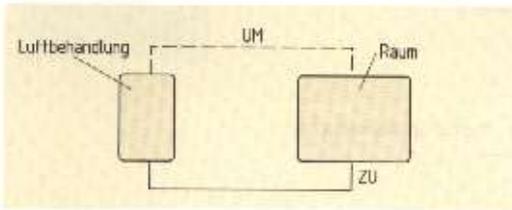
5. Ultraschallbefeuchter



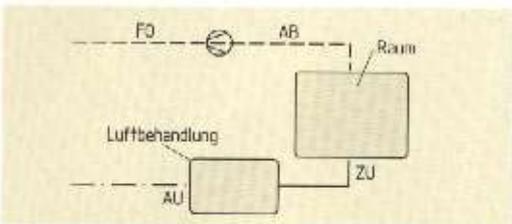
6. Elektrodampf-befeuchter



1. Mischluftkammer (Schema)



2. Umluftanlage (Schema)



3. Außenluftanlage (Schema)

Raumart (Beispiele)	m ³ /(h · Pers)	m ³ /(m ³ · m ²)
Einzelbüro	40	4
Großraumbüro	60	6
Wohnräume	keine Lüfrate	60 ... 180
Konferenzsaal	20	10 ... 20
Lesesaal	20	12
Klassenraum	30	15
Verkaufsraum	20	3 ... 12
Gaststätte	30	8

4. Mindest-Außenluftvolumenstrom (DIN 1946-2)

$$V_a = \frac{V_{CO_2}}{CO_2'' - CO_2'}$$

V_a Außenluftvolumenstrom in m³/h
 V_{CO_2} Zuluft-CO₂-Volumenstrom in m³/h
 CO_2'' max. zulässiger CO₂-Gehalt im Raum
 in m³/m³
 CO_2' CO₂-Gehalt der Außenluft in m³/m³

5. Bestimmung des Außenluftvolumenstroms nach dem CO₂-Maßstab

7.10 Volumenstrom

In der Mischluftkammer (Bild 1) wird durch die Einstellung der Jalousieklappen festgelegt, was aus der Abluft wird. Die Klappen der Mischluftkammer werden über die Regelung je nach Betriebsart (Umluft-, Misch- oder Außenluftbetrieb) elektrisch oder pneumatisch verstellt. Die Mischluftkammer arbeitet wie ein Dreiwegemischer in einer Wasserheizung. Die Bilder 2 und 3 zeigen den Um- und den Außenluftbetrieb.

Die erforderliche Außenluft bestimmt hauptsächlich den Förderstrom der Ventilatoren. Für die Berechnung des Volumenstromes gibt es mehrere Methoden. Es sollten immer zwei oder drei Verfahren als Kontrollrechnungen durchgeführt werden. An kalten Wintertagen, an heißen Sommertagen oder bei Unterbelegung der Räume darf der Außenluftstrom reduziert werden.

Die zulässige Reduzierung des Außenluftanteils hilft Energie einzusparen.

Damit die folgenden Werte richtig angewendet werden können, müssen bei der Planung die Bedingungen und Verhältnisse in den Räumen bekannt sein, weil alle Anlagenteile und das Kanalsystem danach ausgelegt werden. Eine Erhöhung des Volumenstroms ist später ohne Beeinträchtigung der Luftführung in den Räumen meistens nicht mehr möglich.

Bestimmung nach der Außenluftfrate

Wenn die Güte der Atemluft in öffentlichen Räumen sichergestellt werden soll, wird der Außenluftvolumenstrom nach den Außenluftfraten der Tab. 4 bestimmt.

Die Außenluftfrate gibt die Außenluftmenge an, die einer Person je Stunde mindestens zur Verfügung gestellt werden muss.

In Räumen mit Raucherlaubnis muss die Lüfrate je Person um 20 m³/h erhöht werden. Neuerdings kann mit elektronischen Gassensoren die Luftqualität in den Räumen erfasst werden. Eine Regelung betätigt den Ventilator und/oder die Klappen der Außen-, Um- und Fortluft.

Die Außenluftfrate muss so hoch wie nötig und so niedrig wie möglich sein.

Bestimmung nach dem CO₂-Maßstab

Der Mensch atmet 0,15 % CO₂ (0,01 % nach DIN 1946 vorgesehen) ein und 4,0 % CO₂ wieder aus. Die Außenluft hat einen CO₂-Gehalt von 0,03 bis 0,04 % (in Ballungszentren das 2- bis 3fache). Je nach Aktivitätsgrad gibt der Mensch 15 bis über 30 l/h CO₂ ab. Die Berechnung nach der Formel 5 ist eine zusätzliche Berechnungsmethode.

Diese Methode wird bei zusätzlichen chemischen oder biologischen Gerüchen nicht angewendet.

Bestimmung nach der Luftwechselzahl

Mit der Formel 6 wird der Austausch der Raumluft mit Außenluft je Stunde berechnet. Bei Umluftanlagen wird mit der **Luftumwälzzahl LU** gerechnet. Beide Zahlen dürfen nicht verwechselt werden. Wenn bei Mischluftbetrieb mit der Luftwechselzahl gerechnet wird, muss der prozentuale Außenluftanteil angegeben werden. Die Luftwechselzahlen (Tab. 7) sind Erfahrungswerte und dienen zur Kontrolle der Luftraten.

Bestimmung nach dem MAK-Wert

Der MAK-Wert (**Maximale Arbeitsplatz-Konzentration**) ist die höchstzulässige Konzentration eines Arbeitsstoffes in der Luft eines Arbeitsplatzes, die die Gesundheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigt und auch nicht unangemessen belästigt. Der Wert darf über die Dauer eines 8-Stundentages nicht überschritten werden. Das Außenluftvolumen wird nach der Formel 8 berechnet.

Die LW-Zahlen sind Vergleichswerte. Die Luftrate und der MAK-Wert sind Rechenwerte.

In der Tab. 9 sind auch **TRK-Werte** (Technische Richtlinienkonzentration) angegeben, diese gelten als krebserzeugende Arbeitsstoffe.

Aufgaben

1. Wo wird der Außenluftanteil einer Anlage eingestellt?
2. Was versteht man unter Um-, Misch- und Außenluftbetrieb?
3. Was sagt die Luftrate aus und wann darf sie reduziert werden?
4. Erklären Sie den Begriff „Luftwechselzahl“!
5. Was sagt der MAK-Wert aus?

$$LW = \frac{V_a}{V_R}$$

LW Luftwechselzahl
 V_a Außenluftvolumenstrom in m³/h
 V_R Raumvolumen in m³

6. Luftwechselzahl (immer Außenluft)

Art des Raumes	Luftwechselzahl
Büroräume	3 ... 6
Wohnräume	0,5 ... 4
WC in Wohnungen	4 ... 5
WC in Büros und Schulen	5 ... 8
Klassenräume	3 ... 7
Gaststätten	5 ... 10
Werkstätten m. Luftverschm.	6 ... 12
Werkstätten o. Luftverschm.	3 ... 6

7. Außenluftwechselzahlen

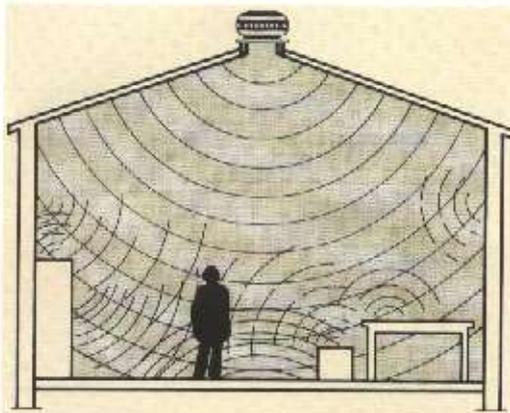
$$V_a = \frac{m_{sch}}{K_1 - K_a}$$

V_a Außenluftvolumenstrom in m³/h
 m_{sch} Schadstoffmenge (Gase, Dämpfe, Schwebestoffe) z. B. in ml/h oder mg/h
 K_1 Zulässige Schadstoffkonzentration des Raumes in ml/m³ oder mg/m³ Raumluft (MAK-Wert)
 K_a Schadstoffkonzentration in der Außenluft in ml/m³ oder mg/m³ (reine Außenluft = 0)

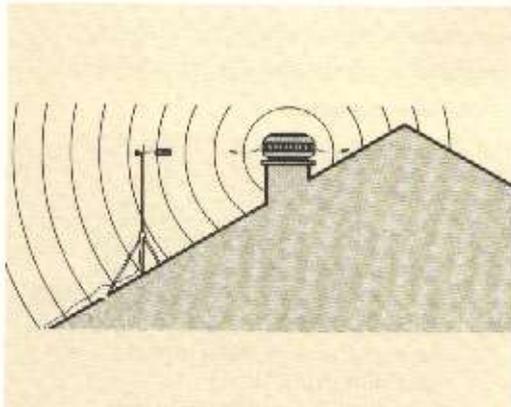
8. Außenluftvolumenstrom-Berechnung mit den MAK-Werten

Stoff und Formel	ml/m ³ (ppm)	mg/m ³
Ammoniak NH ₃	50	35
Asbesthalt. Feinstaub	–	2*
Benzol C ₆ H ₆	5	16
Chlor Cl ₂	0,5	1,5
Formaldehyd HCHO	1	1,2
Kohlenstoffdioxid CO ₂	5000	9000
Kohlenstoffmonoxid CO	30	33
Nicotin	0,07	0,5
Ozon O ₃	0,1	0,2
Schwefeldioxid SO ₂	2	5
Stickstoffdioxid NO ₂	5	9
Vinylchlorid, PVC	1*	1,4*

9. MAK-Werte und TRK-Werte (*)



1. Schallausbreitung im Raum



2. Schallausbreitung im Freien



3. Bauteile zur schwingungsorientierten Aufstellung von Ventilatoren und Geräten

7.11 Schalldämmung und Schalldämpfung

Geräusche, die von einer RLT-Anlage ausgehen, sind ausschlaggebend dafür, ob die Raumnutzer die Anlage annehmen oder dagegen eingestellt sind.

Schallausbreitung im Raum

Die Ausbreitung der Schalldruckwellen eines Ventilators in einem Raum ist im Bild 1 dargestellt. Sie werden von den Wänden, dem Fußboden und den Einrichtungsgegenständen teilweise absorbiert (geschluckt), teilweise reflektiert (zurückgeworfen).

Die Person im Raum hört also nicht nur den Ventilator, sondern auch reflektierte Geräusche. Schalldämmplatten an Wänden und Decken verhindern das Reflektieren.

In spärlich eingerichteten Räumen werden Geräusche als sehr laut empfunden.

Schallausbreitung im Freien

Das Bild 2 zeigt einen Dachradialventilator, der ungehindert den Schall abstrahlen kann. Der Schalldruckpegel soll nach der Technischen Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) in Gewerbegebieten 3 m von der Werksgeländegrenze und bei Wohngebäuden 0,5 m vor den Fenstern gemessen werden.

Geräusche in RLT-Anlagen

Die Antriebsmotoren in den Geräten und hohe Strömungsgeschwindigkeiten in den Kanälen können deren Wandungen in Schwingungen versetzen. Dieser **Körperschall** wird wieder zu Luftschall. Dessen Frequenz ist sehr niedrig und an der unteren Grenze des hörbaren Frequenzbereiches.

Tiefe Töne werden als störend empfunden.

Die Ventilatoren sind die Hauptgeräuschquellen, aber auch Bauteile (z. B. Klappen, Formstücke, Jalousien) verursachen Strömungsgeräusche. Die Geräusche treten als Luftschall auf und werden durch das geschlossene Kanalsystem zu den Luftauslässen der Räume getragen.

Der beste Schallschutz ist Schallvermeidung.

Körperschalldämmung

Um den Körperschall von vornherein zu mindern, müssen alle Bauteile schallentkoppelt werden. Ventilatoren und Geräte bekommen Spezialaufhängungen (Bild 3). Damit die Schwingungen der Luftaufbereitungsgeräte nicht auf das Kanalsystem übertragen werden, kommen „Segelluchstutzen“ aus Gummi oder Kunststoff zum Einsatz.

Luftschalldämpfung

Die Schalldämpfer sollen möglichst dicht an der Schallquelle (z. B. Ventilator, Sprühbefeuchter) montiert sein, damit der Luftschall keinen Körperschall auslösen kann.

In Großanlagen werden oftmals erst Messungen an der fertigen Anlage durchgeführt und dann die richtigen Schalldämpfer ausgelegt. Auch die Räume müssen fertig eingerichtet sein.

Schalldämpferbauformen

Der in Bild 4 abgebildete **Kulissenschalldämpfer** hat schalldämmende Platten, die parallel zur Luftrichtung in Profilrahmen geschoben werden. Das poröse Dämmmaterial kann aus Glas- oder Mineralwolle bestehen, die durch eine Abdeckung aus Lochblech oder Glasseele abriebfest gemacht werden. Auch Platten mit innerer Wabenstruktur und glatter Metalloberfläche werden eingebaut.

Der in Bild 5 gezeigte **Rohrschalldämpfer** (Telefonieschalldämpfer) ist für runde Kanäle geeignet. Er hat an der Wandung und in der Mitte schallabsorbierendes Material. Außerdem gibt es für Anlagen mit kleinen Leitungsdurchmessern flexible Rohrschalldämpfer. In Bild 6 ist zu sehen, dass zwischen dem perforierten Innenrohr und dem Außenrohr Mineralwolle eingelagert ist.

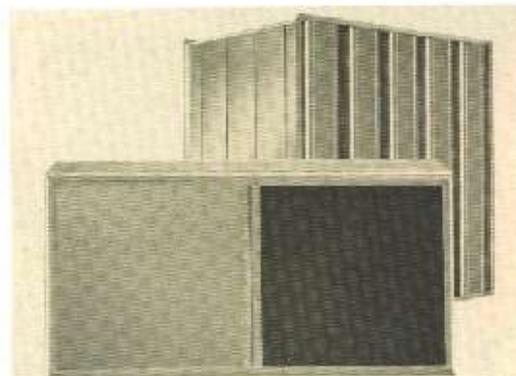
Wirkungsweise

Im **Absorptionsschalldämpfer** (meistens Kulissenschalldämpfer) wird die Schallenergie durch Reibung im porösen Material in Wärmeenergie umgewandelt.

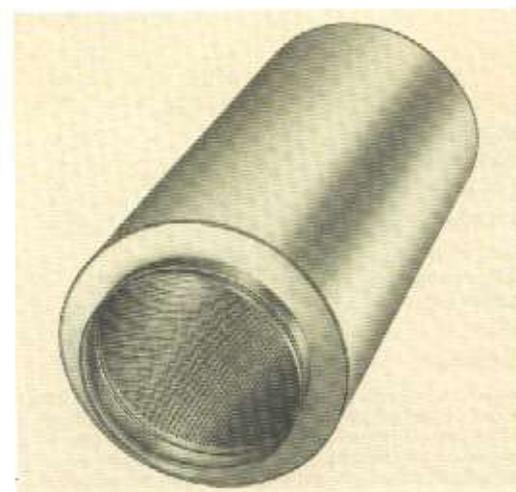
Die Kulissen (Wabenstruktur) des **Membranabsorbers** werden von der Schallfrequenz in Schwingungen versetzt. Dadurch wird die Schallenergie in Wärmeenergie umgewandelt.

Aufgaben

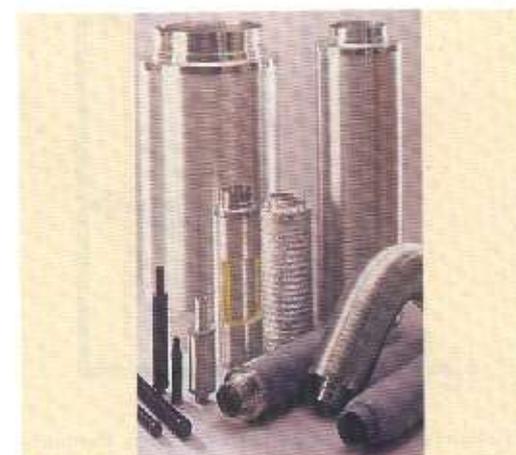
1. Wie breitet sich der Schall in Räumen aus?
2. Unterscheiden sich Körperschall vom Luftschall?
3. Wie kann Körperschall und Luftschall gedämmt bzw. gedämpft werden?



4. Kulissenschalldämpfer



5. Rohr- und Telefonieschalldämpfer



6. Flexibler Rohrschalldämpfer

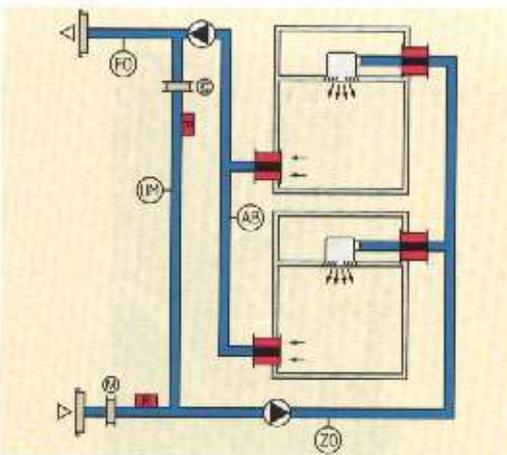


1. Gefahr durch Brandgase und Rauch

Gebäude	Überbrückung von		
	Decken	Brandwänden	Flurwänden und Trennwänden F30 oder F90
bis 2 Vollgeschosse	--	90	30
3 bis 5 Vollgeschosse	30	90	30
mehr als 5 Vollgeschosse, außer Hochhäuser	60	90	30
Hochhäuser	90	90	30

Aufgrund von Sondervorschriften können feuerbeständige Wände und Decken gefordert sein (z. B. für Heizräume, Heizölräume, Elektro-Betriebsräume). In diesen Fällen dürfen diese Bauteile nur mit Einrichtungen überbrückt werden, die eine Feuerwiderstandsdauer von mindestens 90 Minuten aufweisen.

2. Feuerwiderstandsdauer (-klassen) in Minuten



3. Lüftungssystem mit Brandschutzklappen, thermoelektrischen Auslöseeinrichtungen und Rauchauslöseeinrichtungen in allen Lüftungen

7.12 Brandschutzmaßnahmen

Der Brand am Flughafen Düsseldorf im Jahre 1996, bei dem 17 Menschen starben und ein Sachschaden von mehreren 100 Millionen Euro entstand, hat gezeigt, was fehlende oder unzureichende Brandschutzmaßnahmen anrichten können.

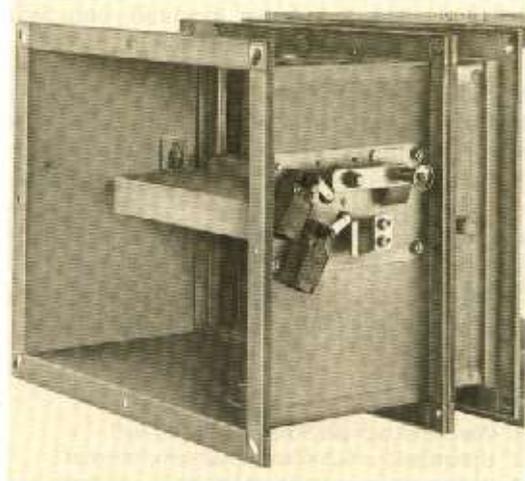
Die Brandgase und der Rauch sind die größten Gefahren für Menschen und Sachwerte.

Brandgase können sich genauso schnell ausbreiten wie die Luft in den Lüftungen. Der Rauch ist giftig, aggressiv und verdrängt den Sauerstoff. Die Landesbauordnungen schreiben vor, dass lüftungstechnische Anlagen in Gebäuden mit mehr als zwei Vollgeschossen, wenn die Lüftungsleitungen Brandabschnitte (Wohnungen, Hotels, Restaurants, Lüftungszentralen, Heizräume) überbrücken, weder Rauch noch Feuer übertragen dürfen.

In Tabelle 2 sind die Feuerwiderstandsklassen der Bauteile und deren Einbauort nach DIN 4102 dargestellt.

Die Brandschutzmaßnahmen werden durch regelmäßige Baubegehungen der Feuerwehr und der Berufsgenossenschaften überwacht.

Im Bild 3 ist ein geeignetes System dargestellt. Eine nachträgliche Ausstattung bestehender Anlagen ist anzustreben.



4. Brandschutzklappe

Brandschutzklappen und Brandschutzventile

Diese Bauteile (Bilder 4 und 5) schließen durch ein Schmelzlot bei 72 °C. Falls sich schon vorher ein Schwelbrand entwickelt hat und Rauchgase entstehen, können die Klappen auch anders geschlossen werden. Nach dem Arbeitsstromprinzip arbeiten Hubmagnete und nach dem Ruhestromprinzip arbeiten Haftmagnete, pneumatische Antriebe und thermoelektrische Auslöseeinrichtungen mit Federrücklaufmotor.

Klappen können manuell, thermisch oder elektrisch geschlossen werden.

Brandschutzmanschette (Deckenschott)

Die einfachste Art Feuer und Rauchgase aufzuhalten (abzuschotten), zeigt das Bild 6. Das umgewickelte Material schmilzt, quillt auf und verschließt den Luftleitungsquerschnitt. Es hält Temperaturen bis 1.000 °C stand.

Rauchauslöseeinrichtung

Das Schmelzlot und die Sprinkleranlagen sprechen erst ab 72 °C an. Da Brenngase und Rauch schon vorher entstehen, sollten diese Einrichtungen vermehrt eingesetzt werden. Die Schutzklappen schließen schon bei einer Rauchentwicklung. Sie arbeiten nach dem optischen Streulichtprinzip und schließen die Klappen bei Schwelbränden mit niedrigen Temperaturen. Eine mögliche Anordnung ist im Bild 7 dargestellt.

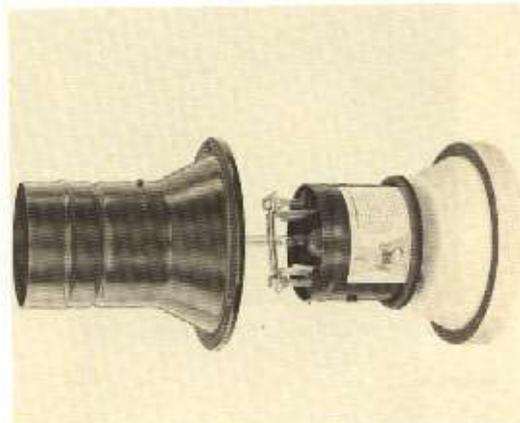
Brenngase und Rauch gefährden Menschen und vernichten die Einrichtungen der Räume durch giftige Ablagerungen.

Entrauchungsanlagen

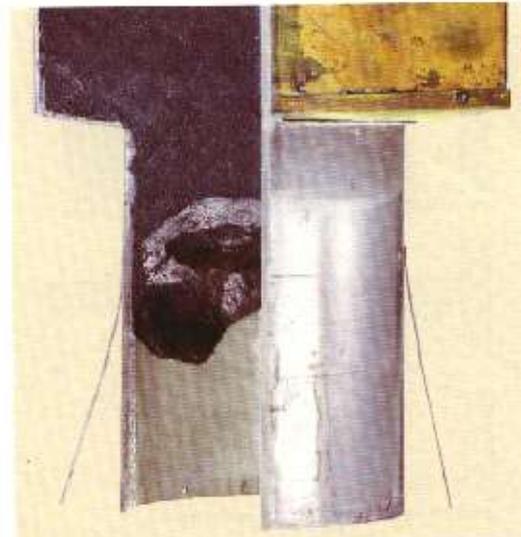
Da der Brandrauch den Sauerstoff verdrängt und selbst giftig und aggressiv ist, muss er durch spezielle Anlagen entfernt werden.

Aufgaben

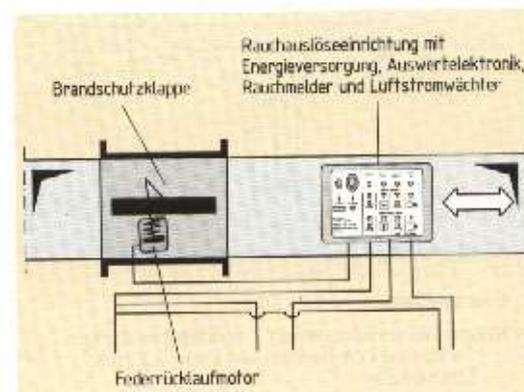
1. Wann müssen Brandschutzeinrichtungen eingebaut werden?
2. Was sagt die Feuerwiderstandsklasse aus?
3. Wie können Brandschutzklappen geschlossen werden?
4. Warum sollten Rauchauslöseeinrichtungen eingebaut werden?



5. Brandschutzventil



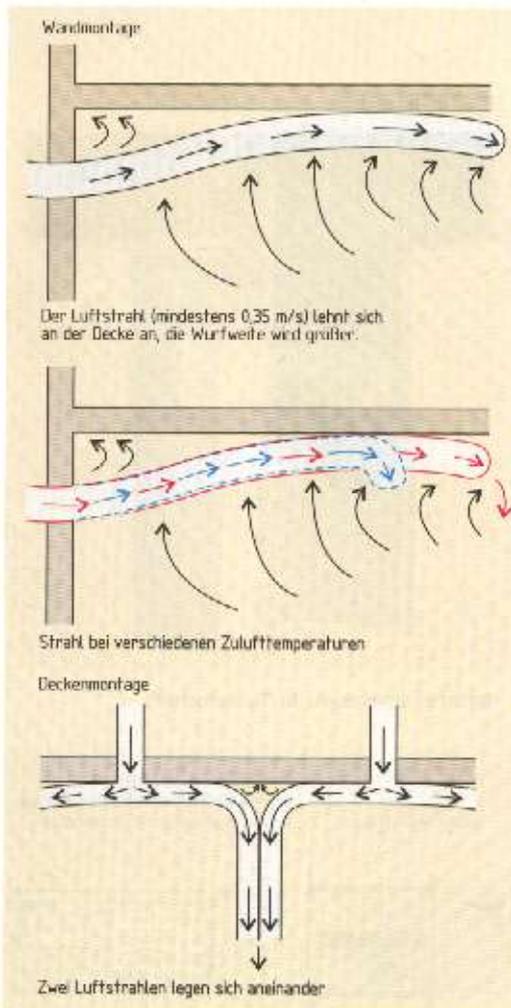
6. Brandschutzmanschette (Deckenschott)



7. Rauchauslöseeinrichtung



1. Probleme mit der Luftführung im Raum



2. Coanda-Effekt

Strahlung bei verschiedenen Zulufttemperaturen

$l_{0,2}$	Strahlweg (Wurfweite) am Ende 0,2 m/s
b_0	Strahlbreite
h_v	max. vertikale Streuung
b_h	waagerechte Streuung

7.13 Luftführung im Raum

Die Schüler an der vorderen Wandseite (Bild 1) beschwerten sich immer wieder über „Genickstarre“ und rote, entzündete Augen. Dazu kamen Äußerungen der Schüler im hinteren rechten Raumbereich, die Luft sei schlecht und es sei zu warm.

Dieses Beispiel soll zeigen, wie wichtig die richtige Luftführung im Raum ist.

Fehlerhafte Luftführung kann zu gesundheitlichen Problemen führen und beeinträchtigt die Behaglichkeit.

Raumlufttechnische Anlagen können nur funktionieren, wenn die für die raumluftfüllende Strömung geltenden Gesetze beachtet werden. Anzustreben ist, dass an keiner Stelle im Raum die Luft ruht.

Gesetze der Raumströmung

- Eine bestimmte Anordnung der Zuluftöffnungen ergeben bestimmte Strömungsbilder. Diese bleiben in allen Strömungsgeschwindigkeitsbereichen gleich.
- Ein in den Raum eintretender Strahl kann nicht beliebig weit eindringen. Er kehrt vielmehr nach einer bestimmten Eindringtiefe um.
- Wird einem Raum nicht genügend Energie zum Aufbau raumfüllender Luftströmung zugeführt, kann es zu ständig wechselnden Bereichen ruhender Luft kommen.
- Treffen Zuluftstrahlen auf eine Wand, werden sie abgelenkt. Das Gleiche gilt für Hindernisse im Strahlverlauf. Der Grad der Ablenkung ist abhängig von der Form des Hindernisses und der Strahlgeschwindigkeit.

Luftstrahl

In der Eurovent (Euronorm) wird der Aufenthaltsbereich der Menschen auf 1,8 m Höhe vom Boden und 15 cm Abstand von den Wänden begrenzt. Die Luftgeschwindigkeit sollte in diesem Bereich unter Komfortbedingungen 0,15 bis 0,2 m/s nicht überschreiten.

Im Bild 2 wird die Ausbreitung eines Luftstrahles aufgrund des „Coanda-Effektes“ dargestellt. Wenn diese Wirkung nicht aufgebaut wird, fällt der Luftstrahl je nach der vorhandenen Lufttemperatur schnell nach unten.

Der **Strahlweg**, auch Eindringtiefe oder **Wurfweite** genannt, ist die Entfernung vom Luftauslass, bei der die durchschnittliche Geschwindigkeit auf etwa 0,2 m/s abgesunken ist. Dabei muss sich der Strahl ungehindert ausbreiten können.

Luftführungssysteme

Nach der Art der Zuluftführung unterscheidet man zwischen dem **Verdünnungs-** und dem **Verdrängungsprinzip**.

Mischströmung (Strahlluftsystem)

Im Bild 3 ist dessen Luftführung dargestellt. Die Luft wird dem Raum mit relativ hoher Geschwindigkeit außerhalb des Aufenthaltsbereiches zugeführt. Durch die hohe Eintrittsgeschwindigkeit werden große Mengen Raumluft mitgerissen. Die Geschwindigkeit muss so genau einreguliert werden, dass eine gute Durchmischung der Raumluft gewährleistet und die Luftgeschwindigkeit im Aufenthaltsbereich nicht zu hoch ist.

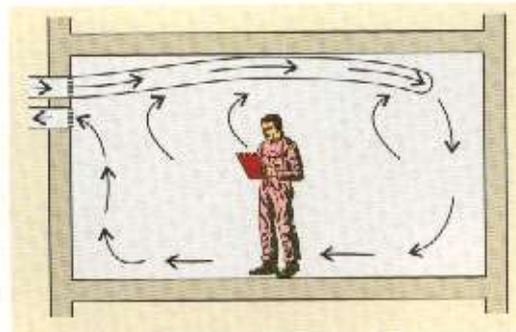
Schichtenströmung (Quelllüftung)

Dieses Luftführungssystem (Bild 4) wird hauptsächlich zum Abführen thermischer Lasten (von Geräten, Personen oder Sonneneinstrahlung) verwendet. Die eintretende, kalte Luft verdrängt die warme Luft nach oben.

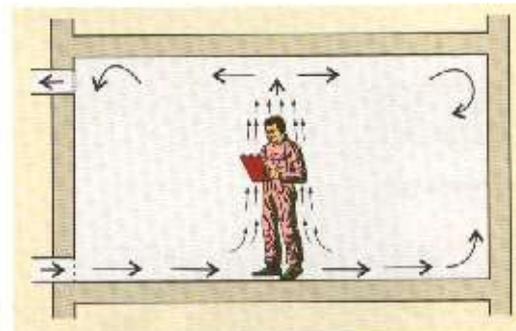
Das Bild 5 zeigt verschiedene Luftführungsbeispiele.

Aufgaben

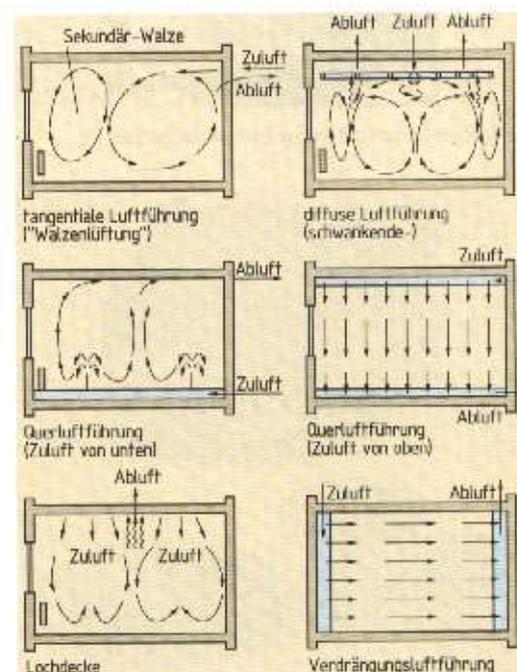
1. Wovon ist die Luftströmung im Raum abhängig?
2. Unterscheiden Sie Misch- und Schichtenströmung?
3. Wie erreicht man, dass der Luftstrahl nicht sofort in den Aufenthaltsbereich eines Raumes gelangt?
4. Wodurch unterscheiden sich die Luftführungsarten in Bild 5?



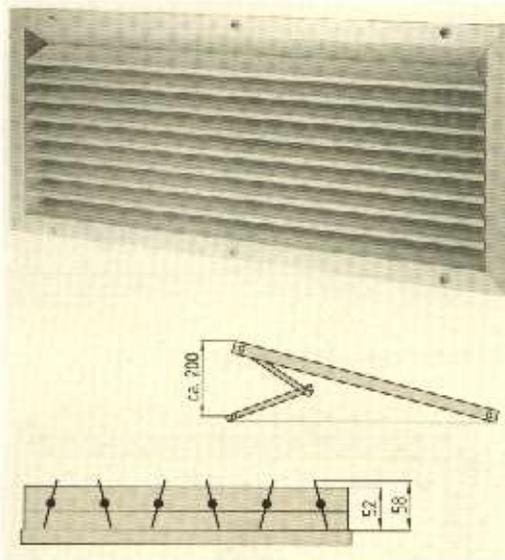
3. Mischströmung (Mischlüftung)



4. Schichten- oder Quellströmung (Quelllüftung)



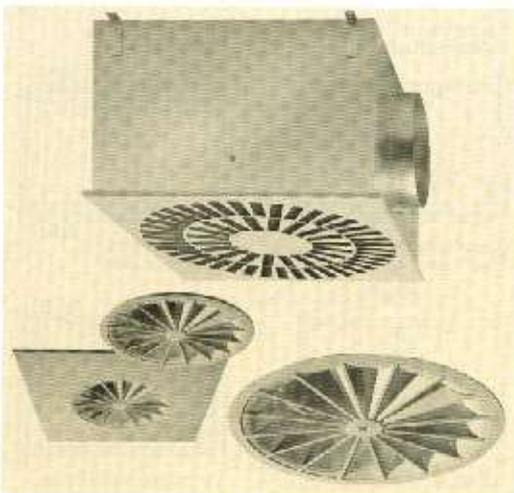
5. Verschiedene Luftführungsarten



1. Durchlassgitter für Wand- oder Kanaleinbau



2. Weitwurfdüsen mit integrierten Abluftgittern



3. Verschiedene Deckenluftauslässe

7.14 Zuluft- und Abluftdurchlässe

Nach dem jeweils gewählten Lüftungssystem kommen verschiedene Zuluftdurchlässe zum Einsatz. Sie müssen so montiert werden, dass keine Zugscheinungen, Kurzschlussströmungen und Geräusche entstehen.

Die meisten **Zuluftdurchlässe** sind für die **Mischlüftung** konzipiert. Sie erreichen eine gute Induktionswirkung. Sie können folgendermaßen unterteilt werden:

- **Einbauort:** Wand, Decke, Kanal, Fußboden, Möbel und abgehängt von der Decke
- **Wirkprinzip:** Durchlassgitter, Weitwurfdüsen, Dralldurchlässe und Plattenluftverteiler
- **Erzeugende Strahlform:** Durchlässe für runde oder ebene Frei- und Wandstrahlen
- **Strahlaustrittsrichtung:** Durchlässe mit fester und variabler Austrittsrichtung (hand- oder motorverstellbar)

Die Durchlässe werden vorrangig nach optischen Gesichtspunkten ausgewählt.

Das Bild 1 zeigt ein **Durchlassgitter** mit speziellen Einrichtungen zur Einstellung der Luftmenge (Schöpfzunge, Lochblech und Jalousie). Die Einstellung des gewünschten Luftstrahles ist bei diesen Bauteilen schwierig und meistens unzureichend. Es werden aber große Raumwalzen (Raumströmung) erreicht.

Die **Weitwurfdüsen** in Bild 2 werden dort eingesetzt, wo die Entfernung zum Aufenthaltsbereich groß ist. Der Luftraum muss frei von Hindernissen sein, damit der Luftstrahl, der mit hoher Geschwindigkeit (bis 10 m/s) austritt, nicht abgelenkt wird. Die Düsen sind häufig schwenkbar, sodass die Strahlrichtung in Abhängigkeit zur Temperaturdifferenz der Zuluft gesteuert werden kann.

Im Bild 3 sind verschiedene Ausführungen von **Deckenluftdurchlässen** dargestellt. Diese Durchlässe werden so eingestellt, dass die Luft horizontal austritt und sich an die Decke anlegt. Dadurch wird die Raumluft nach oben gezogen. Da immer mehrere Auslässe in einer Raumdecke angeordnet sind, muss der Abstand zueinander so berechnet werden, dass die Geschwindigkeiten der erzeugten Vertikalstrahlen auf den zulässigen Wert begrenzt sind.

Ohne das Abfallen der Luftstrahlen ist keine Raumluftdurchmischung möglich.

Im Bild 4 ist die Wirkungsweise eines **Dralldiffusors** dargestellt. Durch die im Diffusor angeordneten Leitbleche wird ein stark drallbehafteter Luftstrahl aufgebaut. Das bewirkt eine hohe Induktionswirkung und führt zu einem schnellen Abbau großer Temperaturdifferenzen. Dadurch besteht die Möglichkeit, große Luftmengen auch im Kühlbetrieb nahezu zugfrei dem Raum zuzuführen.

Schlitzdurchlässe werden als Deckendurchlass oder zum Einbau in Schrankwände oder runde Kanalstücke verwendet. Die Einstellmöglichkeiten sind sehr vielfältig. Bild 5 zeigt die Einstellmöglichkeiten. Dadurch kann auch bei nachträglicher Veränderung der Raumeinrichtung der Luftstrahl neu eingestellt werden.

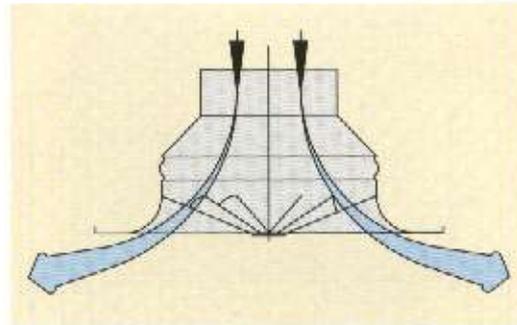
Der **Quelluftdurchlass** (Bild 6) ist für die **Schichtenströmung** ausgelegt. Da die Austrittsgeschwindigkeit nur 0,2 m/s beträgt, sollte die Temperaturdifferenz ≤ 4 K nicht unterschreiten, weil zu kalte Luft zu Zugscheinungen führt. Dieser Durchlass ist nur zum Abtransport von Wärmelasten geeignet. Die große austretende Luftmenge verdrängt die Luft zum Abluftdurchlass und nimmt die Wärme mit.

Als **Abluftdurchlässe** kommen alle Durchlässe in Betracht, die keine Einstellmöglichkeiten haben. Bei der Schichtenströmung sollten diese Durchlässe im Deckenbereich angeordnet sein. Es würden auch einfache Löcher ausreichen, denn sie haben keinen Einfluss auf die Luftführung im Raum. Hat zum Beispiel ein Zuluftdurchlass eine Wurfweite von 8 m, ist Luftströmung bis zu dieser Weite spürbar (z. B. mit angefeuchteten Fingern). Bei gleicher Geschwindigkeit am Abluftdurchlass ist die Luftströmung erst bei einem Abstand von 30 bis 40 cm spürbar.

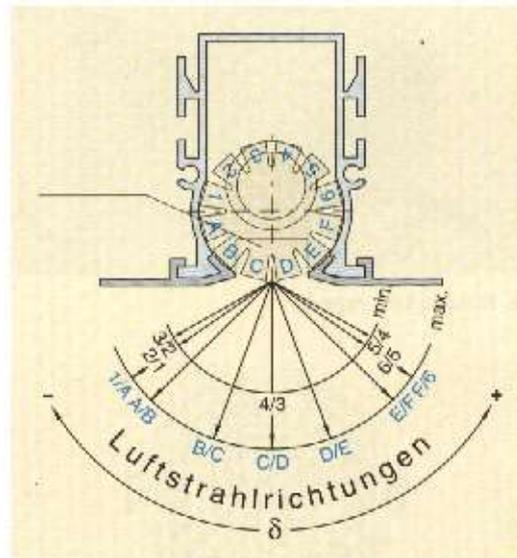
Eine brennende Kerze lässt sich schon durch normales Ausatmen löschen; es gelingt jedoch nicht, die Flamme durch intensives Einatmen zu löschen.

Aufgaben

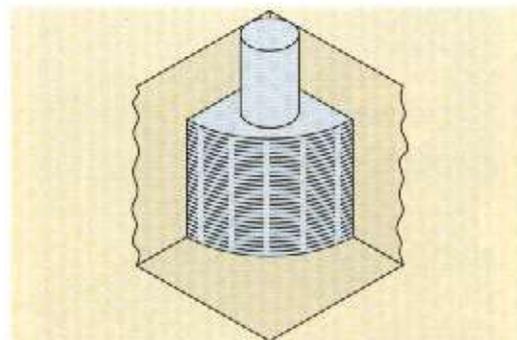
1. Wie können Zuluftdurchlässe unterteilt werden?
2. Erstellen Sie eine Tabelle mit verschiedenen Zuluftdurchlässen und vergleichen Sie diese miteinander!
3. Wann werden Quellluftdurchlässe eingesetzt?
4. Warum ist die Lage und die Art der Abluftöffnung ohne Bedeutung für die Luftführung im Raum?



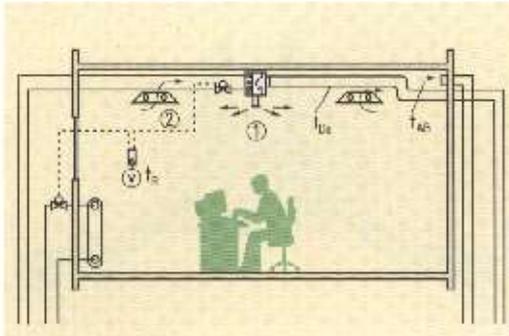
4. Dralldiffusor



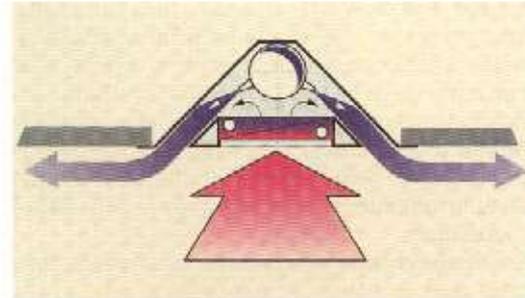
5. Einstellmöglichkeiten eines Schlitzdurchlasses



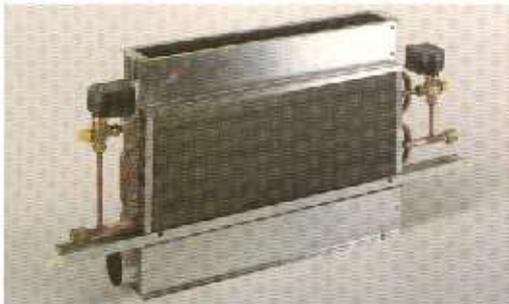
6. Quelldurchlass



1. Raum mit Deckeninduktionsgerät und Heizkörper



2. „Klimaleuchten“



3. Wand-Induktionsgerät

7.15 Spezialdurchlässe

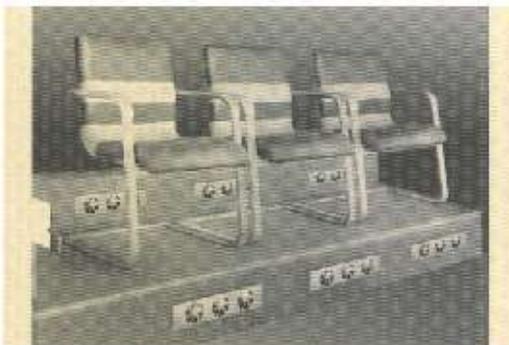
Neben den normalen Luftdurchlässen werden für spezielle Anlagen und Aufgaben besondere Durchlässe angeboten.

Induktionsauslässe (-Geräte) werden in Hochdruck-Klimaanlagen eingesetzt. Das Bild 1 zeigt eine Anlage mit statischen Heizflächen. Die Wirkungsweise ist in Bild 2 dargestellt. Der Auslass ist an ein Primärluft-Verteilnetz angeschlossen. Die Luft tritt mit hoher Geschwindigkeit aus Düsen aus. Durch Injektion wird Raumluft über einen Wärmetauscher angesaugt. Die Anlagen können als 2- oder 4-Leiter-System ausgeführt werden. Jeder Raum kann individuell geregelt werden. Das Bild 3 zeigt ein Wandgerät, das an Stelle von Heizkörpern unter Fenstern eingebaut wird.

Diese Anlagenart eignet sich besonders für den Einbau in Altbauten.



4. Stufendrallausslässe



5. Induktionsdeckenauslass

Die Raumluft in Bild 1 wird über „Klimaleuchten“ (Bild 4) an- bzw. abgesaugt. Die Beleuchtungswärme wird dann im Gerät aufbereitet oder als Abluft abgeführt. Weitere Vorteile sind, dass die Lichtausbeute und die Lebensdauer der Leuchtmittel größer werden.

Im Theater, Kino oder Konferenzraum werden die Zuluftdurchlässe im Stuhlbereich angeordnet. Die Anordnung kann in den Stufen als **Drallauslass** (Bild 5) oder direkt im Stuhl als **Schlitzauslass** sein. Dadurch wird eine zugfreie Luftführung in den dicht besetzten Räumen möglich.

Aufgaben

1. Wann werden Induktionsauslässe eingebaut?
2. Welche Vorteile bieten diese Geräte?

7.16 Wetterschutzgitter und Klappen

In die Außenwand werden spezielle Gitter eingebaut. Diese **Außenluftansauggitter** bzw. **Fortluftgitter** haben feststehende, regenabweisende Lamellen. Dahinter ist ein Maschendraht als Vogelschutz angebracht. Sie bestehen aus korrosionsbeständigem Material (verzinkter Stahl, Aluminium, Edelstahl, Kunststoff). Ein elektrisches Heizband kann das Vereisen des Gitters verhindern.

Bild 1 zeigt ein sogenanntes **Wetterschutzgitter** bei dem zusätzlich eine **Jalousieklappe** angebaut ist. Diese Klappe wird auch in das Kanalsystem als Regel-, Drossel- oder Absperrklappe zur Druck- oder Volumenstromregelung eingesetzt. Über außenliegende Kunststoff-Zahnräder werden die Lamellen gleich- oder gegenläufig verstellt (manuell, elektrisch, pneumatisch).

Die in Bild 2 dargestellte **Überdruckklappe** schließt, wenn die Anlage abgeschaltet ist. Sie wird hinter dem Wetterschutzgitter eingebaut und verhindert das unkontrollierte Eindringen von Luft (bei starkem Windanfall) und das Eindringen von Insekten.

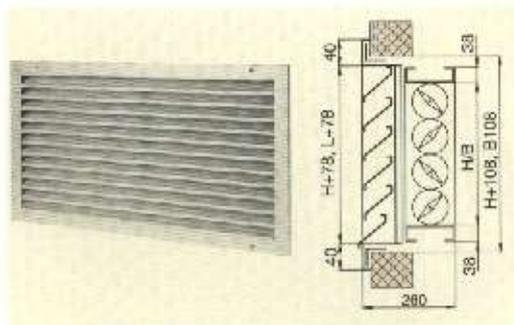
Statt einer Jalousieklappe kann auch eine kostengünstigere **Drosselklappe** (Bild 3) eingebaut werden. Sie wird manuell oder elektrisch betätigt.

Eine Klappe aus Lochblech verbessert die Regelgenauigkeit bei geringem Geräuschpegel.

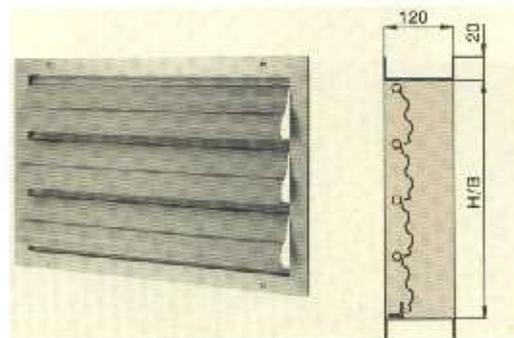
Wenn ein konstanter Volumenstrom erforderlich ist, werden **Volumenstromregler** (Bild 4) eingebaut. Die Klappe wird durch die Luftgeschwindigkeit bewegt. An einer Regeleinheit ist eine Feder und ein Dämpfer eingestellt. Wenn die Anlage mit verschiedenen Volumenströmen betrieben werden soll (Heiz- oder Kühlbetrieb), muss mithilfe mehrerer Messstellen (z. B. ein Messkreuz) eine Automatik betätigt werden.

Aufgaben

1. Wie ist ein Wetterschutzgitter konstruiert?
2. Mit welchen Bauteilen können der Volumenstrom und der Druck einreguliert werden?
3. Wodurch wird die Regelgenauigkeit einer Drosselklappe verbessert?
4. Welche Eigenschaften hat der Volumenstromregler?



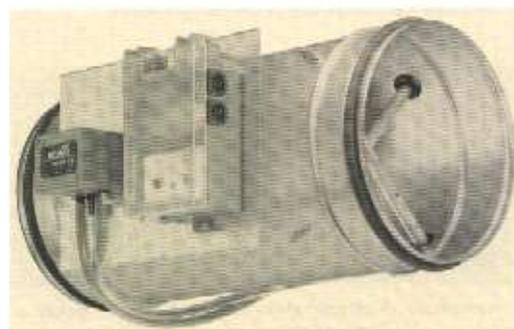
1. Wetterschutzgitter mit Jalousieklappe



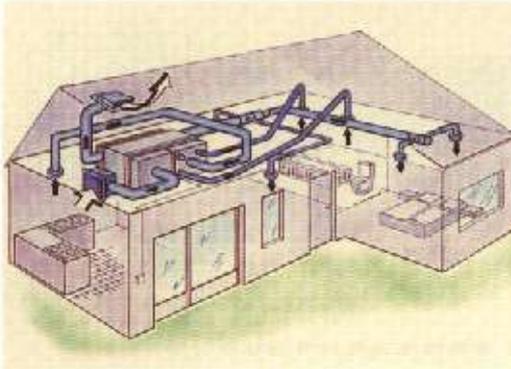
2. Überdruckklappe (-jalousie)



3. Drossel- oder Regelklappe



4. Volumenstromregler



1. Geplante RLT-Anlage in einem NE-Haus.



2. Formteile mit patentiertem Dichtungssystem

100; 106; 112; 118; 125; 132; 140; 150;
160; 170; 180; 190; 200; 212; 224; 236;
250; 265; 280; 300; 315; 335; 355; 375;
400; 425; 450; 475; 500; 530; 560; 600;
630; 670; 710; 750; 800; 850; 900; 950;
1000; 1060; 1120; 1180; 1250; 1320; 1400;
1500; 1600; 1700; 1800

3. Nennmaße (Kantenlänge) geschweißter oder gefalzter Kanäle nach DIN 24 190 (fett gedruckte Maße bevorzugen)

7.17 Kanalsystem

Das Angebot, Luft vom Aufbereitungsgerät in die Räume zu transportieren, ist sehr umfangreich.

Für die Realisierung der in Bild 1 dargestellten Anlage kommen immer mehr komplette Systeme in Betracht. Diese vereinfachen die Planung und die fachgerechte Montage.

Bild 2 zeigt die Komponenten eines Systems mit Wickelfalzrohre. Damit können alle Möglichkeiten der Luftführung realisiert werden. Die Vorteile dieser Systeme: Alle Teile passen zusammen, sind normgerecht, einfach zu montieren und es besteht eine Produkthaftung.

Der Einsatz kompletter Systeme spart Arbeitszeit bei der Planung und Montage.

Anforderungen an Kanäle und Formteile

Bei der Montage der Kanäle muss die Planung genau eingehalten werden. Schon kleine Veränderungen können einen einwandfreien Betrieb der Anlage in Frage stellen. Deshalb muss der Monteur die folgenden Grundlagen kennen:

- **Strömungstechnische Anforderungen.** Die Verbindungsstellen müssen innenbündig sein. Es sollen scharfe Kanten und zu kleine Radien bei Umlenkungen, sprunghafte Querschnittsveränderungen und hohe Widerstände bei Versteifungen vermieden werden. Die Seitenlänge der rechteckigen Kanäle sind festgelegt (Tab. 3).
- **Konstruktive Anforderungen.** Die Kanäle, Formteile und Verbindungen sollen nach der geplanten Anforderung dicht sein. Die Werkstoffe müssen nach VOB, DIN 18379 für den Verwendungszweck geeignet sein. Grundsätzlich muss der Werkstoff glatt, abriebfest, korrosionsbeständig, wasserabweisend (hygroskopisch), leicht, nicht brennbar und beständig gegen Frost, Hitze, Dehnung und Bakterien sein.
- **Versteifungen** (Bild 4) sollen verhindern, dass große Kanalflächen ins „Flattern“ geraten und dadurch Körperschall entsteht.
- Eine **Wärmedämmung** soll verhindern, dass Schweißwasser inner- und außerhalb der Kanäle entsteht. Natürlich sollen auch Energieverluste beim Heizen und Kühlen verringert werden.
- Die **Montage** muss exakt nach den Positionsnummern der Kanal- und Formstücke aus der Bauzeichnung (Bild 5) erfolgen. Dabei ist be-

sonders auf schalldämmende Befestigung, Dichtheit, Reinigungsmöglichkeit und Brandschutz zu achten.

- Da die **Montagekosten des Kanalnetzes** etwa 25 bis 50% der Installationskosten betragen, ist eine gute Auswahl der Teile und ein fundiertes handwerkliches Können der Monteure Voraussetzung für die Minimierung der Anschaffungskosten.

Die Montage einer RLT-Anlage erfolgt nach dem Baukastenprinzip.

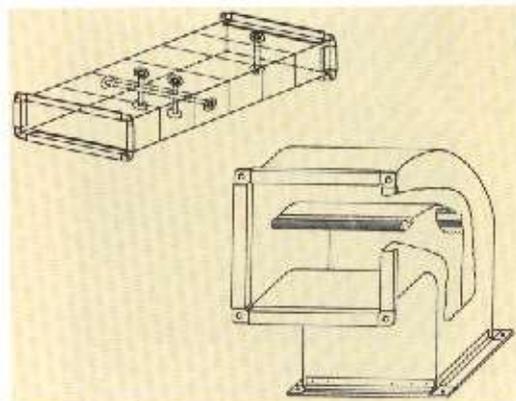
Kanalnetzberechnung

Das Kanalnetz muss so berechnet werden, dass die Volumenströme zuverlässig garantiert werden. Es können die folgenden vier Berechnungsmethoden angewendet werden. Die Gerätehersteller stellen dem Planer entsprechende Computerberechnungsprogramme zur Verfügung.

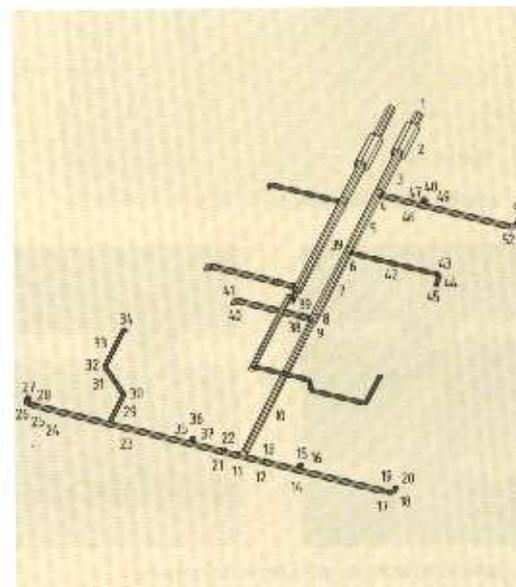
- Rechnen mit einem **konstanten R-Wert** längs des gesamten Kanalsystems. Die gleiche Methode wird auch bei der Rohrnetzberechnung einer PWWH angewendet. Bei der Kanalberechnung werden die Einzelwiderstände in äquivalente (gleichwertige) Längen umgerechnet.
- Rechnen mit einer festgelegten **Geschwindigkeit**. Die Kanalquerschnitte sind leicht festzulegen. Durch die Geschwindigkeitsbegrenzungen ist eine übermäßige Geräuschbildung sehr gering. In Tabelle 6 sind Geschwindigkeitsannahmen für Anlagenteile aufgeführt.
- Rechnen mit **konstantem Druck im Hauptkanal**. Dabei werden die nachfolgenden Teilstrecken (in Luftrichtung) so dimensioniert, dass $R \cdot l$ dieser Strecke genauso groß ist wie der Druckrückgewinn am Abzweig infolge der Geschwindigkeitsabnahme. Diese Methode wird am häufigsten für Computerprogramme verwendet.
- Rechnen mit einer **vorgegebenen Druckdifferenz**. Dabei ist ein Ventilator vorhanden, zum Beispiel in einem Kompaktklimagerät.

Aufgaben

1. Was muss bei der Planung und der Montage eines Kanalsystems beachtet werden?
2. Nach welchen Methoden kann ein Kanalsystem berechnet werden?
3. Was bedeutet: Einzelwiderstände werden in gleichwertige Längen umgerechnet?



4. Kanalversteifungen



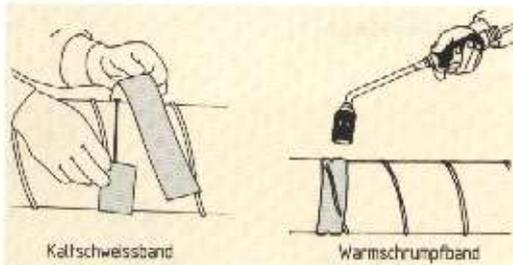
5. Montagezeichnung

Anlagenteil	Komfortanlagen	Industrieanlagen
Zuluftdurchlass (Gitter)	1,5 ... 3 ... 4	3 ... 5
Abluftgitter	2 ... 3	3 ... 4
Außenluftjalousie	2 ... 4	4 ... 6
Hauptkanal	4 ... 8	8 ... 12 ... 14
Abzweigkanal	3 ... 5	5 ... 8

6. Geschwindigkeitsannahmen (m/s) in einer Niederdruckanlage



1. Einsatz von Wickelfalzrohren



2. Verbindung runder Kanäle



3. Steckverbindungen mit Spezialbefestigung



4. Flexible Rohre und Schläuche

7.18 Luftleitungen und Kanäle

An die Luftleitungen und Kanäle werden vielfältige Anforderungen gestellt. Im Folgenden werden die verschiedenen Arten beschrieben.

Lüftungsröhre und Formteile

Diese „runden Kanäle“ kommen zunehmend zum Einsatz. Sie brauchen weniger Material und Wärmedämmung gegenüber eckigen Kanälen, sind preisgünstig in der Herstellung, einfach zu montieren, formstabil, dicht zu verbinden und haben geringe Druckverluste.

Längsgefaltete und geschweißte Blechrohre werden immer mehr von **Wickelfalzrohren** (Bild 1) verdrängt. Sie werden mit modernen Rohrwickelmaschinen durch Wendefalz (Zargenfalz) aus Schmalbandrollen (verzinktem Stahlblech, Aluminium, Edelstahl) hergestellt.

Die Verbindungsmöglichkeiten von Rohr und Formteil zeigen die Bilder 2 und 3. Aluminium-Klebeband nur zum Abdichten verwenden!

Flexible metallische Rohre (Flexrohre) werden aus dünner Aluminium-Folie durch Überlappen und Verfalzen einer oder mehrerer Schichten hergestellt. Bild 4 zeigt verschiedene Lieferformen. Sie können einfach mit den Händen verformt und mit einem Messer zugeschnitten werden. Der Biegeradius beträgt $1 \cdot D$.

Sie werden in halbflexibel (1 Lage Alu), flexibel (2 Lagen Alu) und hochflexibel (3 Lagen Alu) eingeteilt. Gestauchte Rohre können von 1,2 m (Lieferzustand) auf 5 m gezogen werden.

Die Rohre werden hauptsächlich als Anschlussleitungen (Stichleitungen) zu Luftdurchlässen und in kleinen RLT-Anlagen eingesetzt. Sie können auch mit eingebautem Dämmstoff geliefert werden.

Die Flexrohre sind auch Grundlage biegebarer Telefoneschalldämpfer. Außerdem gibt es ovale und rechteckige Flexrohre aus dem gleichen Material, die eingesetzt werden, wenn im Fußboden oder in der Zwischendecke wenig Platz vorhanden ist.

Drahtverstärkte **Luftschläuche** bestehen aus Aluminium/Polyester/Aluminium mit eingewickelter oder eingeschweißter Stahldrahtspirale. Sie sind hochflexibel und dürfen eingebaut werden, wenn keine Brandschutzauflagen bestehen. Der Biegeradius beträgt $0,6 \cdot D$. Aus 0,6 m Lieferlänge werden 10 m Verarbeitungslänge.

Flexrohre und Schläuche lassen sich einfach und schnell verarbeiten.

Blechkanäle und Kanalformteile

Blechkanäle aus verzinktem Stahl werden meistens industriell angefertigt. Der Monteur muss aber in der Lage sein, Änderungen vorzunehmen oder Passstücke anzufertigen. Dabei sind Normen und Regeln einzuhalten. Insbesondere bei den Blechdicken, Nennmaßen, Formteilabmessungen und Verbindungstechniken.

Diese Kanäle lassen sich bestens an die baulichen Gegebenheiten in der Zwischendecke oder im Unterboden anpassen.

Die Kanalstücke (meistens 1 m lang) werden durch die in Bild 5 dargestellten Falzarten hergestellt. Der **Liegefalz (Längsfalz)** wird am häufigsten angewendet.

Kanäle und Formteile werden industriell gefertigt und müssen nur noch montiert werden. Wenn sie passen! Sonst müssen sie vor Ort geändert oder zurückgeschickt werden.

Das Bild 6 zeigt verschiedene **Kanalverbindungsarten**. Nieten, Schrauben oder Schiebefalze sollten nicht mehr eingesetzt werden, denn die Kanalstücke sollen zwecks Reinigung wieder mühelos zu lösen sein. Als Dichtung zwischen den Spezialprofilen kommen einseitig klebbare Dichtbänder („Moosgummi“) aus keramischer Faser, PE-Schaum oder PVC-Schaum zum Einsatz.

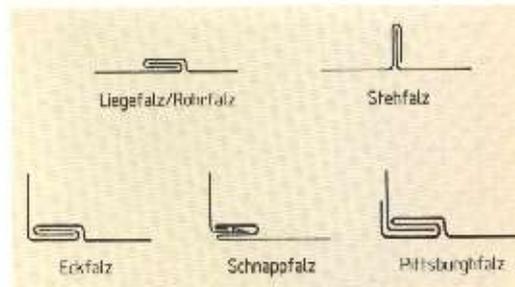
Silikon und Aluminiumbänder sind tabu.

In Bild 7 sind die verschiedenen **Befestigungsmöglichkeiten** runder Luftleitungen und eckiger Kanäle zu sehen. Sie müssen natürlich für den jeweiligen Verwendungszweck geeignet, stabil und schalldämmend sein.

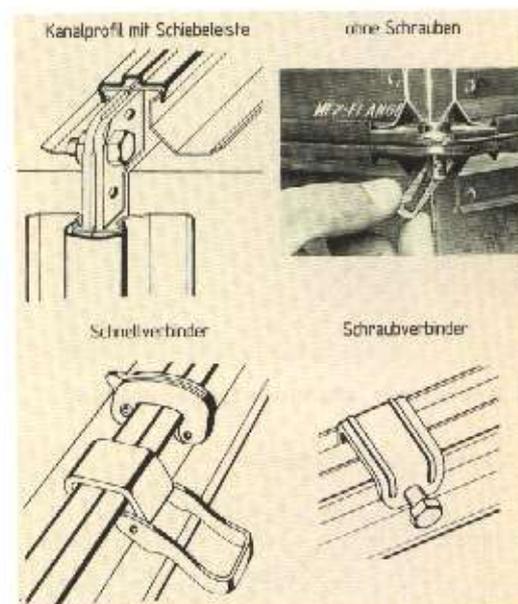
Außer den schon aufgeführten **Materialien** werden Kanäle auch aus Faserzement- und Rigipsplatten angefertigt. Lüftungschächte können aus Mauerwerk, Beton und Betonteilen hergestellt werden. Auch Hohlräume in Wänden oder Decken werden zum Lufttransport verwendet.

Aufgaben

1. Welche Vorteile haben Wickelfalzhöhre?
2. Was versteht man unter „Flexrohre“?
3. Welche Vorteile und Nachteile haben Blechkanäle?
4. Welche Eigenschaften müssen Kanalbefestigungen haben?
5. Aus welchen Materialien können Luftkanäle und Luftschächte hergestellt werden?



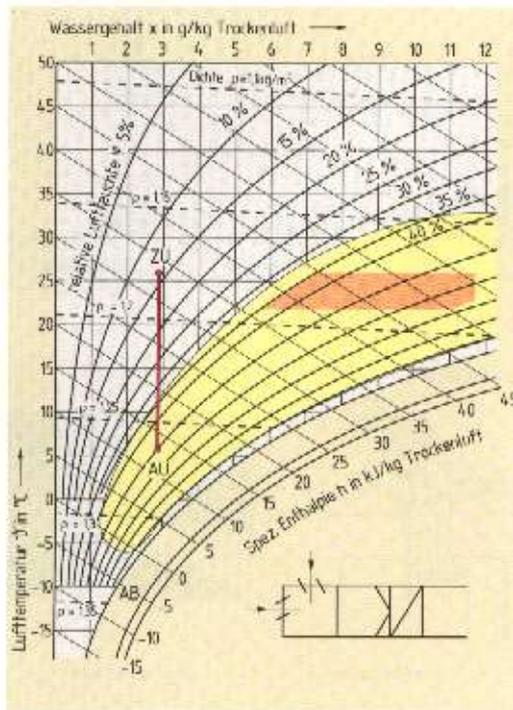
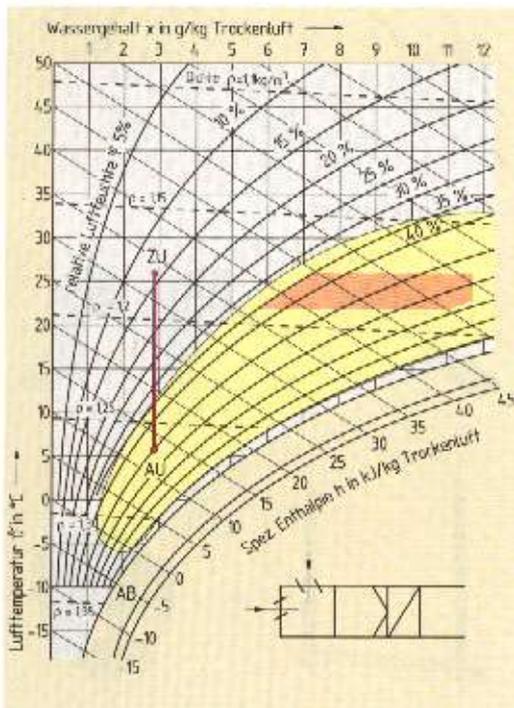
5. Die häufigsten Falzarten



6. Kanalverbindungsarten



7. Kanalbefestigungen

1. h - x -Diagramm „Mischen von Um- und Außenluft“2. h - x -Diagramm „Heizen“

7.19 Zustandsänderungen der Luft

Um die Luftzustände bei den verschiedenen thermodynamischen Luftbehandlungen zu ermitteln bzw. darzustellen, verwendet man das h - x -Diagramm nach Mollier. Diesem Diagramm sind folgende Zustandsgrößen zu entnehmen:

- Temperatur δ
- Wassergehalt (absolute Feuchte) x
- Relative Feuchtigkeit φ
- Wärmeinhalt (Enthalpie) h
- Dichte ρ

In den Diagrammen 1 bis 5 ist die Behaglichkeitszone und der Bereich, der 90 % aller Luftzustände umfasst, hervorgehoben. Außerdem sind die Symbole der Bauteile eingezeichnet, die die Luftbehandlungen durchführen.

Mischen von Umluft und Außenluft

Beim Mischen dieser beiden Luftarten wird der Mischpunkt M ermittelt. Er liegt auf der Verbindungsgeraden der Zustandspunkte der Um- und Außenluft. Im Diagramm 1 ist der Außenluftanteil 50 %.

Der Luftzustand nach dem Mischen ist Ausgangspunkt für die weitere Luftbehandlung.

Heizen

Bei der Erwärmung der Luft bleibt die absolute Feuchte gleich. Es ändert sich die relative Feuchtigkeit. Im Diagramm 2 ist ein Außenluftbetrieb dargestellt.

Im Heizbetrieb sinkt die relative Feuchtigkeit der Zuluft sehr stark.

Kühlen

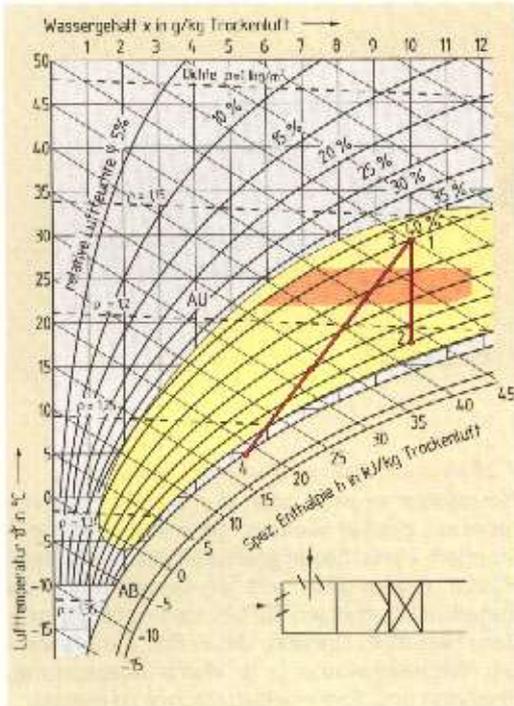
Nach der Taupunkttemperatur t_{TP} wird zwischen „trockener“ und „nasser“ Kühlung unterschieden. Im Diagramm 3 sind beide Arten dargestellt.

Kühleroberfläche oberhalb des Taupunktes.

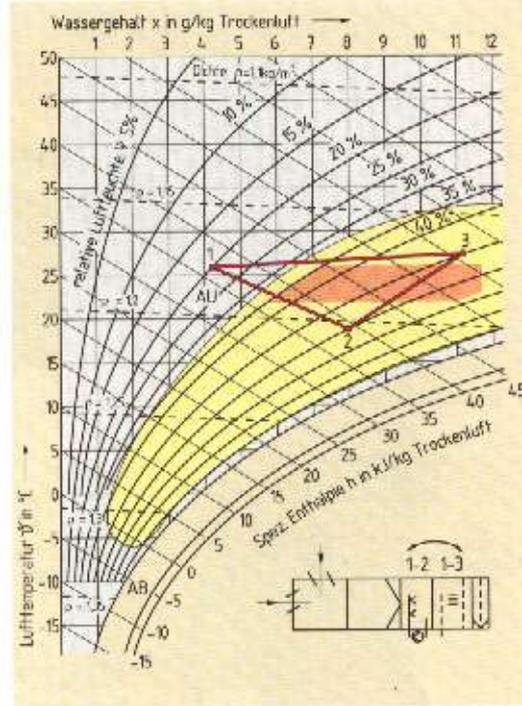
Die absolute Feuchte bleibt gleich und die relative Feuchte ändert sich. Der Luft wird nur sensible Wärme entzogen. Der Kühler bleibt trocken.

Kühleroberfläche unterhalb des Taupunktes.

Die absolute und die relative Feuchte ändern sich. Der Luft wird sensible und latente Wärme entzogen. Über den Kondensatablauf muss das Wasser abgeführt werden.



3. h-x-Diagramm „Kühlen“



4. h-x-Diagramm „Befeuchten“

Befeuchtung durch Zerstäubung (adiabatisch)

Beim Verdunsten des zerstäubten Wassers (Wassertemperatur ungefähr Lufttemperatur) wird der Luft Wärme entzogen. Die Luft kühlt ab, aber der Wärmeinhalt bleibt annähernd gleich. Eine Nacherwärmung kann notwendig werden.

Befeuchtung durch Verdampfung (isotherm)

Da das Wasser schon verdampft ist, bleibt die Lufttemperatur annähernd gleich (maximale Erwärmung bis 1 K, Diagramm 4).

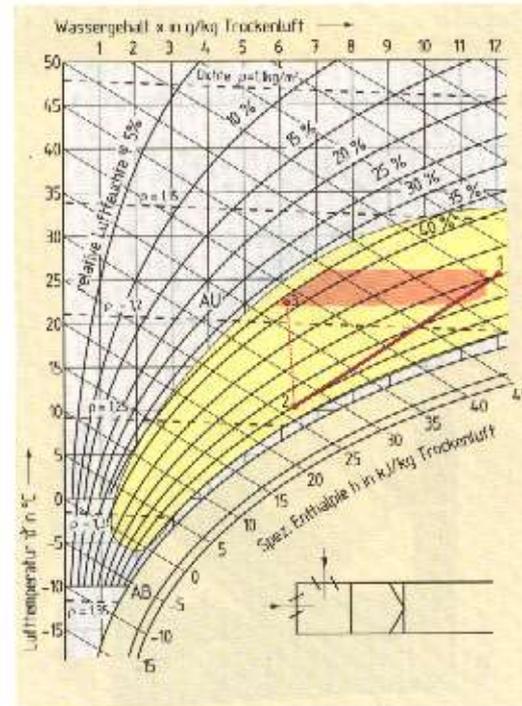
Entfeuchtung

Die Entfeuchtung kann durch Kühlen unter den Taupunkt (Diagramm 5) und durch Adsorption erfolgen.

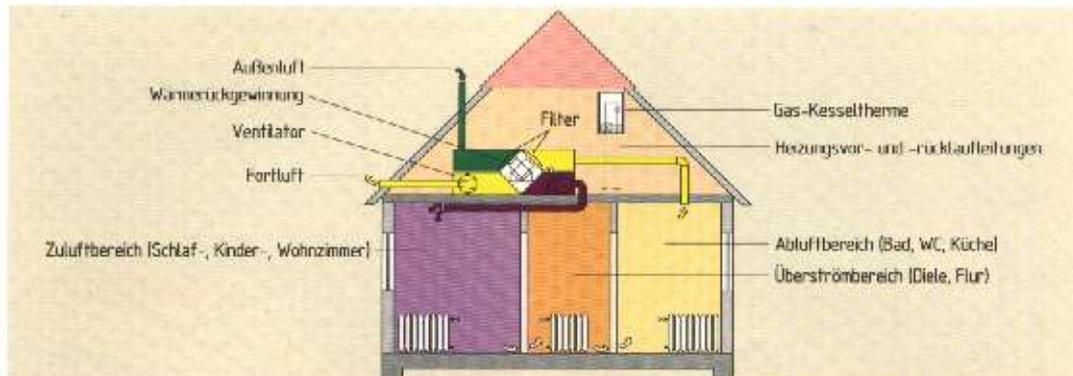
Beim **Kühlverfahren** muss nacherwärmt werden. Bei den **Sorptionsverfahren** (aufsaugen, aufnehmen) erwärmt sich die Luft durch das im Adsorber (Kieselgel, spezielle Kunststoffe) gebundene Wasser (Kondensationswärme). Die Luft muss eventuell wieder abgekühlt werden.

Aufgaben

1. Welche Luftzustände sind dem h-x-Diagramm zu entnehmen?
2. Lesen Sie die Zustandswerte der 5 Diagramme!



5. h-x-Diagramm „Entfeuchten“



1. Kontrollierte Wohnungslüftung



2. Wärmeverluste und Wärmegevinne eines Hauses

7.20 Wärmerückgewinnung (WRG)

Neubauten müssen nach der Wärmeschutzverordnung gebaut werden. Dies entspricht dem Standard eines Niedrigenergiehauses. Da diese Häuser absolut dicht sind (sie werden mit 50 Pa abgedrückt), müssen sie be- und entlüftet werden. Hier ist es sinnvoll, die in Bild 2 dargestellten Wärmegevinne (z. B. durch Beleuchtung, Personen und Sonneneinstrahlung) zu nutzen.

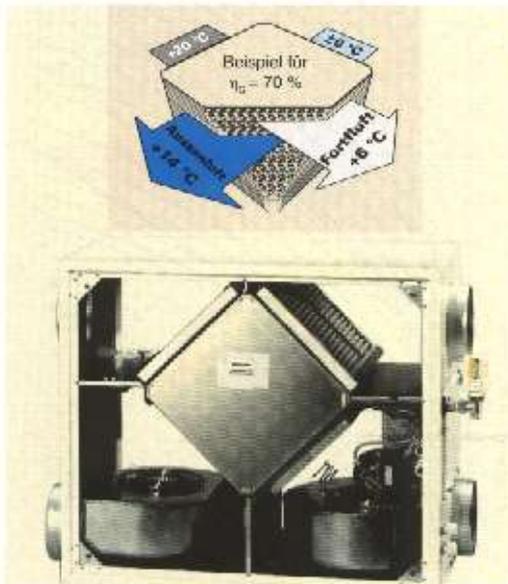
Eine raumlufttechnische Anlage bietet sich geradezu an. Ja, sie ist sogar notwendig, damit der erforderliche Luftwechsel erreicht wird. Im Bild 1 ist ein Haus mit kontrollierter Wohnungslüftung zu sehen. Diese Anlage hat einen Plattenwärmetauscher.

Alle Wärmerückgewinnungsanlagen werden in die Fort- und Außenluftkanäle eingebaut.

Plattenwärmetauscher

Dieser Wärmetauscher (Bild 3) wird auch Rekuperator (Luftvorwärmer) genannt. Die warme Fortluft wird getrennt durch dünne, parallel angeordnete Platten (Kunststoff, Aluminium) an der kalten Außenluft vorbeigeführt. Durch Wärmeleitung wird Energie übertragen. Die Luft kann im Kreuz- oder im Gegenstrom geführt werden.

Einzelgeräte werden meistens im Dachgeschoss eingebaut. Bei einer Gasheizung (Brennwertgerät) wird es in das Abgasrohr eingebaut und nutzt dadurch die Restwärme der Abgase. Durch die Schrägstellung des Wärmetauschers kann das Reinigungswasser und das Kondensat abgeleitet werden. Ein Geruchsverschluss (Wassersperre durch U-Rohr) muss in den Ablauf eingebaut werden, damit keine Umgebungsluft angesaugt wird.



3. Schema und Aufbau eines Plattenwärmetauschers

Kreislaufverbundsystem (KV-System)

Bei diesem regenerativen (Vorwärmen) System sind im Fort- und im Außenluftkanal je ein Lamellenrohrwärmetauscher eingebaut, die mit Rohrleitungen verbunden sind und mit Sole (Wasser-Glykol-Gemisch) gefüllt werden. Eine Umwälzpumpe transportiert die Energie im Wärmeträger. Das System muss als geschlossene Anlage (Bild 4) abgesichert werden. Diese Anlagenform ist dem Heizungsbauer von seinen Wasserheizungsanlagen bekannt.

Das KV-System ist besonders für den nachträglichen Einbau und bei weit auseinanderliegenden Fort- und Außenluftkanälen geeignet.

Eine Temperaturdifferenzregelung für die Pumpe ist bei einfachen Anlagen ausreichend. Im Bild 5 ist eine Kompaktanlage mit Mischregelung und drehzahl geregelter Pumpe dargestellt. Dadurch wird die Wärmeübertragungsleistung geregelt und Reifbildung verhindert. Außerdem werden die Betriebskosten gesenkt.

Wärmerohre (Heat Pipes)

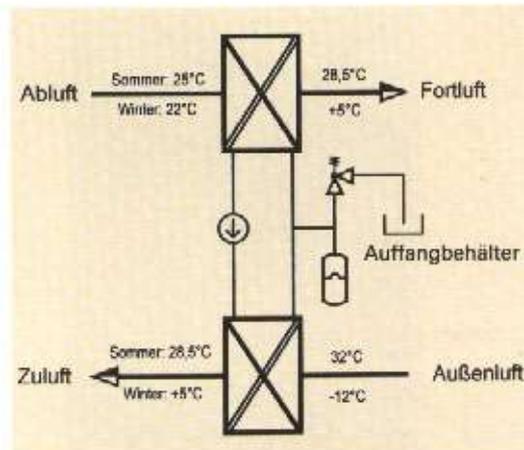
Dieses System besteht aus evakuierten (luftleeren) Rippenrohren, in denen Kältemittel bei konstanter Temperatur verdampft und sich verflüssigt. Das Bild 6 zeigt die Arbeitsweise. Die warme Fortluft lässt das Kältemittel in der unteren Rohrhälfte verdampfen. Durch die kalte Außenluft kondensiert es in der oberen Rohrhälfte und fällt infolge der Schwerkraft wieder nach unten. Die Außenluft erwärmt sich.

Flüssigkeit und Dampf sind bei jeder Temperatur im Gleichgewicht. So kann jede Rohrreihe mit einem anderen Temperaturniveau arbeiten. Dies ist besonders bei hohen Temperaturen (Industrieanlagen bis 700 °C) vorteilhaft.

Das Wärmerohr arbeitet wie eine Wärmepumpe, aber ohne Antriebsenergie.

Rotationswärmetauscher

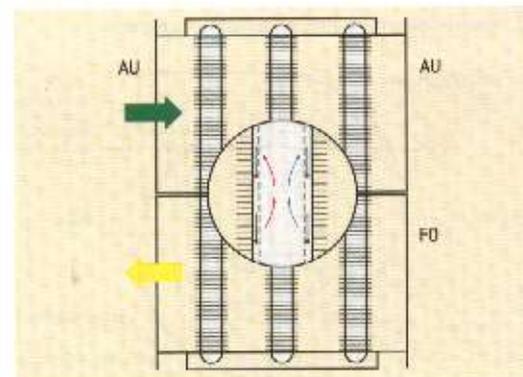
Der regenerative Wärmetauscher in Bild 7 arbeitet mit einem langsam rotierenden Speicher (Drehzahl 5 bis 15/min) aus wellenförmiger Alu- e, der gegenläufig von der Fort- und von der Außenluft durchströmt wird. Hierbei wird Energie ausgetauscht. Wenn die Speichermasse aus ke-



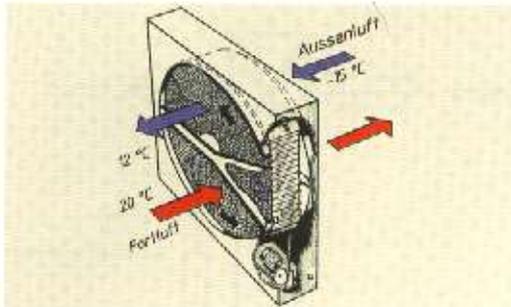
4. Schema eines KV-Systems



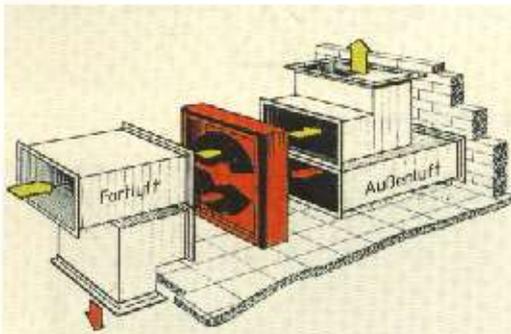
5. KV-System (Kompaktanlage)



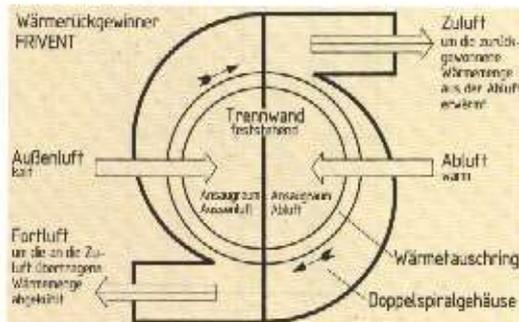
6. Schema eines Wärmerohres



7. Schema eines Rotationswärmetauschers



8. Anordnungen von Rotationswärmetauschern



9. Spezial-Rotationswärmetauscher (Frivent)

ramischen, mineralischen und metallischen Werkstoffen oder Kunststoff besteht, können sensible oder latente Wärme übertragen werden.

Das Bild 8 zeigt verschiedene Anordnungsmöglichkeiten. Die großen Baumaße (0,6 bis 5 m Durchmesser; 0,2 m Bautiefe) zwingen zu einem separaten Einbau.

Rotationswärmetauscher haben eine hohe Rückwärmezahl.

Bei diesem System nimmt die Außenluft zusätzlich Feuchtigkeit aus der Speichermasse auf. Das bedeutet, die Zuluft muss später nicht so stark befeuchtet werden. Dies kann aber auch ein Nachteil sein, denn mit der Feuchte werden Geruchsstoffe in die Außenluft übertragen.

Eine besondere Art eines Rotationswärmetauschers ist in Bild 9 dargestellt. In einem Doppelspiralgehäuse mit 2 Ansaug- und 2 Ausblasöffnungen werden mit einem Ventilatorrad aus offenporigem Schaum gleichzeitig Außen- und Fortluft gefördert und Wärme ausgetauscht.

Wärmepumpe mit Kompressor

Die Funktion einer Kältemaschine (Wärmepumpe) wurde schon im Heizungsteil behandelt.

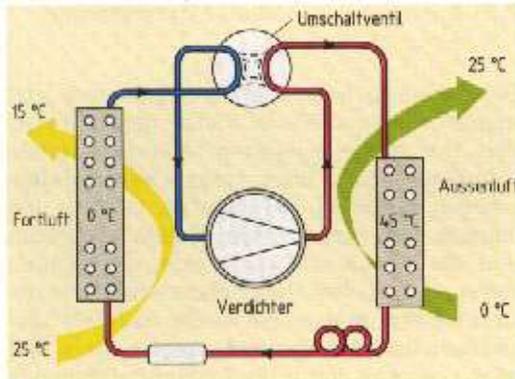
Sie kann als „Luftkühler“ im Zentralgerät eingebaut sein. Die beim „Kühlen“ oder „Entfeuchten“ anfallende Wärme (Abfallwärme) kann durch ein Umschaltventil zum Nacherwärmer, in einen Pufferspeicher oder in die Trinkwassererwärmung geleitet werden.

Der Einsatz eines Systems mit der Zuführung von Kompressorwärme (Exergie) ist nur dann sinnvoll, wenn in einer Anlage gekühlt und gleichzeitig entfeuchtet werden muss (Schwimmbäder, Wäschereien). Hier kann die Wärme des Kondensates (etwa 700 Wh je Liter) voll genutzt werden. Auch dann kann die Wärmepumpe, wie in Bild 10 dargestellt, in den Außen- und Fortluftkanal eingebaut werden.

Die Leistungszahl sollte mindestens 3 betragen.

Absorptionswärmepumpe

Im Bild 12 ist das Schema einer Wärmepumpe dargestellt, die mit einer Lithium-Bromid-Wasserlösung ($\text{LiBr-H}_2\text{O}$) arbeitet. Sie benötigt für ihren Betrieb nur 2 Flüssigkeitspumpen.



10. Schema einer WRG mit einer Wärmepumpe

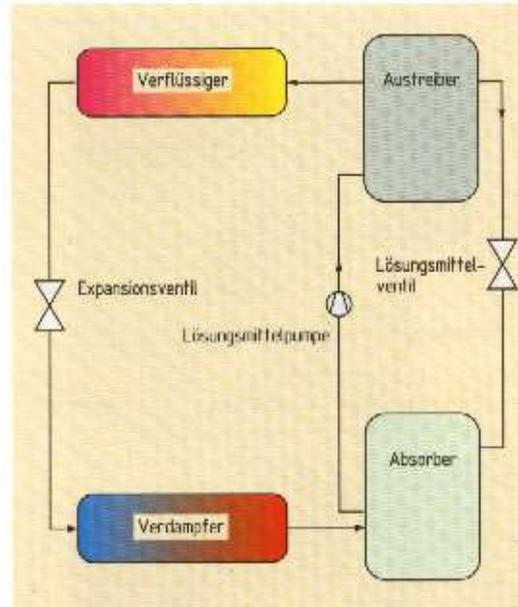
Die Tabellen 11 und 13 zeigen die Eigenarten und die Auswahlkriterien von Plattenwärmetauscher (PWT), Kreislaufverbundsystem (KVS), Wärmerohr (WR), Rotationswärmetauscher (RWT), Wärmepumpe mit Kompressor (WP-K) und Absorptionswärmepumpe (WP-A).

Aufgaben

1. Unter welchen Bedingungen ist WRG sinnvoll?
2. Wodurch unterscheiden sich die WRG-Systeme?
3. Erklären Sie den Aufbau eines Plattenwärmetauschers!
4. Warum ist das Kreislaufverbundsystem dem Heizungsbauer vertraut?
5. Welches System könnte als „Schwerkraftwärmepumpe“ bezeichnet werden?
6. Welche besonderen Eigenschaften hat der Rotationswärmetauscher?
7. Wann ist der Einsatz einer Wärmepumpe sinnvoll?
8. Nach welchen Kriterien werden WRG-Systeme ausgewählt?

System	FO- und AU-Luft räumlich getrennt	Stoffaustausch ist möglich (Feuchte)	Bewegte mechan. Teile vorhanden	Rückwärmezahl (trocken)
PWT	nein	nein	nein	45 ... 65 %
KVS	ja	nein	ja	40 ... 70 %
WR	nein	nein	nein	35 ... 70 %
RWT o. hydr. Masse	nein	ja (gering)	ja	65 ... 80 %
Masse mit hydr. Masse	nein	ja (hoch)	ja	65 ... 80 %
WP-K	ja	nein	Kompressor Pumpen	Leistungszahl 3 ... 4
WP-A	ja	nein		–

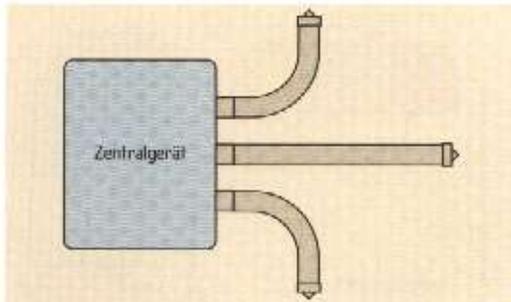
11. Eigenarten verschiedener Systeme



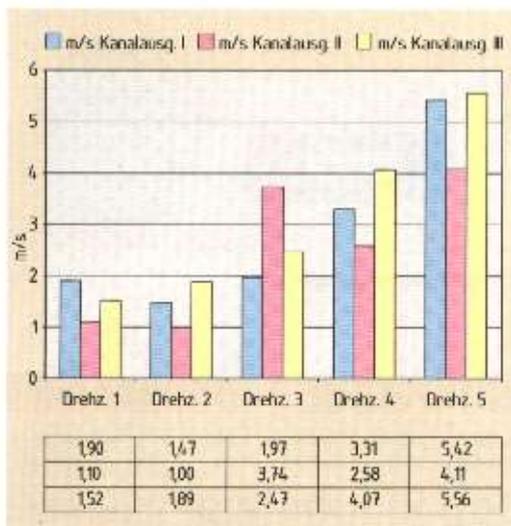
12. Absorptionswärmepumpe

System	PWT	KVS	WR	RWT	WP-K
Lage FO-AU	zusammen	auseinander	zusammen	zusammen	auseinander
Platzbedarf	groß	gering	gering (Filter)	groß	gering
Leistungsregelung	einfach (Volumenstrom/Bypass)	einfach (Pumpendrehzahl)	einfach (Bypass/Kippstellung)	einfach (Drehzahl)	einfach (Pressostat)
Einfriergefahr	gering	Frostschutzmittel	gering	gering	gering
Wartung	gering	gering	regelmäßig kurzfr.	gering bis groß	gering
Gerätekosten incl. Installation	1,00 bis 1,60 DM je m ³ /h	1,20 bis 2,00 DM je m ³ /h	1,00 bis 1,00 DM je m ³ /h	0,90 bis 1,50 DM je m ³ /h	nicht vergleichbar
Energiebedarf bez. auf Energiegewinn	5 %	5 %	< 1 %	< 1 %	nicht vergleichbar

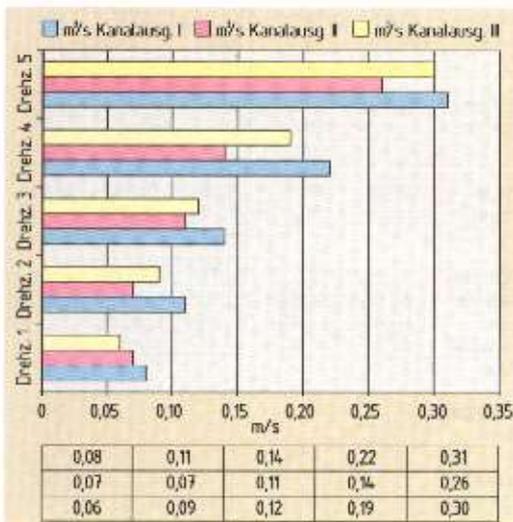
13. Auswahl eines Wärmerückgewinnungssystems



1. RLT-Anlage mit Einzelkanälen



2. Darstellung der Luftgeschwindigkeitsmessungen



3. Darstellung der Volumstrommessungen

7.21 Inbetriebnahme und Einregulierung einer RLT-Anlage

Die Anlage ist fertig montiert. Spätestens jetzt müssen alle Bauteile und Kanäle gereinigt werden. Eine grobe **Reinigung** kann durch große Luftmengen bzw. hohe Luftgeschwindigkeiten erfolgen. Natürlich sind dabei die Luftfilter und Bauteile mit hohen Widerständen ausgebaut und die Räume sind noch nicht eingerichtet. Wenn an die Luftreinheit höhere Ansprüche gestellt werden, müssen die Kanäle nach den Spezialfiltern feucht ausgewischt werden. Dazu sind richtig gesetzte, luftdichte Reinigungsöffnungen (Revisionsklappen) notwendig.

Funktionsprüfung

Nachdem alle Bauteile und Luftdurchlässe eingebaut und die Einstellungen (z. B. Ventilator-drehzahl, Volumenstromregler, Zuluftdurchlässe) nach der Montagezeichnung vorgenommen wurden, muss eine Funktionsprüfung durchgeführt werden.

Gemäß dem von der Firma aufgestellten Wartungsplan werden nun alle Teile der Anlage entsprechend geprüft. Bei dieser Gelegenheit kann der Monteur feststellen, ob der Wartungsplan vollständig und ausführbar ist.

In Zusammenarbeit mit dem Regelungstechniker werden alle elektrischen Schaltfunktionen (z. B. Stromaufnahmen, Druckschalter, Meldeeinrichtungen, Brandschutzklappen) überprüft.

Automatische Temperatur- und Feuchte-regelungen erst nach der Volumenstrom-regulierung einstellen!

Druckabgleich – Einregulieren der Anlage

Das Einregulieren größerer Anlagen wird vom bauleitenden Monteur zusammen mit dem Techniker oder Ingenieur der Montagefirma durchgeführt.

Der statische Druck, der vom Ventilator erzeugt wird, muss im Kanal bis zu den Luftdurchlässen abgebaut werden. Die Anlage muss dicht sein. Es gibt drei Möglichkeiten des Druckabgleichs:

- **Aufteilen eines Kanals in mehrere Einzelkanäle** (Bild 1). Dabei müssen die einzelnen Zuluftdurchlässe den gleichen Abstand vom Ventilator haben (nur in kleinen Anlagen).
- **Drosselung durch Drossel- oder Jalousieklappen**. Diese Klappen werden in die Luftleitung bzw. in den Kanal eingebaut. Die Einstel-

lung wird aus Diagrammen entnommen. Dabei muss immer der Schalldruckpegel beachtet werden. Statt Klappen können auch feste Widerstände (Blenden aus Lochblech) eingebaut werden.

- **Drosselung am Zuluftdurchlass.** Durch die Verstellung von Lochblechen, Schlitzschieber oder Schöpfzungen wird die Luftgeschwindigkeit bzw. der Luftvolumenstrom nach Diagrammwerten eingestellt.

Wichtige Einregulierungen

Eine exakte Einregulierung der einzelnen Kanalstränge ist nur durch **Volumenstrommessungen** möglich. Hierzu müssen Messstellen in Form von Bohrungen in der Kanalwandung vorhanden sein ($2 \text{ bis } 3 \cdot D$ hinter und vor Formstücken im geraden Kanal- oder Luftleitungsstück). Die Bilder 2 bis 4 zeigen das Messen am Kanal und die Auswertung in Form von Diagrammen.

Messungen müssen immer im laminaren (gleichmäßigen) Luftstrom durchgeführt werden.

Die **Einstellung der Luftdurchlässe** erfolgt durch Messung der Austrittsgeschwindigkeit. Das Bild 5 zeigt verschiedene Messgeräte.

In vielen Fällen ist die Luftströmung schlecht messbar. Die **Luftführung im Raum** kann am besten mit Rauchpulver überprüft werden. Der Rauch zeigt die Luftbewegung. Auch der Über- oder Unterdruck im Raum kann so an Türen und Fenstern festgestellt werden.

Bei der Benutzung von Rauchpulver muss die Rauchmeldeeinrichtung abgeschaltet werden.

Nachdem der Regelungstechniker die Automatik der Regelung eingestellt und alle Schaltfunktionen überprüft hat, muss der Monteur das **Bedienungspersonal** einweisen. Dabei muss eine Bedienungs- und Wartungsanweisung übergeben und ein Protokoll angefertigt werden.

Aufgaben

1. Welche Arbeiten müssen vor dem Druckabgleich durchgeführt werden?
2. Wie kann ein Druckabgleich durchgeführt werden?
3. Warum ist eine umfangreiche Einweisung wichtig?



4. Messen am Kanalmodell



5. Messgeräte zum Messen des Kanaldruckes und der Luftgeschwindigkeit



Beiblatt

Überprüfung und Wartung raumlufttechnischer Anlagen (RLT-Anlagen)

Allgemeines:

Inaugenscheinnahme der gesamten RLT-Anlage, soweit dies beim Begehen der Anlage möglich ist;

Feststellen sichtbarer Mängel bzw. Störungen

1. Lüftungsanlagen, Lüftungsgeräte

1.1 Anlage, Gerät auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion und Befestigung prüfen/entsprechend den bei der Anlage vorhandenen Herstellerunterlagen

1.2 Lüfterrad auf Unwucht prüfen, Lager auf Geräusche prüfen, ggfs. schmieren, Keilriemen auf Risse bzw. Bruchigkeit prüfen, ggfs. erneuern, Keilriemen spannen/entsprechend den bei der Anlage vorhandenen Herstellerunterlagen

1.3 a) Luftfilter reinigen, spülen, trocknen und neu einsetzen, Filterkammer reinigen

b) Filtermatten bzw. Filterpakete auswechseln

c) Kohlenfilter-Transport auf Funktion prüfen, Filterwiderstand feststellen, Antrieb prüfen, Vorrat prüfen, ggfs. erneuern

d) Elektrostatische Filter auf Verschmutzung prüfen, gemäß Herstellervorschriften reinigen, Ionisationsdrähte auf Beschädigung prüfen, ggfs. erneuern, Isolatoren auf Festigkeit prüfen, ggfs. erneuern (1.3 a – d falls vorhanden)

1.4 Luftbeizler

a) Luft/Flüssigkeit
Auf luftseitige Verschmutzung, Korrosion, Beschädigung prüfen, Vor- und Rücklauf Heilmitteln auf Funktion prüfen, Wärmetauscher luftseitig reinigen, ggfs. flüssigseitig entlüften

b) Heilmittel-Luftbeizler
Auf Korrosion, Verzunderung und Funktion prüfen, Sicherheitseinrichtung prüfen, luftseitig reinigen

1.5 Bauelemente zur Luftverteilung

a) Wellenschubgitter
Prüfen auf Korrosion und Befestigung, reinigen

b) Auslassgitter
Prüfen auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion und ordnungsgemäße Befestigung, ggfs. Gitter reinigen

c) Brandschutzklappen (Prüfergebnis beachten)
Einrastvorrichtung und Auslösevorrichtung auf Verschmutzung und Funktion prüfen, Auslöseelement erneuern/entsprechend den bei der Anlage vorhandenen Herstellerunterlagen

Stellungsanzeige auf Funktion prüfen

d) Jalousieklappen
Auf Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion und Funktion prüfen, Klappen reinigen, Lager und Gestänge schmieren, Gestänge auf festen Sitz prüfen

2. Klimaanlage

Allgemeines:

Bei Klimaanlage mit den Luftbehandlungsfunktionen, Luftfeuchten, Kühlen, Befeuchten und Nachwärmen sind zusätzlich zu den Arbeiten unter Ziffer 1 nach folgende Arbeiten auszuführen:

2.1 Luftkühler (Luft/Flüssigkeit)

Auf luftseitige Verschmutzung, Korrosion, Beschädigung prüfen, Vor- und Rücklauf Kühlmedium auf Funktion prüfen, Luftkühler luftseitig reinigen, ggfs. flüssigkeitsseitig entlüften, Kondensatablauf und Geruchverschluss auf Funktion prüfen, ggfs. reinigen

2.2 Verdampfer (Luft/Kältemittel)

Auf luftseitige Verschmutzung, Beschädigung, Korrosion prüfen, Beim Betrieb auf Vereisung bzw. Vereisung und Abtaugung prüfen, Kondensatablauf und Geruchverschluss auf Funktion prüfen ggfs. reinigen

2.3 Luftbefeuchter (Wasser)

Auf Verschmutzung, Beschädigung und Korrosion prüfen, Wassereinspeisung, Wasserstand, Abschlammvorrichtung prüfen, Umwälzpumpe, Schmutzfänger auf Funktion prüfen, ggfs. reinigen, Düsen prüfen, ggfs. reinigen

2.4 Luftbefeuchter (Dampf)

Arbeiten wie unter 2.3, zusätzlich jedoch Dampf- und Wasserdüsen prüfen, ggfs. reinigen, alle dampfführenden Teile auf Ablagerungen prüfen, ggfs. reinigen, Dampfleitung und Kondensatableiter sowie Kondensatableitung auf Dichtheit und Beschädigung prüfen

2.5 Kälteanlagen

Anlage auf Funktion prüfen, Wartung nach Herstelleranweisung

3. Steuer- und Regelanlage

Steuerung und Regelung insgesamt auf Funktion prüfen, Regier-Sollwerte prüfen, ggfs. nachjustieren

4. Sonstige vereinbarte Arbeiten

5. Bestätigung der durchgeführten Überprüfungs- und Wartungsarbeiten auf dem Beiblatt

1. Beiblatt zum Wartungsvertrag (RLT-Anlage)

7.22 Betrieb einer RLT-Anlage

Nachdem die einregulierte raumlufttechnische Anlage dem Bauherrn mit dem Ausfüllen eines Abnahmeprotokolls übergeben wurde, ist dieser für den einwandfreien Betrieb verantwortlich. Nur qualifiziertes Bedienungspersonal, das von der Installationsfirma ausführlich eingewiesen wurde, gewährleistet einen störungsfreien Betrieb.

Das Führen eines Betriebstagebuches ist bei RLT-Anlagen besonders wichtig.

In Großanlagen wird der Betrieb über eine zentrale Leittechnik erfasst. Dadurch werden Hinweise auf eine vorbeugende Wartung und Fehlerdiagnose möglich. In der Tabelle 4 sind einige Störungen aufgeführt. Die Ursachen können vielfältig sein.

Wartungsvertrag

Viele Anlagenbetreiber schließen mit der Installationsfirma einen Wartungsvertrag ab. In ihm wird genau festgelegt, welche Arbeiten in welchen zeitlichen Abständen durchgeführt werden müssen. Tafel 1 zeigt das Beiblatt zu diesem Vertrag.

Der Wartungsvertrag umfasst

- die **Wartung** der kompletten Anlage mit allen luft-, regelungs- und kältetechnischen Bauteilen. Sie werden durch Inaugenscheinnahme überprüft (Sichtprüfung).
- Die **Inspektion** der Anlage beinhaltet alle notwendigen Funktions- und Zustandsprüfungen mit den erforderlichen Messungen.

Notwendige Reparaturen erfordern einen besonderen **Arbeitsauftrag**.



2. Gerätereinigung



3. Luftfilterreinigung

Wichtige Wartungsarbeiten (Bild 1):

- Geräte (Bild 2) und Kanäle müssen in regelmäßigen Abständen gereinigt werden. Dies verhindert eine starke Verschmutzung. Wichtig ist, dass alle Stellen der Anlage gut zugänglich sind. Wartungsfreundliche Verbindungen und Revisionsklappen erleichtern diese Arbeiten.
- Das Reinigen der Luftfilter (Bild 3) ist besonders wichtig. Über ein Differenzdruckmanometer kann der Abscheidegrad festgestellt werden. Hohe Widerstände beeinträchtigen den notwendigen Volumenstrom.
- Trotz vorgeschalteter Luftfilter verschmutzen die Luftherwärmer durch Feinstaub (Leistungsminderung). Er muss leicht herausziehbar sein und je nach Bauart mit einer Spezialbürste oder Hochdruckreiniger gesäubert werden.
- Die Funktionsprüfung der Brandschutzeinrichtungen muss sorgfältig durchgeführt und darüber ein Protokoll erstellt werden.
- Ein Sprühbefeuchter kann schnell verschmutzen und verkeimen.

Alle Wartungs- und Inspektionsarbeiten sind nach Herstellerunterlagen durchzuführen.

Aufgaben

1. Warum ist es wichtig, das Bedienungspersonal richtig einzuweisen und ein Betriebsbuch zu führen?
2. Was beinhaltet ein Wartungsvertrag?
3. Was versteht man unter „Inspektion“?
4. Wie können Luftherwärmer gereinigt werden?

Störung	Ursache	Behobung
Ablagerungen an Luftauslässen und in den Räumen	falsche Filterwahl	stärkeren Filter einbauen
	feuchter, fettiger, schwarzer Induktionsstaub aufgrund von Lösungsmittel (Teppichboden) und Staub	Räume vor der Einrichtung gut lüften, dabei Filter ausbauen, höchste Ventilatorumdrehzahl, Fenster öffnen
	grobkörniger, faserartiger Abrieb von Schalldämmkulisen und Wärmedämmplatten	Austausch durch andere, abriebfeste Materialien
	leerartiger Abrieb durch Keilriemen	andere Keilriemenart oder die Flucht an den Riemenscheiben einstellen
Minderleistung des Ventilators	starke Schmutzablagerungen im Ventilator	Laufrad und Gehäuse gründlich reinigen
unruhiger, mangelhafter Ventilatorlauf	Lagerschäden	nur Lagerdeckel abschrauben und einfetten, Wartungsintervalle verkürzen
zu hoher Stromverbrauch durch Lüftermotor	überdimensionierter Motor	Austausch des Bi-Metalls am Relais oder des Motors
faulige Gerüche aus der Zuluft	abgestandenes Wasser im Luftwäscher	Wartungsintervalle des Luftwäschers verkürzen
	Wasservorlage im Geruchsverschluss am Kondensatablauf fehlt	Wasser auffüllen und bei Vollastbetrieb überprüfen, Geruchsverschluss im Abwasserrohr überprüfen
Pfeif-, Luftströmungsgeräusche	undichtes Kanal- oder Rohrsystem	Dichtbänder an Verbindungsstellen erneuern, Flexrohre auf Beschädigung überprüfen
Ventilatorenmotoren-, Strömungs- bzw. Geräusche aus Nebenräumen	falsch ausgelegte Schalldämpfer	Schallpegelmessung im Kanal durchführen, evtl. Schalldämpfer neu auslegen
	zu hohe Strömungsgeschwindigkeiten im Kanal	Anlage neu einregulieren (Druckabgleich)
	fehlende Schalldämpfer an den Luftdurchlässen	Telefonieschalldämpfer einbauen

4. Störungsbehebung



Anforderungen an die Raumluftechnik		192
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Luftsauerstoff fördern: 20 bis 60 m³/h Außenluft ◦ Schadstoffe abtransportieren: Gase und Dämpfe ◦ Emissionen verdünnen: CO₂, Formaldehyd ◦ Verunreinigungen abtransportieren: Staub, Pilzsporen ◦ Wärme zuführen: Heizlast sicherstellen 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Innere Wärme (z. B. der Menschen) abtransportieren ◦ Feuchtigkeit (z. B. beim Kochen, Duschen) entfernen ◦ Wasser zugeben (z. B. bei trockener Heizungsluft) ◦ Wärme rückgewinnen: kontrollierte Lüftung 	
Einflüsse auf die natürliche Lüftung (freie Lüftung)		194
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Temperaturunterschied: Druckdifferenz ◦ Windanfall: Hebt die Druckdifferenz auf 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Lage der Fenster: Sie sollten hoch angeordnet sein ◦ Raumlüftung: max. 2,5 × lichte Raumhöhe · ein Fenster 	
Freie Lüftungssysteme	196	Bauteile dezentraler Anlagen
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Fugenlüftung: Nur noch im alten Bauzustand ◦ Fensterlüftung: Gekippte Fenster sind „Energiefresser“ ◦ Schachtlüftung: Im Sommer nicht ausreichend ◦ Dachaufsatzlüftung: Einsatz in der Industrie 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Ventilator-konvektor: Einstieg in die Lüftungstechnik ◦ Decken-/Wandluftheizgerät: Hallenbeheizung ◦ Raumklimagerät: Notbehelf in kleinen Räumen ◦ Luftschleiergerät: Wärmehorizont großer Eingänge
Begriffe der Raumluftechnik (DIN 1946, Auswahl)		201
Begriff	Erläuterung	
Befeuchten	Erhöhen des Feuchtegehaltes	
Entfeuchten	Verringern des Feuchtegehaltes	
Entfeuchtungs-last	Dampfmassenstrom, der aus dem Raum abgeführt werden muss, um einen angestrebten Raumluf-tzustand aufrechtzuerhalten	
Feuchtegehalt	Wassermasse je Masseneinheit trockener Luft	
Filtern	Abscheiden von Luftverunreinigungen aus Luftströmen	
Heizen	Zuführen sensibler Wärme	
Latente Heizlast	Wärmestrom, der dem Raum zugeführt werden muss, um bei konstanter Lufttemperatur die Wassermenge zu verdunsten, die dem Raum zum Aufrechterhalten eines angestrebten Feuchtegehaltes zugeführt werden muss	
Sensible Heizlast	Wärmestrom, der dem Raum zugeführt werden muss, um bei konstantem Feuchtegehalt eine angestrebte Lufttemperatur aufrechtzuerhalten (Wärmebedarf)	
Induktion	Mitnehmen von Raumluf-t (Sekundärluft) durch einen Luftstrahl (Primärluft)	
Kühlen	Abführen sensibler Wärme	
Latente Kühllast	Wärmestrom, der erforderlich ist, um einen Dampfmassenstrom bei Lufttemperatur zu kondensieren, sodass bei konstanter Lufttemperatur ein angestrebter Feuchtegehalt im Raum aufrechterhalten wird	
Sensible Kühllast	Wärmestrom, der bei konstantem Feuchtegehalt aus dem Raum abgeführt werden muss, um eine angestrebte Lufttemperatur aufrechtzuerhalten	
Freie Lüftung	Lüftung mit Förderung der Luft durch Druckunterschiede infolge Wind und/oder Temperaturdifferenz zwischen Außen und Innen	
Maschinelle Lüftung	Lüftung durch Förderung der Luft durch Strömungsmaschinen	
Luftart	Bezeichnung der Luft nach dem jeweiligen Ort innerhalb einer RTL-Anlage oder einer Lüftungseinrichtung, z. B. Außenluft, Zuluft, Abluft, Umluft, Fortluft, Mischluft	
Luftbehandlung	Technisch herbeigeführte Veränderung des Zustandes der Luft, z. B. bezüglich Temperatur, Feuchtegehalt, Staubgehalt, Keimzahl, Gehalt an Gasen und Dämpfen, Druck u. Ä.	
Luftschleier	Luftstrom zur begrenzten Trennung zweier Raumbereiche unterschiedlichen Raumluf-tzustandes	
Luftvolumenstrom	Quotient aus gefördertem Luftvolumen und Zeit	
Wärmelast	Oberbegriff für Heizlast und Kühllast	
Wärmerückgewinnung	Maßnahmen zur Wiedernutzung von thermischer Energie der Luft	

Einteilung von RTL-Anlagen		ES 201	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Nach der Luftzuführung ◦ Nach der Geräteanordnung ◦ Nach den Druckverhältnissen im Raum 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Nach der Luftführung im Raum ◦ Nach dem Druck im System ◦ Nach dem Volumenstrom 	
Darstellung der Luftarten		ES 202	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Außenluft: Grün ◦ Abluft: Gelb ◦ Fortluft: Gelb ◦ Umluft: Gelb ◦ Mischluft: Orange 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Zuluft ohne Luftbehandlung (z. B. Lüften): Grün 1 Luftbehandlung (z. B. Heizen): Rot 2 oder 3 Luftbehandlungen (z. B. Heizen/Kühlen): Blau 4 Luftbehandlungen (z. B. Heizen/Kühlen/Entfeuchten/Befeuchten): Violett 	
Luftfilter	ES 204	Ventilatoren	ES 206
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Faserfilter: Taschen- und Flächenfilter ◦ Schwebstofffilter: Scheiden Bakterien und Viren ab ◦ Rollbandfilter: Arbeiten automatisch ◦ Aktivkohlefilter: Adsorbieren Gase und Dämpfe ◦ Elektrofilter: Haben einen hohen Abscheidegrad 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Radialventilatoren: Einbau in Zentralgeräten ◦ Axialventilatoren: Einbau in Einzelgeräten ◦ Querstromventilatoren: Einbau in Türschleiergeräten Druckmessung auf der Saug- und auf der Druckseite: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Statischer Druck p_s ◦ Dynamischer Druck p_d ◦ Gesamtdruck p_g 	
Lufterwärmer	ES 208	Luftkühler	ES 209
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Wärmetauscher: Werden mit Wärmeträger betrieben ◦ Elektrolufterwärmer: Einsatz bei kleinen Heizlasten 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Direkte Kühlung: Verdampfer im Kältekreislauf ◦ Indirekte Kühlung: Wärmeträger wird von einer Kältemaschine abgekühlt 	
Luftbefeuchter	ES 210	Volumenstrom	ES 212
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Dezentral: Einzelgeräte (Zerstäuber) ◦ Zentral: Bestandteil eines Zentralgerätes (Zerstäuber-, Riesel- und Dampfluftbefeuchter) ◦ Luftbefeuchter müssen regelmäßig gereinigt werden 		<ul style="list-style-type: none"> ◦ Außenluftfrate: Auf Personen bezogene Außenluftmenge ◦ Luftwechselzahl: Austausch der Raumluft ◦ MAK-Wert: Legt Höchstwerte fest. 	
Schalldämmung und Schalldämpfung		ES 214	
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Schalldämmung: Mindert den Schall an der Entstehungsstelle ◦ Schalldämpfung: Mindert den entstandenen Schall möglichst dicht an der Schallquelle ◦ Kulissenschalldämpfer: Schalldämmelemente stehen parallel zur Lüfrichtung ◦ Telefoneschalldämpfer: Schalldämmelemente sind an der Kanalwandung angeordnet 			
Brandschutzmaßnahmen		ES 216	Luftführung im Raum
ES 218			ES 218
Wird in die Kanäle eingebaut: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Brandschutzklappe ◦ Brandschutzventile 	Wird von außen angebracht: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Brandschutzmanschette ◦ Deckenschott 	Verhindert Rauchausbreitung: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Rauchauslöseeinrichtung ◦ Entrauchungsanlage 	Unterscheidung nach dem Prinzip: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Verdünnungsprinzip ◦ Verdrängungsprinzip
			Unterscheidung nach der Strömung: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Mischströmung ◦ Schichtenströmung
Durchlässe		ES 220	
Zuluftdurchlässe	ES 220	Abluftdurchlässe	ES 221
Spezialdurchlässe	ES 222		
<ul style="list-style-type: none"> ◦ Durchlassgitter ◦ Weitwurfdüsen 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Deckendurchlässe ◦ Dralldiffusor 	<ul style="list-style-type: none"> ◦ Schlitzdurchlässe ◦ Quelldurchlässe 	können an beliebiger Stelle angeordnet sein <ul style="list-style-type: none"> ◦ Induktionsauslässe ◦ „Klimaleuchten“



Wetterschutzgitter und Klappen ☞ 223	
<ul style="list-style-type: none"> ☉ Außenluftansauggitter: Hat feststehende, regenabweisende Lamellen ☉ Jalousieklappe: Druck- oder Volumenstromregler ☉ Drosselklappe: Einfacher Volumenstromregler ☉ Überdruckklappe: Verhindert unkontrolliertes Eindringen von Luft ☉ Volumenstromregler: Wird durch Luftgeschwindigkeit bewegt 	
Kanäle und Luftleitungen ☞ 224	
Anforderungen an Kanäle und Formteile ☞ 224 <ul style="list-style-type: none"> ☉ Strömungstechnisch: geringe Widerstände ☉ Konstruktiv: dicht, glatt, abriebfest, korrosionsfest ☉ Versteifungen: verhindern Körperschall ☉ Wärmedämmung: gegen Schwitzwasser 	Berechnung des Kanalnetzes ☞ 225 <ul style="list-style-type: none"> ☉ Mit konstantem R-Wert: ähnlich Rohmelzberechnung ☉ Mit festgelegter Geschwindigkeit: einfaches Rechnen ☉ Mit konstantem Druck: mit Computer üblich ☉ Mit vorgegebener Druckdifferenz: Kompaktgeräte
Luftleitungen ☞ 226 <ul style="list-style-type: none"> ☉ Wickelfalzrohre: formstabil, dicht, einfache Montage ☉ Flexrohre: Anschlussleitungen, sehr leicht ☉ Luftschläuche: hochflexibel, sehr leicht Brandschutzauflagen müssen beachtet werden!	Kanäle ☞ 227 <ul style="list-style-type: none"> ☉ Kanäle: industrielle Fertigung in Meterlängen ☉ Formstücke: industrielle Fertigung Verbindungsarten: Falzen, Nieten, Schrauben, Schiebefalz, Stecken
Zustandsänderungen der Luft ☞ 228	
<ul style="list-style-type: none"> ☉ Mischen: Ausgang für die weitere Luftbehandlung ☉ Heizen: Die relative Feuchte sinkt stark ab; evtl. Befeuchtung notwendig ☉ Trockenes Kühlen: Die relative Feuchte steigt, die absolute Feuchte bleibt gleich ☉ Nasses Kühlen: Entzug von sensibler und latenter Wärme ☉ Befeuchten durch Wasser: Die Luft kühlt ab; Nacherwärmung notwendig ☉ Befeuchten durch Dampf: Die Lufttemperatur bleibt konstant ☉ Entfeuchten durch Kühlen: Die Luft kühlt ab; Nacherwärmung notwendig ☉ Entfeuchten durch Adsorption: Die Luft erwärmt sich 	
Wärmerückgewinnung – „Kontrollierte Wohnungslüftung“ ☞ 230	
Systeme ☞ 230 <ul style="list-style-type: none"> ☉ Plattenwärmetauscher (Rekuperator): Die Außenluft strömt an der Fortluft vorbei ☉ Kreislaufverbundsystem: Die Wärme wird durch eine Sole transportiert ☉ Wärmerohr (Heat Pipe): Die Wärme wird durch ein Kältemittel transportiert ☉ Rotationswärmetauscher: Die Wärme wird über eine Speichermasse übertragen 	
Kältemaschinen ☞ 232 <ul style="list-style-type: none"> ☉ Wärmepumpe mit Kompressor: Altes System – aufgrund der beweglichen Teile (Kompressor) sehr störungsanfällig ☉ Absorptionswärmepumpe: Neues System – nur zwei Flüssigkeitspumpen, deswegen sehr stabil 	
Anlagen in der Praxis	
Inbetriebnahme ☞ 234 <ul style="list-style-type: none"> ☉ Reinigen des Kanalsystems: Vor dem Durchblasen empfindliche Bauteile (z. B. Filter) ausbauen ☉ Funktionsprüfung: Alle Bauteile nach Herstellerangaben überprüfen ☉ Einstellen der Luftauslässe: Messen der Luftgeschwindigkeit ☉ Einregulieren: Einstellen des Ventilators, der Drossel- und Jalousieklappen durch Druckmessung ☉ Luftführung im Raum: Prüfen mit Rauchpatronen ☉ Bedienungspersonal einweisen: Betriebsanleitung übergeben 	
Wartungsvertrag ☞ 236 <ul style="list-style-type: none"> ☉ Wartung: Alle Anlagenteile durch Inaugenscheinnahme prüfen ☉ Inspektion: Alle Bauteile auf Funktion/Zustand prüfen, besonders Filter, Luftbefeuchter und Brandschutzklappen ☉ Reparatur: Nur mit Auftrag 	