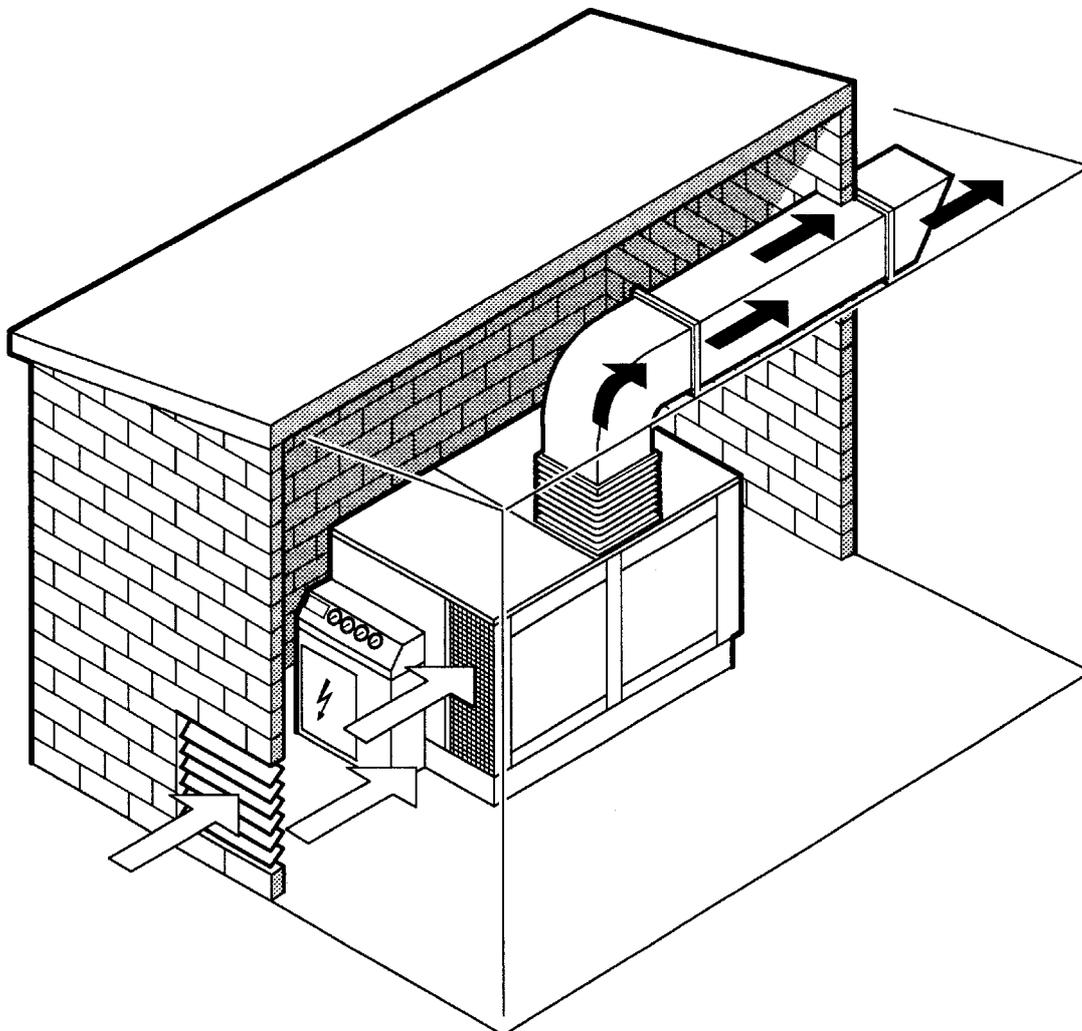


Installations-Handbuch

Luftgekühlte Hoch- und Mitteldruck- Kompressoranlagen



IH-D 11/98

BAUER KOMPRESSOREN GmbH

Postfach 710260 D-81452 München Tel. 089/78049-0 Fax 089/78049167

INHALTSVERZEICHNIS

A.	VORAUSSETZUNGEN	A-1	G.	ANHANG	G-1
1.	VORBEMERKUNG	A-1	1.	KÜHLLUFTSTROM BEI NATÜRLICHER BELÜFTUNG (in Abhängigkeit von Raumgröße, Motorleistung und Wandbeschaffenheit)	G-1
2.	VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE AUFSTELLUNG	A-1	2.	ERFORDERLICHE ABLUFTÖFFNUNG BE NATÜRLICHER BELÜFTUNG (in Abhängigkeit von Raumgröße und Kühlluftstrom)	G-2
2.1.	Kompressorenraum/Gebäude	A-1	3.	KÜHLLUFTSTROM BEI KÜNSTLICHER BELÜFTUNG (in Abhängigkeit von Raumgröße, Motorleistung und Wandbeschaffenheit)	G-3
2.2.	Flächenbedarf	A-2	4.	ERFORDERLICHE ZULUFTÖFFNUNG BEI NATÜRLICHER BELÜFTUNG (in Abhängigkeit von Kühlluftstrom und Strömungsge- schwindigkeit)	G-4
2.3.	Fundament	A-2			
2.4.	Bodenbelastung	A-2			
2.5.	Extreme Bedingungen	A-2			
2.6.	Sonstige Einflußfaktoren	A-2			
B.	WÄRMEABFUHR	B-1			
1.	WAHL DER RICHTIGEN BELÜFTUNG	B-1			
1.1.	Wahl der richtigen Belüftungsart	B-1			
C.	NATÜRLICHE BELÜFTUNG	C-1			
1.	FREIE KONVEKTION	C-1			
1.1.	GRÖSSE DER NOTWENDIGEN ZU- UND ABLUFTÖFF- NUNGEN	C-1			
1.2.	AUFSTELLUNGSBEISPIELE FÜR NATÜRLICHE BELÜF- TUNG	C-2			
D.	KÜNSTLICHE BELÜFTUNG	D-1			
1.	ERZWUNGENE KONVEKTION	D-1			
1.1.	KÜNSTLICHE BELÜFTUNG DURCH FREIES AUSBLASEN MIT RAUMVENTILATOR	D-1			
1.2.	AUFSTELLUNGSBEISPIELE FÜR KÜNSTLICHE BELÜF- TUNG DURCH FREIES AUSBLASEN	D-2			
1.3.	KÜNSTLICHE BELÜFTUNG DURCH KANALENTLÜFTUNG	D-2			
1.4.	PLANUNGSHILFE FÜR LÜFTUNGSKANAL AUSLEGUNG (ZUSAMMENFASSUNG)	D-7			
1.5.	RICHTIGE BELÜFTUNG BEI MEHRFACH - INSTALLATIO- NEN	D-8			
E.	ANSCHLUSSRICHTWERTE FÜR DREHSTROM- MOTORE	E-1			
F.	KONDENSATABLEITUNG	F-1			
1.	KONDENSATMENGE	F-1			
1.1.	Ölanteil	F-1			
1.2.	Wasseranteil	F-1			
1.3.	Beispiel für die Berechnung der Kondensatmenge ..	F-1			
2.	KONDENSATENTSORGUNG	F-2			
2.1.	Kondensatsammelbehälter	F-2			
2.2.	Kondensatleitungen	F-2			
2.3.	Beispiele für das Verlegen von Kondensatleitungen .	F-3			

Installations-Handbuch

A. VORAUSSETZUNGEN

1. VORBEMERKUNG

Die Aufstellung und Installation ist im großen Maße entscheidend für die Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit einer Verdichteranlage. Bei der Aufstellung ist besonders auf eine ausreichende Wärmeabfuhr durch entsprechende Be- und Entlüftung zu achten.

Dieses Handbuch enthält Hinweise und gibt Anweisungen für die Installation von BAUER Hochdruck- und Mitteldruck-Kompressoranlagen. Es handelt sich dabei ausschließlich um 2 bis 5-stufige Kolbenkompressoranlagen mit einer Liefermenge von 0,1 - 6,8 Nm³/min, bzw. 6 - 420 Nm³/h und Drücken von 25 bis 500 bar.

Die in diesem Handbuch zusammengefaßten Richtlinien sind in Anlehnung an DIN, UVV und VDMA Normen entstanden. Dabei sind auch langjährige Erfahrungen und Tips aus der Praxis eingeflossen.

Die enthaltenen Installationshinweise sind speziell auf die BAUER typischen luftgekühlten Kolbenkompressoren abgestimmt. Die Erläuterungen und viele der angegebenen Daten sind allgemeiner Natur, und sind im Prinzip auf alle BAUER Hoch- und Mitteldruckanlagen anwendbar. Im speziellen Anwendungsfall sind die entsprechenden Daten im Anhang tabellarisch erfaßt bzw. aus der beigelegten Angebotszeichnung zu entnehmen. Bitte beachten Sie, daß ein gegebenenfalls beigelegter Aufstellungsplan nur ein Vorschlag ist.

Die jeweils günstigste Installation ist letztlich von den auftretenden Betriebsbedingungen abhängig.

Sollten Sie diesbezüglich weitergehende Beratung benötigen, so steht Ihnen unser BAUER Spezialistenteam gerne zur Verfügung.

ACHTUNG

Obwohl alle wesentlichen Aspekte der Aufstellung hier berücksichtigt werden, kann und darf die vorliegende Ausgabe die Betriebsanleitung nicht ersetzen.

Technische Änderungen vorbehalten.

Sollten Sie bezüglich Ihrer Kompressor-Installation Fragen haben, wenden Sie sich bitte an:

BAUER KOMPRESSOREN GmbH

Abt.: Technischer Kundendienst (TKD) oder Technische Angebote (TB-AA)

Drygalski Allee 37 Tel.: 089 / 7 80 49 - 0
 D-81477 München Fax: 089 / 7 80 49 - 167

Wir stehen Ihnen gerne zur Verfügung.

2. VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE AUFSTELLUNG

2.1. Kompressorenraum/Gebäude

Obwohl nicht zwingend erforderlich, hat sich die Installation von Kompressoren in eigens dafür vorgesehenen Maschinenräumen bewährt. Optimal ist ein eigener Kompressorenraum.

Auch wenn kein besonderer Raum zur Verfügung steht, sollte auf folgende Punkte geachtet werden:

- Der Kompressorraum muß sauber, staubfrei, trocken und so kühl wie möglich sein.
- Direkte Sonneneinstrahlung vermeiden. Falls möglich, die Nordseite des Gebäudes wählen.
- Zusätzliche wärmeentwickelnde Geräte oder Leitungssysteme sollten nicht im gleichen Raum installiert sein bzw. ausreichend isoliert werden.
- Die Raumtemperatur darf wegen der Gefahr von Frost- und Korrosionsschäden durch starke Kondensatbildung nicht unter + 5 °C sinken. Gegebenenfalls ist eine zusätzliche Raumheizung erforderlich.

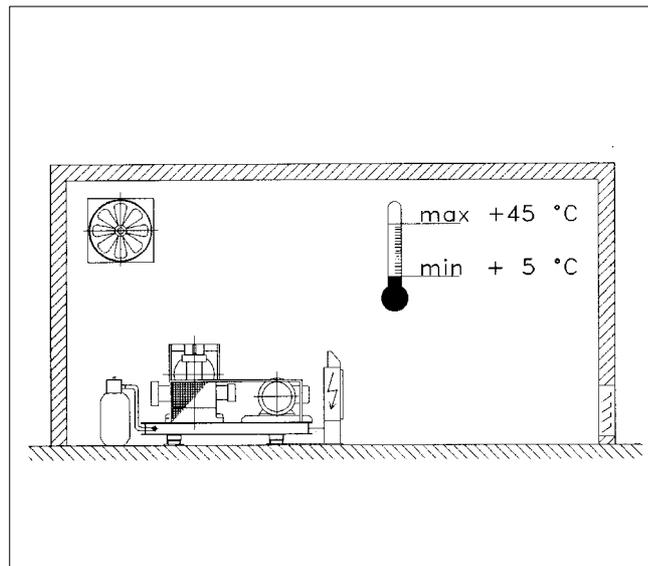


Abb. 1 Temperaturgrenzen

- Für ausreichende Lüftung sorgen. Beachten: Raumtemperatur = Kühltemperatur!
 Min. = +5 °C, max. = +45 °C.
- Für andere Aufstellungstemperaturen, fordern Sie bitte unser Spezialangebot an. Temperaturen von - 35 °C bis + 50°C sind gegebenenfalls durch technische Änderungen möglich.
- Zur Durchführung der Wartung ist für gute Zugänglichkeit und Beleuchtung zu sorgen.
- Jahreszeitliche Temperaturschwankungen sollten möglichst ausgeglichen werden.

Besonders bei größeren Kompressoranlagen der Baureihen K 22, K 23, K 25 und K 28 ist das Vorhandensein eines Werkstattkranes oder Zugänglichkeit für einen Gabelstapler für Wartungs- und Reparaturarbeiten von großem Vorteil.

2.2. Flächenbedarf

Den Flächenbedarf Ihrer Kompressoranlage entnehmen Sie bitte der BAUER-Kompressoren - Aufstellungszeichnung.

Für Wartungsarbeiten an der Anlage sollte allseits ca. 0,8 - 1 m Abstand eingehalten werden, wobei auch die geltenden VDE - Vorschriften für Schaltschrank-Zugänglichkeit zu beachten sind.

Bei VERTICUS - Anlagen sollte der Abstand zwischen Anlagenrückwand und Raumwand, wegen der Wartungszugänglichkeit, mindestens 50 cm betragen. Dieser Abstand kann bei allen VERTICUS I und VERTICUS III im Einzelfall auch verkleinert werden. Dann müssen diese Anlagen jedoch für Arbeiten am Antrieb in eine andere Position gebracht werden.

Es ist darauf zu achten, daß eine ausreichende Türöffnung zur Einbringung der Anlage vorhanden ist.

2.3. Fundament

Jede BAUER Kompressoranlage ist optimal ausgewuchtet und zusätzlich durch Schwingmetalle gut schwingungs isoliert. Eine spezielle Fundamentierung oder besondere Befestigung ist daher nicht zwingend erforderlich.

Der Untergrund muß jedoch fest und die Aufstellung waagrecht sein.

2.4. Bodenbelastung

Die Bodenbelastbarkeit muß dem auf der Angebotszeichnung angeführten Anlagengewicht entsprechen.

ACHTUNG

Bei Anlagen, die in Container eingebaut werden, ist darauf zu achten, daß der Boden ausreichend schwingungsstabil ist.

Leichtbau-Container mit Profilblech Verstärkungen sind weniger schwingungsstabil als Container mit Stahl-Profil-Verstrebungen (z.B. U-Stahl). Diese müssen gegebenenfalls nachträglich verstärkt werden.

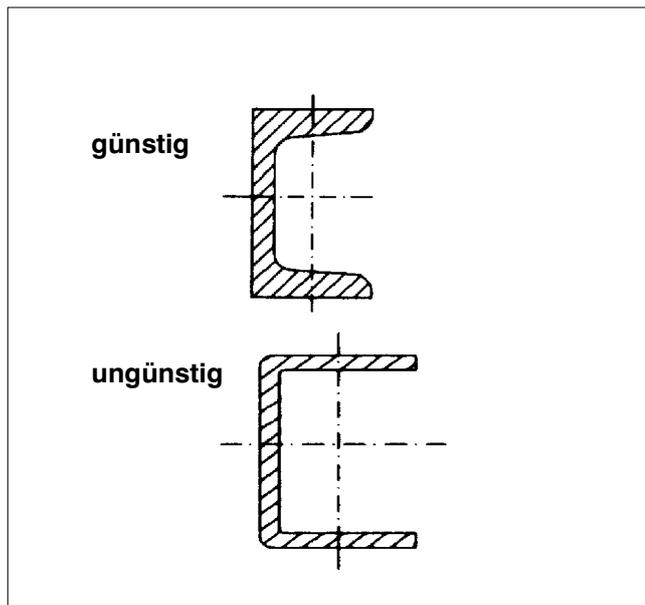


Abb. 2 Container-Verstärkung

2.5. Extreme Bedingungen

Sollten extreme Umgebungsbedingungen, z. B. Hitze, Kälte oder Sturmsituationen vorherrschen, so kann die Kompressoranlage den Gegebenheiten werksseitig angepaßt werden. Die eventuell notwendigen technischen Änderungen an dem Kompressor sind jedoch schon in der Anfrage- bzw. Angebotsphase genau zu definieren.

2.6. Sonstige Einflußfaktoren

- Staub - bzw. sandhaltige Luft

Bei besonders staub - bzw. sandhaltigen Umgebungsbedingungen sollten dem Kompressor zusätzliche Ansaugfilter vorgeschaltet werden. Dies verhindert das Eindringen von schädlichen und abrasiven Partikeln.

- Lösungsmittelhaltige Luft

Eine Verunreinigung der angesaugten Frischluft mit Lösungsmitteldämpfen ist unbedingt zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, so sollte mittels besonderer Luftaufbereitung Einfluß auf die Luftqualität am Kompressoreingang genommen werden. Dies ist im Einzelfall schon in der Angebotsphase abzuklären.

- Korrosive Reinigungsmittel

In Räumen, in denen korrosive Reinigungsmittel zum Einsatz kommen, kann es an den mit dem Reinigungsmittel in Kontakt tretenden Metallteilen zu Korrosion kommen. Um dies zu vermeiden, ist es günstig die Kompressoranlage entweder auf Hartgummiplatten oder in eine Niro - Blechwanne zu stellen.

- Tropische Aufstellungsbedingungen

Bei der Aufstellung in tropischen Umgebungen darauf achten, daß die angegebenen Temperaturen nicht überschritten werden. Desweiteren sollte abgeklärt werden, inwieweit die Anlage termitefest ausgeführt werden muß. Diese Abklärungen erfolgen ebenfalls am besten schon in der Anfrage- bzw. Angebotsphase.

Installations-Handbuch

B. WÄRMEABFUHR

1. WÄRMEABFUHR - WAHL DER RICHTIGEN BELÜFTUNG

Wie bereits erwähnt, muß bei der Installation im besonderen Maße auf ausreichende Wärmeabfuhr geachtet werden. Durch die im Verdichter geleistete Kompressionsarbeit entsteht Wärme. Die Wärmemenge ist umso größer, je mehr Kompressionsarbeit geleistet wird. Etwa 70 % der zugeführten Energie werden durch Kompressionsarbeit im Verdichter in Wärme umgewandelt. Die zusätzlich im Motor entstehende Wärme muß ebenfalls abgeführt werden.

Dies bedeutet, daß nahezu 100 % der zugeführten Energie in Wärme umgewandelt wird und abgeführt werden muß.

Die Abfuhr der Wärme erfolgt durch Belüftung (Konvektion).

Die Belüftung erfolgt je nach Antriebsleistung und Aufstellung entweder durch natürliche oder künstliche Belüftung.

Die rechnerisch notwendige Mindestkühlluftmenge wird überschlagsmäßig hinreichend genau durch folgende Faustformel ermittelt:

$$\text{Erforderlicher Kühlluftstrom [m}^3\text{/h]} = 300 \times \text{Antriebsleistung [kW]}$$

Beispiel:

Die vorhandene Motorleistung beträgt 30 kW, die erforderliche Kühlluftmenge beträgt dann:

$$300 \times 30 = 9000 \text{ m}^3\text{/h.}$$

Die exakten Werte für die jeweils notwendige Kühlluftmengen entnehmen Sie bitte den Tabellen im Anhang.

1.1. Wahl der richtigen Belüftungsart

Nicht nur die Berechnung der nötigen Kühlluftmenge, sondern auch die Auswahl der jeweils günstigsten Belüftungsart ist entscheidend.

Folgende Kriterien sind für die Auswahl zu berücksichtigen:

- Antriebsleistung
- Größe des Aufstellungsraumes
- Umgebungstemperaturen im Aufstellungsraum
- Maximale Größe der Zu - und Abluftöffnungen
- Kanallänge eines eventuell vorgesehenen Belüftungsschachts
- weitere Wärmequellen im Betriebsraum
- Druckverlust im Belüftungsschacht

Nachfolgende Grafik soll die Zusammenhänge bei der Auswahl der richtigen Belüftungsart verdeutlichen:

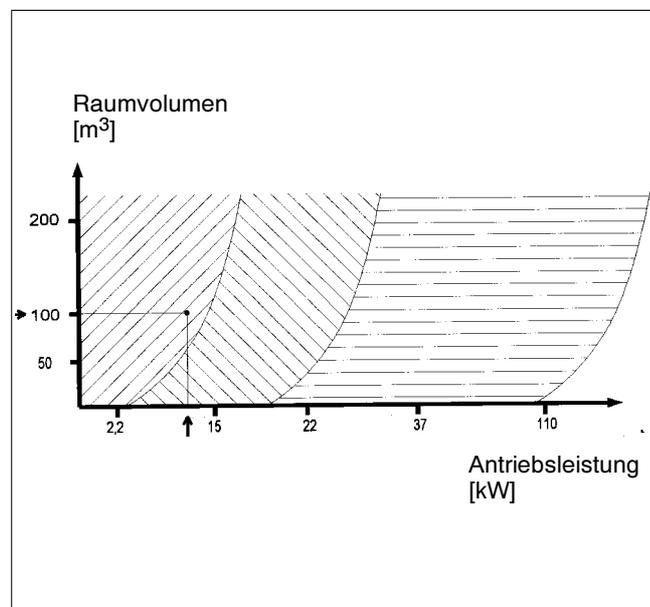


Abb. 3 Zusammenhang zwischen Belüftungsart, Raumgröße und Antriebsleistung

 = natürliche Belüftung

 = künstliche Belüftung durch freies Ausblasen

 = künstliche Belüftung durch Kanalentlüftung

Beispiel:

Raumvolumen: 100 m³
 Leistung: 11 kW

Aus der Grafik folgt: natürliche Belüftung ist ausreichend.

C. NATÜRLICHE BELÜFTUNG

1. NATÜRLICHE BELÜFTUNG - FREIE KONVEKTION

Natürliche Belüftung ist die einfachste Form der Belüftung. Sie entsteht praktisch automatisch durch Erwärmung bzw. Abkühlung. Die resultierenden Temperaturunterschiede ergeben Dichteunterschiede, die aufwärts bzw. abwärts gerichtete Ausgleichsströmungen zur Folge haben. Es kommt zur freien Strömung. Der erforderliche Kühlluftstrom entsteht also automatisch und wird ohne zusätzliche Maßnahmen, wie z.B. Zusatzventilatoren erzeugt.

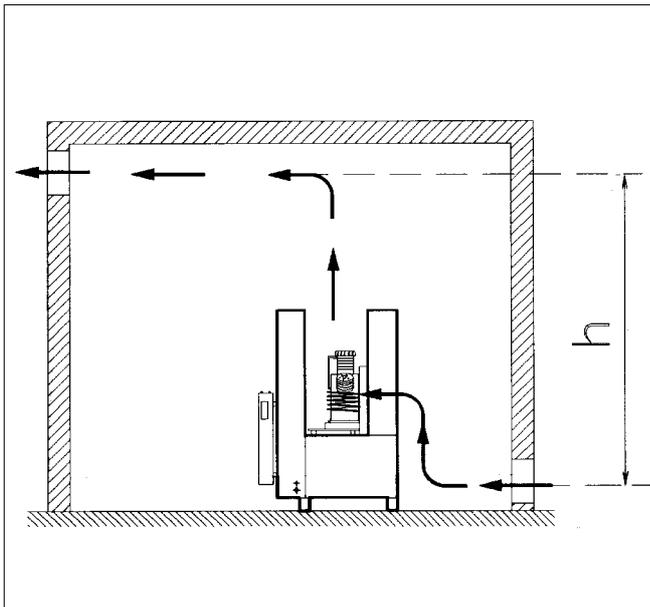


Abb. 4 Natürliche Belüftung Verticus-„Standard“

Um diese freie Strömung (Konvektion) günstig zu beeinflussen ist auf folgende Punkte zu achten:

- Natürliche Belüftung sollte nur bis zur einer maximalen Leistung des Antriebsmotors von 15 kW angewendet werden.

- Der Kompressor muß so aufgestellt werden, daß die gedachte Strömungslinie zwischen Zu- und Abluft den Kompressor durchströmt.
- Die Kühlluft-Zuluftöffnung sollte in Bodennähe, also tief angebracht werden.
- Die Warmluft-Abluftöffnung sollte möglichst hoch angeordnet werden.
- Der Kompressor sollte nahe der Zuluftöffnung aufgestellt werden.
- Die Kühlluft sollte unmittelbar aus der Zuluftöffnung angesaugt werden, bei Temperaturen unter + 5°C muß bei direkter Ansaugung eine Umluftklappe vorgesehen werden.
- Das Ansaugen von warmer Abluft ist zu vermeiden.

1.1. GRÖSSE DER NOTWENDIGEN ZU- UND ABLUFTÖFFNUNGEN

Abluftöffnung

Die Größe der Abluftöffnung ist abhängig von

- Kompressorantriebsleistung
- der Höhendifferenz zwischen Zu- und Abluftöffnung Δh
- der Raumgröße V

Zuluftöffnung

- Die Zuluftöffnung für die Frischluft ist mit Rücksicht auf die eventuelle Verschmutzung der eingebauten Jalousien, Gitter o. ä. etwa 20 % größer als die Abluftöffnung zu dimensionieren.
- Einzelne Richtwerte sind in folgender Tabelle zusammengefaßt:

Lufteinlaß- und Auslaßöffnungen						
Motorleistung (kW)	Raumvolumen / Höhendifferenz					
	V = 50 m ³ $\Delta h = 2$ m		V = 100 m ³ $\Delta h = 3$ m		V = 200 m ³ $\Delta h = 4$ m	
	Einlaß	Auslaß	Einlaß	Auslaß	Einlaß	Auslaß
2.2	0.12 m ²	0.10 m ²	--	--	--	--
3	0.24 m ²	0.20 m ²	0.12 m ²	0.10 m ²	--	--
4	0.30 m ²	0.25 m ²	0.12 m ²	0.10 m ²	--	--
5.5	0.42 m ²	0.35 m ²	0.24 m ²	0.20 m ²	0.12 m ²	0.10 m ²
7.5	0.90 m ²	0.75 m ²	0.60 m ²	0.50 m ²	0.24 m ²	0.20 m ²
11	1.38 m ²	1.15 m ²	0.90 m ²	0.75 m ²	0.54 m ²	0.45 m ²
15	1.92 m ²	1.60 m ²	1.45 m ²	1.20 m ²	0.90 m ²	0.75 m ²

Sollten diese Werte unterschritten werden, z.B. aus baulichen Gründen, ist künstliche Belüftung erforderlich.

Beispiel:

Die Motorleistung beträgt 7,5 kW, der Rauminhalt beträgt ca. $V \approx 40 \text{ m}^3$, die Höhendifferenz zwischen Zuluft- und Abluftöffnung beträgt $\Delta h = 2 \text{ m}$.

Aus der Tabelle folgt: Abluftöffnung ca. $0,75 \text{ m}^2$
Zuluftöffnung ca. $0,75 \text{ m}^2 \times 1,2 = 0,9 \text{ m}^2$

1.2. AUFSTELLUNGSBEISPIELE FÜR NATÜRLICHE BELÜFTUNG

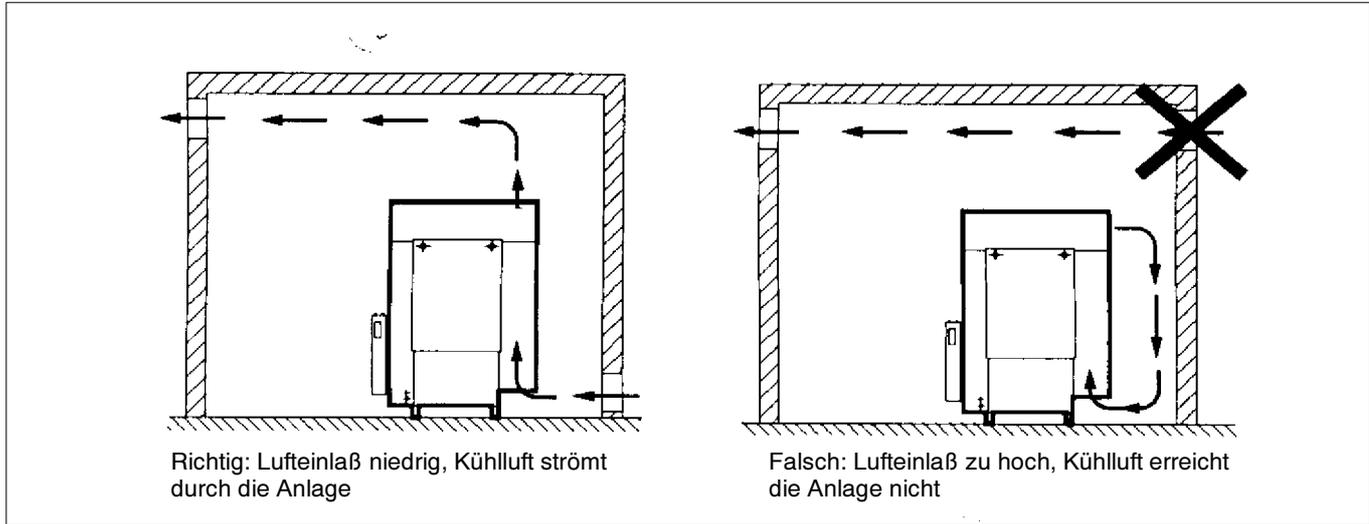


Abb. 5 Aufstellung mit natürlicher Belüftung, Beispiel 1

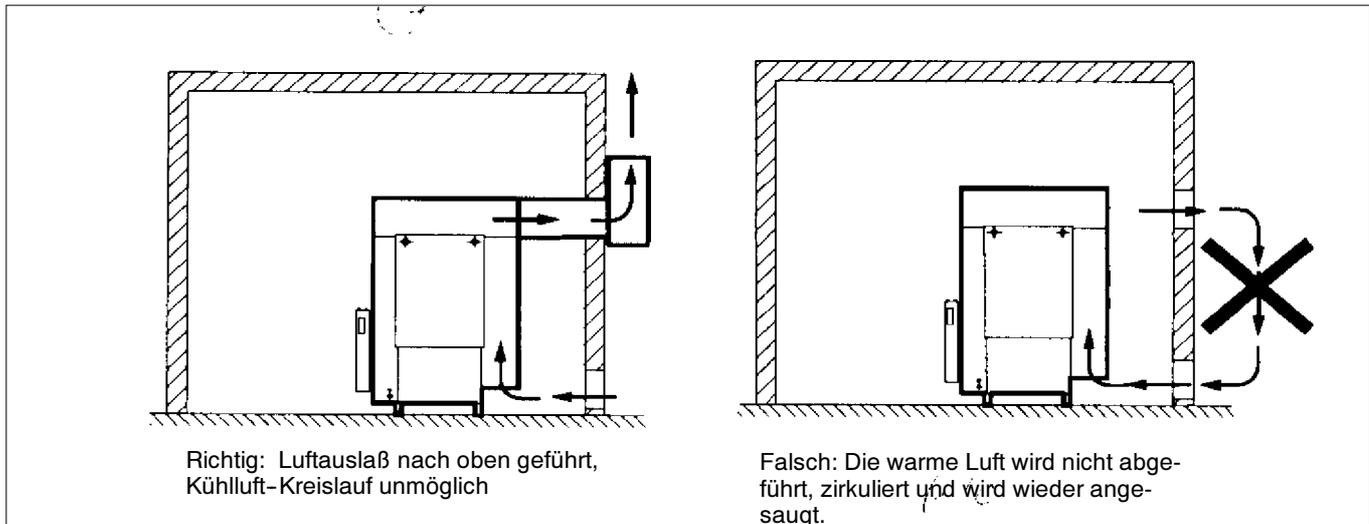


Abb. 6 Aufstellung mit natürlicher Belüftung, Beispiel 2

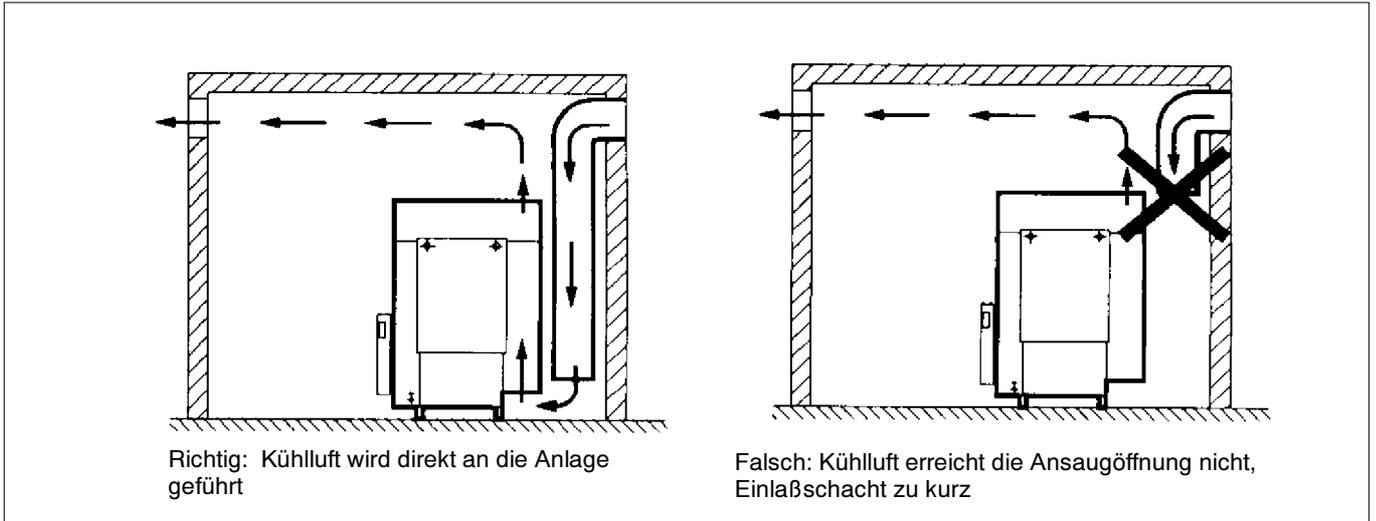


Abb. 7 Aufstellung mit natürlicher Belüftung, Beispiel 3

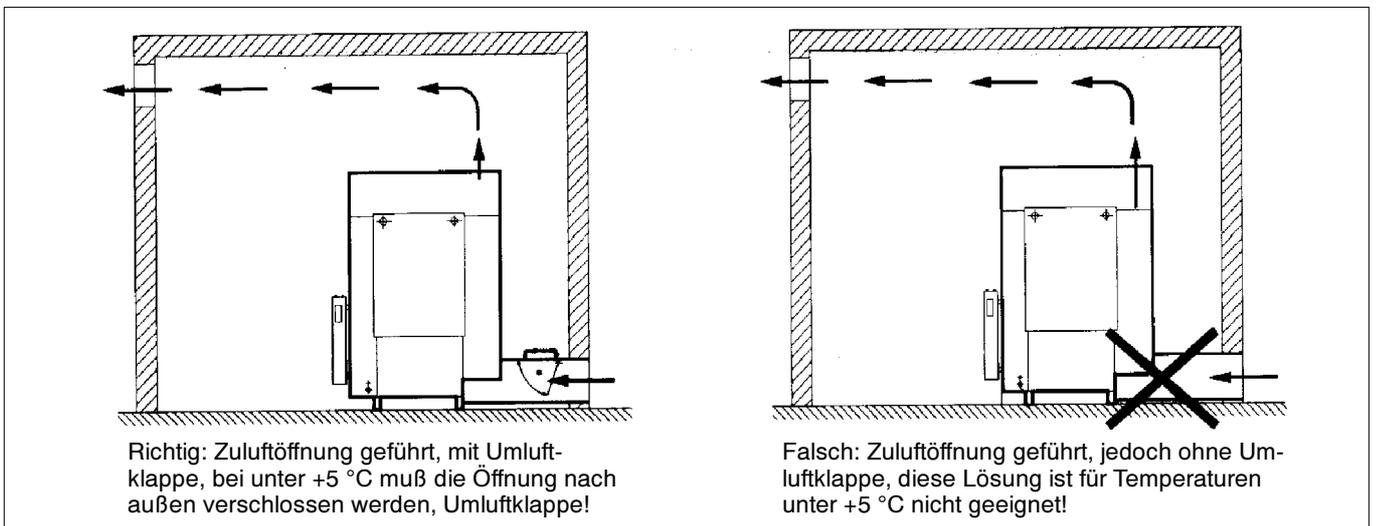


Abb. 8 Aufstellung mit natürlicher Belüftung, Beispiel 3

D. KÜNSTLICHE BELÜFTUNG
1. KÜNSTLICHE BELÜFTUNG - ERZWUNGENE KONVEKTION

Bei Antriebsleistungen über 15 kW ist die natürliche Belüftung nicht mehr ausreichend. Unter bestimmten Umständen kann dies auch für geringere Antriebsleistungen zutreffend sein, z.B.:

- wenn der Kompressor in einem sehr kleinen Raum aufgestellt werden muß,
- wenn die Kühlluftöffnungen nicht groß genug sein können,
- wenn andere Geräte mit hoher Wärmeentwicklung im selben Raum betrieben werden, oder
- wenn zwei oder mehr Kompressoren im selben Raum betrieben werden.

HINWEIS

Um eine thermische Überbelastung auszuschließen ist also auch bei Anlagen mit kleineren Leistungen unter ungünstigen Einsatzbedingungen künstliche Belüftung sinnvoll bzw. notwendig.

Je nach Betriebsart des Kompressors kann erzwungene Konvektion = Zwangsbelüftung unterschiedlich ausgeführt werden.

Arten der künstlichen Belüftung:

- freies Ausblasen mit Raumventilator
- Kanalbelüftung mit bzw. ohne Zusatzventilator
- Kanalbelüftung mit Umluftklappe und Zusatzventilator
- Kanalbelüftung mit Abwärmenutzung

1.1. KÜNSTLICHE BELÜFTUNG DURCH FREIES AUSBLASEN MIT RAUMVENTILATOR

Diese Belüftungsvariante ist die einfachste Art der künstlichen Belüftung. Sie funktioniert im Prinzip wie die natürliche Belüftung, jedoch wird hier die warme Abluft durch einen Entlüftungsventilator ausgeblasen. Zu- und Abluftschächte sind nicht erforderlich.

Dabei ist zu beachten:

- Da bei dieser Variante keine Belüftungsschächte eingebaut werden, sollte bei der Installation darauf geachtet werden, daß der Ausblasventilator in der Nähe der Kompressorabluft und möglichst hoch angebracht wird. Die Zuluftöffnung sollte so angeordnet werden, daß der Kompressor die Luft **ohne Hindernis** ansaugen kann. Erforderlicher Mindestabstand 0,5 Meter.
- Der Ventilator muß ausreichend dimensioniert werden

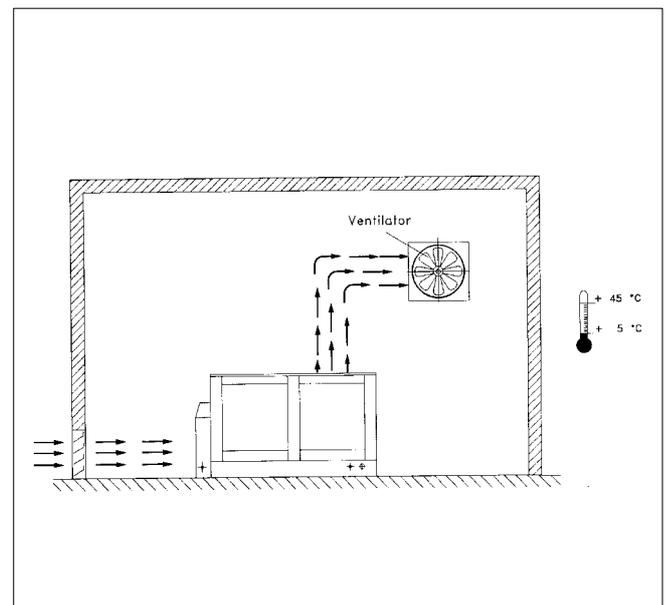


Abb. 9 Künstliche Belüftung durch freies Ausblasen

Erforderlicher Kühlluftstrom des Ausblasventilators

Der erforderliche Kühlluftstrom kann mit der bereits erwähnten Faustformel ermittelt werden. Zur genaueren Bestimmung siehe Tabelle im Anhang.

1.2. AUFSTELLUNGSBEISPIELE FÜR KÜNSTLICHE BELÜFTUNG DURCH FREIES AUSBLASEN

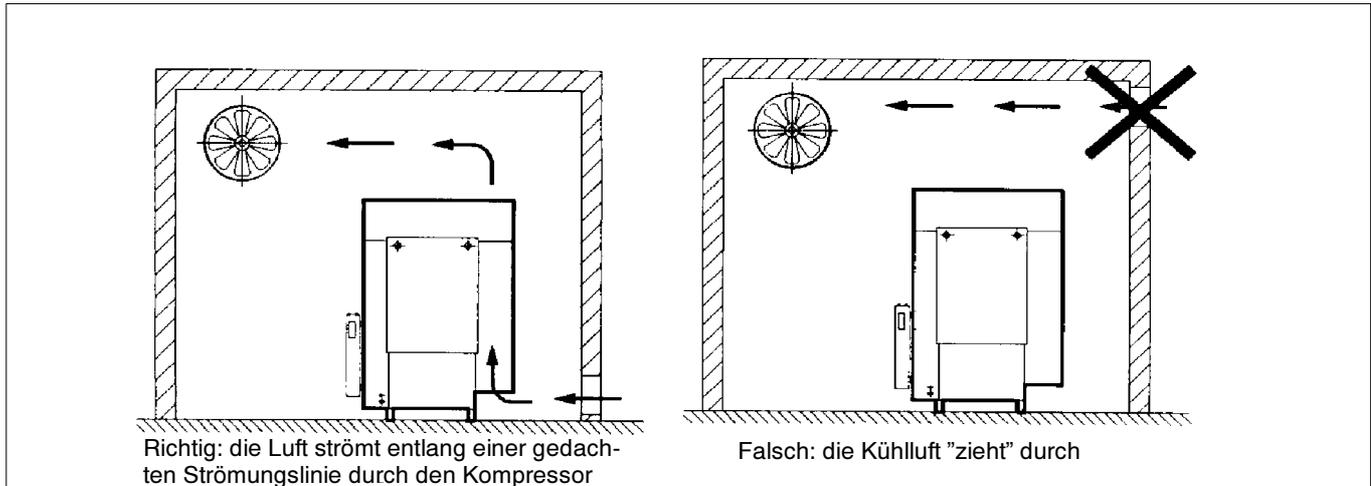


Abb. 10 Aufstellung mit künstlicher Belüftung, Beispiel 1

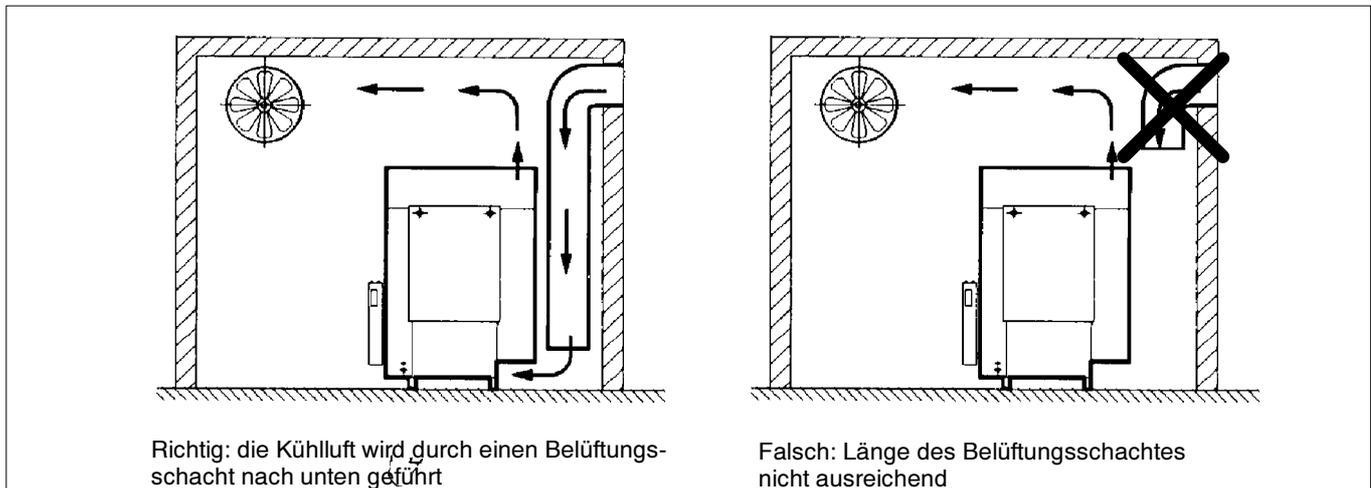


Abb. 11 Aufstellung mit künstlicher Belüftung, Beispiel 2

1.3. KÜNSTLICHE BELÜFTUNG DURCH KANALENTLÜFTUNG

Ein Lüftungskanal wird direkt an den Abluftschacht des Kompressors angeschlossen. Ab einer gewissen Kanallänge muß ein Zusatzventilator im Kanal installiert werden.

Diese Art der Belüftung wird bei großen Antriebsleistungen bzw. ungünstigen Aufstellungsbedingungen empfohlen. Die Wärmeabfuhr ist hier optimal gewährleistet.

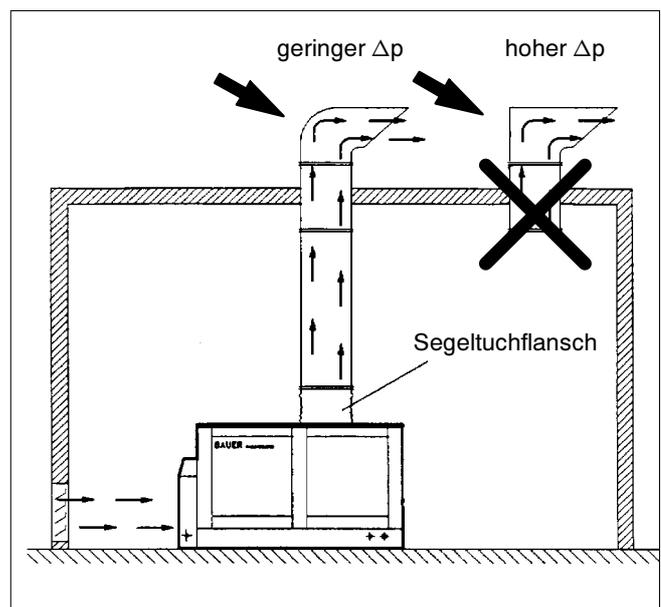


Abb. 12 Künstliche Belüftung durch Kanalentlüftung

ACHTUNG

Der Kanalquerschnitt und die Kanallänge können nicht frei gewählt werden, sondern müssen den Gegebenheiten angepaßt werden. Ebenso sollten spezielle Kühlluftauslässe verwendet werden, die auch bei Wind aus der Ausblaserichtung noch funktionieren.

Berechnung des Kanalquerschnittes

Die empfohlene Strömungsgeschwindigkeit im Kanal beträgt etwa 3 - 5 m/sec.

Der max. zulässige Wert beträgt 7-8 m/sec.

Die jeweils benötigte Kühlluftmenge kann überschlagsmäßig durch die bekannte Formel ermittelt, bzw. aus den Tabellen im Anhang entnommen werden.

Mit Hilfe der Strömungsgeschwindigkeit und der notwendigen Kühlluftmenge kann der benötigte Kanalquerschnitt ermittelt werden.

Für die Berechnung des Kühlluft-Kanalquerschnitts kann folgende Formel verwendet werden:

$$\text{Kanalquerschnitt [m}^2\text{]} = \frac{\text{Kühlluftstrom [m}^3\text{/h]}}{\text{Strömungsgeschwindigkeit [m/s]} \times 3.600 \text{ [s/h]}}$$

Die empfohlene Strömungsgeschwindigkeit beträgt 3 bis 5 m/s, jedoch max. 10 m/s.

Beispiel: Verticus III mit Antriebsleistung 11 kW:

Kühlluftstrom = 300 x 11 = 3.300 m³/h

Kanalquerschnitt = 3.300 : (5 x 3.600) = 0,18 m²

Die freie Pressung der BAUER Hoch - und Mitteldruckkompressoren beträgt ca. 0,2 mbar = 2 mmWs. Das bedeutet, daß der im Kompressor integrierte Lüfter bis zu einem Gegendruck von max. 2 mmWs, gemessen in 1m Abstand^{a)} vom Kühlluftauslaß der Verdichteranlage im Abluftkanal, in der Lage ist, einen ausreichend großen Kühlluftstrom zur Verfügung zu stellen. Sollte der Gegendruck diesen Wert überschreiten, so muß in jedem Fall ein Zusatzventilator im Abluftschacht installiert werden.

Als Richtwert für die Abschätzung des Gegendruckes gilt:

1m Kanal \cong ca. 0,1 mbar = 1 mmWs

90° Bogen \cong ca. 0,4 mbar = 4 mmWs

Das bedeutet, daß bereits bei einer Kanallänge von 1 m mit einem eingebautem 90° Bogen der maximal zulässige Wert erreicht ist. Sollte der Kanal länger sein bzw. mehr Umlenkungen vorhanden sein, so muß ein Zusatzventilator installiert werden.

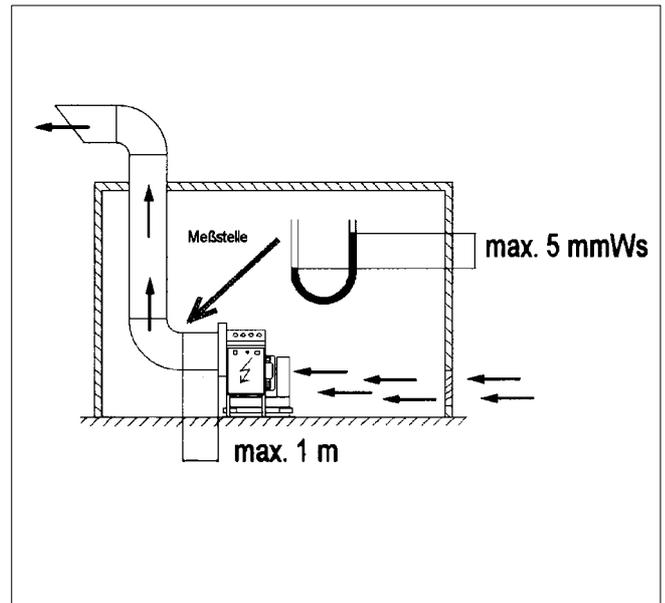


Abb. 13 Künstliche Belüftung durch Kanalentlüftung

1.3.1. Künstliche Belüftung durch Kanalentlüftung mit Umluftklappe

Diese Belüftungsart gleicht im wesentlichen der einfachen Kanalentlüftung. Zusätzlich ist jedoch eine Umluftklappe installiert. Dies ist zwingend notwendig, wenn die Außentemperatur unter + 5 °C sinkt. Mit der Umluftklappe kann die im Freien angesaugte kalte Kühlluft mit der warmen Abluft vermischt werden, und somit eine optimale Kühllufttemperatur erzeugt werden. Zur Vermeidung einer zu starken Raumabkühlung kann bei Anlagenstillstand eine Raumheizung erforderlich sein, so daß 5 °C Raumtemperatur nicht unterschritten werden.

Die Umluftklappe wird entweder manuell oder thermostatisch gesteuert.

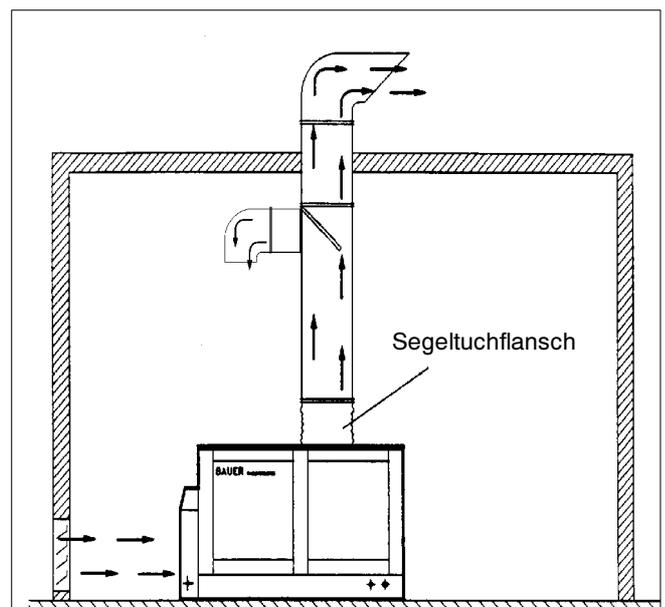


Abb. 14 Kanalentlüftung mit Umluftklappe

a) Messung der freien Pressung in 1m Abstand vom Kühlluftauslaß.

Diese Variante stellt die beste Be- und Entlüftung dar, deshalb empfehlen wir diese Art der Belüftung für alle BAUER KOMPRESSOREN mit einem oder mehreren der folgenden Merkmale:

- Antriebsleistung größer als 37 kW
- Hohe Einschaltdauer
- Außentemperaturen teilweise unter + 5 °C
- Mehrfachinstallationen

1.3.2. Künstliche Belüftung mit Kanalentlüftung für Heizluft

Diese Version ist ebenfalls eine Weiterführung der vorangehenden, d. h. es gelten die gleichen Berechnungsgrundlagen. Die Verwendung der warmen Kompressorabluft für Raumbeheizung (z.B. Lagerraum) ist grundsätzlich möglich, wird aber auf Grund der Geräuschbelastung und der relativ geringen Laufzeiten selten eingesetzt.

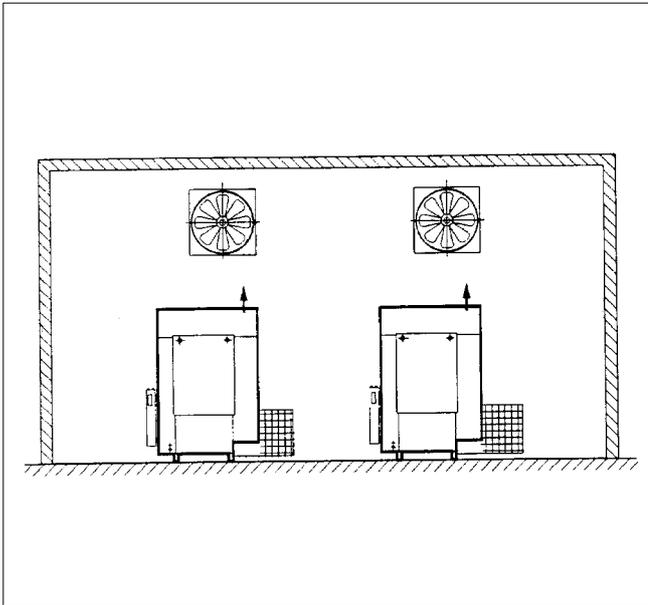


Abb. 15 Abwärmenutzung

Installations-Handbuch

1.3.3. Aufstellungsbeispiele künstliche Belüftung

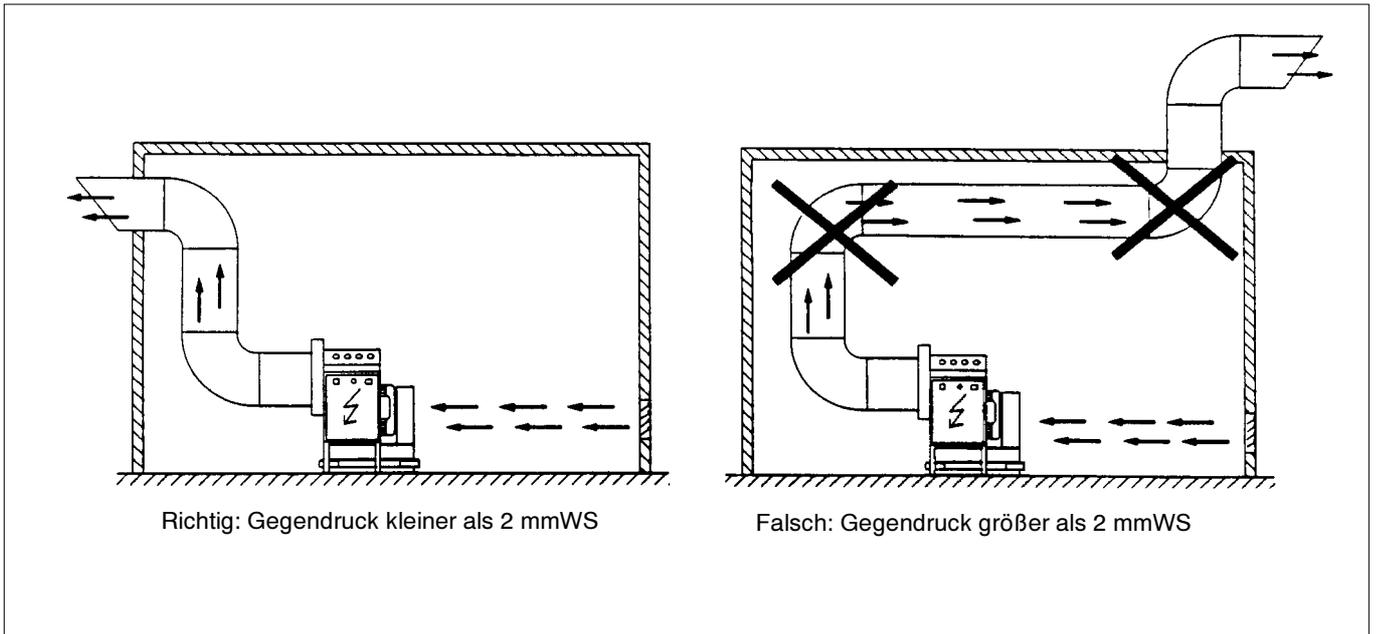


Abb. 16 Aufstellung mit künstlicher Belüftung, Beispiel 1

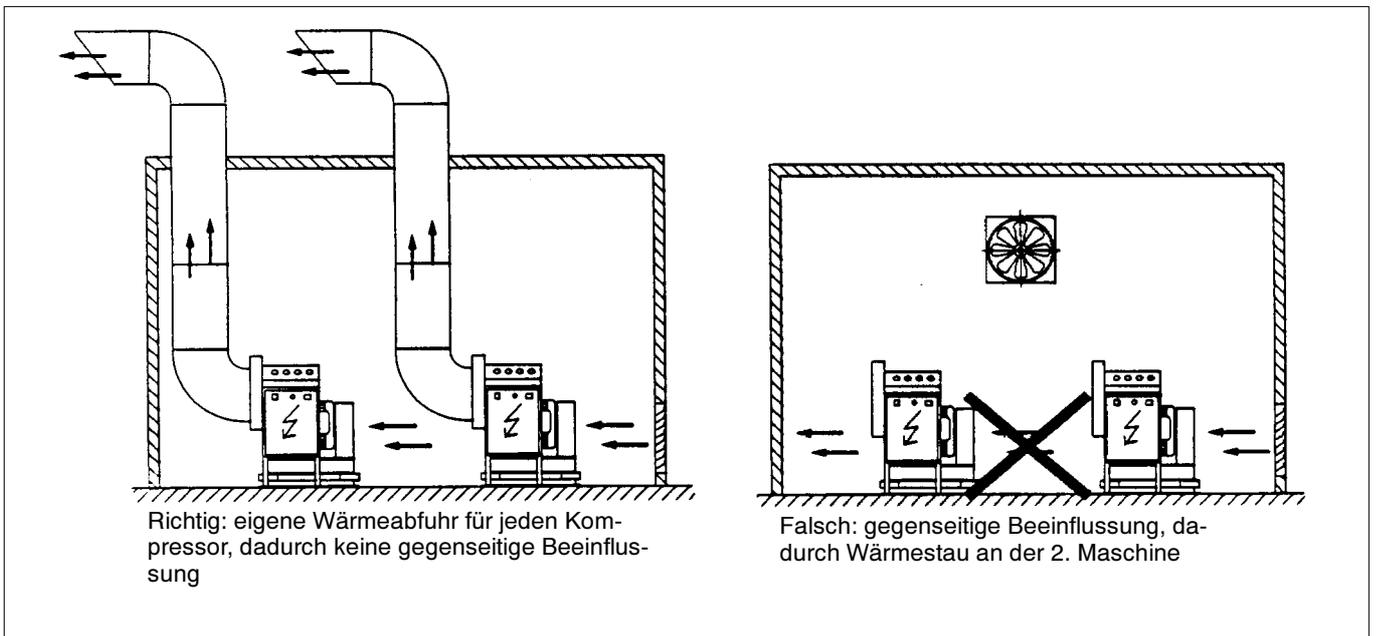


Abb. 17 Aufstellung mit künstlicher Belüftung, Beispiel 2

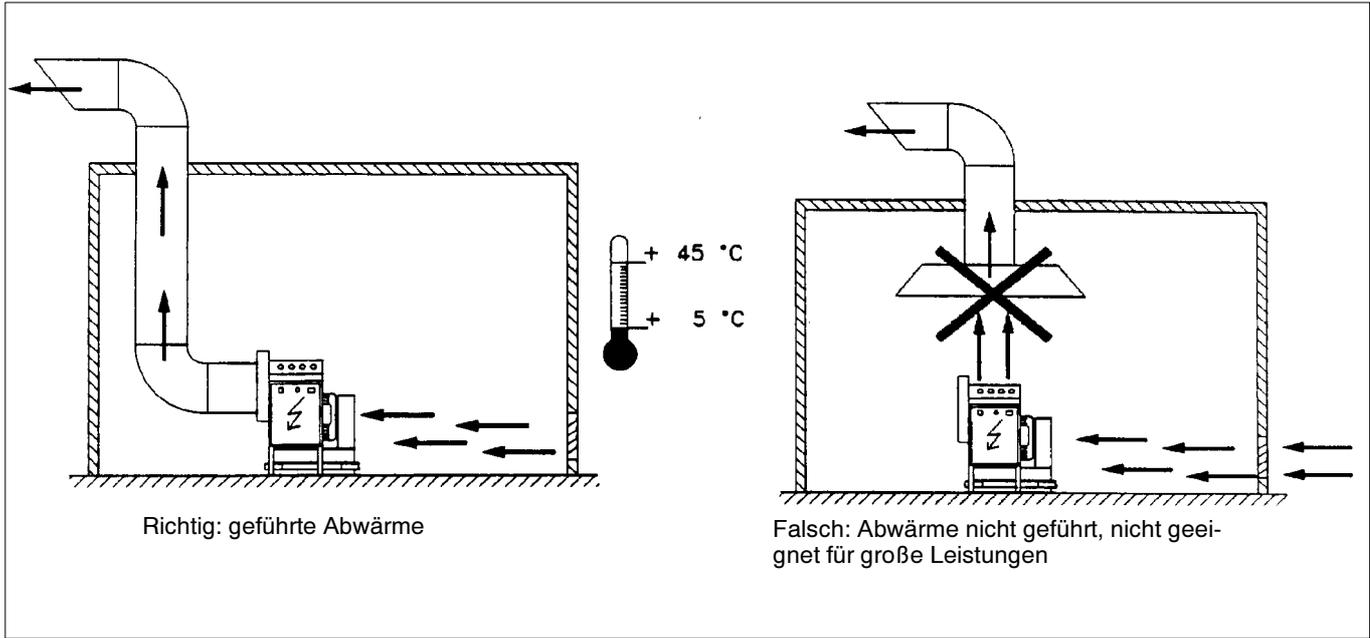


Abb. 18 Aufstellung mit künstlicher Belüftung, Beispiel 3

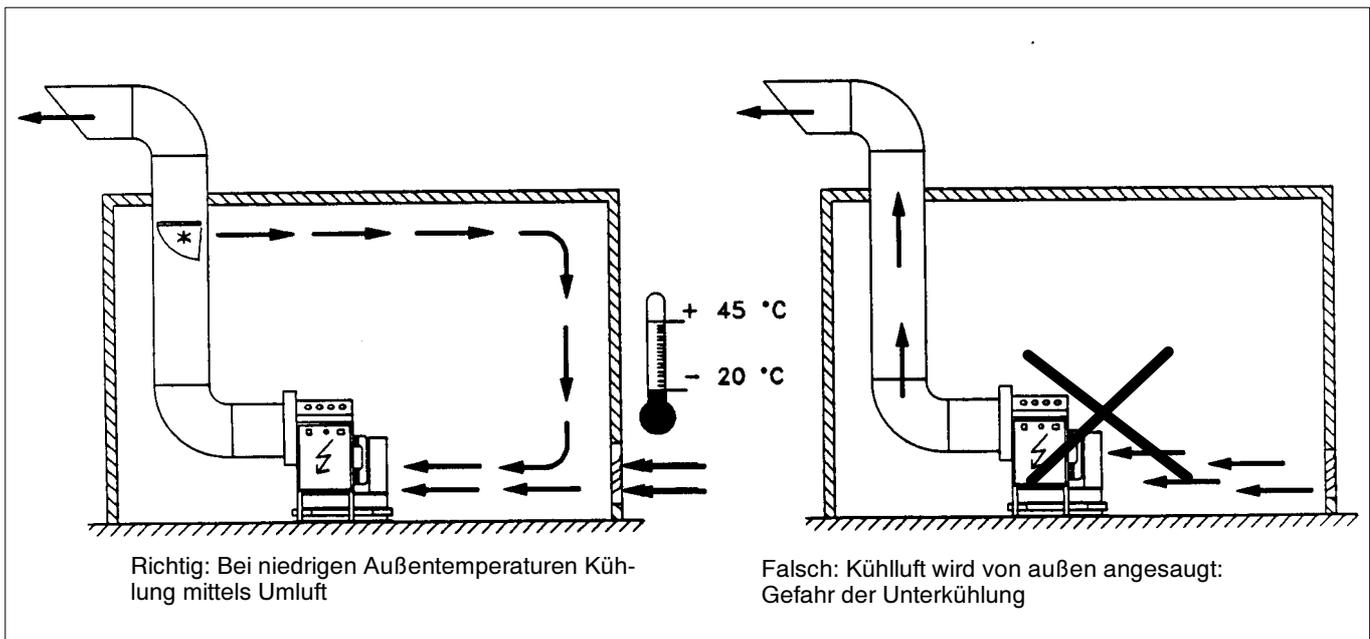


Abb. 19 Aufstellung mit künstlicher Belüftung, Beispiel 4

Installations-Handbuch

1.4. PLANUNGSHILFE FÜR LÜFTUNGSKANALAUSLEGUNG (ZUSAMMENFASSUNG)

Mit Hilfe der Strömungsgeschwindigkeit und der notwendigen Kühlluftmenge kann der benötigte Kanalquerschnitt ermittelt werden.

Die empfohlene Strömungsgeschwindigkeit im Kanal beträgt etwa 3 - 5 m/sec.

Der max. zulässige Wert beträgt 7 - 8 m/sec.

Die rechnerisch notwendige Mindestkühlluftmenge wird überschlagsmäßig hinreichend genau durch folgende Faustformel ermittelt:

$$\text{Erforderlicher Kühlluftstrom [m}^3/\text{h]} = 300 \times \text{Antriebsleistung [kW]}$$

Die exakten Werte für die jeweils notwendige Kühlluftmengen entnehmen Sie bitte den Tabellen im Anhang.

Für die Berechnung des Kühlluft-Kanalquerschnitts kann folgende Formel verwendet werden:

$$\text{Kanalquerschnitt [m}^2\text{]} = \frac{\text{Kühlluftstrom [m}^3/\text{h]}}{\text{Strömungsgeschwindigkeit [m/s]} \times 3.600 \text{ [s/h]}}$$

Der empfohlene Kühlluftstrom beträgt 3 bis 5 m/s, jedoch max. 10 m/s.

Beispiel: I 22.0-22, Antriebsleistung 22kW:

$$\text{Kühlluftstrom} = 300 \times 22 = 6.600 \text{ m}^3/\text{h}$$

Kanalquerschnitt

$$= \frac{6.600 \text{ m}^3/\text{h}}{3 \text{ m/s} \times 3.600 \text{ [s/h]}} = 0,6 \text{ m}^2$$

Maximaler Gegendruck im Kanal

Die max. zulässige freie Pressung der BAUER Hoch- und Mitteldruck-Kompressoren beträgt 0,2 mbar = 2 mmWs. Das bedeutet, daß der im Kompressor integrierte Lüfter bis zu einem Gegendruck von max. 2 mmWs, gemessen in 1 m Abstand vom Kühlluftauslaß der Verdichteranlage im Abluftkanal, in der Lage ist, einen ausreichend großen Kühlluftstrom zur Verfügung zu stellen. Sollte der Gegendruck diesen Wert überschreiten, so muß in jedem Fall ein Zusatzventilator im Abluftschacht installiert werden.

Als Richtwert für die Abschätzung des Gegendruckes gilt:

$$2 \text{ m Kanal} \cong \text{ca. } 0,1 \text{ mbar} = 1 \text{ mmWs}$$

Anschluß des Lüftungskanals

BAUER Kompressoranlagen ohne Schalldämmhaube werden ab 22 kW Antriebsleistung standardmäßig mit einem Lüftungskanal- Anschlußflansch ausgeliefert. Dieser Anschlußflansch ist auch bei kleineren Anlagen oder SUPER SILENT Anlagen mit Schalldämmhaube als Option erhältlich.

Um Schwingungsübertragungen zu vermeiden, muß die Verbindung zwischen dem Anschlußflansch und dem Lüftungskanal mit einem flexiblen Segeltuchflansch erfolgen.

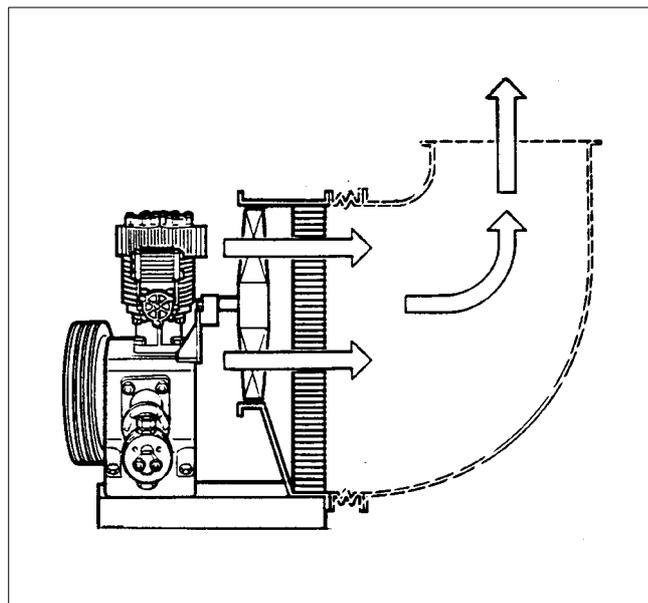


Abb. 20 Anschlußrahmen

Schutzvorrichtungen

Das Eindringen von Fremdkörpern muß weitgehend vermieden werden.

Aus diesem Grund empfiehlt sich der Einbau eines Vogelschutzgitters, gegebenenfalls Insektenschutzgitter in die Zu- und Abluftöffnungen. Diese Gitter müssen in regelmäßigen Abständen auf Verschmutzung kontrolliert und gegebenenfalls gereinigt werden.

Zusätzlich sollte ein Wetterschutz installiert werden, z.B. Lamellen mit einer Schlagregenschutzhaube, die bei Bedarf verschlossen werden können.

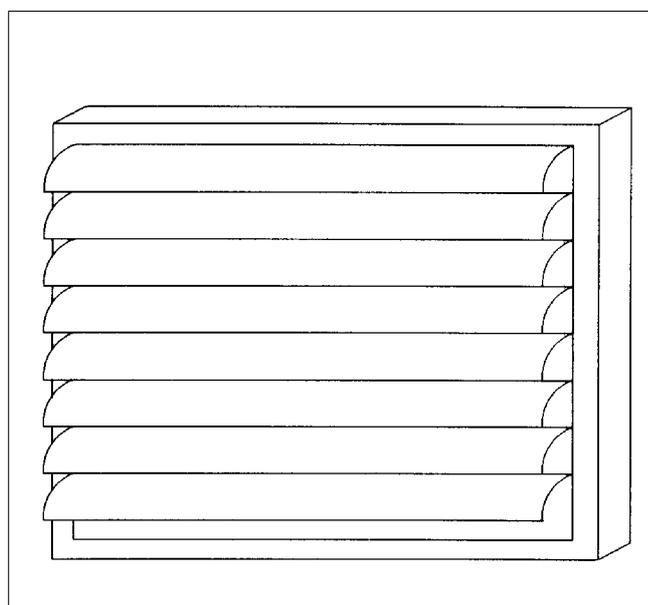


Abb. 21 Schlagregenschutzhaube

1.5. RICHTIGE BELÜFTUNG BEI MEHRFACH - INSTALLATIONEN

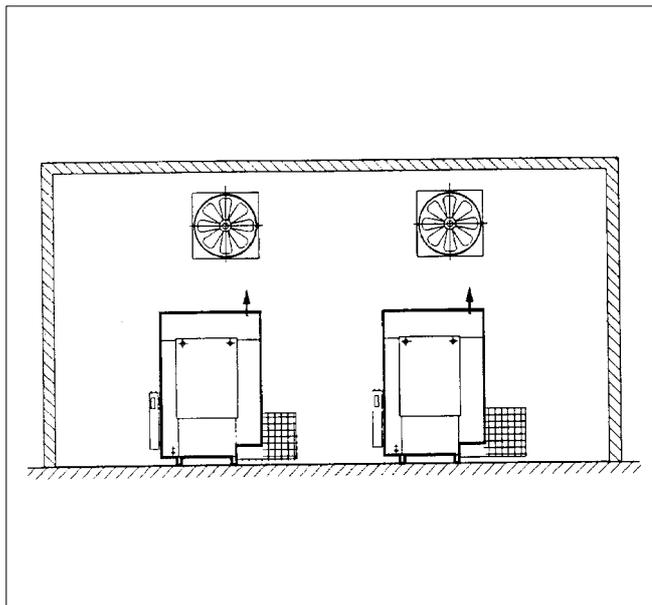


Abb. 22 Installationsbeispiel für Mehrfachinstallationen

Bei Mehrfachinstallationen ist erhöhter Wert auf die richtige Belüftung zu legen.

Oft werden hier Anlagen im Dauerlauf, bzw. zwei oder mehrere Anlagen gleichzeitig betrieben, sodaß in der Regel eine hohe Wärmemenge abgeführt werden muß.

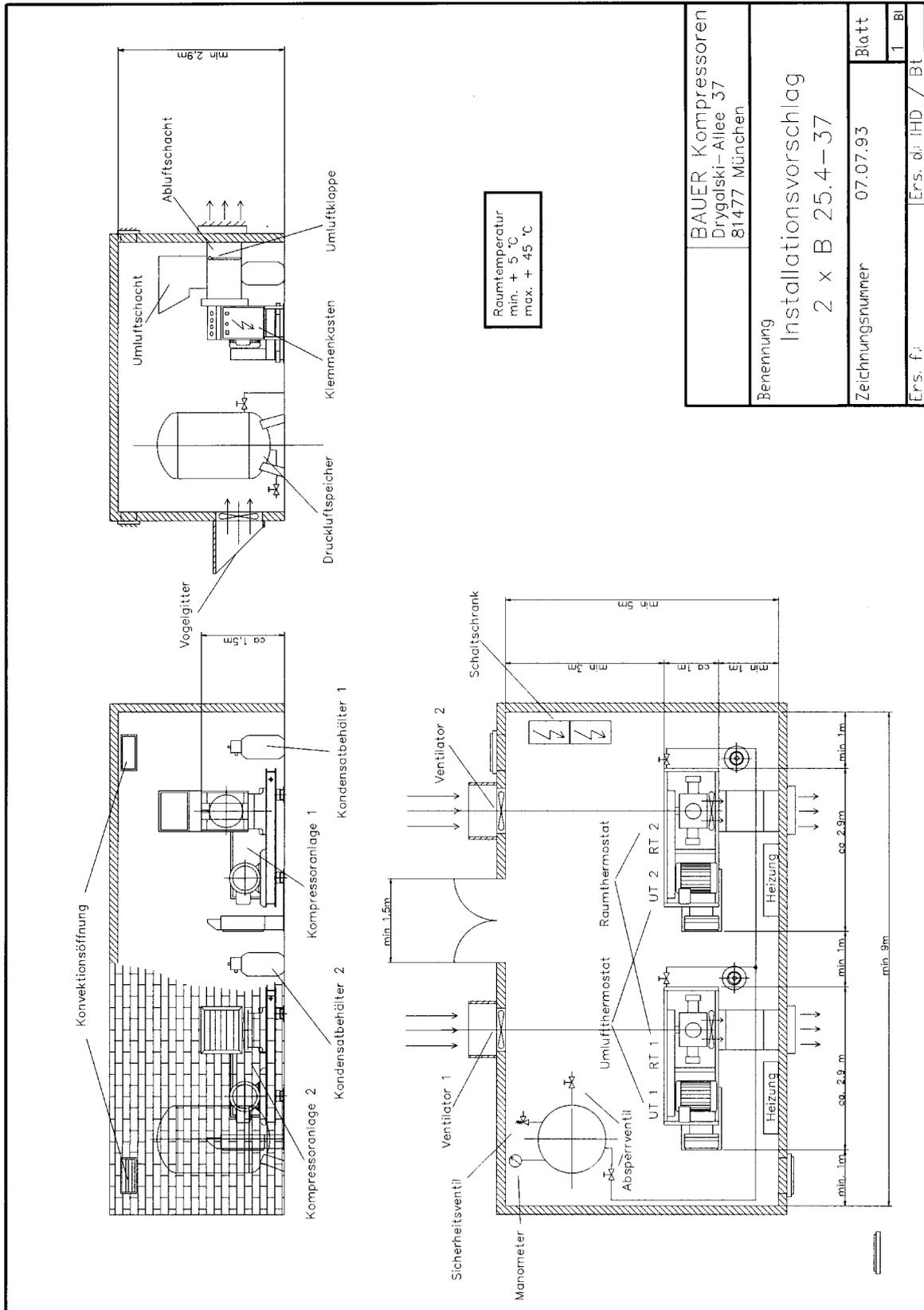
Jede einzelne Maschine muß deshalb gut gekühlt sein. Es genügt nicht, nur den Raum zu temperieren.

HINWEIS

Natürliche Belüftung ist bei Mehrfachinstallationen in der Regel nicht ausreichend.

Im Einzelfall ist für jede Maschine eine eigene Zu - und Abluftöffnung vorzusehen. Dabei gelten die oben genannten Installationsregeln.

Ein weiteres Beispiel für eine Doppelinstallation entnehmen Sie bitten dem Installationsvorschlag auf der nächsten Seite.



Benennung	BAUER Kompressoren Drygalski-Allee 37 81477 München
Zeichnungsnummer	07.07.93
Blatt	1
Ers. f.:	Ers. d. IHD / BT

Abb. 23 Installationsvorschlag

E. ANSCHLUSSRICHTWERTE FÜR DREHSTROM-MOTORE

Motor-nennleistung in kW	Motor-nennstrom in A	Absicherung für Anlauf in A		Zuleitung in mm ² vom ^{a)}		Motor-nennleistung in kW	Motor-nennstrom in A	Absicherung für Anlauf in A		Zuleitung in mm ² vom ^{a)}	
		direkt	Stern/Dreieck	Netz z. Schütz	S/D z. Motor			direkt	Stern/Dreieck	Netz z. Schütz	S/D z. Motor
1,1	4,6	6	6	1,5	1,5	1,1	2,6	4	4	1,5	1,5
1,5	6,3	16	10	1,5	1,5	1,5	3,6	6	4	1,5	1,5
2,2	8,7	20	16	1,5	1,5	2,2	5	10	6	1,5	1,5
3	11,5	20	16	2,5	1,5	3	6,6	16	10	2,5	1,5
4	14,8	25	20	2,5	1,5	4	8,5	20	16	2,5	1,5
5,5	19,6	35	25	4	2,5	5,5	11,3	25	20	2,5	1,5
7,5	26,4	50	35	6	4	7,5	15,2	25	20	2,5	1,5
11	38	63	50	6	4	11	21,7	35	25	4	2,5
15	51	80	63	10	4	15	29,9	50	35	6	4
18,5	63	100	80	16	6	18,5	36	63	50	6	4
22	71	100	80	16	6	22	41	63	50	10	4
30	96	125	125	25	10	30	55	80	63	10	6
37	117	200	160	35	16	37	68	100	80	16	6
45	141	250	160	50	16	45	81	125	100	25	10
55	173	300	200	70	25	55	99	160	125	25	16
75	233	355	300	95	35	75	134	200	160	35	25
90	279	425	355	120	50	90	161	224	200	50	25
110	342	500	400			110	196	250	224	70	35
132	401	630	500			132	231	300	250	95	50
169	486	630	630			160	279	355	300	120	70

Anmerkungen

1. Diese Tabelle enthält unverbindliche Richtwerte und hat nur Gültigkeit für den Bereich Anlagenbau der Firma BAUER KOMPRESSOREN.
2. Grundlage sind die momentan geltenden Vorschriften DIN VDE 0100 und der DIN VDE 0113 sowie die allgemein gültigen Regeln der Technik.
3. Bei Anlagen ohne Anlaßverfahren (Direkteinschaltung) müssen die Leiterquerschnitte "Netz z. Schütz" bis zum Motor verwendet werden.

a) Zuleitung über die mitgelieferte hinaus, ist nach Leitungslänge, Verlegeart (Kabelkanal an der Wand, frei), Temperatur, Häufung der Kabel etc. durch die Elektrofachkraft auszuwählen. Bei Nichtbeachtung können Schäden an der elektrischen Ausrüstung und Gefahr für Personen und Sachwerte entstehen. Diese Tabelle beruht auf Daten der VDE 0100 und VDE 0298 in der jeweils aktuellsten Fassung.

Installations-Handbuch

F. KONDENSATABLEITUNG

Bei der Verdichtung von Luft wird die darin enthaltene Feuchtigkeit als Kondensat ausgeschieden. Die dabei entstehende Wasser-Öl-Emulsion wird in den jeweiligen Abscheidern nach den einzelnen Verdichtungsstufen gesammelt und regelmäßig durch die Kondensatautomatik abgeführt.

In dieser Emulsion überwiegt naturgemäß der Wasseranteil (abhängig von der Gasart). Bei der Verdichtung von Luft beträgt der Ölanteil nur wenige Prozent.

1. KONDENSATMENGE

1.1. Ölanteil

Der Ölanteil in der Kondensat-Emulsion ist abhängig von:

- Leistung der Kompressoranlage
- Verschleiß von Kolben- und Zylinderoberflächen
- Zustand der Kolbenringe
- Umgebungstemperatur (nahezu exponentielle Abhängigkeit)
- Überdruck bzw. Unterdruck im Ansaugbereich

Näherungsweise wird der Ölanteil auf die Kompressor-Antriebsleistung bezogen.

Unter normalen Bedingungen ist ein spezifischer Ölverbrauch von 0,2 +0,2 g/kWh gegeben.

Bei erschwerten Betriebsbedingungen kann sich dieser Wert erhöhen.

1.2. Wasseranteil

Die Menge der Feuchtigkeit, die kondensiert und als Wasser ausgeschieden wird, ist abhängig von:

- Lufttemperatur im Ansaugstutzen
- Luftfeuchtigkeit im Ansaugstutzen
- Lufttemperatur im Endabscheider
- Druck der verdichteten Luft im Abscheider
- Liefermenge des Kompressors

Soll eine genaue Berechnung durchgeführt werden, so wird eine Taupunkt-Tabelle für Luft benötigt.

Überschlagsmäßig kann der Feuchtigkeitsausfall nachfolgender Tabelle entnommen werden: (Annahme Temperaturerhöhung im Abscheider $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$)

Umgebungstemperatur °C	Relative Feuchte %	Arbeitsdruck	
		35 bar	220 bar
	50	0,26	0,29
	70	0,38	0,41
	90	0,49	0,52
+ 20°C	50	0,50	0,55
	70	0,72	0,77
	90	0,94	0,99
+ 30°C	50	0,90	0,99
	70	1,31	1,40
	90	1,71	1,80
+ 40°C	50	1,62	1,73
	70	2,33	2,44
	90	3,02	3,13

Kondensatanfall in l/h, bezogen auf eine Kompressorleistung von 1000 l/min.

1.3. Beispiel für die Berechnung der Kondensatmenge

Kompressoranlage: A28.2-45
 Liefermenge: 3.400 l/min
 Betriebsdruck: 35 bar
 Antriebsleistung: 45 kW
 Umgebungstemperatur: + 20 °C
 Luftfeuchtigkeit: 70 %

Wasseranteil:

Aus der Tabelle folgt: 0,72 l/h, bezogen auf 1000 l/min

Bezogen auf die Liefermenge des Kompressors ergibt sich ein Wasserausfall von $3,4 \times 0,72 \text{ l/h} = 2,45 \text{ l/h}$

Ölanteil:

Überschlagsmäßig: $0,2 + 0,2 \text{ g/kWh} \times 45 \text{ kW} = 9 - 18 \text{ g/h} = 0,009 - 0,018 \text{ l/h}$

Folgerung: Der Ölanteil beträgt weniger als 1 % und kann bei der Berechnung der Kondensatmenge vernachlässigt werden.

2. KONDENSATENTSORGUNG

Das Kondensat muß gemäß dem Deutschen Abfallgesetz als überwachungsbedürftiger Sonderabfall (Abfallschlüssel Nr. 54405) entsorgt werden.

Hierbei gibt es grundsätzlich folgende Möglichkeiten:

- **Gesammeltes Kondensat komplett entsorgen**
Hierbei wird das anfallende Kondensat in den nachfolgend beschriebenen Behältern gesammelt und komplett entsorgt >>> **einfach**
- **Verringerung der Kondensatmenge durch Verdunsten des gebundenen Wassers**
Das heißt, das Kondensat wird in den dafür vorgesehenen Behältern gesammelt und danach in größere Sammelbehälter bis zur Verdunstung des Wassers zwischengelagert >>> **kostengünstig**
- **Emulsionsspaltung des Kondensats durch spezielle Verfahren**
Hier wird die Kondensatemulsion durch physikalische oder aber auch chemische Prozesse aufgespalten und gereinigt. Die Ausgangsstoffe können wieder in den Prozeßkreislauf einfließen >>> **umweltfreundlich**

Anmerkung zur Emulsionsspaltung:

Die Aufspaltung von Hochdruck-Kondensat in Öl und Wasser ist mit einfachen mechanischen Trennsystemen kaum möglich. Die physikalischen bzw. chemischen Trennverfahren sind dagegen technisch verhältnismäßig aufwendig und mit relativ hohen Investitionskosten verbunden.

Diese Investitionskosten können sich aber bei großem Kondensatanfall in kurzer Zeit amortisieren.

2.1. Kondensatsammelbehälter für BAUER-Kompressor-Anlagen

Für BAUER Kompressoren gibt es einen speziell entwickelten Kondensatsammelbehälter. Der Behälter ist speziell auf die Kondensatautomatik abgestimmt.

Dieser Behälter stellt für alle Anlagen die optimale und sauberste Art der Kondensatsammlung dar.

Der Behälter ist mit einer mechanischen Füllstandsanzeige zur optischen Vorwarnung für die fällige Entleerung ausgestattet. Zusätzlich kann durch einen elektronischen Geber ein Warnsignal auf ein Bedienfeld gegeben werden, bzw. der Kompressor automatisch abgeschaltet werden. Ein Überfüllen des Behälters wird damit ausgeschlossen.

Der Behälter ist besonders umweltfreundlich, da zum einen die durch einen Aktivkohlefilter ausströmende Luft vollkommen von Ölpartikeln befreit und dadurch geruchlos wird, zum anderen wird das Abblasgeräusch ganz erheblich vermindert.

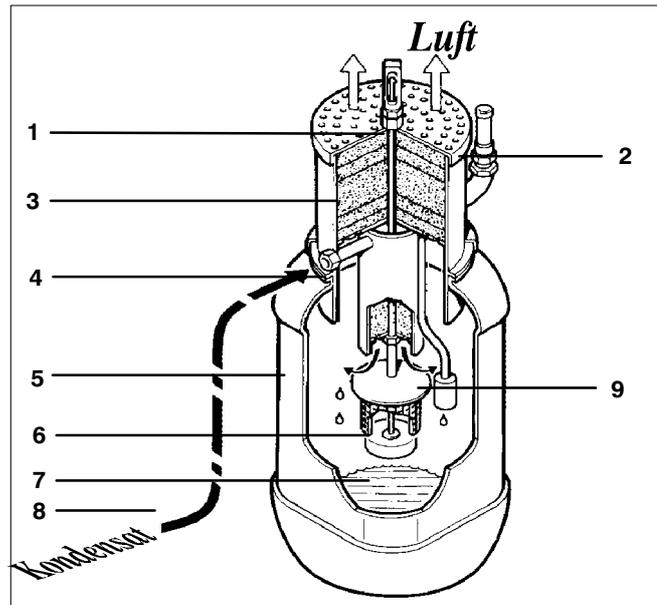


Abb. 24 Kondensatsammelbehälter

- 1 Pegelanzeige
- 2 Sicherheitsventil
- 3 Aktivkohlefüllung
- 4 Kondensateingang
- 5 Kunststoffbehälter
- 6 Schwimmer
- 7 Kondensat
- 8 Schlauch von Kompressor
- 9 Pegelschalter

Das Fassungsvermögen dieses Behälters beträgt 40 Liter.

Die zwei zur Verfügung stehenden Kondensateinleitungsstutzen haben zum Anschluß ein Innengewinde G 3/4" und G1".

2.2. Kondensatleitungen

Das Verlegen von Kondensatleitungen ist ein sehr wichtiger Aspekt bei der Kompressor-Installation. Falls bei Nichtbeachten der Installationshinweise das Kondensat nicht ordnungsgemäß abgeleitet wird, kann es zu einem Kondensatstau und zu erheblichen Schäden kommen, z.B.

- Maschinenausfall durch rückströmendes Kondensat
- Im Extremfall: Maschinenzerstörung
- Korrosion
- Beschädigung von nachgeschalteten Verbrauchern, bzw. Filtern, Adsorptionstrocknern etc.

Durch Schäden, die aufgrund mangelnder Kondensatableitung entstehen, kommt es zu erhöhten Wartungs- und Reparaturkosten, bzw. zu Produktionsausfall.

Beim Verlegen von Kondensatleitungen ist also unbedingt auf folgende Punkte zu achten:

- Leitungen zwischen Kondensatanschlußstelle und Sammelgefäß so kurz wie möglich halten, 3-5 m sollten nicht überschritten werden
- Querschnitt der Kondensatleitungen so groß wie möglich wählen

Installations-Handbuch

Empfohlene Leitungsdurchmesser:

Antriebsleistung	Leitungsdurchmesser	
bis 15 kW	DN 12	G 1/2 "
ab 15 kW	DN 25	G 1 "

- Faustformel: Je länger die Kondensatleitung desto größer der Durchmesser der Leitung

- Rohrbögen bzw. unnötige Verwinkelungen vermeiden
- Kondensatleitungen mehrerer Anlagen nicht zusammen führen
- Strömungswiderstände z. B. Schalldämpfer oder Rückschlagventile unbedingt vermeiden

2.3. Beispiele für das Verlegen von Kondensatleitungen

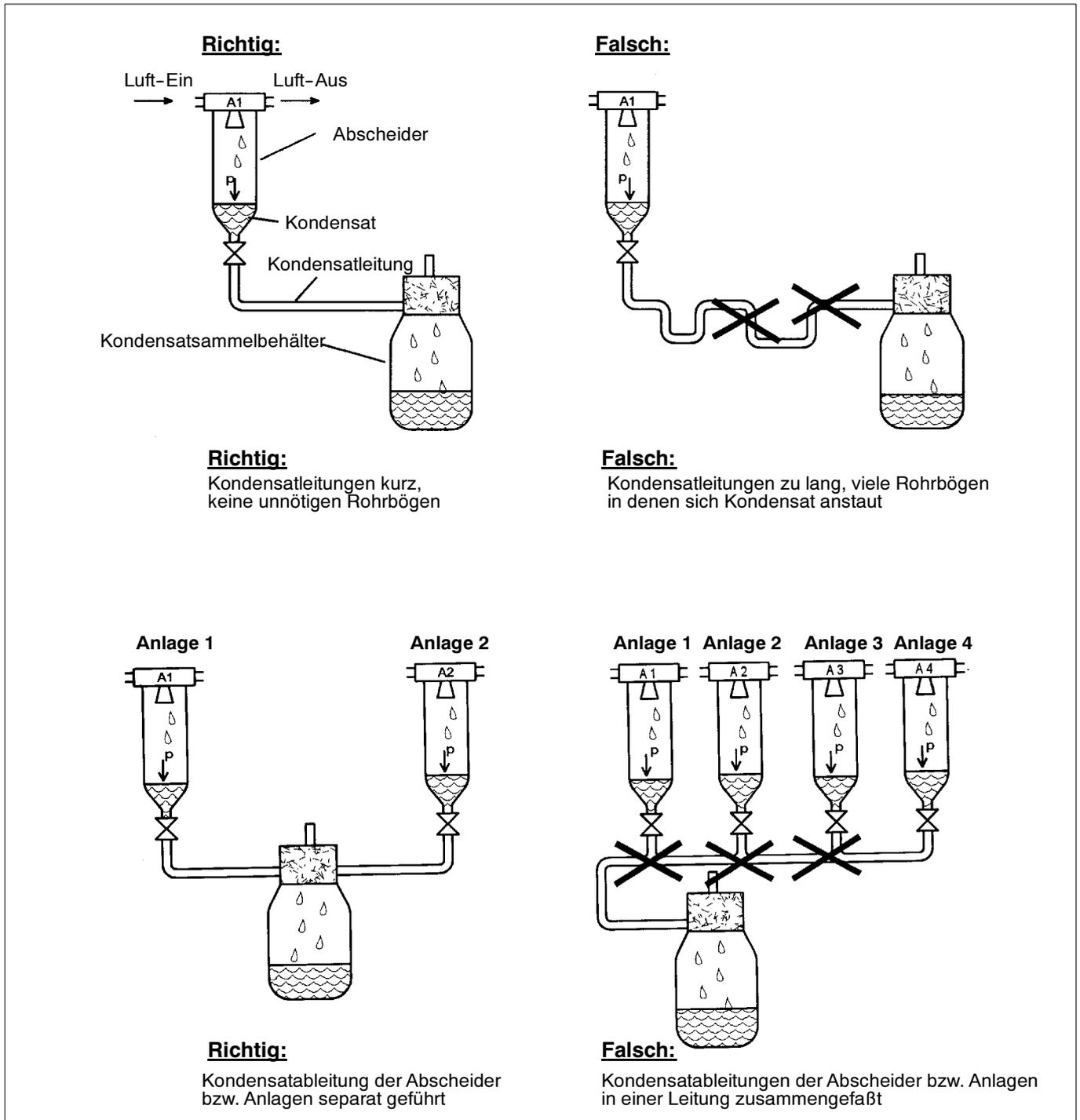
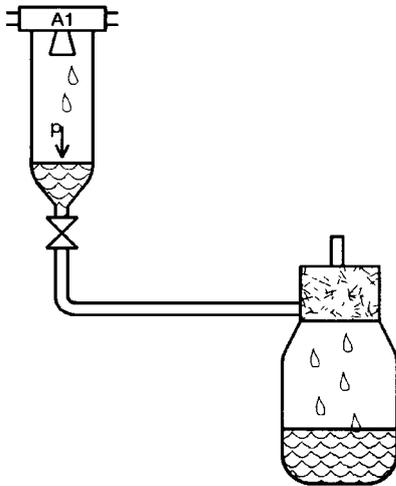


Abb. 25 Verlegen von Kondensatleitungen, Beispiel 1

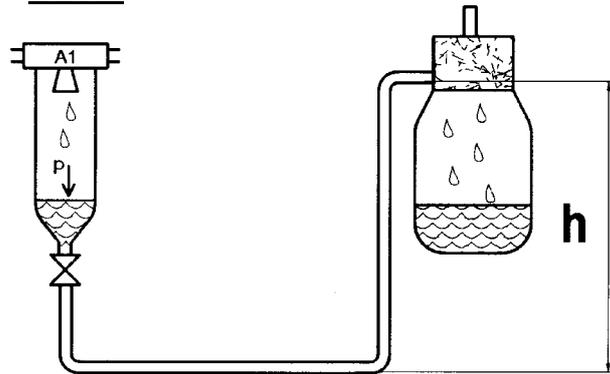
Richtig:



Richtig:

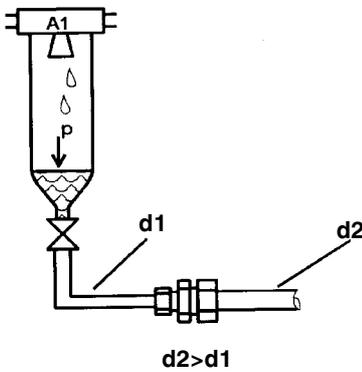
Kondensatleitungen kurz,
ohne große Höhendifferenz
max. Höhendifferenz: < 1 m

Falsch:



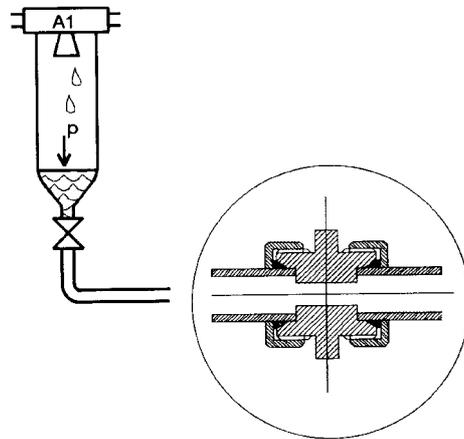
Falsch:

Kondensatleitungen zu lang,
max. Höhendifferenz: < 1 m



Richtig:

Vergrößerung des Rohrquerschnitts



Falsch:

Querschnittsverengung z. B. durch Verschraubung
der S-Reihe
Verkleinerung des weiterführenden Rohrleitungs-
durchmessers

Abb. 26 Verlegen von Kondensatleitungen, Beispiel 2

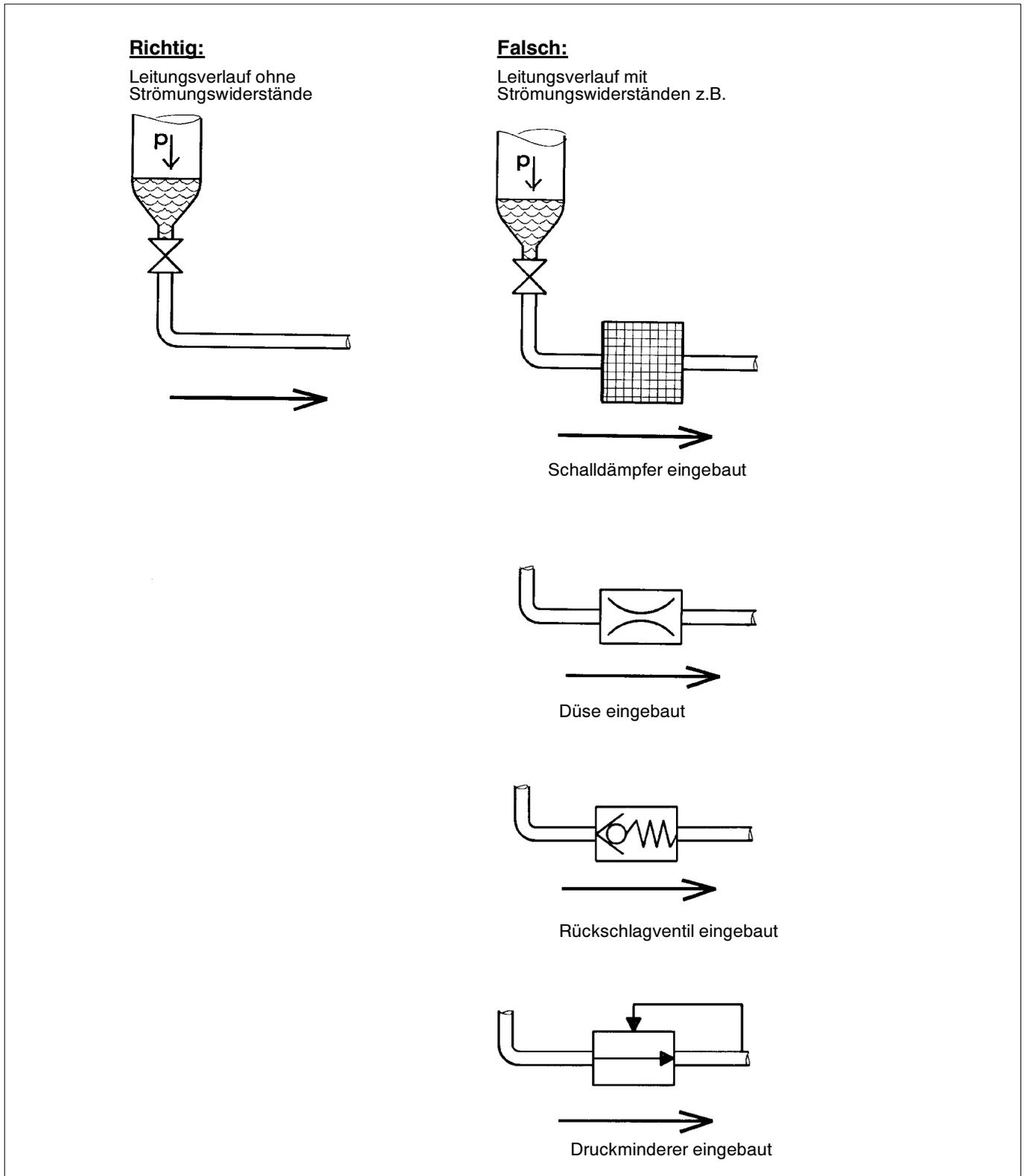


Abb. 27 Verlegen von Kondensatleitungen, Beispiel 3

Installations-Handbuch

G. ANHANG

1. KÜHLLUFTSTROM BEI NATÜRLICHER BELÜFTUNG (in Abhängigkeit von Raumgröße, Motorleistung und Wandbeschaffenheit)

Raumgröße	Motor- Antriebsleistung	Erforderlicher Kühlluftstrom V m ³ /h Wände des Kompressorraumes aus			
		Kiesbeton DIN 4108	Ziegelstein DIN 4108	Bimsbeton DIN 4108	
m ³	kW				
25	3	50	150	250	
	4	200	370	400	
	5,5	700	870	1000	
	7,5	1100	1300	1500	
	11	1800	2000	2200	
	15	2700	3000	3100	
	Höhe 2,5 m	18,5	3300	3600	3700
	22	4000	4200	4300	
50	3		25	200	
	4		180	350	
	5,5	400	650	900	
	7,5	800	1100	1350	
	11	1400	1800	2100	
	15	2400	2700	3000	
	Höhe 2,5 m	18,5	3000	3300	3600
	22	3700	4000	4250	
100	3			100	
	4			250	
	5,5		300	750	
	7,5	200	800	1200	
	11	900	1500	1900	
	15	1800	2400	2800	
	Höhe 3 m	18,5	2400	3000	3400
	22	3200	3700	4100	
100	3			170	
	4			600	
	5,5		50	1000	
	7,5		500	1800	
	11	400	1250	2600	
	15	1800	2100	3200	
	Höhe 3,5 m	18,5	1900	2700	3900
	22	2600	3400		
200	3			50	
	4			400	
	5,5			900	
	7,5		200	1600	
	11		1000	2500	
	15	900	1800	3100	
	Höhe 4 m	18,5	1500	2500	3800
	22	2200	3200		

2. ERFORDERLICHE ABLUFTÖFFNUNG BE NATÜRLICHER BELÜFTUNG
(in Abhängigkeit von Raumgröße und Kühlluftstrom)

Kühlluftstrom V m ³ /h	Raumhöhe h m	Abluftöffnung f _{ab} m ²
500	2	0,3
	3	0,25
	4	0,2
	5	0,15
1000	2	0,6
	3	0,5
	4	0,4
	5	0,3
1500	2	0,9
	3	0,7
	4	0,6
	5	0,5
2000	2	1,2
	3	0,9
	4	0,8
	5	0,7
2500	2	1,4
	3	1,2
	4	1,2
	5	0,9
3000	2	1,7
	3	1,4
	4	1,2
	5	1,1
3500	2	2
	3	1,7
	4	1,4
	5	1,3
4000	2	2,3
	3	1,9
	4	1,7
	5	1,5

3. KÜHLLUFTSTROM BEI KÜNSTLICHER BELÜFTUNG
 (in Abhängigkeit von Raumgröße, Motorleistung und Wandbeschaffenheit)

Raumgröße	Motor- Antriebsleistung	Erforderlicher Kühlluftstrom V m ³ /h Wände des Kompressorraumes aus			
		Kiesbeton DIN 4108	Ziegelstein DIN 4108	Bimsbeton DIN 4108	
m ³	kW				
50	18	5000	5300	5600	
	22	6100	6400	6700	
	30	8600	9000	9200	
	37	10800	11200	11400	
	45	13400	13700	14000	
	55	16500	16900	17100	
	Höhe 2,5 m	75	22800	23200	23400
		90	27600	28000	28200
110		33900	34300	34500	
100	18	4400	5000	5400	
	22	5500	6100	6500	
	30	8000	8600	9000	
	37	10300	10800	11200	
	45	12800	13400	13800	
	55	15900	16500	16900	
	Höhe 3 m	75	22300	22850	23200
		90	27000	27600	28000
110		33300	34000	34300	
200	18	3600	4500	5100	
	22	4600	5600	6200	
	30	7200	8100	8800	
	37	9400	10300	11000	
	45	12000	12900	13500	
	55	15100	16000	16700	
	Höhe 4 m	75	21400	22300	23000
		90	26200	27100	27700
110		32500	33500	34100	
500	18	1300	3100	4300	
	22	2400	4200	5500	
	30	4900	6700	8000	
	37	7100	8900	10200	
	45	9600	11500	12800	
	55	12800	14600	15900	
	Höhe 5 m	75	19900	20900	22200
		90	23900	25600	27000
110		30200	32000	33300	

4. ERFORDERLICHE ZULUFTÖFFNUNG BEI NATÜRLICHER BELÜFTUNG
(in Abhängigkeit von Kühlluftstrom und Strömungsgeschwindigkeit)

Kühlluftstrom	Zuluftöffnung f_{zu} (m ²)	
	für $c_{zu} = 3$ m/s	für $c_{zu} = 3$ m/s
V		
m ³ /h		
5000	0,5	0,3
10000	0,9	0,6
15000	1,4	0,9
20000	1,9	1,1
25000	2,3	1,4
30000	2,8	1,7
35000	3,2	2,0
40000	3,7	2,2
45000	4,2	2,5
50000	4,6	2,8

