

10. Der Betriebsraum

Der Betriebsraum eines Kompressors muß eine Reihe von Bedingungen erfüllen, die den ordnungsgemäßen Betrieb sicherstellen. Um die Wichtigkeit eines gut geplanten und ausgeführten Betriebsraumes einschätzen zu können, muß man wissen, daß ca. 2/3 aller Kompressorstörungen auf falsche Aufstellung, ungenügende Belüftung und mangelnde Wartung zurückzuführen sind.

Darüber hinaus müssen die allgemeinen Vorschriften zur Unfallverhütung und zum Umweltschutz eingehalten werden.

10.1 Kühlung des Kompressors

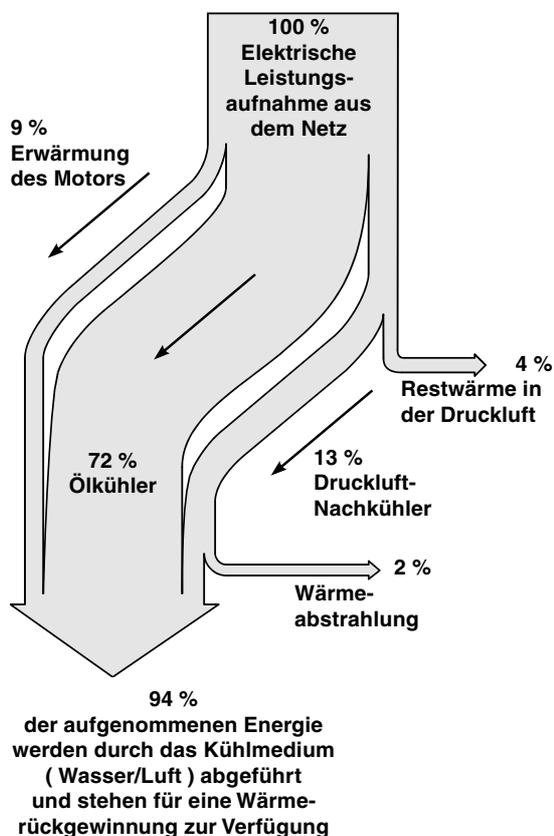


Bild 10.1 :
Wärmeverteilung in einem Schraubenkompressor mit Ölspritzkühlung.

Bei der Konzeptionierung einer Kompressorstation ist zu beachten, daß beim Verdichtungsprozess der Kompressoren sehr viel Abwärme erzeugt wird. Es gilt der erste Hauptsatz der Thermodynamik, der besagt, daß die gesamte aufgenommene elektrische Leistung des Kompressors in Wärme umgewandelt wird.

Die Abwärme ist zuverlässig abzuführen, da es sonst zu einem Wärmestau im Kompressor kommt. Ist die Temperatur im Kompressor längerfristig zu hoch, führt das zu mechanischen Schäden in der Kompressorstufe und im Antriebsmotor.

Der Kühlluft- bzw. Kühlwasserbedarf kann auf zwei Arten realisiert werden :

- Kühlung durch Kühlluft.
Die Kühlung durch Kühlluft ist bei allen Kompressorbaarten am weitesten verbreitet. In diesem Fall ist die Be- und Entlüftung des Betriebsraumes besonders wichtig. Sie muß gut geplant und ausgeführt werden. Geschieht dies nicht, sind thermische Probleme mit dem Kompressor vorprogrammiert.
- Kühlung durch Kühlwasser.
Die Kühlung durch Kühlwasser kann bei größeren Kompressoren dann notwendig sein, wenn die Wärme durch Luftkühlung nicht einwandfrei abzuführen ist. Wasserkühlung stellt weniger Anforderungen an die Belüftung des Betriebsraums.

In diesem Kapitel werden in erster Linie die Anforderungen und Vorschriften behandelt, die für die Betriebsräume luftgekühlter Kompressoren gelten. Bis auf die Hinweise bezüglich der Belüftung sind alle Themen auch auf wassergekühlte Kompressoren anwendbar.

10.2 Kompressoraufstellung

10.2.1 Allgemeine Hinweise zum Betriebsraum

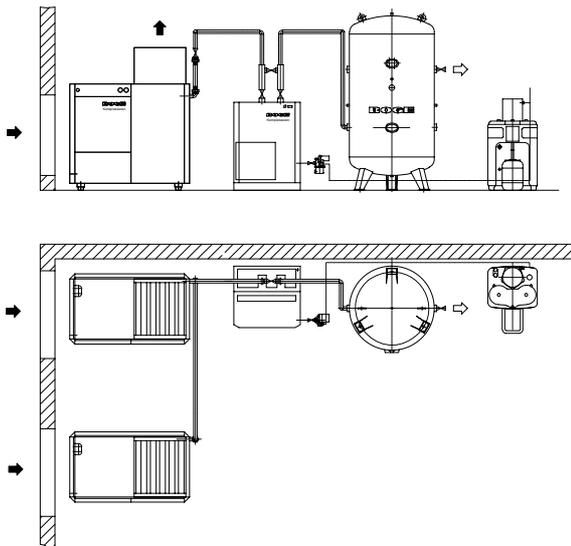


Bild 10.2 :
Kompressorstation mit 2 Schraubenkompressoren,
Kälte-Drucklufttrockner, Druckluftbehälter und
Öl-/Wassertrenner.

10.2.2 Zulässige Umgebungstemperatur

Bei der Aufstellung von Kompressoren und den anderen Komponenten einer Kompressorstation sind bestimmte Bedingungen zu beachten, die bei Nichteinhaltung zu Funktionsstörungen führen können. Darüber hinaus sind bestimmte Unfallverhütungs- und Umweltschutzvorschriften zu beachten.

Der Betriebsraum soll sauber, staubfrei, trocken und kühl sein. Starke Sonneneinstrahlung ist zu verhindern. Für den Betriebsraum ist nach Möglichkeit die Nordseite eines Gebäudes oder ein ausreichend belüfteter Keller zu wählen.

Im Betriebsraum eines Kompressors sollten sich keine wärmeabstrahlenden Leitungen oder Aggregate befinden. Ist die Installation unvermeidlich, müssen die Aggregate und Leitungen gut isoliert werden.

Zur Durchführung der Wartung und der üblichen wiederkehrenden Überprüfungen der Druckluftbehälter durch die Technischen Überwachungsorgane ist für eine gute Zugänglichkeit und Beleuchtung zu sorgen.

Ein Kompressorbetriebsraum muß immer ausreichend belüftet werden, um das Überschreiten der zulässigen Umgebungstemperatur zu vermeiden.

Kompressoren arbeiten bei einer Umgebungstemperatur von +20° bis +25°C optimal. Für Kolben- und Schraubenkompressoren gelten die folgenden Umgebungstemperaturen :

- Mindestens +5°C.
Wenn die Umgebungstemperatur unter +5°C fällt, können Leitungen und Ventile vereisen. Das kann zu Funktionsstörungen des Kompressors führen. Schraubenkompressoren schalten bei Unterschreiten der zulässigen Verdichtungsendtemperatur selbsttätig ab.
Eine zusätzliche Frostschutzeinrichtung ermöglicht Umgebungstemperaturen bis -10°C.
- Höchstens +40°C.
Höchstens +35°C bei schallgedämmten Kolbenkompressoren.
Wenn die Umgebungstemperatur über den Maximalwert steigt, kann die Druckluft-Austrittstemperatur die gesetzlich vorgeschriebenen Höchstwerte überschreiten. Die Qualität der Druckluft verschlechtert sich, die Bauteile des Kompressors werden höher beansprucht und die Wartungsintervalle verkürzen sich. Schraubenkompressoren schalten bei Überschreiten der zulässigen Verdichtungsendtemperatur selbsttätig ab.

10.2.3 Brandschutzvorschriften für Betriebsräume

Für Räume, in denen Kompressoren mit Öleinspritzkühlung aufgestellt werden sollen, gelten folgende Vorschriften:

- Bei Kompressoren mit Motorleistungen **über 40 kW** muß der Betriebsraum besonders brandgeschützt sein.
- Kompressoren mit Motorleistungen **über 100 kW** müssen in einem separaten, brandgeschützten Raum aufgestellt werden.

Anforderungen an brandgeschützte Betriebsräume:

- Wände, Decken, Fußböden und Türen müssen mindestens in der **Feuerschutzklasse F30** ausgeführt sein.
- Im Betriebsraum dürfen keine brennbaren Flüssigkeiten gelagert werden.
- Der Fußboden um den Kompressor herum muß aus nicht brennbarem Material bestehen.
- Auslaufendes Öl darf sich auf dem Fußboden nicht ausbreiten.
- Im Umkreis von mindestens drei Metern um den Kompressor dürfen sich keine entzündlichen Stoffe befinden.
- Über dem Kompressor dürfen keine brennbaren Anlagenteile wie Kabeltrassen verlaufen.

10.2.4 Entsorgung des anfallenden Kondensates

Die angesaugte Luft enthält Wasser in Form von Dampf, der bei der Verdichtung als Kondensat ausfällt. Dieses anfallende Kondensat ist bei ölgeschmierter Verdichtung ölhaltig. Es darf ohne Aufbereitung nicht in das öffentliche Kanalnetz eingeleitet werden.

Die Entwässerungsvorschriften der zuständigen Gemeinde sind unbedingt zu beachten.

BOGE empfiehlt einen Öl-Wasser-Trenner zur Aufbereitung des Kondensates. Das gereinigte Wasser kann in das öffentliche Abwassernetz eingeleitet werden. Das Öl wird in einem eigenen Behälter aufgefangen und ist durch entsprechende Altölsammelstellen umweltgerecht zu entsorgen.

10.2.5 Aufstellungshinweise für den Kompressor

Bei der Aufstellung von Kompressoren sind einige allgemeine Aufstellungshinweise unabhängig von der Belüftung zu beachten :

- Zur Aufstellung eines Kompressors oder eines Druckluftbehälter genügt ein ebener Industriefußboden ohne Fundament. Spezielle Befestigungselemente sind im allgemeinen nicht erforderlich.
- Kompressoren sollten in jedem Fall elastisch gelagert werden. Dadurch treten keine Schwingungsübertragungen an das Fundament auf und keine Fortpflanzung des Kompressorlärms in andere Gebäudeteile.
- Der Anschluß der Kompressoranlage an das feste Leitungsnetz sollte durch einen BOGE-Hochdruckschlauch von ca. 0,5 m Länge erfolgen. Dadurch wird die Übertragung der Schwingungen des Kompressors auf das Druckluftnetz vermieden und ungenaue Leitungsverlegung kompensiert.
- Wenn der Aufstellungsort stark mit Stäuben belastet ist, muß der Kompressor mit Papier-Ansaugfiltern ausgestattet sein. Dadurch wird der Verschleiß des Kompressors minimiert.
- Kompressoranlagen dürfen auf keinen Fall durch Hauben oder Kästen umschlossen werden. Derartige Maßnahmen führen immer zu thermischen Problemen. Eine Ausnahme bildet die Original BOGE-Schalldämmhaube, die für jeden einzelnen Kompressor speziell ausgelegt wird.

10.2.6 Platzbedarf eines Kompressors

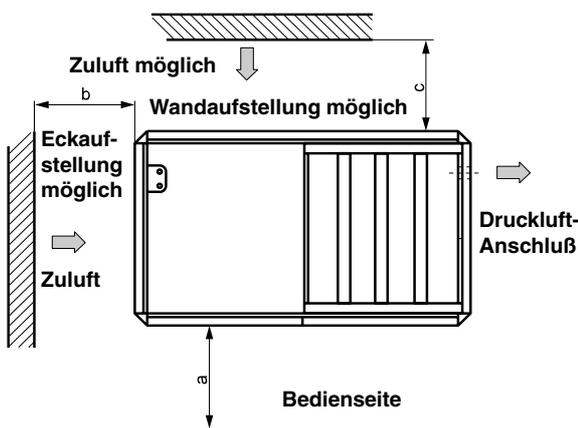


Bild 10.3 :
Schema des Raumbedarf eines schallgedämmten Schraubenkompressor Typ S 21 - S 30

Ein Kompressor hat einen gewissen Raumbedarf, der von der Bauart und vom Typ des Kompressors abhängig ist. Daraus ergeben sich kompressorspezifische Mindestabstände in alle Richtungen.

- Der Kompressor muß so aufgestellt werden, daß er für Bedienung und Wartung frei zugänglich ist.
- Um die Kühlung eines Kompressors zu gewährleisten, muß ein gewisser Mindestabstand zwischen Ventilator bzw. Kühler und der benachbarten Wand oder anderen Aggregaten eingehalten werden. Geschieht dies nicht, ist die Wirkung des Ventilators bzw. Kühlers stark beeinträchtigt und eine wirkungsvolle Kühlung ist nicht mehr gewährleistet.
- Bei der Aufstellung von mehreren Kompressoren nebeneinander darf die erwärmte Kühlluft eines Kompressors nicht als Kühlluft eines anderen Kompressors angesaugt werden.

Die Mindestabstände zu den Wänden und den benachbarten Geräten und Aggregaten unterscheiden sich bei den einzelnen Kompressortypen und Ausführungen zum Teil erheblich. Sie sind den jeweiligen Betriebsanleitungen zu entnehmen.

10.2.7 Aufstellungsbedingungen von Druckluftbehältern

Bei der Aufstellung eines Druckluftbehälters sind bestimmte Unfallverhütungsvorschriften einzuhalten.

- Druckluftbehälter müssen vor Beschädigungen durch mechanische Einwirkungen (z.B. herabfallende Gegenstände) geschützt sein.
- Der Druckluftbehälter und seine Ausrüstung müssen von einem sicheren Stand aus zu bedienen sein.
- Schutzbereiche und Schutzabstände sind einzuhalten.
- Der Druckluftbehälter muß sicher stehen. Er darf sich auch durch äußere Kräfte nicht verlagern oder neigen. Das schließt auch das zusätzliche Gewicht bei der Druckprüfung ein! Bei großen Druckluftbehältern ist unter Umständen ein verstärktes Fundament notwendig.
- Das Fabrikschild muß gut erkennbar sein.
- Druckluftbehälter müssen angemessen gegen Korrosion geschützt sein.
- Stehende Behälter werden liegend in die Kompressorräume gebracht und anschließend über zwei Füße aufgerichtet. Bei der Bemessung der Behälterhöhe ist somit die Diagonale des Behälters (Aufrichthöhe) zu berücksichtigen. Ist sie größer als die Raumhöhe kann der Behälter nicht aufgerichtet werden.

10.3 Be- und Entlüftung einer Kompressorstation

Die wichtigste Bedingung für den Betrieb luftgekühlter Kompressoren ist ein ausreichender Kühlluftstrom \dot{V}_K . Die durch den Kompressor erzeugte Abwärme muß zu jeder Zeit zuverlässig abzuführen sein. Je nach räumlichen Gegebenheiten, Kompressorbauart und Typ gibt es drei verschiedene Möglichkeiten der Be- und Entlüftung :

- Natürliche Belüftung.
Be- und Entlüftung durch Zu- und Abluftöffnung in den Seitenwänden oder der Decke, und zwar natürlich, ohne Unterstützung eines Ventilators.
- Künstliche Belüftung.
Be- und Entlüftung über Zu- und Abluftöffnung in den Seitenwänden oder der Decke mit Unterstützung durch einen Abluftventilator.
- Zu- und Abluftkanäle.
Be- und Entlüftung über entsprechende Kanäle, meist mit Unterstützung durch einen Abluftventilator.
- Bei wassergekühlten Kompressoren wird die Hauptwärme durch das Kühlwasser abgeführt. Die Restwärme (Motorabstrahlung) ist durch Kühlluft abzuführen.

10.3.1 Einflußgrößen auf den Kühlluftstrom \dot{V}_K eines Kompressors

Ein Kompressor erzeugt je nach Antriebsleistung eine bestimmte Menge Abwärme. Diese Abwärme muß bei luftgekühlten Kompressoren durch einen Kühlluftstrom \dot{V}_K abgeführt werden.

Die Größe des Kühlluftstroms \dot{V}_K wird, neben der Antriebsleistung des Kompressors, von mehreren anderen Faktoren beeinflusst :

- Transmissionswärme
Durch die Umfassungswände des Betriebsraumes (einschließlich Fenster und Türen) wird ein Teil der erzeugten Wärme als Transmissionswärme abgegeben. Die Beschaffenheit der Wände, der Decke, des Bodens sowie Türen und Fenster beeinflussen den Kühlluftstrom \dot{V}_K beträchtlich.
- Raumtemperatur.
Je höher die Temperatur des Betriebsraumes ist, desto größer ist auch der Kühlluftbedarf.
- Temperaturgefälle.
Je größer die Temperaturdifferenz Δt zwischen der Außen- und der Innentemperatur ist, desto geringer wird der benötigte Kühlluftstrom.
- Raumhöhe und Raumgröße.
Mit zunehmender Raumhöhe und Raumgröße verteilt sich die erzeugte Wärme besser und der benötigte Kühlluftstrom wird geringer.

10.3.2 Festlegung der Einflußgrößen auf den Kühlluftstrom \dot{V}_k eines Kompressors

Um allgemeingültige Werte für den Kühlluftstrom \dot{V}_k zu erhalten, werden folgende Randbedingungen festgelegt, die die Größe des erforderlichen Kühlluftstroms \dot{V}_k beeinflussen.

- Raumtemperatur 35°C = 308 K
- Temperaturgefälle Δt 10 K
- Mauerdicke 25 cm
Die Umfassungswände werden als homogene Ziegelwände ohne Fenster und Türen betrachtet.
- Raumhöhe und Raumgröße.
Die Raumhöhe ist auf unter 3 m und die Raumgröße ist auf unter 50 m² festgelegt.

Die festgelegten Randbedingungen gehen von den ungünstigsten zulässigen Umgebungsbedingungen für den Kompressor aus. Da die Bedingungen in realen Betriebsräumen meist günstiger sind, haben die so ermittelten Werte für den Kühlluftstrom \dot{V}_k allgemeine Gültigkeit.

Wird der empfohlene Kühlluftstrom \dot{V}_k für einen Kompressor gewährleistet, kommt es nicht zu thermischen Problemen.

Der Betriebsraum

10.3.3 Allgemeine Hinweise für die Lüftung von Kompressorräumen

Die wichtigsten Bedingungen, die der Betriebsraum eines oder mehrerer luftgekühlter Kompressoren bezüglich der Be- und Entlüftung erfüllen muß, sind in diesem Kapitel aufgeführt. Sie basieren auf den Anforderungen, die imVDMA-Einheitsblatt 4363 „Lüftung der Betriebsräume luftgekühlter Verdichter“ niedergelegt sind.

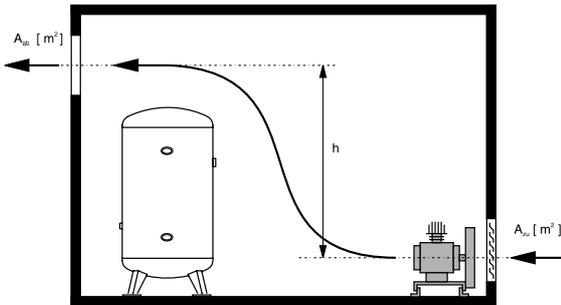


Bild 10.4 : Anordnung von Zu- und Abluftöffnung

- Die Warmluft steigt stets nach oben. Um einen effektiven Wärmeaustausch zu ermöglichen, müssen die Öffnungen für die Kühlluftzuführung in Bodennähe und die Abluftöffnungen in der Decke oder **oben** in einer Seitenwand angeordnet werden.
- Der Kompressor ist nahe der Zuluftöffnung A_{zu} so aufzustellen, daß er die Frischluft für die Verdichtung und die Kühlluft für die Belüftung unmittelbar aus der Zuluftöffnung A_{zu} ansaugt.
- Der Kompressor ist so aufzustellen, daß er die erwärmte Abluft nicht wieder ansaugen kann.
- Die Ansaugöffnungen oder -kanäle des Kompressors sind so anzuordnen, daß gefährliche Beimengungen (z.B. explosionsfähige oder chemisch instabile Stoffe) nicht angesaugt werden können.
- Der Abluftstrom sollte vom Kompressor über den Druckluftbehälter (wenn vorhanden) zur Abluftöffnung A_{ab} strömen. Die Aggregate im Betriebsraum sind dementsprechend anzuordnen.
- In den Zuluftöffnungen A_{zu} sind verstellbare Jalousien zu installieren. Dadurch kann der kalte Luftstrom von außen reduziert werden und die Minimaltemperatur wird auch im Winter nicht unterschritten. Wenn das nicht ausreicht, ist der Kompressor mit einer eigenen Heizung auszustatten. Das notwendige Zubehör ist bei BOGE erhältlich.
- Bei der Aufstellung mehrerer Kompressoren in einem Raum ist darauf zu achten, daß diese sich nicht thermisch beeinflussen. Saugt ein Kompressor die Abluft eines anderen Kompressors an, führt das zur Überhitzung des Aggregates. Die Belüftung muß auf den gesamten Kühlluftbedarf aller Kompressoren ausgelegt werden. Idealerweise sollte für jeden Kompressor eine eigene Zuluftöffnung entsprechender Größe vorhanden sein.

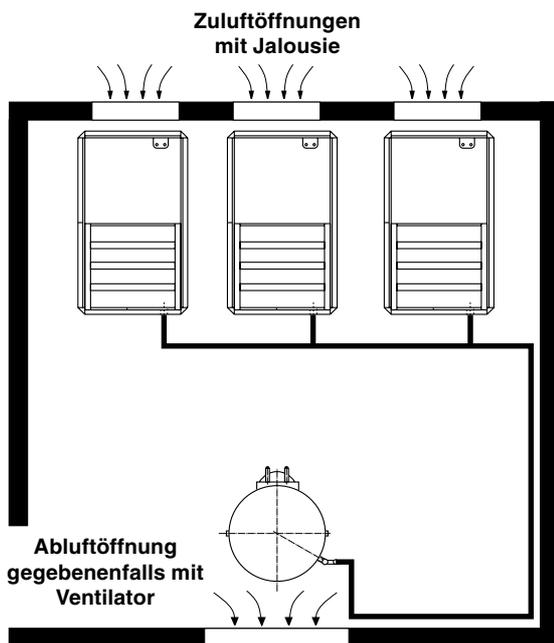


Bild 10.5 : Betriebsraum mit drei schallgedämmten Kompressoren

10.3.4 Natürliche Be- und Entlüftung

Bei der natürlichen Belüftung ist die Umwälzung der Luft durch eine Zuluft- A_{zu} und eine Abluftöffnung A_{ab} in den Seitenwänden des Betriebsraumes gesteuert. Der Wärmeaustausch erfolgt nur durch das natürliche Zirkulieren der Luft, denn warme Luft steigt nach oben. Um eine ausreichende Belüftung zu ermöglichen, muß die Zuluftöffnung so weit wie möglich unterhalb der Abluftöffnung liegen.

Diese Art von Be- und Entlüftung eignet sich erfahrungsgemäß nur für Kompressoren bis 22 kW Leistung. Je nach den Umgebungsbedingungen im Betriebsraum, kann es auch schon bei kleineren Kompressoren zu Belüftungsproblemen kommen.

10.3.4.1 Erforderliche Abluftöffnung bei natürlicher Belüftung

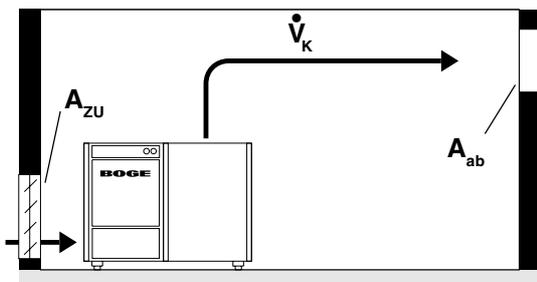


Bild 10.6 :
Natürliche Be- und Entlüftung eines Kompressorraumes mit schallgedämmtem BOGE-Schraubenkompressor

Ein ausreichender Kühlluftstrom \dot{V}_k kommt bei natürlicher Belüftung nur zustande, wenn die Ab- und Zuluftöffnungen eine entsprechende Größe haben.

Die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte basieren auf dem VDMA-Einheitsblatt 4363 „Lüftung der Betriebsräume luftgekühlter Kompressoren“.

Antriebsleistung P [kW]	erforderlicher Kühlluftstrom \dot{V}_k [m ³ /h]	erforderliche Lüftungsöffnungen A_{ab} und A_{zu} [m ²]
3,0	1350	0,20
4,0	1800	0,25
5,5	2270	0,30
7,5	3025	0,40
11,0	3700	0,50
15,0	4900	0,65
18,5	6000	0,75
22,0	7000	0,90

Die Zuluft- A_{zu} und die Abluftöffnung A_{ab} sollten prinzipiell gleich groß sein. Der Kühlluftstrom muß durch beide Öffnungen. Mit Rücksicht auf den Einbau von Jalousien, Gittern u.ä. in der Zuluftöffnung sollte diese allerdings um ca. 20 % größer sein als die Abluftöffnung A_{ab} . Geschieht dies nicht, kann es zu einem Überschreiten der zulässigen Umgebungstemperatur kommen.

Hinweis

Bei der Festlegung des Kühlluftstromes \dot{V}_k , einer Kompressorstation muß der Kühlluftbedarf eines Kälte-Drucklufttrockners oder warmregenerierenden Adsorptionstrockners mit berücksichtigt werden.

Der Betriebsraum

10.3.5 Künstliche Be- und Entlüftung

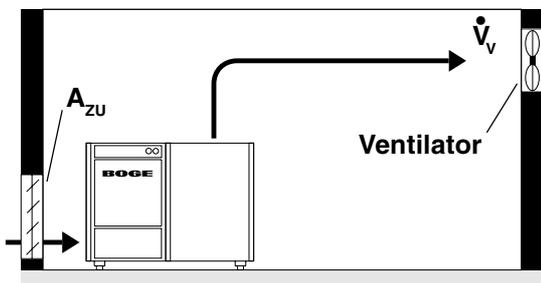


Bild 10.7 :
Künstliche Be- und Entlüftung eines Kompressorraumes mit schallgedämmtem BOGE-Schraubenkompressors

In vielen Fällen reicht die natürliche Be- und Entlüftung des Betriebsraumes nicht mehr aus. Aufgrund von baulichen Gegebenheiten und/oder aufgrund der hohen installierten Kompressorleistung kommt kein ausreichender Kühlluftstrom mehr zu Stande. In diesen Fällen muß die Warmluft mit Hilfe eines Ventilators abgeführt werden.

Eine künstliche Belüftung erhöht die Strömungsgeschwindigkeit der Kühlluft im Betriebsraum und garantiert den erforderlichen Kühlluftstrom durch die Zwangsbelüftung. Es sind größere Reserven bei hohen Außentemperaturen gegeben. Die Zuluftöffnung muß der Ventilatorleistung angepaßt werden.

Der oder die Ventilatoren sollten aus wirtschaftlichen Gründen über einen Thermostaten in mehreren Stufen gesteuert werden. Die Steuerung erfolgt entsprechend der Temperatur im Betriebsraum. Je höher die Temperatur steigt, desto größer wird die Förderleistung des Ventilators.

10.3.5.1 Erforderliche Ventilatorleistung bei künstlicher Belüftung

Der erforderliche Kühlluftstrom \dot{V}_k ergibt sich, wie bei der natürlichen Belüftung, aus der installierten Kompressorleistung. Die durch den Kompressor erzeugte Abwärme muß zuverlässig abgeführt werden. Die Ventilatorleistung \dot{V}_v ist ca. 15 % größer bemessen als der benötigte Kühlluftstrom \dot{V}_k . So ist auch im Hochsommer eine einwandfreie Kühlung gewährleistet.

Die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte basieren auf dem VDMA-Einheitsblatt 4363 „Lüftung der Betriebsräume luftgekühlter Kompressoren“.

Antriebsleistung P [kW]	erforderliche Ventilatorleistung \dot{V}_v [m³/h]
4,0	1800
5,5	2270
7,5	3025
11,0	3700
15,0	4900
18,5	6000
22,0	7000
30,0	9500
37,0	11000
45,0	14000
55,0	17000
65,0	20000
75,0	23000
90,0	28000
110,0	34000
132,0	40000
160,0	50000
200,0	62000
250,0	70000

10.3.5.2 Erforderliche Zuluftöffnung bei künstlicher Belüftung

Bei der künstlichen Belüftung bestimmt der Abluftventilator die Größe der Abluftöffnung.

Die erforderliche Öffnung für einen Abluftventilator ist üblicherweise erheblich kleiner als die Abluftöffnung bei natürlicher Belüftung.

Die Größe der Zuluftöffnung A_{zu} ist von der Ventilatorleistung \dot{V}_V und der maximalen Strömungsgeschwindigkeit v_s in der Zuluftöffnung abhängig.

Vorzugsweise sollte mit einer Strömungsgeschwindigkeit $v_s = 3 \text{ m/s}$ gerechnet werden. Ergeben sich jedoch baulich nicht realisierbare Zuluftöffnungen ist auch eine Strömungsgeschwindigkeit $v_s = 5 \text{ m/s}$ zulässig.

Mit Hilfe der folgenden Formel wird die minimale Größe der Zuluftöffnung berechnet :

$$A_{zu} = \frac{\dot{V}_V}{3600 \times v_s}$$

$$\text{m}^2 = \frac{\text{m}^3/\text{h}}{3600 \text{ s/h} \times \text{m/s}}$$

A_{zu} = minimale Fläche der Zuluftöffnung [m²]

\dot{V}_V = Ventilatorleistung [m³/h]

v_s = maximale Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

Hinweis

Bei der Auswahl von Abluftventilatoren ist zu beachten, daß der Kühlluftstrom den selben physikalischen Gesetzen unterworfen ist, wie die Druckluft. Auch bei strömender Kühlluft in Kanälen und Öffnungen kommt es bei zunehmender Strömungsgeschwindigkeit zu erhöhtem Staudruck Δp (Druckverlust). Ein Ventilator kann nur einen Staudruck überwinden, der unterhalb seiner definierten Flächenpressung liegt. Ist der Staudruck höher als die Flächenpressung des Ventilators, kommt kein Volumenstrom mehr zustande.

Der maximale Staudruck wird aus der Form und der Größe der Zu- und Abluftöffnung mit den dazugehörigen Kanälen (wenn vorhanden) bestimmt. Auch die Strömungsgeschwindigkeit muß berücksichtigt werden.

Bei einfachen Öffnungen ohne ungünstige Umleitung (Kanalführung) kann ein $\Delta p = 100 \text{ Pa}$ (10 mm WS) angenommen werden.

10.3.5.3 Beispiel für die künstliche Belüftung einer Kompressorstation

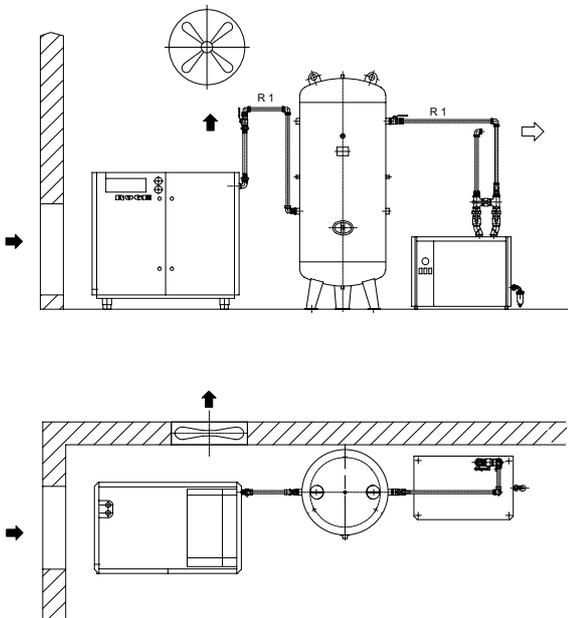


Bild 10.8 : Kompressorstation mit Schraubenkompressor, Kälte-Drucklufttrockner, Druckluftbehälter

Ein Schraubenkompressor Typ S 21 soll zusammen mit einem Kälte-Drucklufttrockner D 27 in einem kleinen Betriebsraum betrieben werden. Die baulichen Gegebenheiten verhindern eine natürliche Belüftung. Eine künstliche Belüftung mit einem Ventilator ist erforderlich.

BOGE-Schraubenkompressor Typ S 21

Liefermenge \dot{V} : 2,42 m³/min

Motorleistung : 15 kW

Kühlluftbedarf \dot{V}_{V1} : 4900 m³/h

Kälte-Drucklufttrockner Typ D 27

Durchflußleistung \dot{V} : 2,66 m³/min

Kühlluftbedarf \dot{V}_{V2} : 770 m³/min (siehe Datenblatt)

Die beiden Kühlluftströme sind zu addieren. Daraus ergibt sich die benötigte Ventilatorleistung, die im Betriebsraum installiert werden muß.

Ventilatorleistung \dot{V}_{Vges} : 5670 m³/h

Die erforderliche Zuluftöffnung wird aus der Ventilatorleistung \dot{V}_{Vges} und der maximalen Strömungsgeschwindigkeit $v_s = 3 \text{ m/s}$ berechnet :

$$A_{zu} = \frac{\dot{V}_{Vges}}{3600 \times v_s}$$

$$A_{zu} = \frac{5670}{3600 \times 3}$$

$$A_{zu} = 0,525 \text{ m}^2$$

A_{zu} = minimale Fläche der Zuluftöffnung [m²]

\dot{V}_{Vges} = Ventilatorleistung [m³/h]

v_s = maximale Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

In den Betriebsraum des Kompressors muß ein Ventilator mit einer Leistung von 5670 m³/h eingebaut werden (Der Staudruck der Öffnungen ist bei der Auswahl des Ventilators zu beachten). Die Zuluftöffnung A_{zu} sollte mindestens 0,525 m² groß sein.

10.3.6 Kühlluftführung mit Zu- und Abluftkanälen

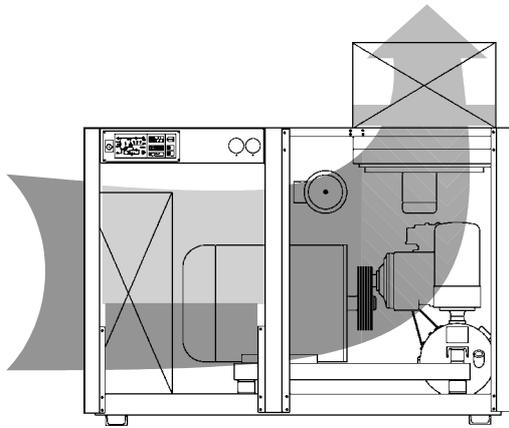


Bild 10.9 :
Kühlluftführung in einem BOGE-Schraubenkompressor Baureihe S 21 - S 150

Die Kühlluftführung durch Zu- und Abluftkanäle ist eine elegante Lösung bei thermischen Problemen in einem Kompressorbetriebsraum.

Kanalisierte Be- und Entlüftung ist bei schallgedämmten Kompressoren möglich. Die Kühlluft wird gezieht über den Kompressor geleitet und gebündelt zur Abführung bereitgestellt. BOGE-Schraubenkompressoren sind mit einem Kühlluftventilator ausgestattet, der eine freie Flächenpressung von ca. 60 Pa (ca. 6 mm WS) erzeugt. Das bedeutet, daß er die Abluft durch einen ca. 5 m langen, geraden Abluftkanal mit dem empfohlenen Kanalquerschnitt drücken kann.

Die Kanäle können problemlos an die Öffnungen der Schalldämmhaube angeschlossen werden. Ein zusätzlicher Abluftventilator im Kanal ist in der Regel nicht notwendig.

Die Kühlluftkanäle führen die Kühlluft ins Freie. Sie können aber auch durch entsprechende Klappensteuerung die warme Kühlluft im Winter zur Räumheizung nutzen. Bei ungeheizten Kompressorräumen empfiehlt sich im Winter eine Umluftführung mit Ableiten eines Teils der warmen Kühlluft in den Kompressorraum.

10.3.6.1 Zuluftkanäle

Grundsätzlich ist es auch möglich, den Zuluftstrom für Kompressoren zu kanalisieren. Ein Zuluftkanal reduziert jedoch den Ansaugvolumenstrom (Staudruck) und wirkt sich somit negativ auf die Leistung des Kompressors aus. Aus diesem Grund sollte die Zuluft nur in folgenden Fällen kanalisiert werden :

- Unsaubere Umgebung.
Die Ansaugluft am Kompressorstandort enthält viel Schmutz, Staub, chemische Verunreinigungen oder hat eine sehr hohe Luftfeuchtigkeit. Bei diesen Bedingungen sollte die Ansaugluft direkt von außen oder aus einem saubereren Teil des Gebäudes angesaugt werden.
- Hohe Umgebungstemperatur.
Die Temperatur am Aufstellungsort des Kompressors ist deutlich höher als in den benachbarten Räumen oder außerhalb des Gebäudes. Das ist bei starker Wärmeabgabe durch Anlagen und Maschinen im Kompressorraum möglich.

Der Betriebsraum

10.3.6.2 Entlüftung durch einen Kühlluftkanal

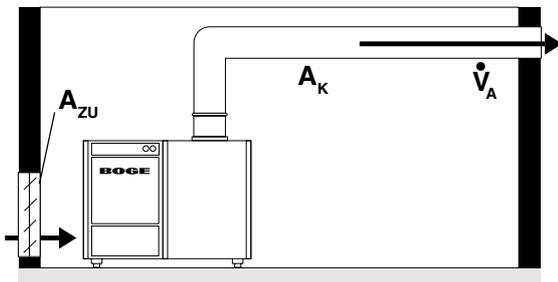


Bild 10.10 :
Entlüftung eines Kompressorraumes mit einem BOGE-Schraubenkompressors durch einen Kühlluftkanal ins Freie

Kompressorräume von Einzelanlagen können meist durch einen entsprechend ausgelegten Abluftventilator oder durch natürliche Belüftung gekühlt werden. Bei der Installation von mehreren Kompressoren in einem Betriebsraum ist die Nutzung von Kühlluftkanälen immer empfehlenswert.

Durch den Einbau von Kanälen wird der Betriebsraum nicht mehr so stark durch die Abwärme des Kompressors aufgeheizt.

Die Temperaturdifferenz Δt zwischen der Zu- und Abluft beträgt ca. 20 K. Die Strömungsgeschwindigkeit in den Abluftkanälen sollte 6 m/s nicht überschreiten. Daraus ergibt sich, daß der benötigte Kanalquerschnitt erheblich kleiner ist als die Wandöffnung bei natürlicher oder künstlicher Belüftung.

10.3.6.3 Erforderlicher Kühlluftstrom \dot{V}_A und Kanalquerschnitt A_K mit Kühlluftkanal

Die in der folgenden Tabelle angegebenen Werte für den erforderlichen Kühlluftstrom \dot{V}_A mit Kanal basieren auf dem VDMA-Einheitsblatt 4363 „Lüftung der Betriebsräume luftgekühlter Kompressoren“. Dabei wurde eine Temperaturerhöhung der Kühlluft von $\Delta t = 20 \text{ K}$ vorausgesetzt.

Bei der Ermittlung des erforderlichen freien Kanalquerschnittes A_K wurde ein maximaler Staudruck im Kanals von 50 Pa (5 mm WS) zugrundegelegt. Das entspricht ca. 5 m geradem Abluftkanal ohne Richtungsänderungen, Reduzierungen und Einbauten bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 4 – 6 m/s.

Antriebsleistung P [kW]	erforderlicher Kühlluftstrom mit Abluftkanal \dot{V}_A [m³/h]	erforderlicher freier Kanalquerschnitt A_K [m²]
4,0	800	0,08
5,5	1000	0,10
7,5	1300	0,13
11,0	1700	0,13
15,0	2900	0,15
18,5	4500	0,23
22,0	4500	0,26
30,0	4500	0,33
37,0	6500	0,41
45,0	6500	0,48
55,0	8000	0,59
65,0	8600	0,64
75,0	9200	0,68
90,0	16000	0,85
110,0	16000	1,11
132,0	24400	1,24
160,0	24400	1,61
200,0	27800	2,06
250,0	33600	2,49

10.3.6.4 Hinweise zur Kanalbelüftung

In Kanälen verursachen alle Einbauten wie z.B. Umlenkungen, Filter, Jalousienklappen, Bögen, T-Stücke und Schalldämpfer eine Erhöhung des Strömungswiderstands und damit eine Behinderung des Luftstroms. Wenn der Kanal viele Einbauten enthält und sehr lang ist, muß die Dimensionierung des empfohlenen freien Kanalquerschnittes durch einen Fachmann überprüft werden.

Um die Ausbreitung von Bränden durch die Lüftungskanäle zu verhindern, sind entsprechende Brandschutzmaßnahmen vorgeschrieben. Die DIN 4102, Teil 6 verlangt den Einbau von selbstschließenden Feuerschutzklappen, wenn Lüftungskanäle eine Mauer durchstoßen.

Bei ungünstiger oder langer Kanalführung kann der Staudruck über 50 Pa (5 mm WS) liegen. In diesem Fall besteht die Gefahr, daß der Kühlluftventilators eines Schraubenkompressors den Staudruck des Kanals nicht mehr überwinden kann. Das bedeutet, daß der Kühlluftstrom zum Erliegen kommt und damit die gesamte Kühlung des Kompressors zusammenbricht. In diesem Fall muß ein zusätzlicher Stützventilator eingebaut werden.

Die Zuluft- und Abluftklappen, sowie die Ventilatoren sollten aus wirtschaftlichen Gründen über einen Thermostaten im Betriebsraum gesteuert werden.

Die Kühlluftkanäle dürfen niemals direkt auf dem Kompressorgehäuse angebracht werden. Es sind immer Kompensatoren zu verwenden, die Verspannungen und die Übertragung von Schwingungen vermeiden.

Ein Kühlluftkanal, der mit Schalldämmmaterial ausgekleidet ist, strahlt weniger Wärme an die Umgebung ab und dämmt zusätzlich Geräusche, die mit der Kühlluft aus dem Kompressor geleitet werden.

Generell empfiehlt BOGE mit der Auslegung der Kanäle und der Ausführung der Bauarbeiten eine entsprechende Fachfirma zu beauftragen.

Bei Mehrfachanlagen muß jeder Kompressor einen eigenen Zu- und Abluftkanal haben.

Bei einem Sammelkanal für Mehrfachanlagen muß durch selbsttätig arbeitende Rückschlagklappen verhindert werden, daß erwärmte Kühlluft über einen ausgeschalteten Kompressor in den Aufstellungsraum strömt und die Zuluft wieder aufheizt.

10.3.6.5 Dimensionierung der Zuluftöffnung bei Entlüftung durch einen Abluftkanal

Die Größe der Zuluftöffnung A_{zu} ist vom Kühlluftstrom \dot{V}_A und der maximalen Strömungsgeschwindigkeit v_s in der Zuluftöffnung abhängig.

Vorzugsweise sollte mit einer Strömungsgeschwindigkeit $v_s = 3 \text{ m/s}$ gerechnet werden. Ergeben sich jedoch baulich nicht realisierbarer Zuluftöffnungen ist auch eine Strömungsgeschwindigkeit $v_s = 5 \text{ m/s}$ zulässig.

Mit Hilfe der folgenden Formel wird die minimale Zuluftöffnung berechnet :

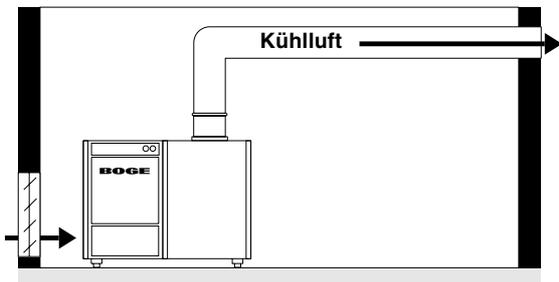
$$A_{zu} = \frac{\dot{V}_A}{3600 \times v_s}$$
$$m^2 = \frac{m^3/h}{3600 \text{ s/h} \times m/s}$$

A_{zu} = minimale Fläche der Abluftöffnung [m²]

\dot{V}_A = Kühlluftstrom im Abluftkanal [m³/h]

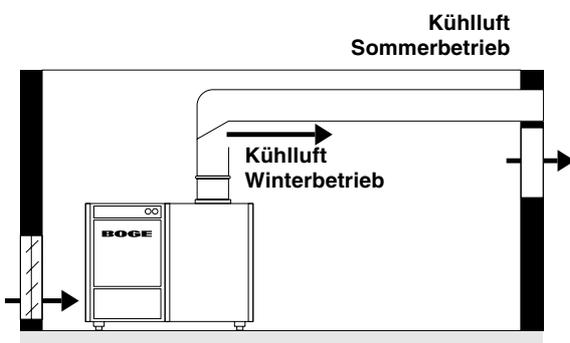
v_s = maximale Strömungsgeschwindigkeit [m/s]

10.3.6.6 Varianten der kanalisiertentlüftung



Der Kanal leitet die warme Abluft direkt ins Freie. Diese Möglichkeit empfiehlt sich bei hohen Temperaturen im Kompressorraum.

Bild 10.11 :
Entlüftung mit einem Abluftkanal ins Freie



Der Abluftkanal leitet die warme Kühlluft direkt ins Freie. Bei niedrigen Temperaturen im Betriebsraum wird der kalten Umgebungsluft über eine Umluftklappe warme Abluft beigemischt. Die Umluftbelüftung verhindert ein Einfrieren der Anlage bei Außentemperaturen unter dem Gefrierpunkt. Als Ergänzung empfiehlt sich eine Stillstandheizung, um auch ein Einfrieren des Kompressors in der Anlaufphase bei kaltem Kompressor zu verhindern.

Bild 10.12 :
Abluftkanal mit einer Umluftklappe

Bei diesem Verfahren muß neben dem Abluftkanal noch zusätzlich eine entsprechend dem Kühlluftstrom dimensionierte Abluftöffnung geschaffen werden.

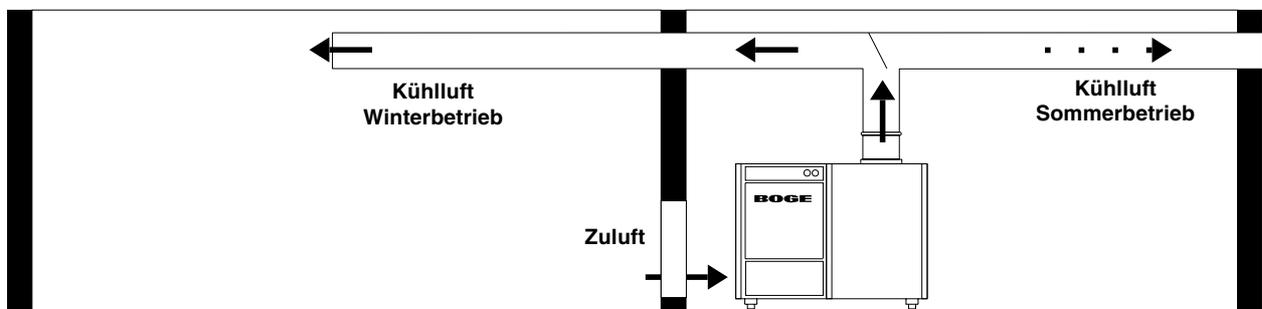


Bild 10.13 :
Nutzung der warmen Kühlluft zum Heizen

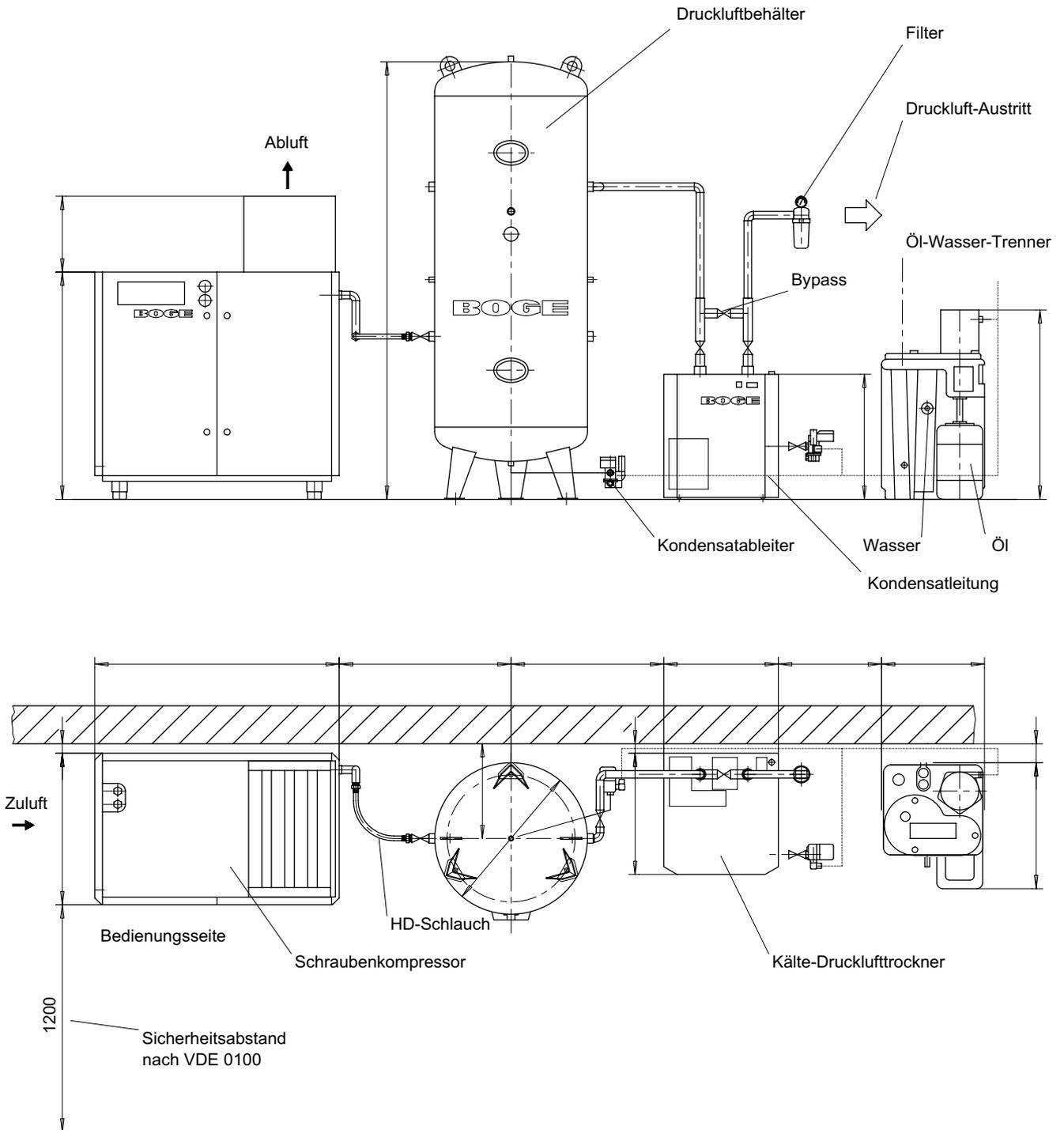
Kanäle leiten die warme Kühlluft des Kompressors bei niedrigen Außentemperaturen (Winter) ganz oder teilweise zum Beheizen in verschiedene Räume eines Gebäudes. Bei hohen Temperaturen (Sommer) leitet der Abluftkanal die Kühlluft direkt ins Freie.

Bei diesem Verfahren wird die Zuluft meist aus beheizten Räumen angesaugt. Diese Maßnahme garantiert das Ansaugen von ausreichend warmer Kühlluft auch bei niedrigen Umgebungstemperaturen. Der Kompressor arbeitet dadurch immer oberhalb der Mindesttemperatur.

Um die Staubbelastung und die Lärmübertragung in den beheizten Räumen zu reduzieren, sollten Luftfilter und Schalldämpfer in den Abluftkanal eingebaut werden.

10.4 Beispiele für Aufstellungspläne

10.4.1 Aufstellungsbeispiel für einen Schraubenkompressor



10.4.2 Aufstellungsbeispiel für einen Kolbenkompressor

