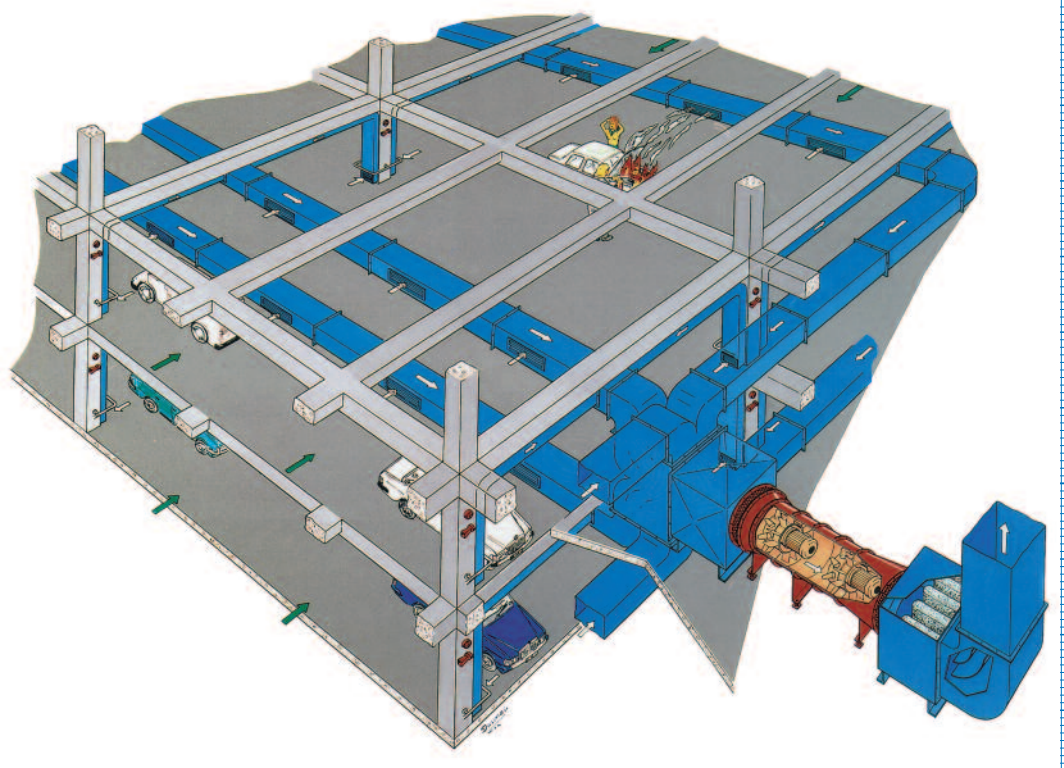
X Fans

# Maschinelle Abluftanlagen zur Entlüftung und Entrauchung von Großgaragen



TROX® TECHNIK

The art of handling air

X Fans

# Maschinelle Abluftanlagen

Dieser Fachartikel beschäftigt sich mit den wichtigsten Komponenten von maschinellen Abluftanlagen


## 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. Herbert Eidam war bis zum Jahr 1999 im Bereich „Technik" der TLT Serienventilatoren in Bad Hersfeld beschäftigt.
Heute ist er ehrenamtlich im Arbeitskreis Firmengeschichte Benno Schilde / Babcock BSH / TROX TLT tätig.

***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 technische Bedingungen.***

## 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 m³/h Abluft pro m² Garagennutzfläche
- in anderen Garagen mindestens 12 m³/h Abluft pro m² Garagennutzfläche. (Ausnahme Hessen: 8 m³/h und 16 m³/h Abluft pro m² Garagennutzfläche)
- 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] (F300)
- Jede Abluftanlage muss mit zwei Ventilatoren ausgerüstet werden, die bei Ausfall eines Ventilators einen Notbetrieb von mindestens 50% aufrechterhalten. (Aktualisiert Nov. 08)
- Jeder Ventilator muss an einem getrennten elektrischen Netz betrieben werden.
- Elektrische Anschlussleitungen müssen bei äußerer Brandeinwirkung mind. 1 $^1/_2$ Stunden funktionsfähig bleiben.
- In Großgaragen ist der CO-Gehalt zu überwachen.
- CO-Überwachungsanlagen für einen max. 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 eine Stunde.

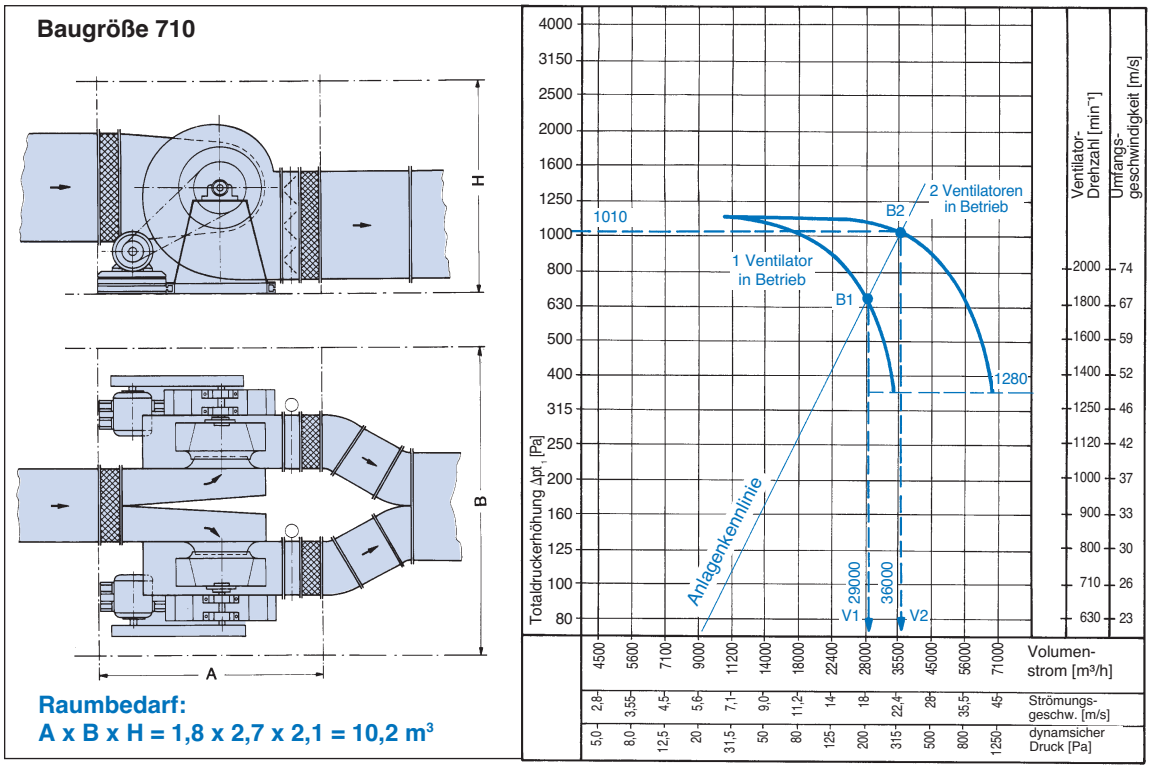



**Bild 1:**
Zwei Radialventilatoren, einseitig saugend
Typ REH 710
- im Parallelbetrieb.

**Daten je Ventilator:**
$\dot{V}$ = 18000 m³/h
Δpt= 1010 Pa
n = 1280 min$^{-1}$
η = 78 %
$N_w$= 6,5 kW
$L_w$ = 100 dB

Technische Änderungen vorbehalten

## 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 große Volumenströme gegen Drücke < 2000 Pa zu fördern.

## Welcher Ventilatorenbauart ist der Vorzug zu geben: Radial oder Axial?

### ● Radialventilatoren

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 zu Axialventilatoren ein hohes Druckvermögen. Radialventilatoren benötigen im Vergleich zu Axialventilatoren einen weit größeren Platzbedarf und somit eine größere Aufstellfläche.

Die Parallelschaltung von zwei Radialventilatoren für je 50% des Volumenstromes und jeweils volle Totaldruckerhöhung gewährleistet einen sicheren Notbetrieb. **(Bild 1)**

Zu beachten ist, dass bei dieser Anordnung zusätzliche Kanalteile und Absperrorgane mit elektrischer Steueranlage nötig sind.

| | Zwei Axialventilatoren in Reihe | 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 % |
| **Gesamtschallleistung je im Optimum, BG710** | 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** | Laufrad auf Motorwelle. Laufrad mit im Stillstand verstellbaren Schaufeln. Variation der Schaufelanzahl möglich für bestmöglichen Wirkungsgrad. Motor im Luftstrom in Sonderausführung für 300°C für die Dauer von 60 min. | Wahlweise Laufrad auf Motorwelle oder Keilriemenantrieb, Laufräder mit verschiedenen Beschaufelungen Motor außerhalb des Luftstromes. |

**Tabelle 1:** Gegenüberstellung der wichtigsten Eigenschaften von Axialventilatoren in Reihe bzw. – Radialventilatoren parallel geschaltet.

### ● Axialventilatoren

Die Frage ob zwei 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, bieten sich Axialventilatoren in Reihenschaltung an. [3]

Vorteil: geringer Platzbedarf und wenig zusätzliches Zubehör und Kanalteile.

Zu entscheiden ist weiterhin die Frage:

Axialventilatoren in Reihe 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 in Reihe geschaltete Gleichläufer. **(Bild 2)**

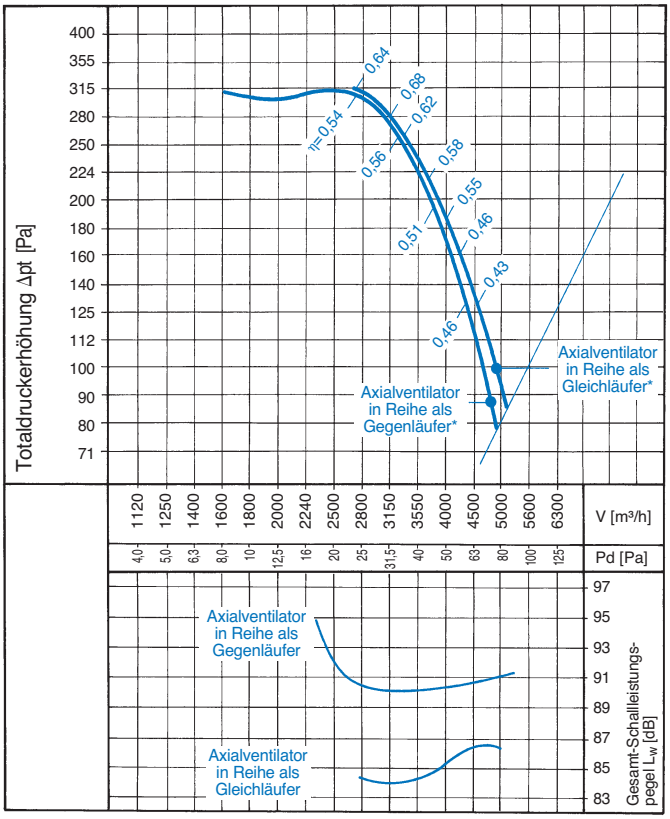



**Bild 2:**
Axialventilator – in Reihe
Typ ZAXN 12/56/400/D
n = 1400 min$^{-1}$
als Gleichläufer
Typ 381/D als Gegenläufer

Technische Änderungen vorbehalten

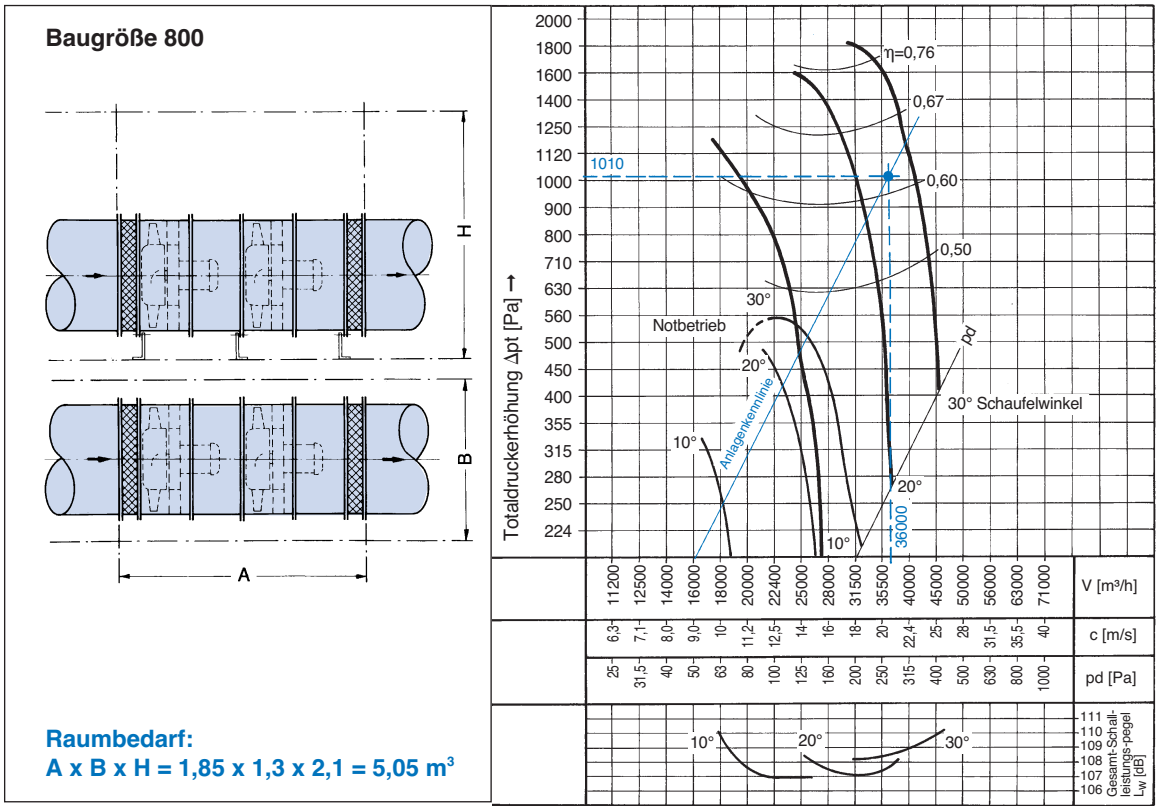



**Bild 3:**
Axialventilator - in Reihe
Typ ZAXN 12/56/800/D
n = 1465 min$^{-1}$
V = 36000 m³/h
pt = 1010 Pa

Aus akustischen Gründen sind in Reihe geschalteten Axialventilatoren als Gleichläufer unbedingt den Vorzug zu geben. **(Bild 3)**

Wegen des wesentlich geringeren Raumbedarfs, der einfachen Installation und der nicht notwendigen Absperrorgane mit Stellmotor und elektrischen Steuerungen sollten Axialventilatoren, in Reihe geschaltet, bevorzugt eingesetzt werden.

Schließlich ist noch die kommerzielle Seite zu beachten. In aller Regel liegt hier immer der Axialventilator in Reihe geschaltet deutlich günstiger als zwei Radialventilatoren parallel geschaltet. **(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 Entrauchungs-Ventilator 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 bis zum Ventilator, d. h. die Kabel wärme geschützt zu verlegen oder wärmebeständige Kabel zu verwenden.
- Ventilatoren zur Entrauchung dürfen nicht mit Reparaturschaltern ausgerüstet werden, um ein versehentliches Ausschalten zu verhindern.
- Aufstellen der Schaltschränke für Entrauchungs-Ventilatoren außerhalb der temperaturgefährdeten Räume.
- Schaltschränke dürfen nicht an Wände, die zum Brandabschnitt gehören, sowohl innen wie außen, angebracht werden.
- Elektrische Anschlusskästen an Entrauchungs-Ventilatoren sind selbstverständlich temperaturbeständig 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 Bundesland unterschiedlich. Dies betrifft insbesondere auch die messtechnische 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 einer Stunde anzuschließen. [4]

Für einen wirtschaftlichen Betrieb von Entlüftungsanlagen in Großgaragen bietet es sich an, abhängig vom anfallenden CO-Gehalt die Lüftungsanlage in Stufen bedarfsgerecht zu betreiben, z. B. (siehe Bild 6)

0. Anlage aus
I. Anlage 50 %, durch polumschaltbare Motore nach Dahlander (Betriebspunkt B2)
II. Anlage auf voller Leistung betreiben (Betriebspunkt B1)

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

Technische Änderungen vorbehalten

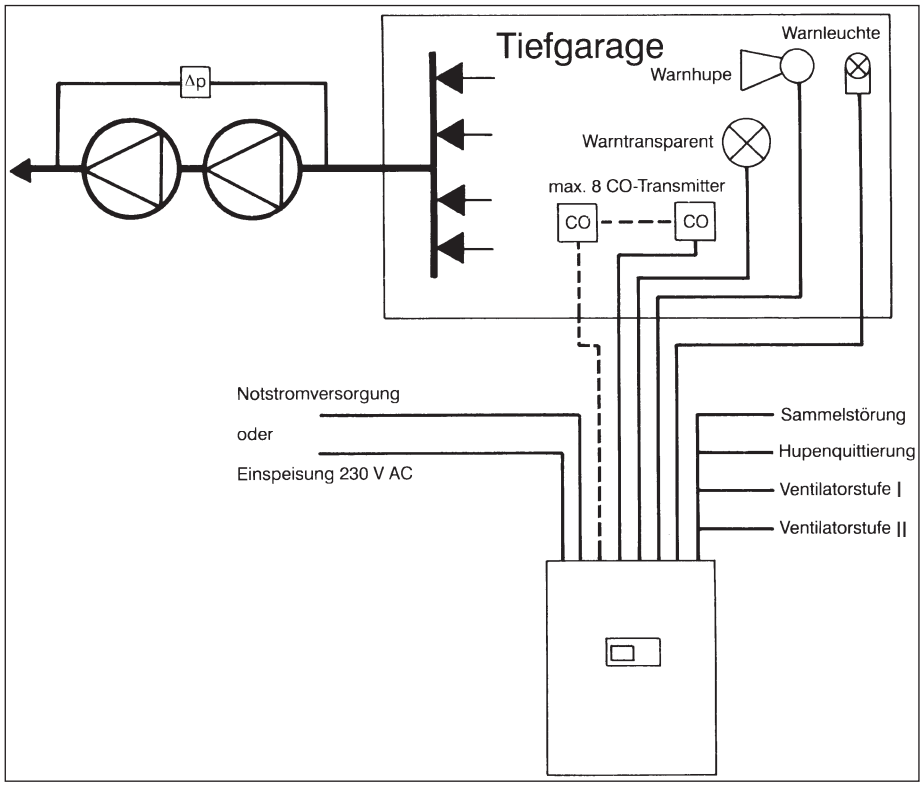



**Bild 4:** CO-Kontrolleinheit mit max. 8 CO-Transmittern und Ventilatorensteuerung.

Beispiel:

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 Steuerautomatik-Systemen für Garagen-Abluft-Ventilatoren [5] (in Reihe geschaltete Axialventilatoren)

– 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 Gesamtvolumenstrom 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 in Reihe geschalteten Axialventilatoren fördern bei Baugrößen zwischen 315 und 1600 mm Ø Volumenströme von ca. 2000 bis ca. 250 000 m³/h.

Die maximale Totaldruckerhöhung beträgt hierbei ca. 4500 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.

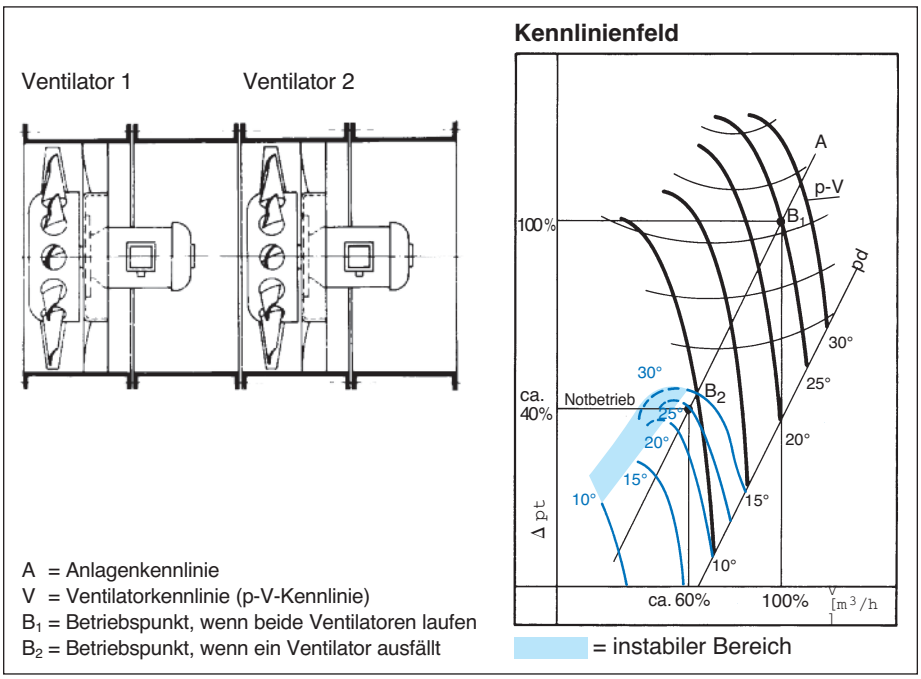



**Bild 5:** Hintereinandergeschaltete Axialventilatoren im Normalbetrieb und im Notbetrieb

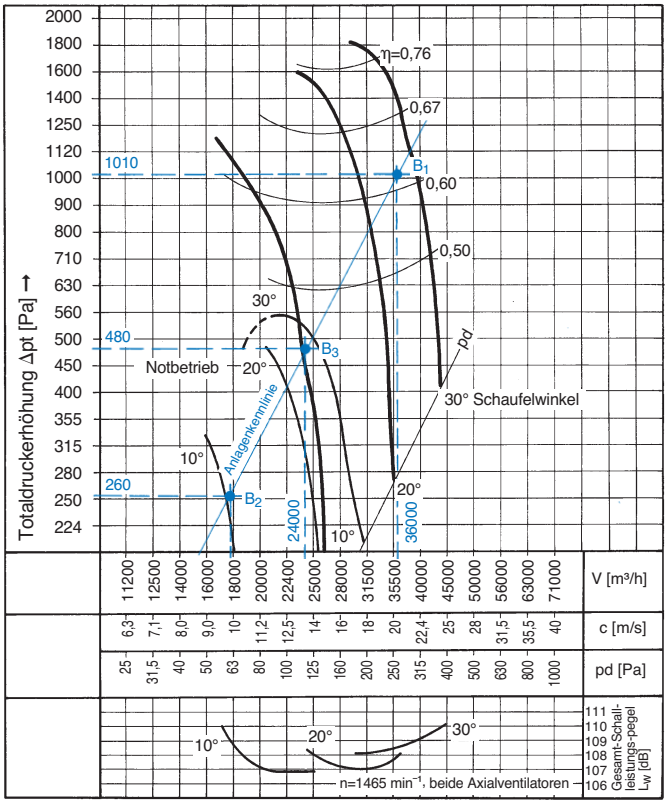
Technische Änderungen vorbehalten

**Bild 6:**
Axialventilator - in Reihe
Typ ZAXN 12/56/800/D
n = 1465 min$^{-1}$
mit Polumschaltung -
nach Dahlander

$B_1$ = Beide Ventilatoren in Betrieb
V = 36000 m³/h
pt = 1010 Pa

$B_2$ = Polumschaltung
V = 18000 m³/h
pt = 260 Pa

$B_3$ = Ein-Aus-Schaltung
V = 24000 m³/h
pt = 480 Pa




(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

Hintereinander angeordnete Axialventilatoren haben zwischenzeitlich einen festen Platz in Abluftanlagen zur Entlüftung und Entrauchung von Großgaragen. Ausgerüstet mit einem speziell isolierten Elektromotor, temperaturbeständig bis 300°C für die Dauer von 120 Min., (F300) erfüllt dieser Ventilator praktisch alle Anforderungen 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 genügend Abstand (ca. 20% von der Totaldruckerhöhung) zum Abrisspunkt hin 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 Betriebspunkt 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 Entrauchungs-Ventilatoren 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.

Technische Änderungen vorbehalten

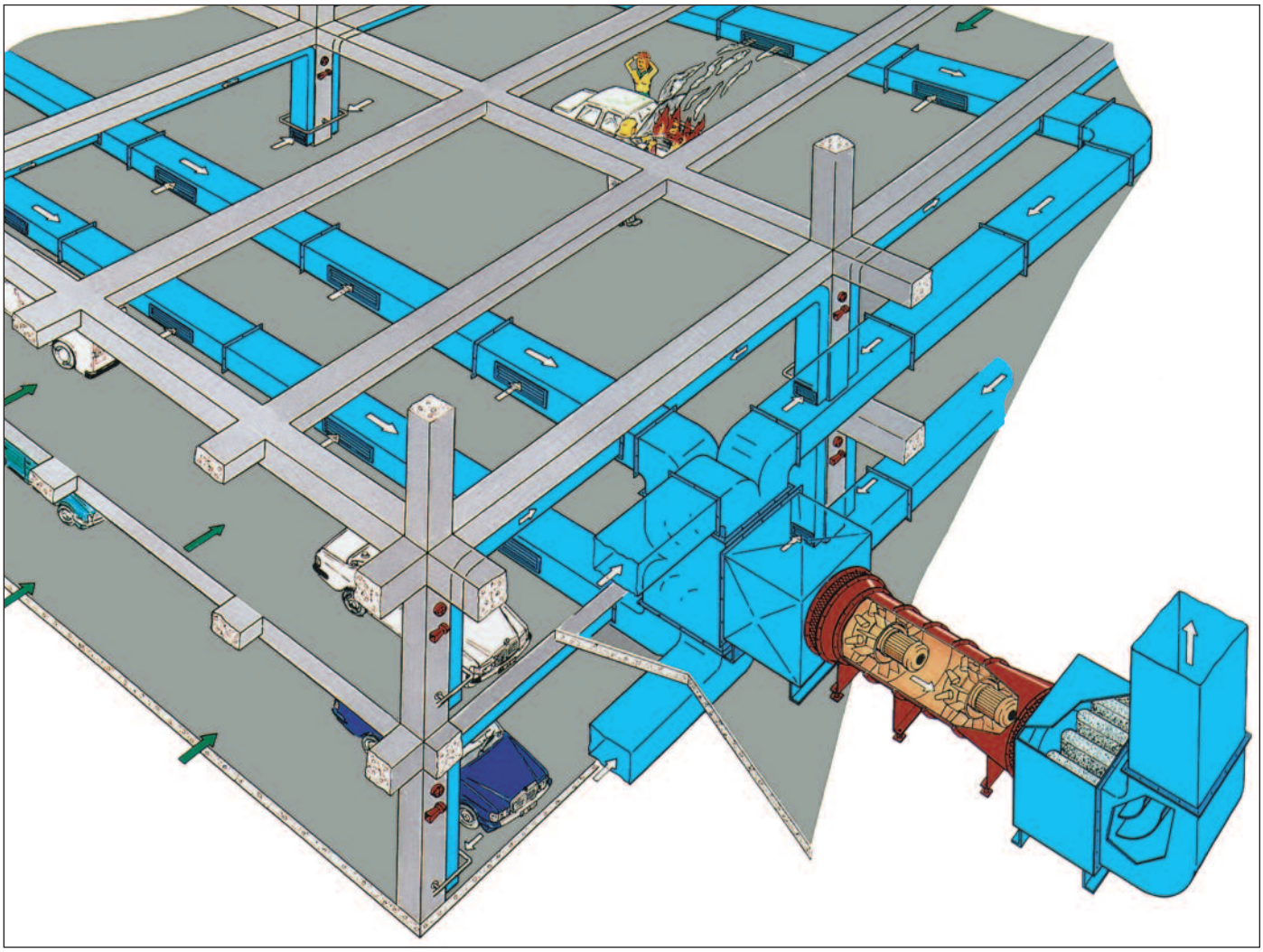


**Bild 7:** Maschinenraum einer verordnungsgerechten Tiefgarage.

Entrauchungs-Ventilatoren für den vorbeugenden Brandschutz unterliegen grundsätzlich einer Prüfung.

Axialventilatoren mit speziell isoliertem Elektromotor werden zur Zeit bis zu Beanspruchungstemperaturen von 300°C, bei einer Standzeit von 120 Min. geprüft, am Markt angeboten. (F300)

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

Die Industrie verfügt heute über geeignete, langlebige Messsensoren sowie Bausteine der elektronischen Datenverarbeitung, die in Verbindung mit der CO-Grenzwerterfassung in Garagen eine reibungslose Steuerung der Ventilatoren erlauben.

## 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] Schönholtz, 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. TROX TLT, Bad Hersfeld

Technische Änderungen vorbehalten

TROX® TECHNIK

The art of handling air

X Fans

**TROX TLT GmbH**
Am Weinberg 68
D-36251 Bad Hersfeld
Telefon + 49(0) 66 21 / 950-0
Telefax + 49(0) 66 21 / 950-100
E-mail info@trox-tlt.de

**www.trox-tlt.de**