

In der Veröffentlichung „Lüftung und Entrauchung von Großgaragen. Berücksichtigung bundesweiter Vorschriften.“ [1] sind die auf Länderebene in Deutschland bestehenden Vorschriften für Garagen

detailliert abgehandelt. Danach müssen geschlossene Mittel- und Großgaragen maschinelle Abluftanlagen haben. Die Garagenverordnungen der jeweiligen Länder beschreiben hierzu definitiv die technischen Bedingungen.

Dieser Beitrag beschäftigt sich mit den wichtigsten Komponenten der maschinellen Abluftanlagen.

# Maschinelle Abluftanlagen zur Entlüftung und Entrauchung von Großgaragen

Jürgen Apelt, Trier und Herbert Eidam, Bad Hersfeld

## Forderungen der Garagenverordnung

Von Bundesland zu Bundesland sind die Garagenverordnungen – zumindest in Nuancen – unterschiedlich. Nachstehend die Auflistung der wichtigsten Forderungen, die in nahezu jedem Bundesland die Verordnungen erfüllen:

- Luftleistung der maschinellen Abluftanlagen
  - in Garagen mit geringem Zu- und Abgangsverkehr mindestens 6 m<sup>3</sup>/h Abluft pro m<sup>2</sup> Garagen-nutzfläche.
  - in anderen Garagen mindestens 12 m<sup>3</sup>/h Abluft pro m<sup>2</sup> Garagen-nutzfläche. (Ausnahme Hessen: 8 m<sup>3</sup>/h und 16 m<sup>3</sup>/h Abluft pro m<sup>2</sup> Garagen-nutzfläche)
- 10-facher Luftwechsel in der Stunde bei höchster Stufe im Brandfall.
- Selbsttätiges Einschalten der Abluftanlage in höchster Stufe bei Rauchentwicklung.
- Max. Beanspruchungstemperatur von 300 °C für die Dauer von 60 Minuten. [2]
- Jede Abluftanlage muß mit zwei Ventilatoren ausgerüstet werden, die bei Ausfall eines Ventilators einen Notbetrieb von mindestens 66% aufrechterhalten.
- Jeder Ventilator muß an einem getrennten elektrischen Netz betrieben werden.
- Elektrische Anschlußleitungen müssen bei äußerer Brandeinwirkung mind. 1 ½ Stunden funktionsfähig bleiben.
- In Großgaragen ist der CO-Gehalt zu überwachen.
- CO-Überwachungsanlagen waren bei einem CO-Gehalt von 250 ppm. Dieser Wert liegt in Hamburg bei 100 ppm und in Hessen bei 85 ppm.
- CO-Warnanlagen müssen an eine Ersatzstromquelle angeschlossen werden, Versorgungsdauer 1 Stunde.

## Komponenten der Abluftanlagen

Die wichtigsten Komponenten sind

- Ventilatoren
- elektrische Anschluß- und Schaltanlagen
- CO-Warn- und Steueranlagen.

### Ventilatoren

In Garagen sind in jedem Lüftungssystem zwei Ventilatoren zu betreiben, die bei gleichzeitigem Betrieb zusammen den erforderlichen Gesamtvolumenstrom erbringen. Die Garagenverordnungen schreiben vor, daß bei Ausfall des einen Ventilators sich der zweite prinzipiell selbständig einschaltet, dieser also einen Notbetrieb aufrecht erhalten kann.

In Großgaragen sind im allgemeinen hohe Volumenströme gegen Drücke < 2 000 Pa zu fördern.

Welchem Ventilator ist der Vorzug zu geben?

- Radialventilator

In Reihe oder parallel geschaltet?

Dabei sind folgende Eigenschaften zu beachten:

- Ein Radialventilator im Stillstand durchströmt, weist einen beachtlichen Druckverlust auf.
- Radialventilatoren haben im Vergleich mit Axialventilatoren ein hohes Druckvermögen. Bei den notwendigen niedrigen Drücken und einer Schaltung in Reihe ergeben sich daraus große Nenngrößen der Ventilatoren.

Aus diesen Gründen ist die Installation einer Parallelschaltung von zwei Radialventilatoren für je 50% des Volumenstromes und jeweils vollen Gesamtdruck zu bevorzugen. (Bild 1)

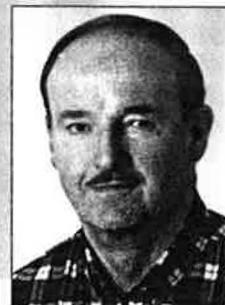
Zu beachten ist, daß diese Anordnung zusätzliche Kanalteile und Absperrorgane mit elektrischer Steueranlage bedarf.

- Axialventilator

Die Frage, ob die beiden Axialventilatoren in Reihe oder parallel zu schalten sind, ist zunächst zu entscheiden. Da der Axialventilator im Stillstand durchströmt einen deutlich geringeren Druckverlust als der Radialventilator aufweist, bietet

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Apelt, Jahrgang 1941, studierte Verfahrenstechnik an der TU Berlin. Nach 15jähriger Industriezeit vor und nach der Promotion auf den Gebieten Projektierung, Vertrieb und Inbetriebnahme im verfahrenstechnischen Anlagenbau und siebenjähriger Leitung eines AIF-Forschungsinstituts (Angewandte Forschung) ist er seit 1992 als Professor an der FH Trier mit verfahrenstechnischen Schwerpunkten tätig. Gleichzeitig steht er im Rahmen industrieller Projekte beratend und gutachterlich zur Verfügung.

Dipl.-Ing. (FH) Herbert Eidam, Jahrgang 1941, studierte Versorgungstechnik am Oskar-von-Miller Polytechnikum in München. Sein Berufsweg führte ihn über Konstruktion, Versuch und Projektierung von Ventilatoren bzw. lufttechnischen Komponenten und Anlagen, z.B. Reinraumtechnik. Er ist heute Mitarbeiter im Bereich Technik der Turbo-Lufttechnik GmbH, Bereich Serienventilatoren, Bad Hersfeld.



**Maschinelle Abluftanlagen zur Entlüftung und Entrauchung von Großgaragen**

	Zweistufiger Axialventilator	Zwei Radialventilatoren parallel
Druck-Volumen-Kennlinienverlauf	Steile Kennlinie. Achtung, Abrißpunkt nahezu am Optimum! Bei der Auslegung Sicherheitsabstand beachten!	Steile stabile Kennlinie über den gesamten Bereich
Kraftbedarfskennlinie	Nicht überlastbar, ausgenommen im Abrißgebiet	Nicht überlastbar
Max. Wirkungsgrad	75%	80%
Gesamtschalleistung je im Optimum, NG 710	100 dB	97 dB
Raumbedarf	100%	ca. 190%
Einbau	Sehr einfache Installation, ohne Kanalumlenkungen und Absperrorgane	Aufwendige Kanalumlenkungen, Absperrorgane und Stellmotore mit elektrischer Steuerung sind zwingend notwendig.
Antrieb + Elektro + Motor + Laufrad	Lauftrad auf Motorwellenstumpf. Lauftrad mit im Stillstand verstellbaren Schaufeln. Variation der Schaufelzahl möglich für bestmöglichen Wirkungsgrad. Motor im Luftstrom in Sonderausführung für 300 °C für die Dauer von 60 min.	Wahlweise Lauftrad auf Motorwellenstumpf oder Keilriementrieb, Laufräder mit verschiedenen Beschauflungen Motor außerhalb des Luftstromes.

**Tabelle 1 | Gegenüberstellung der wichtigsten Eigenschaften zweistufiger Axialventilatoren - zwei Radialventilatoren parallel.**

sich die Reihenschaltung an. [3] Zu entscheiden ist weiterhin die Frage:

Zweistufiger Axialventilator als Gleichläufer oder Gegenläufer?

In Prüfstandsversuchen konnten aerodynamisch keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Anders verhält es sich jedoch akustisch. Im Auslegebereich ist der Gegenläufer ca. 5 dB lauter als der zweistufige Gleichläufer. (Bild 2)

Aus akustischen Gründen ist dem zweistufigen Axialventilator als Gleichläufer unbedingt der Vor-

zug zu geben. (Bild 3)

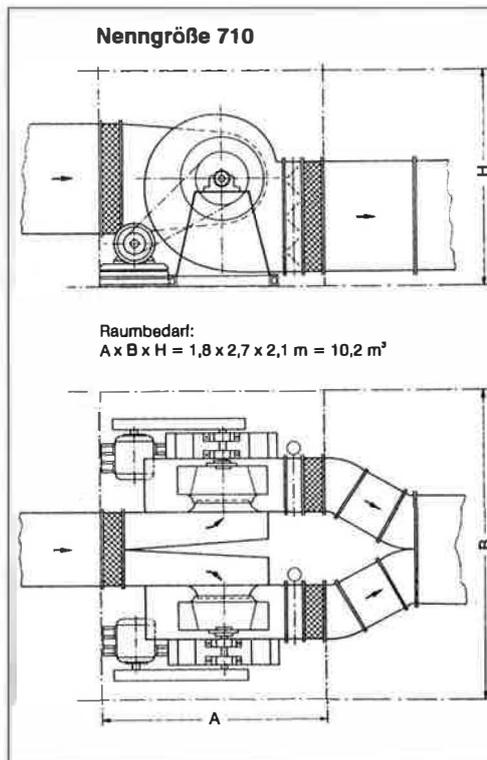
Wegen des wesentlich geringeren Raumbedarfs, der einfachen Installation und der nicht vorhandenen Absperrorgane mit Stellmotor und elektrischen Steuerungen ist dem zweistufigen Axialventilator auch aus sicherheitstechnischen Gründen der Vorzug zu geben.

Schließlich ist noch die kommerzielle Seite zu beachten. In aller Regel liegt hier immer der zweistufige Axialventilator deutlich günstiger als zwei Radialventilatoren parallel. (Tabelle 1)

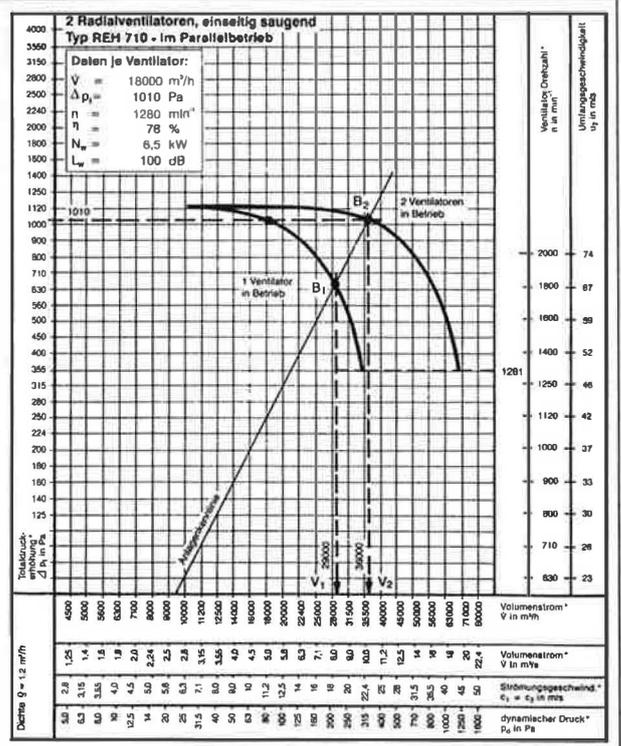
**Elektrische Anschluß- und Schaltanlagen**

Die Garagenverordnungen schreiben vor, daß die elektrischen Anschlußleitungen bei äußerer Brandeinwirkung mindestens 1 1/2 Stunden funktionsfähig bleiben. Der Brandgasventilator muß deshalb elektrisch so angeschlossen werden, daß die Laufzeit durch die Wärmeabstrahlung bei der zu erwartenden Temperaturhöhe im Brandfall nicht beeinträchtigt wird. Hierzu sind folgende Punkte zu berücksichtigen:

- Sicherstellung der Energiezufuhr



**Bild 1 | Zwei Radialventilatoren parallel.**



bis zum Ventilator, d.h. wärmege-  
schützt die Kabel verlegen oder  
wärmebeständige Kabel verwen-  
den.

● Ventilatoren zur Entrauchung  
sollten nicht mit Reparaturschal-  
tern ausgerüstet werden, um ein  
versehentliches Ausschalten zu  
verhindern.

● Aufstellen der Schaltschranke  
für Entrauchungsventilatoren au-  
ßerhalb der temperaturgefährdeten  
Räume.

● Schaltschranke dürfen nicht an  
Wände, die zum Brandabschnitt ge-  
hören, sowohl innen wie außen,  
angebracht werden.

● Elektrische Anschlußkästen an  
Entrauchungsventilatoren sind  
selbstverständlich temperaturbe-  
ständig geprüft einzusetzen.

Erst mit sorgfältiger Beachtung  
der vorgenannten Gesichtspunkte  
ist die Gewähr für eine effektive  
Entrauchung gegeben.

### CO – Warn- und Steueranlagen

In den Garagenverordnungen ist  
definiert, daß in Großgaragen der  
CO-Gehalt zu überwachen ist. Wie  
in [1] ausgeführt, sind die CO-  
Warnwerte von Bundesland zu Bun-  
desland unterschiedlich. Dies be-

trifft insbesondere auch die meß-  
technische Erfassung des CO-Gehalts  
und die Mittelwert-Bildung. In jedem  
Falle ist jedoch verlangt, die CO-  
Warnanlagen an eine Ersatz-

Stromquelle mit einer Versorgungsdauer  
von 1 Stunde anzuschließen [4]  
Für einen wirtschaftlichen Betrieb  
von Entlüftungsanlagen in

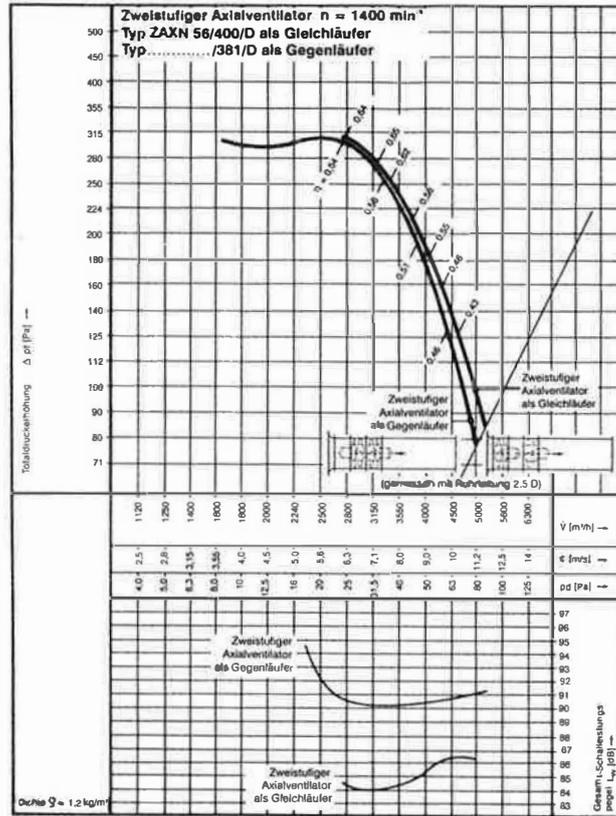


Bild 2 | Leistungskurven  
zweistufiger Axialventila-  
tor als Gleichläufer – Ge-  
genläufer.

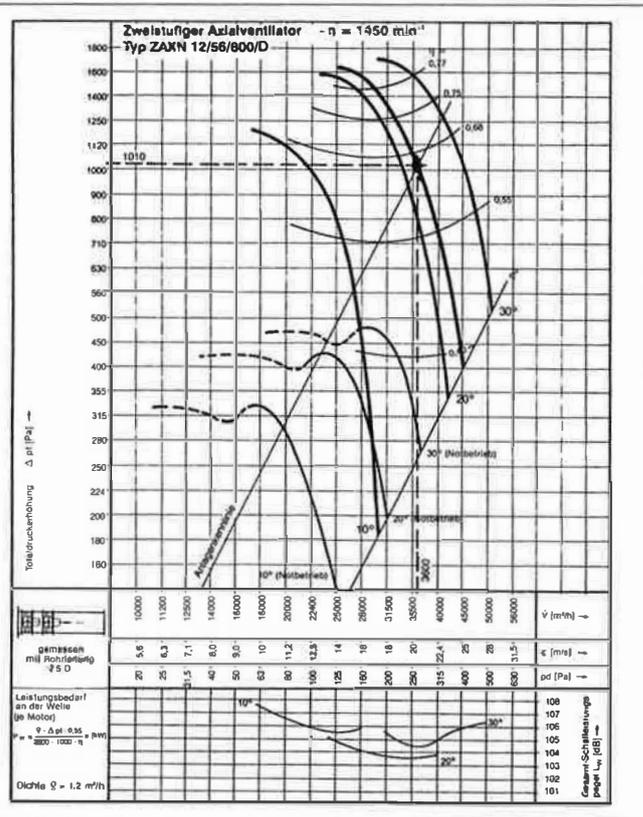
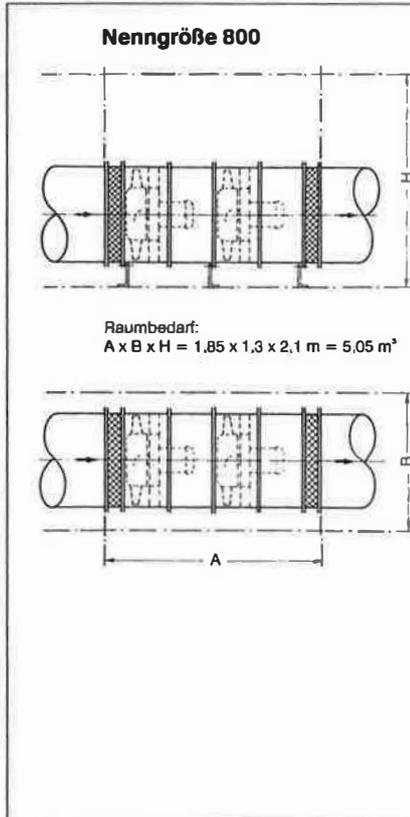


Bild 3 | Zweistufiger Axi-  
ventilator.

Bilder 1 bis 3: TLT

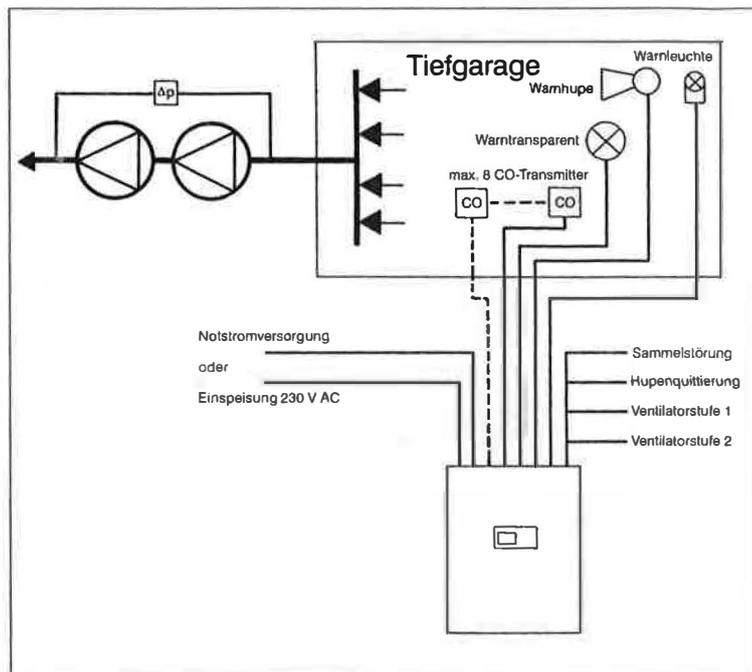


Bild 4 CO-Kontrolleinheit mit max. 8 CO-Transmittern und Ventilatorensteuerung.

Bild: Dräger

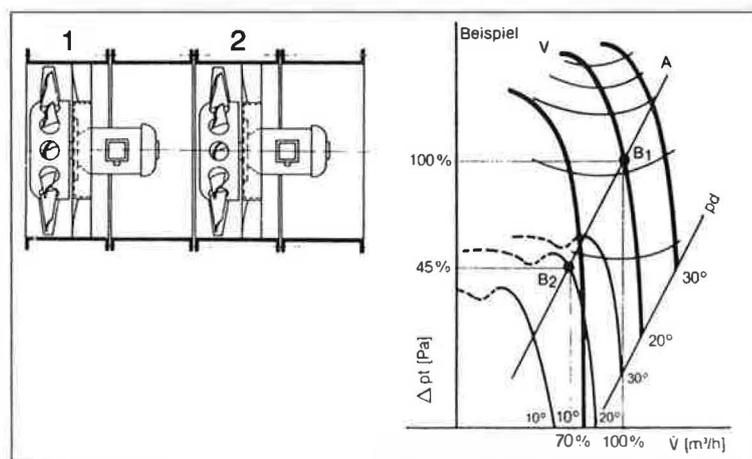


Bild 5 Hintereinandergeschaltete Axialventilatoren im Normalbetrieb und im Notbetrieb.

A = Anlagenkennlinie  
V = Ventilator-kennlinie  
B1 = Betriebspunkt, wenn beide Ventilatoren laufen  
B2 = Betriebspunkt, wenn ein Ventilator ausfällt

Großgaragen bietet es sich an, abhängig vom anfallenden CO-Gehalt die Lüftungsanlage in Stufen bedarfsgerecht zu betreiben, z. B.

- 0. Anlage aus
- I. Anlage 50%, durch polumschaltbare Motore nach Dahlander
- II. Anlage auf voller Leistung betreiben

Die Schaltwerte in Abhängigkeit vom CO-Gehalt sollten mit den zuständigen Behörden abgestimmt werden.

Beispielsweise:  
Einschaltung der Stufe I bei einem CO-Warnwert von 25%.  
Einschaltung der vollen Anlagenleistung bei einem CO-Warnwert von 50% (CO-Warnwert der jeweils zutreffenden gültigen Garagenverordnung).

Die Industrie liefert im wesentlichen zwei Varianten von Schalt- und Steuerautomatensystemen für zweistufige Garagen-Abluft-Ventilatoren: [5]

- Schalt- und Steuerautomatik mit CO-Schalttransmitter zur kontinuierlichen Überwachung der CO-Konzentration und bedarfsabhängigen Schaltung der Ventilatoren.
- Vollelektronisches, modular aufgebautes CO-Meß-Steuer- und Warnsystem in DDC-Technik für kontinuierliche Überwachung der CO-Konzentration und zur bedarfsabhängigen Schaltung der Ventilatoren.

In Bild 4 ist das Funktionsschema einer Garagenanlage mit CO-Kontrolleinheit wiedergegeben.

### Hintereinanderschaltung von zwei Axialventilatoren in der Praxis

In Garagen sind in jedem Lüftungssystem zwei Ventilatoren zu betreiben, die bei gleichzeitigem Betrieb zusammen den erforderlichen Gesamt-volumenstrom erbringen.

Wie im Abschnitt „Ventilatoren“ herausgearbeitet und wie auch die Praxis zeigte, hat sich der Einsatz zweier hintereinandergeschalteter Axialventilatoren aus lüftungstechnischen, räumlichen und wirtschaftlichen Gründen besonders positiv erwiesen. Die zweistufigen Axialventilatoren fördern bei Nenngrößen zwischen 315 und 1400 mm Ø Volumenströme von ca. 2 000 bis ca. 160 000 m³/h.

Die maximale Gesamt-Druckdifferenz beträgt hierbei ~2 000 Pa.

Die Garagenverordnungen schreiben weiterhin vor, daß bei Ausfall des einen Ventilators sich der zweite automatisch einschaltet, dieser also einen Notbetrieb aufrecht erhalten kann. Der ausgefallene Ventilator läuft dann leer in der Anlage mit und stellt für den noch in Betrieb befindlichen Ventilator einen Strömungswiderstand dar. Die Kennlinie ist unter diesen Umständen ungünstiger als die Einzelkennlinie des Ventilators (Bild 5).

Bei Ausfall eines Ventilators verschiebt sich der gewählte Betriebspunkt auf die untere (Notbetriebs-) Kennlinie. Kurzzeitig kann der Ventilator auch dann betrieben werden, wenn der Betriebspunkt auf dem instabilen Bereich der Kennlinien liegt. (Die Leistungsminderung bei Ausfall von Ventilator 1 oder 2 ist nicht gleich. In Bild 5 wird in den Kennlinien der ungünstigere Fall dargestellt, und zwar der Ausfall von Ventilator 1.)

In den Garagenverordnungen wird gleichzeitig der Fall bedacht, gemäß dem z.B. in Zeiten geringeren Betriebs bewußt nur ein Ventilator betrieben wird. Bei Ausfall desselben müssen die Ventilatoren so geschaltet sein, daß sich der andere selbsttätig einschaltet. In diesem Fall, der keinen kurzen Notbetrieb darstellt, ist ausdrücklich

zu beachten, daß der Betriebspunkt des einzelnen Axialventilators im stabilen Bereich der Kennlinie liegt.

Es ist deshalb empfehlenswerter, auch im Teillastbereich über polumschaltbare Motoren beide Ventilatoren mit niedriger Drehzahl laufen zu lassen. Diese Technik gewährleistet den energiesparenden, sicheren Betrieb außerhalb des Abrißgebietes und vermeidet die Gefahr von Dauerschwingungsschäden [6]. (Bild 6)

### Schlußfolgerungen für den Anlagenbauer

Der zweistufige Axialventilator hat zwischenzeitlich einen festen Platz in Abluftanlagen zur Entlüftung und Entrauchung von Großgaragen. Ausgerüstet mit einem speziell isolierten Elektromotor, temperaturbeständig für 300 °C auf die Dauer von 60 min., erfüllt dieser Ventilator praktisch alle Anforder-

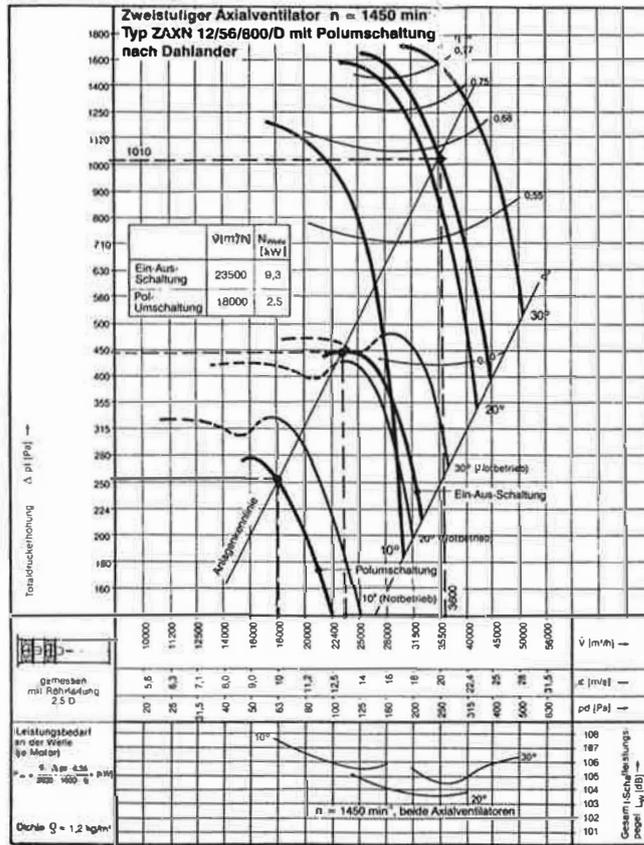
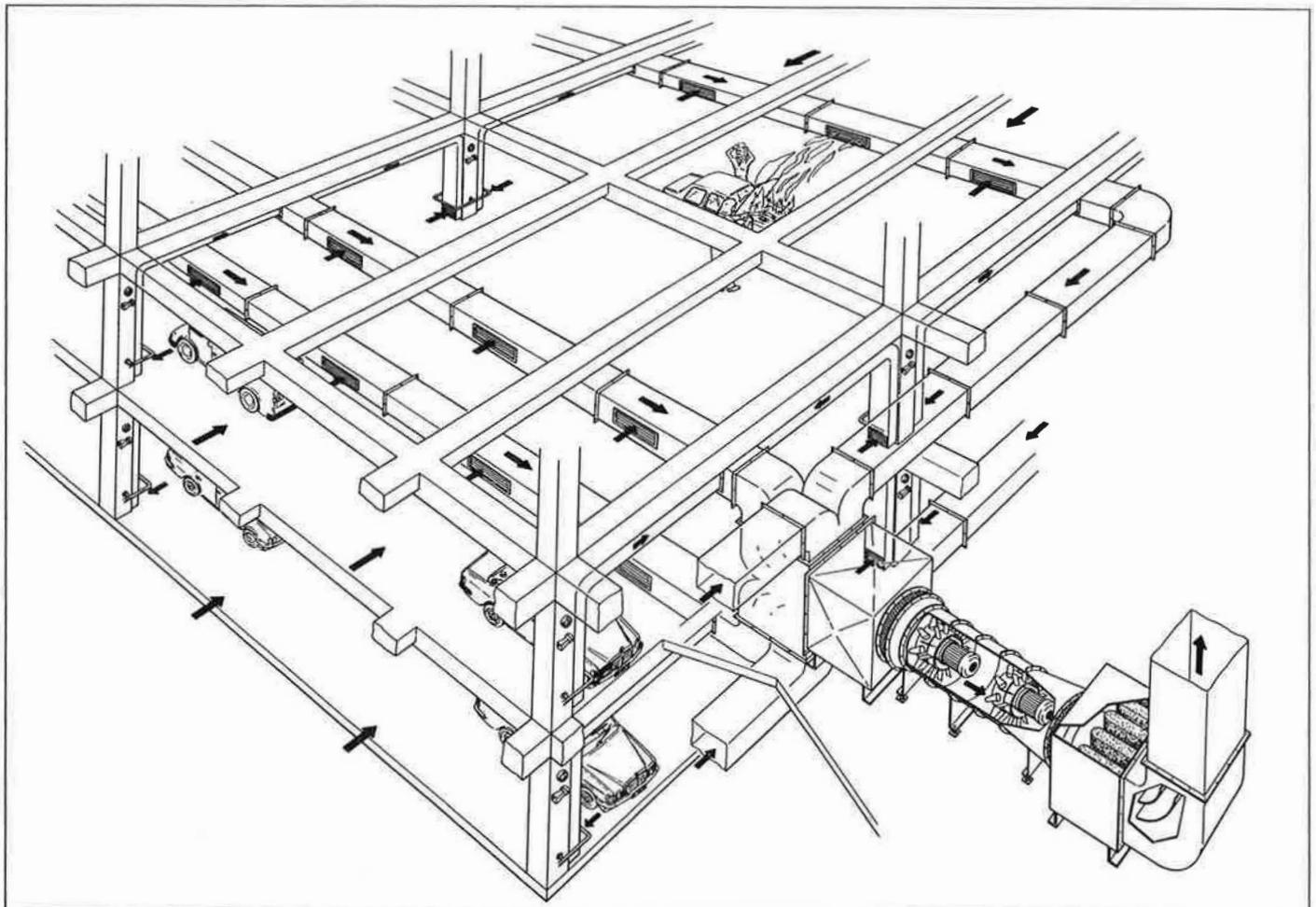


Bild 6 Kennlinienvergleich Ein-Aus-Schaltung eines Ventilators – Polumschaltung beider Ventilatoren.

Bild 7 Maschinenraum einer verordnungsgerechten Tiefgarage.

Bilder 5 bis 7: TLT



rungen der derzeit geltenden Deutschen Garagenverordnungen.

Nachstehend nochmals zusammengestellt die wichtigsten Punkte des zweistufigen Axialventilators:

- Die Hintereinanderschaltung zweier Axialventilatoren sind in der Praxis Stand der Technik (Bild 7)

- Der Platz- und Raumbedarf ist im Vergleich zur Verwendung von Systemen mit Radialventilatoren wesentlich geringer.

- Es werden weder Kanalumlenkungen noch Absperrorgane und Stellmotore mit elektrischer Steuerung benötigt. (Bild 7)

- Notbetrieb: Bei Ausfall eines Ventilators verschiebt sich der Betriebspunkt auf eine Notbetriebs-Kennlinie – siehe Bild 5. Der betriebsbereite Ventilator kann kurzzeitig auch dann betrieben werden, wenn der Betriebspunkt im instabilen Bereich der Kennlinie liegt.

- Axialventilatoren verfügen über eine steile Kennlinie mit ausgeprägtem Abrißgebiet. Für einen sicheren Betriebspunkt ist es unbedingt notwendig, daß dieser mit genügendem Abstand (ca. 20% Druck) zum Abrißpunkt ausgelegt wird.

- Teillastbetrieb (Garagen mit zeitabhängig geringerer Verkehrsdichte)

Wird von einem Betreiber festgelegt, die Lüftungsanlage in den Stufen Anlage aus – ein Ventilator in Betrieb – beide Ventilatoren in Betrieb zu betreiben, so ist der Be-

triebspunkt so zu wählen, daß er im stabilen Bereich der Kennlinie liegt. Eine empfehlenswerte Alternative stellt hier der stets gemeinsame Betrieb beider Ventilatoren dar, die mit polumschaltbaren Motoren auf niedrigem Drehzahlniveau gefahren werden können, anstelle nur eines Ventilators in Betrieb (siehe Bild 6).

- Die Entrauchungsventilatoren sind nach DIN EN 12101 geprüft einzusetzen und müssen den Anforderungen des Gerätesicherheitsgesetzes (GS-Zeichen) genügen.

### Zusammenfassung

Die Industrie verfügt über ein breites Erfahrungsspektrum zum Einsatz von jeweils zwei Ventilatoren je System zur Lüftung von geschlossenen Großgaragen.

Besonders geeignet sind Ventilatorsysteme, die aus zwei hintereinandergeschalteten Axialventilatoren bestehen.

Die Gegenüberstellung zu Systemen mit Radialventilatoren ergibt, daß Axialventilatoren einen gravierend geringeren Platz- und Raumbedarf haben und im Kostenvergleich günstiger abschneiden.

Entrauchungsventilatoren für den vorbeugenden Brandschutz unterliegen einer zusätzlichen Prüfung.

Axialventilatoren mit speziell isoliertem Elektromotor sind zur

Zeit bis zu Beanspruchungstemperaturen von 300 °C, bei einer Standzeit von 60 min. geprüft, im Markt angeboten.

Axialventilatoren besitzen sehr steile Kennlinien. Sie laufen sehr sicher, wenn sie mit genügendem Abstand zum Abrißpunkt ausgelegt werden.

Die Industrie verfügt heute über geeignete, langlebige Meßsensoren sowie Bausteine der elektronischen Datenverarbeitung, die in Verbindung mit der CO-Grenzwertfassung in Garagen eine reibungslose Steuerung der Ventilatoren erlauben. [H 667]

### Literaturangaben

[1] Apelt, J.: Lüftung und Entrauchung von Großgaragen. Berücksichtigung bundesweiter Vorschriften. HLH Bd 49 (1998) Nr. 5, S. 53-58.

[2] Apelt, J.: Maschinelle Rauch- und Wärmeabzugsanlagen. Techniken, Tendenzen und Entwicklungen. TAB-Technik am Bau 22 (1991) 9, S. 697-704.

[3] Schönholz, F.: Gesamt-Druckerhöhung durch Hintereinanderschaltung von zwei Axialventilatoren (mit Nachleitwerk), Fachinformation der Babcock-BSH AG, Bad Hersfeld.

[4] VDI-Richtlinie 2053 Blatt 1: Raumlufttechnische Anlagen für Garagen und Tunnelgaragen, 8/1995.

Blatt 2: (Entwurf): Raumlufttechnische Anlagen für Garagen und Tunnel; Tunnel, 6/1986 Berlin: Beuth-Verlag.

[5] Technisches Handbuch für CO-Warnanlagen. Drägerwerk Sicherheitstechnik GmbH, Lübeck.

[6] Ventilatoren-Fibel. Turbo-Lufttechnik GmbH, Bad Hersfeld

## Suchen Sie Problemlösungen?

Tips und Anregungen erhalten Sie aus Anzeigen – weitgehende Informationen direkt von den Inserenten. Lassen Sie sich beraten. Unsere Inserenten freuen sich auf Ihren Anruf.

 **Springer**  
**VDI Verlag**  
Verlag für technische Zeitschriften

Postfach 1010 22, 40001 Düsseldorf, Telefon 02 11/61 03-0,  
Telefax 02 11/61 03-3 00

Anz  
V  
42  
07  
Düs  
42  
08  
Düs  
44  
14  
Düs  
49  
15  
Düs  
42  
16  
Stu  
42  
17  
Düs  
42  
17  
Stu  
42  
18  
Stu  
49  
18  
Düs  
42  
21  
Düs  
42  
23  
Wc  
42  
25  
Wc  
Anr  
unc  
Inf