



# RLT-ANLAGEN FÜR FERTIGUNGSHALLEN

Vom Beginn des industriellen Zeitalters bis zur Moderne haben sich die Arbeitsbedingungen in Fertigungshallen grundlegend verändert. Boten die Hallen zunächst einen Witterungsschutz für Mensch und Produkt, so erkannte man bald, daß die optimale Leistungsfähigkeit und Leistungsbereitschaft des Menschen am Arbeitsplatz von der raumklimatischen Behaglichkeit abhängig ist. Die Behaglichkeit wird in erster Linie von Temperatur, Geschwindigkeit und Reinheit der Raumluft bestimmt. Um die Arbeitsbedingungen zu verbessern, stiegen die Ansprüche an diese Behaglichkeitskriterien, so daß heute in Fertigungshallen annähernd Raumluftzustände wie in Komforträumen erreicht werden.

In letzter Zeit ist eine zunehmende Sensibilisierung gegenüber Schadstoffen wie Stäube, Nebel, Dämpfe und Gase zu beobachten, die bei den Produktionsverfahren entstehen und an den Arbeitsplätzen präsent sind. Immer neue Emissionen, die bisher kaum Beachtung fanden, werden als gesundheitsschädlich eingestuft.

Die Komfortansprüche und der Schutz des Menschen vor Schadstoffen am Arbeitsplatz haben steigende Anforderungen an die RLT-Anlagen zur Folge. Inzwischen sind mehrstufige Luftaufbereitung, temperaturabhängig verstellbare Zuluftdurchlässe und mikroprozessorgesteuerte Regelanlagen zum Standard geworden.

## Aufgaben der RLT-Anlagen

RLT-Anlagen für Fertigungshallen haben folgenden Aufgaben zu erfüllen:

- Einhaltung der Raumlufttemperatur in bestimmten Grenzen
- Versorgung der Arbeitsplätze mit Außenluft
- Abfuhr von Wärme- und Schadstofflasten sowie in besonderen Fällen:
- Einhaltung einer definierten Raumluftfeuchte
- Einhaltung eines definierten Raumluftdruckes

Dipl.-Ing. Reiner Ströder\*, Köln

Mit zunehmenden Ansprüchen an die Produktionsverfahren und an das Klima am Arbeitsplatz gewinnen RLT-Anlagen für Fertigungshallen mehr und mehr an Bedeutung. Anlagen der Zukunft sind technisch anspruchsvoll und auf die speziellen Belange der jeweiligen Nutzung angepaßt. Welche Kriterien bei der Planung von RLT-Anlagen zu berücksichtigen sind, ist nachfolgend beschrieben.

## Die wichtigsten Vorschriften und Richtlinien

Bei der Planung von RLT-Anlagen für Fertigungsstätten gelten folgende Vorschriftenwerke:

- Arbeitsstättenverordnung (ArbStV)
- Arbeitsstättenrichtlinien (ASR)

In diesen Vorschriften sind die Mindestanforderungen enthalten:

### ASR 5 – Lüftung:

- Zuführung ausreichend gesundheitszuträglicher Atemluft an die Arbeitsplätze
- Mindestaußenluftrate 20 – 65 m<sup>3</sup>/h Person je nach Tätigkeit
- Vermeidung von Zugerscheinungen
- Zuluftfilterung mindestens nach Klasse EU 3
- Schadstoffe sind an der Entstehungsstelle abzusaugen

### ASR 6 - Raumlufttemperaturen

- Mindestraumlufttemperaturen:
  - bei sitzender Tätigkeit 19°C
  - bei nicht-sitzender Tätigkeit 17°C
  - bei schwerer körperlicher Arbeit 12°C
- Im Sommer brauchen in der Regel keine Maßnahmen zur Kühlung von Fertigungshallen getroffen zu werden
- VDI 3802 RLT-Anlagen für Fertigungsstätten (Entwurf)
- Aktuelle MAK-Wert-Liste
- DIN 1946 Raumlufttechnik

## RLT-Anlagen mit freier und mechanischer Lüftung

Grundsätzlich können gemäß ASR sowohl RLT-Anlagen nach dem System der freien Lüftung als auch der mechanischen Lüftung eingesetzt werden. Bei der freien Lüftung gibt es keine Luftaufbereitungssysteme. Der Luftwechsel wird nur durch Temperaturunterschiede zwischen Hallen- und Außenluft oder durch Windkräfte bewirkt (Bild 1). Mechanische Lüftungsanlagen dagegen erzeugen den Luftwechsel mit Hilfe von Ventilatoren (Bild 2).

Für hochwertige Fertigungsstätten mit zeitgemäßen Ansprüchen an das Arbeitsplatzklima ist die freie Lüftung nicht zu empfehlen, denn sie weist folgende Nachteile auf:

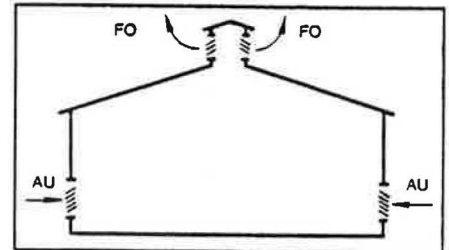


Bild 1: Freie Lüftung

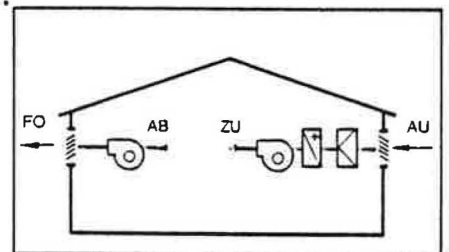
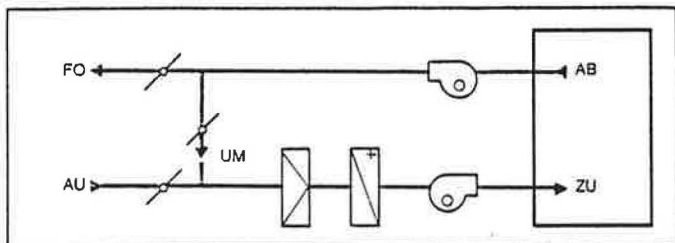


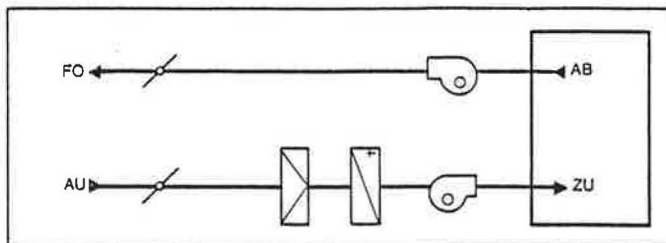
Bild 2: Mechanische Lüftung

- keine Zulufterwärmung
  - keine Zuluftfilterung
  - keine Wärmerückgewinnung
  - keine gezielte Lufteinbringung an die Arbeitsplätze
  - Zugerscheinungen in der Nähe der Zuluftöffnungen
  - unkontrollierte Luftrate
- Demgegenüber bieten mechanische Lüftungsanlagen wesentliche Vorteile, die allerdings mit höheren Herstellkosten erkauft werden:
- beliebige Luftaufbereitung
  - Wärmerückgewinnung
  - gezielte und zugfreie Luftführung an den Arbeitsplätzen
  - genau bestimmbare und zeitlich konstante Luftrate

\* Reiner Ströder ist Mitarbeiter der Ingenieurgesellschaft Heizung- und Klimatechnik GmbH, Köln

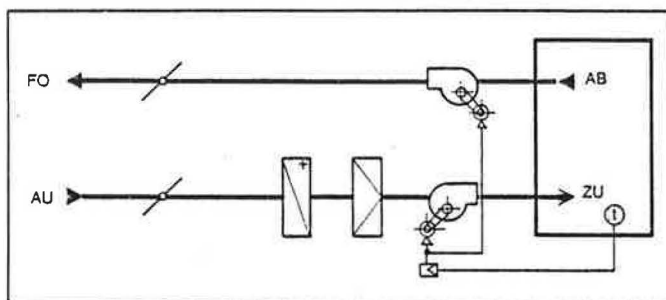


Oben Bild 3: RLT-Anlage für saubere Fertigungsverfahren



Oben rechts Bild 4: RLT-Anlage für schmutzige Fertigungsverfahren

Rechts Bild 5: RLT-Anlage mit variablen Volumenstrom



Unten Bild 6: RLT-Anlage mit variablen Volumenstrom durch Schaltung technische Absaugungen.

## Dezentrale oder zentrale RLT-Anlagen

Unter dezentralen RLT-Anlagen versteht man Kompakt-Lüftungsgeräte für Dachanordnung im Luftleistungsbe- reich bis zu etwa 20 000 m<sup>3</sup>/h. Sie sind ausgestattet mit Ventilatoren, Lufterhit- zer, Luftfilter, wahlweise auch mit Mischklappen und Wärmerückgewin- nung. Die Zuluft wird entweder punktförmig oder nach Verteilung in einem Kanalsystem differenziert eingeblasen.

Diese Systeme bewähren sich in er- ster Linie durch ihre Raumeinsparung, da sie auf dem Hallendach installiert werden. Nachteilig sind allerdings:

- ihre schlechte Zugänglichkeit, ins- besondere im Winter und bei schlechtem Wetter
- die große Anzahl kleiner Bauteile
- die aufwendige Wartung
- Kurzschlußgefahr bei ungünstigen Windverhältnissen zwischen Fort- und Außenluft, da die Mündungen dicht beieinander liegen.

Besonders für den Einsatz in Unter- nehmen mit zahlreichen großen Hallen sind zentrale RLT-Anlagen günstiger, da sie den Wartungsaufwand sowie die Aufwendungen für Elektroinstallation, Regelung und GLT auf ein vertretbares Maß reduzieren.

## RLT-Anlagensysteme

Nach ihrem Einsatzgebiet unter- scheidet man zwei RLT-Anlagensyste- me:

### RLT-Anlagen für »saubere« Ferti- gungsverfahren

In Hallen mit diesen Fertigungen findet keine wesentliche Verschmut-

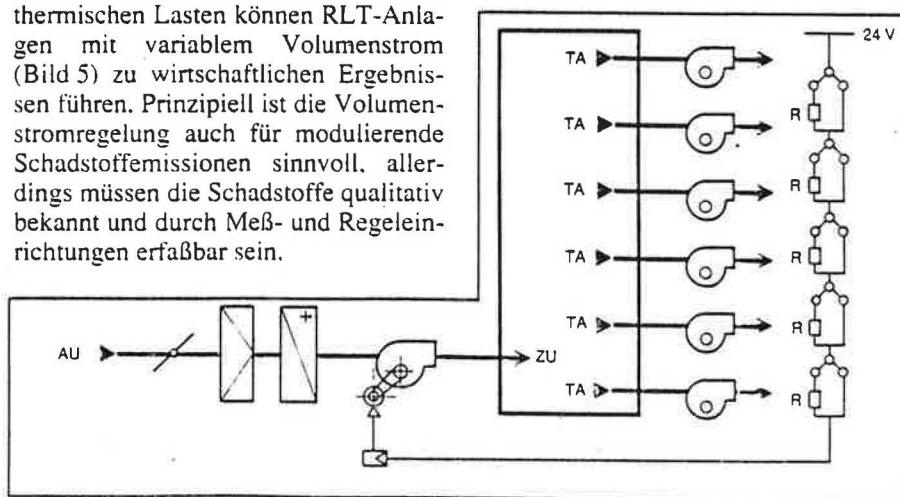
zung oder Schadstoffbelastung der Luft statt, so daß im Winter ein teilweiser Umluftbetrieb zur Energieeinsparung zulässig ist. Im Sommer und in der Übergangszeit wird bis zu 100% Au- ßenluft gefahren (Bild 3). Zu den sauberen Fertigungsverfahren zählen z. B. Montage, Werkzeugbau, Verpackung und Lager.

### RLT-Anlagen für »schmutzige« Ferti- gungsverfahren

In Hallen mit diesen Fertigungen entstehen Nebel, Dämpfe, Gase, Stäube, Rauch oder Gerüche, die einen Umluft- betrieb ausschließen. Deshalb ist ganz- jährig ein Außenluftanteil von 100% zwingend erforderlich. Sofern die Emissionen nachts ausbleiben, kann der Stütz- und Aufheizbetrieb mit Umluft gefahren werden (Bild 4). Zu den schmutzigen Fertigungsverfahren zäh- len z. B. spanabhebende Metallbearbei- tung mit Önebelentwicklung, Lackie- ren und Gießen.

In Hallen mit zeitveränderlichen thermischen Lasten können RLT-Anlagen mit variablem Volumenstrom (Bild 5) zu wirtschaftlichen Ergeb- nissen führen. Prinzipiell ist die Volum- stromregelung auch für modulierende Schadstoffemissionen sinnvoll, aller- dings müssen die Schadstoffe qualitativ bekannt und durch Meß- und Regelein- richtungen erfassbar sein.

Zu den volumenvariablen RLT-An- lagen zählen auch solche, bei denen der Fortluftstrom durch einzeln schaltbare technische Absaugungen gefördert wird und der zum Ausgleich des Lufthaushalts notwendige Zuluftstrom höher ist als für die Versorgung der Arbeitsplätze erforderlich. Durch bedarfsabhängiges Schalten der Fortluftventilatoren wird zunächst der Gesamt-Fortluftstrom in- folge des Gleichzeitigkeitsfaktors ge- senkt. Der Zuluftstrom wird mittels ge- eigneter Steuereinrichtungen an die ak- tuelle Fortluftleistung quantitativ ange- paßt. Bei konventioneller MSR-Technik erfolgt die Steuerung durch Reihenschaltung elektrischer Widerstände (Bild 6), bei SPS-Technik durch Soft- ware. Die Energiekosteneinsparung ist erheblich, da der Energiebedarf für die Luftförderung in der dritten Potenz und der Heizenergiebedarf linear absinkt. Dem stehen geringe Herstell-Mehrkosten gegenüber, so daß kurze Amortisa- tionszeiten erzielt werden.



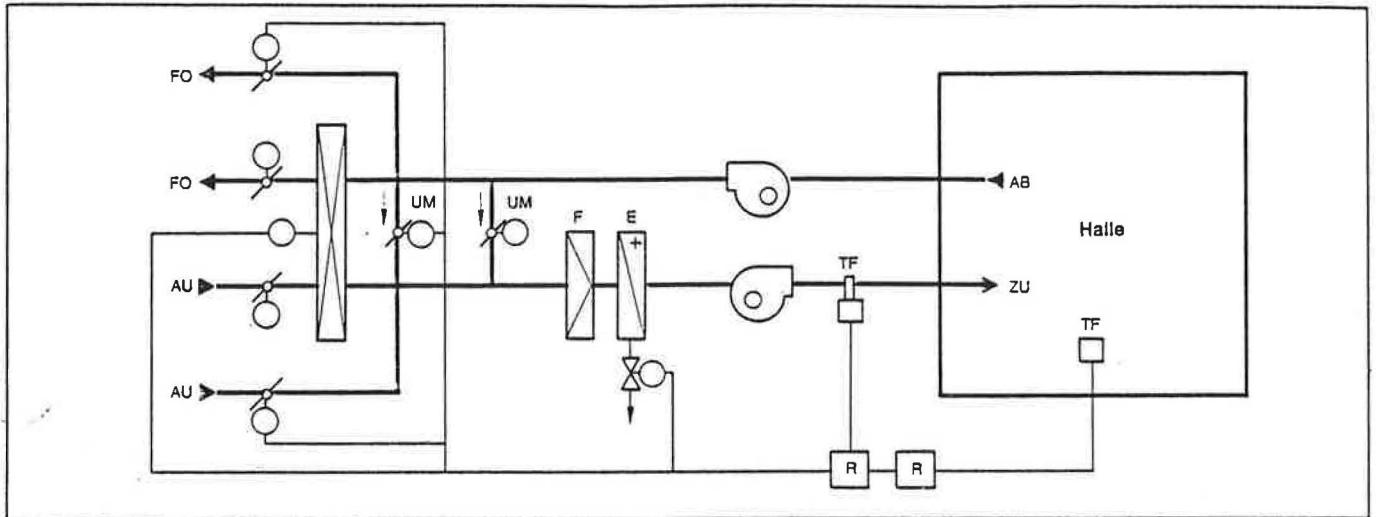


Bild 7: Anlagenschema einer RLT-Anlage mit Umluft-Schaltung und Rotations-Regenerativ-Wärmetauscher

### Wärmerückgewinnung

Bei der Wärmerückgewinnung wird, wie bei den RLT-Anlagensystemen, in saubere und schmutzige Fertigungsverfahren unterschieden.

Bei den sauberen Fertigungsverfahren wird die Luft nur unwesentlich mit schädlichen oder geruchsintensiven Emissionen belastet. Deshalb ist – analog zum Umluftbetrieb – der Einsatz regenerativer Wärmerückgewinnungssysteme mit geringem Luftübertritt von der Fortluft- zur Außenluftseite zulässig.

Für diese Fertigungsarten stellt der Rotations-Regenerativ-Wärmetauscher die günstigste Lösung dar. Er weist folgende Vorteile auf:

- der höchste Wirkungsgrad von 70–80% garantiert größtmöglichen Wärmerückgewinn
- der Selbstreinigungseffekt bewirkt lange Standzeiten auch ohne Luftfilterung

- die kompakte Bauweise führt zu kleinen Zentralen
- die Drehzahlveränderung gestattet eine gute Regelbarkeit bis herab zu kleinsten Lastfällen

Bild 7 zeigt das Anlagenschema einer RLT-Anlage mit Umluftschaltung und Rotations-Regenerativ-Wärmetauscher.

Bei den schmutzigen Fertigungsverfahren ist die Luft in erheblichem Maße belastet mit schädlichen oder geruchsintensiven Nebeln, Dämpfen, Gasen oder Feststoffpartikeln. Deren Übertragung vom Fortluft- zum Außenluftstrom kann in regenerativen Wärmetauschern zur Schadstoff- und Geruchsbelastung der Zuluft sowie zur Verschmutzung des Zuluftsystems führen. Deshalb sollten bei solchen Nutzungsarten rekuperative Wärmerückgewinnungssysteme eingesetzt werden.

Unter ihnen führt der Plattenwärmetauscher zu den besten Ergebnissen. Seine Vorteile sind:

- Zweitbesten Wirkungsgrad mit 55–65% nach dem regenerativen Wärmetauscher
- Bei richtiger Wahl der Plattenausführung nur geringe Verschmutzung auch ohne Luftfilterung
- Betrieb ohne umweltschädliche FCKW, wie beim Wärmerohr

Bild 8 zeigt das Anlagenschema einer RLT-Anlage mit Außenluftbetrieb und Plattenwärmetauscher. Der Umluftbetrieb ist nur für den Stütz- und Aufheizfall zulässig.

Vor der Entscheidung über den Einsatz der Wärmerückgewinnung ist eine Wirtschaftlichkeitsberechnung durchzuführen, deren Ergebnis Aufschluß über die Rentabilität gibt. Vielfach wird die Wärmerückgewinnung bereits als Stand der Technik angesehen, obwohl sich unter den aktuellen Randbedingungen keine Rentabilität ergibt. Gereiftes Umweltbewußtsein und die Spekulation auf steigende Energiepreise begünstigen diese Entwicklung.

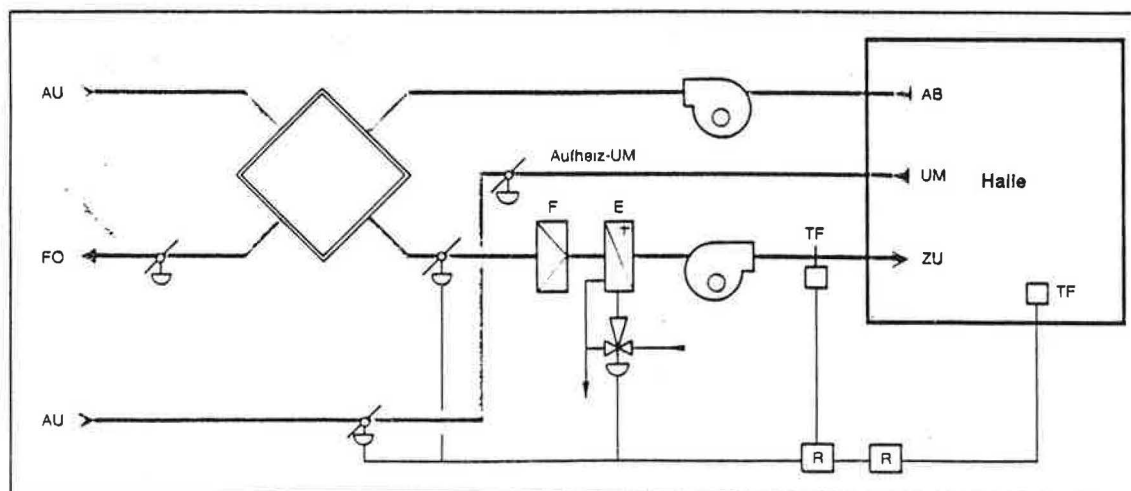


Bild 8: Anlagenschema einer RLT-Anlage mit Außenluftbetrieb und Plattenwärmetauscher



## Luftaufbereitung

Große RLT-Anlagen führen zu geringeren spezifischen Herstellkosten als kleine, deshalb werden manchmal Geräteleistungen von über 100 000 m<sup>3</sup>/h gewählt. Solche Anlagengrößen erfordern jedoch ausgedehnte Kanalnetze mit sperrigen Anfangsquerschnitten, die kaum im Gebäude unterzubringen sind. Dachlüftungszentralen für diese Größenordnung werden sehr hoch und ergeben erhebliche Windlasten, der Austausch von Geräteteilen wird problematisch, Elektromotoren haben große Anschlußleistungen und erzeugen beim Einschalten hohe Stromspitzen. Die Erfahrung hat gezeigt, daß sich Anlagengrößen zwischen 70 000 und 100 000 m<sup>3</sup>/h am besten bewähren.

Bei der Wahl der Gerätestandorte bieten sich folgende Möglichkeiten an:

○ *Freistehende Dachgeräte*

Vorteile:

- niedrige Herstellkosten
- schnelle Montage

Nachteile:

- schlechte Zugänglichkeit
- schwierige Wartung und Reparatur bei Regen und Schnee
- Frostschutz notwendig
- erhöhte Korrosion des Gehäuses

○ *Lüftungsgeräte in geschlossener Dachzentrale*

Vorteile:

- gute Zugänglichkeit
- jederzeit leicht zu warten und reparieren
- wettergeschützt, deshalb gute Haltbarkeit

Nachteile:

- erhöhte Baukosten für die Dachzentrale

○ *Lüftungsgeräte im Dachshed*

Vorteile:

- wie vor
- keine Lüftungszentrale notwendig
- geringe Baukosten

Nachteile:

- Luftleistung aufgrund der Shedabmessungen meist auf etwa 40 000 m<sup>3</sup>/h begrenzt
- Anlagenteile sind u. U. ölnebelbelasteter oder korrosiver Hallenluft ausgesetzt

○ *Lüftungsgeräte im Produktionsbereich*

Vorteile:

- wie vor

Nachteile:

- Bedarf an wertvoller Produktionsfläche

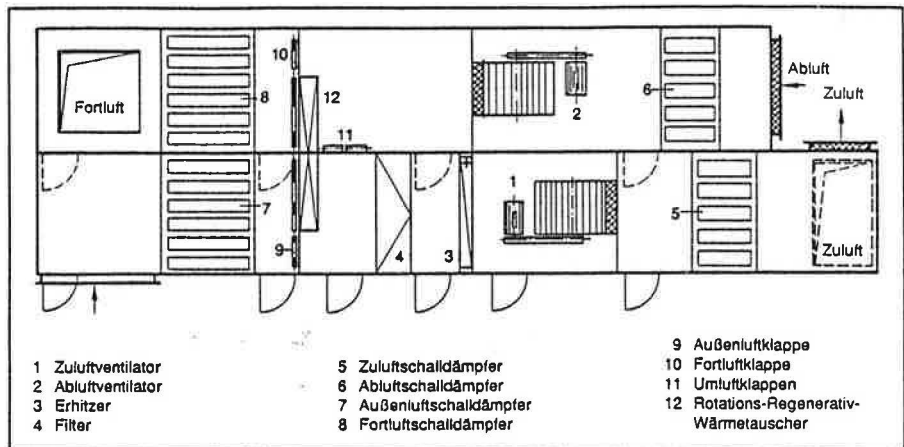


Bild 9: Grundriß eines Lüftungsgerätes mit Rotations-Regenerativ-Wärmetauscher für Aufstellung in Dachzentralen

Ein Patentrezept bei der Wahl des zentralen Standortes gibt es nicht. Aus Sicht des Lüftungs-Planers ist die geschlossene Dachzentrale zu bevorzugen. Auch in bezug auf die Gerätekonzeption eröffnen sich vielfältige Möglichkeiten, die an die jeweiligen Bedingungen anzupassen sind. Beispielhaft stellen die Bilder 9 und 10 jeweils eine Lösung für Lüftungsgeräte mit regenerativer und rekuperativer Wärmerückgewinnung dar. Bild 9 zeigt den Grundriß eines Lüftungsgerätes mit Rotations-Regenerativ-Wärmetauscher, bei dem Zu- und Abluftteil nebeneinander stehen und das sich besonders zur Aufstellung in geschlossenen Dachzentralen eignet. In Bild 10 ist die Ansicht eines Lüftungsgerätes mit Plattenwärmetauscher und Außenluftbypass mit hintereinander angeordnetem Zu- und Abluftteil dargestellt, das für die Aufstellung in einem Dachshed vorgesehen ist.

## Berechnung der Zuluft- und Außenluftleistung

Im Gegensatz zur Bestimmung der Luftleistung für Komfort-Räume wird in der Regel die Zuluftleistung für Fertigungshallen nicht mit Hilfe einer Kühllastberechnung ermittelt, da die Hallen nicht gekühlt werden und zudem das Speicherverhalten großer Hallen kaum vorausberechenbar ist.

In der Praxis hat sich die Bestimmung der Zuluftleistung mit Hilfe der Luftfrate (spezifische Luftleistung in m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>) als praktikable Methode herausgestellt. Aufgrund langjähriger Erfahrungen ergaben sich differenzierte Luftfraten für die unterschiedlichen Fertigungsverfahren. Sie sind abhängig von der Produktionsart, der Wärmelast, dem

Wärmebedarf und der Art der Zuluftdurchlässe.

Die Außenluftleistung kann nicht, wie bei den Komfortanlagen, über die Anzahl der Personen und die Außenluftfrate pro Person gemäß DIN 1946, Teil 2, oder nach ASR bestimmt werden. Derart ermittelte Außenluftleistungen sind meist zu gering zur Abfuhr von Schadstoffen und Gerüchen. Die notwendige Mindest-Außenluftleistung stellt, wie die Zuluftleistung, einen Erfahrungswert dar, dessen Größe abhängig ist von der Produktionsart, dem Grad der Luftverschlechterung und der Menge der freiwerdenden Schadstoffe und Gerüche.

Ist die in der Halle freiwerdende Schadstoffmenge bekannt und liegt für den Schadstoff ein MAK-Wert vor, wird die Außenluftleistung nach der Formel berechnet:

$$\dot{V} = \dot{K} : (k_1 - k_a) \text{ in m}^3/\text{h}$$

wobei  $\dot{K}$  = stündlich anfallende Schadstoffmenge in m<sup>3</sup>/h

$k_1$  = MAK-Wert in m<sup>3</sup> Gas/m<sup>3</sup> Luft

$k_a$  = Schadstoffmenge in der Außenluft in m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>

Tabelle 1 enthält beispielhaft Erfahrungswerte für Zuluftraten und Außenluftfraten von einigen Produktionshallen - Arten der Automobilindustrie.

- Ende Teil 1 -

Teil 2, in TAB 2/91, befaßt sich mit den Problemen der Luftführung, der Wärmespeicherung sowie mit dem Kostenaspekt

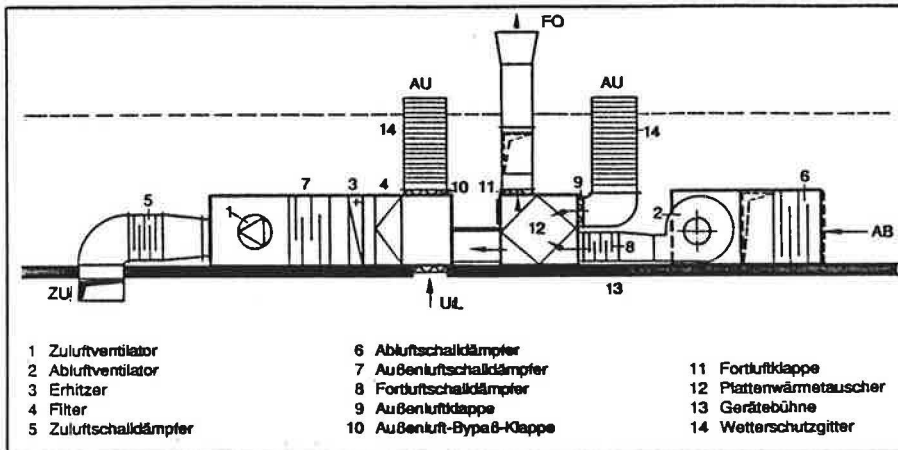


Bild 10: Ansicht eines Lüftungsgerätes mit Plattenwärmetauscher für Aufstellung im Dachshed

Tabelle 1: Zuluft-/Außenluftraten bei Produktionshallen-Arten

Fertigungsart	Zulufrate (m³/hm²)	Außenluftrate (m³/hm²)
Montagehalle	20	10
Mechanische Fertigung	25-35	12-35
Preßwerk	20-25	10-12
Gießerei	> 100	> 100
Lackiererei*	10-20	5-10
Kunststoffteilefertigung	40-60	40-60
Lager	10	5
Werkstätten	18	9

\* Im Hallenbereich außerhalb der Lackierkabinen



LITERATUR

**Bernhard Zube**  
**Selektivschutz für elektrische Netze und Anlagen**  
 1990, 114 Seiten, Format A5, kartoniert, ISBN 3-8007-1628-3, 32,- DM, VDE-Verlag, Berlin

Der Selektivschutz für elektronische Netze und Anlagen hat die Aufgabe, Fehler in den Betriebsmitteln, die durch innere oder äußere Einflüsse hervorgerufen werden, schnell und selektiv zu erfassen, zu melden oder die Abschaltung durch die Leistungsschalter der betroffenen Betriebsmittel zu veranlassen. Für Unternehmen und Industriebetriebe, die nicht über spezialisiertes Selektivschutzpersonal verfügen, will das Buch dem mit der Planung, dem Betrieb und der Wartung von Schutzanlagen betrauten Personenkreis eine an der Praxis orientierte Einführung in die Selektivschutztechnik geben. Mathematische Abhandlungen werden nur soweit gebracht, wie sie für das Verständnis erforderlich sind. Die verschiedenen Schutzarten sind mit ihren Vor- und Nachteilen beschrieben. Darüber hinaus werden die Wandler, die Kurzunterbrechung, Systeme zur Störwerterfassung und Batterien für die Hilfsspannungsversorgung besprochen. In zwei Anhängen sind Fallstudien für den Leitungsschutz und ausführliche Rechenbeispiele für die Erstellung von Schutz-Staffelplätzen enthalten.

Nicht behandelt werden spezielle Schutzkonfigurationen wie der Schutz paralleler Leitungen am gleichen Gestänge, der Schutz von großen Generatoren sowie konstruktive Einzelheiten der Geräte. Das Buch richtet sich in erster Linie an den mit der Planung, dem Betrieb und der Wartung von Selektivschutzanlagen in EVU und den Elektroabteilungen größerer Industriebetriebe beschäftigten Personenkreis. Das Buch kann als Grundlage zum Einstieg in die Selektivschutztechnik und als Nachschlagewerk dienen.

**Karl-Heinz Hügin, Elmar Pointer, Klaus-Jürgen Wollenberg:**

**VDE-Schriftenreihe Band 11**  
**Errichten von Starkstromanlagen mit Netzspannungen über 1 kV**  
 7., überarbeitete Auflage 1990, 124 Seiten, Format A5, kartoniert, ISBN 3-8007-1545-7, 19,- DM, VDE-Verlag, Berlin

Das Buch soll dazu beitragen, die in der Bestimmung formulierten Anforderungen zu vertiefen, um eine problemlose Umsetzung der Norm in die Praxis zu erleichtern. Bei den Erläuterungen zum Abschnitt 4, insbesondere 4.2 „Schutz bei indirektem Berühren“, wurde auf die in DIN VDE 0141 festgelegten allgemeinen Anforderungen an die ausreichende Bemessung der Erdungsanlage eingegangen, da die Beachtung dieser Anforderungen für das Erreichen der Schutzziele maßgebend ist. Diese Ausführungen sind als ein Kommentar zu DIN VDE 0141 zu betrachten.

Auch diese Fassung hat wie die bisherigen Ausgaben keine Verbindlichkeit; sie stellt vielmehr die persönlichen Ansichten der Autoren dar, wurde aber vor der Veröffentlichung, hinsichtlich der Formulierung einzelner Abschnitte, mit Fachkollegen abgestimmt.

Diese 7. Ausgabe der Erläuterungen bezieht sich auf die inzwischen vorliegende Neuausgabe der als VDE-Bestimmung gekennzeichneten Norm DIN VDE 0101/05.89. Analog der Bestimmung mußten durch technische Fortschritte und Weiterentwicklungen auch die Erläuterungen überarbeitet werden. Die Neubearbeitung der Erläuterungen nahm ein Autorenteam vor, das sich aus Mitarbeitern des Komitees 222 der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zusammensetzt.

Das Buch richtet sich an Planer, Errichter und Betreiber von Mittel- und Hochspannungsschaltanlagen in Energieversorgungsunternehmen, Industriebetrieben usw. Angesprochen sind auch die Mitarbeiter (Elektroingenieure, Elektrotechniker, Elektromeister) der Errichterfirmen, der Ingenieurbüros, der Baubehörden des Bundes und der Länder, der Gewerbeaufsichtsämter und der technischen Überwachungsorganisationen.

**Gerd A. Scherer**  
**Prüfungsfragen mit Antworten**  
 zum Auswahlordner für das Elektroinstallateur-Handwerk

1990, 274 Seiten, Format A 4, kartoniert ISBN 3-8007-1678-X, 39,50 DM, VDE-Verlag, Berlin

Als Sammlung von über 700 Prüfungsfragen bietet dieses Buch die Möglichkeit, ein breites Wissen über die VDE-Bestimmungen zu erwerben und auf Wunsch nachzukontrollieren. Als Nachschlagewerk dient es der schnellen Auffindung von Lösungen in der täglichen Praxis bei Planung und Baustellenabwicklung von Elektroinstallationsanlagen im Spannungsbereich bis 1000 V.

Diese Sammlung der Prüfungsfragen zum »Auswahlordner für das Elektroinstallateur-Handwerk« wendet sich an Fachkräfte des Elektrohandwerks und der Industrie, die Weiterbildung in Schulungsstätten oder im Selbststudium betreiben. Ebenso können auch alle mit Fortbildungsmaßnahmen konfrontierte Beschäftigte aus anderen Berufszweigen eine schnelle, praxisbezogene und umfassende Information über das behandelte Gebiet der VDE-Bestimmungen erlangen.

**Germar Müller:**  
**Elektrische Maschinen**  
 Betriebsverhalten rotierender elektrischer Maschinen

2., durchgesehene Auflage 1990, 548 Seiten, Format 17 x 24 cm, gebunden ISBN 3-8007-1658-5, 73,- DM, VDE-Verlag, Berlin

In den ersten Abschnitten des Buches werden, ausgehend von den Gleichungen des elektromagnetischen Feldes, die allgemeinen Prinzipien zur analytischen Behandlung rotierender elektrischer Maschinen entwickelt. Auf ihrer Grundlage entstehen dann für einzelne Maschinengruppen allgemeine Gleichungssysteme, die zur Behandlung stationärer und nichtstationärer Betriebszustände herangezogen werden. Dabei wird insbesondere auch auf das Zusammenwirken der rotierenden elektrischen Maschinen mit leistungselektronischen Stellgliedern eingegangen.