

## 9. Das Druckluftnetz

### 9.1 Der Druckluftbehälter

Druckluftbehälter werden entsprechend der Liefermenge des Verdichters, dem Regelsystem und dem Druckluftverbrauch dimensioniert. Druckluftbehälter im Druckluftnetz haben verschiedene, wichtige Aufgaben zu erfüllen.

#### 9.1.1 Druckluftspeicherung

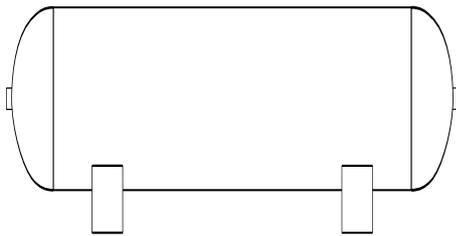


Bild 9.1 :  
Druckluftbehälter, liegend

Der Kompressor baut im Druckluftbehälter ein Speichervolumen auf. Der Druckluftverbrauch kann zeitweise aus diesem Speichervolumen gedeckt werden. Der Kompressor liefert in dieser Zeit keine Druckluft. Er steht in Bereitschaft und verbraucht keinen Strom. Darüber hinaus wird schwankende Druckluftentnahme im Netz ausgeglichen und Spitzenbedarf abgedeckt. Der Motor schaltet seltener und der Motorverschleiß wird reduziert.

Unter Umständen werden auch mehrere Druckluftbehälter benötigt, um ein ausreichendes Speichervolumen aufzubauen. Sehr große Druckluftnetze verfügen meist über ein ausreichendes Speichervolumen. In diesem Fall können entsprechend kleinere Druckluftbehälter gewählt werden.

#### 9.1.2 Pulsationsdämpfung

Kolbenkompressoren erzeugen, aufgrund ihrer speziellen Funktionsweise, einen pulsierenden Volumenstrom. Diese Druckschwankungen beeinträchtigen die Funktion verschiedener Verbraucher. Besonders Regelschaltungen und Meßeinrichtungen reagieren mit Fehlern auf einen pulsierenden Volumenstrom. Der Druckluftspeicher wird zum Glätten dieser Druckschwankungen eingesetzt.

Bei Schraubenkompressoren entfällt diese Aufgabe weitestgehend, da sie einen fast gleichmäßigen Volumenstrom erzeugen.

## 9.1.3 Kondensatabscheidung

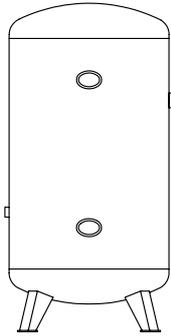


Bild 9.2 :  
Druckluftbehälter, stehend

Durch die Verdichtung fällt die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit in Form von Wassertröpfchen (Kondensat) aus. Meist wird dieses Wasser mit dem Volumenstrom in den Druckluftbehälter mitgerissen. Dort verweilt die Druckluft. Über die große Oberfläche des Druckluftbehälters wird Wärme an die kühlere Umgebung abgegeben, die Druckluft kühlt ab. Dadurch schlägt sich der größte Teil des Kondensates an den Behälterwänden nieder. Das Kondensat sammelt sich am Boden des Druckluftbehälters und wird durch einen geeigneten Kondensatabscheider abgeführt.

Druckluftbehälter, die nur unregelmäßig entleert werden, können durch das Kondensat korrodieren. Ein Schutz gegen Korrosion ist das Vollbadverzinken des Druckluftbehälters. Bei regelmäßigem Kondensatablaß ist ein Verzinken des Behälters nicht unbedingt notwendig. Das Verzinken bietet sich auch dann an, wenn das Kondensat eine hohe Konzentration aggressiver Bestandteile enthält.

## 9.1.4 Betrieb von Druckluftbehältern

Druckluftbehälter dürfen nur für Kompressoren mit Ein- und Ausschaltbetrieb dauerhaft verwendet werden. Der Bereich der Druckschwankungen  $\Delta p$  darf 20 % des maximalen Betriebsdruckes nicht überschreiten (Kompressorhöchst-  
druck 10 bar,  $\Delta p = 2$  bar). Bei größeren Druckschwankungen kann es mit der Zeit zu Ermüdungsbrüchen in den Schweißnähten kommen. Der Druckluftbehälter muß dann speziell für schwel-  
lende Belastung ausgelegt werden.

## 9.1.5 Installation von Druckluftbehältern

Der Druckluftbehälter sollte an einem möglichst kühlen Platz aufgestellt werden. Dadurch fällt mehr Kondensat im Druckluftbehälter aus und gelangt nicht ins Druckluftnetz und somit in die Druckluftaufbereitung.

Druckbehälter sind so aufzustellen, daß sie für die wiederkehrenden Prüfungen zugänglich sind oder gemacht werden können und daß das Fabrikschild gut erkennbar ist.

Der Druckluftbehälter sollte auf einer geeigneten Fundamentplatte mit ausreichendem Raum für Inspektionen installiert werden. Dabei ist zu berücksichtigen, daß sich die Fundamentbelastung während der Druckprüfungen durch die Wasserfüllung des Druckluftbehälters erhöht.

Druckluftbehälter müssen so aufgestellt sein, daß Beschäftigte oder Dritte nicht gefährdet werden. Erforderliche Schutzbereiche und -abstände sind einzuhalten.

Die Druckbehälter und ihre Ausrüstung sind soweit gegen mechanische Einwirkungen (z.B. Fahrzeuge) von außen zu schützen, daß Beschädigungen mit gefährlichen Auswirkungen auf Beschäftigte oder Dritte nicht zu erwarten sind.

### 9.1.6 Sicherheitsvorschriften für Druckluftbehälter

Für Druckbehälter gelten, je nach Behältergröße und Druck, verschiedene Richtlinien. Die wichtigsten für die Herstellung von Druckbehältern sind die Druckgeräterichtlinie 97/23/EG für Druckbehälter mit einem Druckinhaltsprodukt ab 10.000 bar\*l und die Richtlinie 87/404/EWG für einfache Druckbehälter mit einem Druckinhaltsprodukt bis 10.000 bar\*l. Des Weiteren sind für den Betrieb vom Betreiber einer Anlage nationale Vorschriften einzuhalten. Dies betrifft für Deutschland hauptsächlich die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV).

Kompressoren sind in ihrer Gesamtheit Maschinen, die der EG-Maschinenrichtlinie 98/37/EG unterliegen.

#### 9.1.6.1 Anmelde- und Überwachungspflichten

Druckluftanlagen unterliegen verschiedenen Anmelde- und Überwachungspflichten. In Richtlinie 97/23/EG erfolgt, abhängig vom Druckinhaltsprodukt [bar\*l] des Druckgerätes und des transportierten Mediums eine Einstufung der Druckgeräte in verschiedene Klassen. Je nach eingestufte Klasse werden andere Anforderungen an Prüfung und Überwachung gestellt, insbesondere unterscheiden sich die Fristen für wiederkehrende Prüfungen.

Maximale Werte für den Abstand von wiederkehrenden Prüfungen sind 5 Jahre für die innere Prüfung und 10 Jahre für die Festigkeitsprüfung. Je nach Anforderungen können diese Fristen von den zuständigen zugelassenen Überwachungsstellen verkürzt werden. Nicht alle Pflichten müssen von zugelassenen Überwachungsstellen ausgeführt werden. Unter bestimmten Bedingungen können auch befähigte Personen aus dem Betrieb Prüfungen durchführen.

#### 9.1.6.2 ZÜS und befähigte Personen

Die Definition von zugelassenen Überwachungsstellen erfolgt in § 14 Gerätesicherheitsgesetz. Diese Stellen müssen benannt und akkreditiert sein. Die Aufgaben wurden klassischerweise von Sachverständigen wahrgenommen. Nach einer Übergangsfrist bis Ende 2007 wird sich die Terminologie ändern und die Aufgaben werden von benannten Stellen übernommen.

Eine befähigte Person im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung ist eine Person, die durch ihre Berufsausbildung, ihre Berufserfahrung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt. (§ 2 Abs. 7) Dies entspricht im weitesten Sinne dem früheren Sachkundigen.

### 9.1.6.3 Prüfung vor Inbetriebnahme

Eine überwachungsbedürftige Anlage (Dies sind Druckgeräte im Sinne der Richtlinien 97/23/EG und 87/404/EWG) darf erstmalig und nach einer wesentlichen Veränderung nur in Betrieb genommen werden, wenn die Anlage unter Berücksichtigung der vorgesehenen Betriebsweise durch eine zugelassene Überwachungsstelle auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich der Montage, der Installation, den Aufstellungsbedingungen und der sicheren Funktion geprüft worden ist.

Bei kleineren Anlagen im Sinne der Richtlinie 87/404/EWG mit einem Druckinhaltsprodukt von nicht mehr als 200 bar\*l muß die Überprüfung nicht durch eine zugelassene Überwachungsstelle erfolgen, sondern kann durch eine befähigte Person durchgeführt werden.

### 9.1.6.4 Anmeldepflichten

Der Betreiber hat die Prüffristen der Gesamtanlage und der Anlagenteile auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung zu ermitteln. Dies geschieht bei der Prüfung vor Inbetriebnahme der Anlage. Dabei dürfen die Höchstfristen von 5 Jahren für die innere Prüfung und 10 Jahre für die Festigkeitsprüfung nicht überschritten werden.

Die Prüffristen der Anlagenteile und der Gesamtanlage sind der zuständigen Behörde innerhalb von sechs Monaten nach Inbetriebnahme der Anlage unter Beifügung anlagenspezifischer Daten mitzuteilen.

### 9.1.6.5 Wiederkehrende Prüfungen

Eine überwachungsbedürftige Anlage und ihre Anlagenteile sind in bestimmten Fristen wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich des Betriebs durch eine zugelassene Überwachungsstelle zu prüfen. Diese Prüfungen bestehen aus einer technischen Prüfung, die an der Anlage selbst unter Anwendung der Prüfregeln vorgenommen wird und einer Ordnungsprüfung.

Diese Prüfungen müssen bei Druckbehältern, die ein Druckinhaltsprodukt größer als 1.000 bar\*l haben, spätestens nach 5 Jahren für die innere Prüfung und spätestens nach 10 Jahren für die Festigkeitsprüfung durchgeführt werden.

Bei Behältern mit einem Druckinhaltsprodukt von nicht mehr als 1.000 bar\*l können die Prüfungen durch eine befähigte Person durchgeführt werden.

Der Umfang der wiederkehrenden Prüfungen umfaßt folgende Arbeiten:

### **Innere Prüfung** (max. 5-jährig)

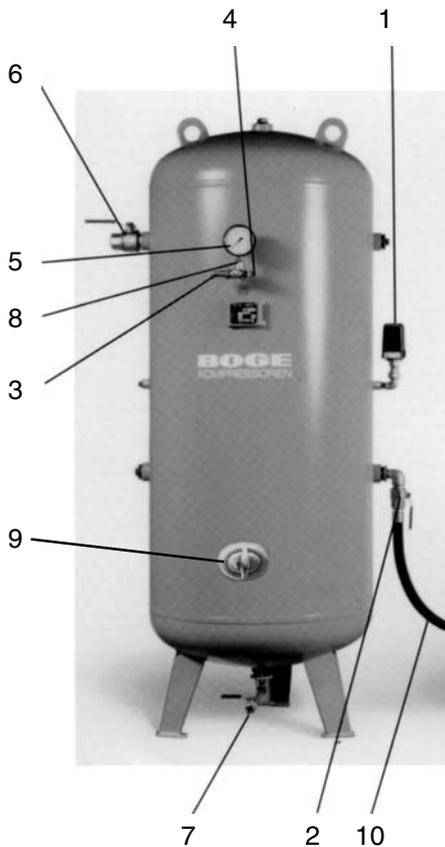
Der Druckluftbehälter wird vom Netz abgeklemmt und drucklos gemacht. Die Besichtigungsöffnung wird geöffnet und der Behälter von innen gründlich gesäubert. Die Wandungen müssen metallisch sauber sein. Der Prüfer hat den inneren Zustand des Behälters zu überprüfen und den ordnungsgemäßen Zustand zu quittieren.

### **Druckprüfung** (max. 10-jährig)

Der Druckluftbehälter wird vom Netz abgeklemmt und drucklos gemacht. Die Armaturen müssen abgeschraubt und die Anschlußöffnungen mit Stopfen verschlossen werden. Der Druckluftbehälter wird vollständig mit Wasser gefüllt und die Handpumpe für die Druckprüfung angeschlossen. Anschließend wird der Druckluftbehälter mit Hilfe der Handpumpe auf den 1,43- oder 1,5-fachen Betriebsdruck gebracht (je nach Behälterart und Druckinhaltsprodukt) und durch den Prüfer auf seine Dichtigkeit überprüft.

Bei äußeren und inneren Prüfungen können Besichtigungen durch andere geeignete gleichwertige Verfahren und bei Festigkeitsprüfung die statische Druckproben durch gleichwertige zerstörungsfreie Verfahren ersetzt werden, wenn ihre Durchführung aus Gründen der Bauart des Druckgeräts nicht möglich oder aus Gründen der Betriebsweise nicht zweckdienlich ist.

## 9.1.7 Armaturen am Druckluftbehälter



- 1 = Druckschalter
- 2 = Rückschlagventil oder Kugelabsperrhahn
- 3 = Sicherheitsventil
- 4 = Kontrollflansch
- 5 = Manometer
- 6 = Kugelabsperrhahn
- 7 = Kondensatablaß
- 8 = Armaturenräger
- 9 = Besichtigungsöffnung
- 10 = Hochdruckschlauch

Bild 9.3 :  
Druckluftbehälter mit Armaturen

Der Druckluftbehälter besteht nicht nur aus dem nackten Stahlbehälter. Es sind eine Reihe von Armaturen notwendig, um seine Funktion zu gewährleisten und für die vorgeschriebene Sicherheit zu sorgen.

- Druckschalter.  
Der Druckschalter dient zur Steuerung des Kompressors.
- Rückschlagventil.  
In der Zuleitung vom Kompressor zum Druckluftbehälter muß immer ein Rückschlagventil installiert werden. Es verhindert bei Kolbenkompressoren das Zurückströmen der verdichteten Luft in den Kompressor während der Förderpausen. Bei Schraubenkompressoren ist das Rückschlagventil im System enthalten.
- Sicherheitsventil.  
Die Installation eines Sicherheitsventil am Druckluftbehälter ist gesetzlich vorgeschrieben. Wenn der Behälterinnen-  
druck  $p_N$  ( Netzdruck ) 10 % über den Nenn-  
druck steigt, öffnet das Sicherheitsventil und bläst den Überdruck ab.
- Kontrollflansch.  
An den Kontrollflansch mit Düsenbohrung schließt der TÜV bei der Druckprüfung ein geeichtes Manometer an.
- Manometer.  
Das Manometer zeigt den Behälterinnendruck an.
- Kugelabsperrhahn.  
Der Kugelabsperrhahn sperrt den Druckluftbehälter vom Druckluftnetz oder vom Kompressor ab.
- Kondensatablaß.  
Im Druckluftbehälter fällt Kondensat aus, deshalb muß ein entsprechender Anschluß für den Kondensatableiter vorhanden sein.
- Besichtigungsöffnung.  
Die Besichtigungsöffnung kann als Muffe oder als Mann-  
bzw. Handlochflansch ausgebildet sein. Sie dient zur Kontrolle und Säuberung des Behälterinnenraums. Die Mindestgröße der Besichtigungsöffnung ist gesetzlich vorgeschrieben.
- Hochdruckschlauch.  
Der Hochdruckschlauch verbindet den Druckluftbehälter mit dem Kompressor. Er wird anstelle eines Rohres verwendet, um eventuelle Vibrationen des Kompressors nicht auf das Druckluftnetz zu übertragen bzw. um bei dem Anschluß an das Druckluftnetz Maßabweichungen auszugleichen.

Druckschalter, Hochdruckschlauch und Rückschlagventil sind keine typischen Druckluftbehälterarmaturen. Sie werden aber sinnvollerweise am Behälter angebracht.

## 9.1.7.1 Sicherheitsventil



Bild 9.4 :  
Sicherheitsventil am kombinierten Druckluft-  
Öl-Behälters eines öleinspritzgekühlten  
Schraubenkompressors

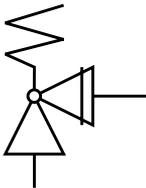


Bild 9.5 :  
Schaltsymbol für ein Sicherheitsventil

Die Installation eines Sicherheitsventiles am Druckluftbehälter ist gesetzlich vorgeschrieben.

Wenn der Behälterinnendruck  $p_N$  ( Netzdruck ) auf den maximalen Betriebsdruck des Druckluftbehälters ( z.B. Kompressorhöchstdruck 10 bar, Behälterbetriebsdruck 11 bar ) steigt, muß das Sicherheitsventil langsam öffnen.

Wenn der Netzdruck auf das 1,1fache des Nenndruckes ( z.B. Behälterdruck 11 bar, Sicherheitsventil 12,1 bar ) steigt, muß das Sicherheitsventil komplett öffnen und den Überdruck abblasen. Dabei ist darauf zu achten, daß der Querschnitt der Abblasöffnung des Sicherheitsventil so dimensioniert ist, daß die komplette Liefermenge aller angeschlossenen Kompressoren abgeblasen werden kann, ohne daß der Druck im Behälter weiter steigt.

Bei nachträglicher Erweiterung eines bestehenden Druckluftnetzes erhöht sich die Anzahl der Kompressoren. Dabei kann die entsprechende Vergrößerung des Sicherheitsventils leicht übersehen werden. Wenn das Sicherheitsventil nicht mehr die gesamte Liefermenge der Kompressoren abblasen kann, steigt der Betriebsdruck im Druckluftbehälter. Im Extremfall führt das zur Explosion des Druckluftbehälters.

### Sicherheitsüberprüfung

Um eine Unterdimensionierung des Sicherheitsventiles zu vermeiden, ist bei jeder Erweiterung einer Kompressorstation das Sicherheitsventil zu überprüfen.

Der Netzanschluß des Druckluftbehälters ist abgesperrt. Die Druckschalter werden überbrückt, so daß die Kompressoren nicht mehr automatisch abschalten.

Der Behälterdruck steigt, bis das Sicherheitsventil anspricht. Der Behälterdruck darf das 1,1fache des Grenzwertes ( z.B. Behälterdruck 11 bar, Sicherheitsventil 12,1 bar ) nicht überschreiten. Geschieht dies doch, ist das Sicherheitsventil unterdimensioniert und muß ausgetauscht werden.

## 9.2 Das Rohrleitungsnetz

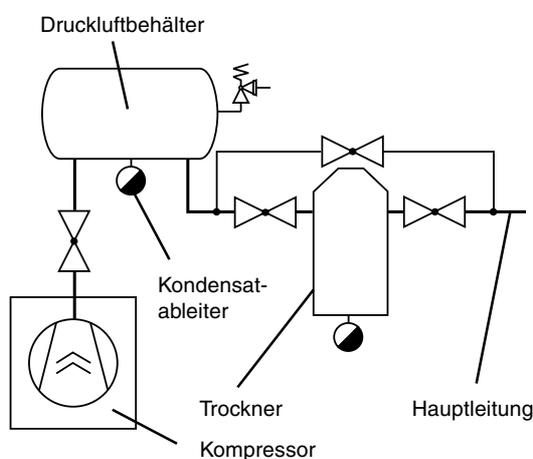
Eine zentrale Druckluftversorgung macht ein Rohrleitungsnetz notwendig, das die einzelnen Verbraucher mit Druckluft versorgt. Um den zuverlässigen und kostengünstigen Betrieb der einzelnen Verbraucher zu gewährleisten, muß das Rohrleitungsnetz verschiedene Bedingungen erfüllen :

- Ausreichender Volumenstrom.  
Jeder Verbraucher des Rohrleitungsnetzes muß zu jeder Zeit mit dem benötigten Volumenstrom versorgt werden.
- Notwendiger Arbeitsdruck.  
Bei jedem Verbraucher des Rohrleitungsnetzes muß zu jeder Zeit der notwendige Arbeitsdruck anliegen.
- Druckluftqualität.  
Jeder Verbraucher des Rohrleitungsnetzes muß zu jeder Zeit mit Druckluft der entsprechenden Qualität versorgt werden.
- Geringer Druckabfall.  
Der Druckabfall im Rohrleitungsnetz muß aus wirtschaftlichen Gründen so gering wie möglich sein.
- Betriebssicherheit.  
Die Druckluftversorgung sollte mit der höchstmöglichen Sicherheit gewährleistet sein. Bei Leitungsschäden, Reparaturen und Wartungen darf nicht das gesamte Netz ausfallen.
- Sicherheitsvorschriften.  
Um Unfälle und daraus folgend Regreßansprüche zu vermeiden, müssen alle einschlägigen Sicherheitsvorschriften beachtet werden.

### 9.2.1 Aufbau eines Rohrleitungsnetzes

Ein Rohrleitungsnetz besteht aus einzelnen Abschnitten. Dadurch kann die Verbindung zwischen dem Kompressor und den Verbrauchern optimal aufgebaut werden.

#### 9.2.1.1 Die Hauptleitung



Die Hauptleitung verbindet die Kompressorstation mit der Druckluftaufbereitung und dem Druckluftbehälter. An die Hauptleitung werden die Verteilerleitungen angeschlossen. Sie ist so zu dimensionieren, daß sie die gesamte Liefermenge der Kompressorstation jetzt und in naher Zukunft bei minimalem Druckabfall weiterleiten kann.

Der Druckabfall  $\Delta p$  in der Hauptleitung sollte 0,04 bar nicht überschreiten.

Bild 9.6 :  
Hauptleitung eines Druckluftnetzes

# Das Druckluftnetz

## 9.2.1.2 Die Verteilerleitung - Ringleitung

Die Verteilerleitungen werden durch den gesamten Betrieb verlegt und bringen die Druckluft in die Nähe der Verbraucher. Sie sollten nach Möglichkeit immer eine Ringleitung sein. Dadurch wird die Wirtschaftlichkeit und die Betriebssicherheit des Rohrleitungsnetzes erhöht.

Der Druckabfall  $\Delta p$  in den Verteilerleitungen sollte 0,03 bar nicht überschreiten.

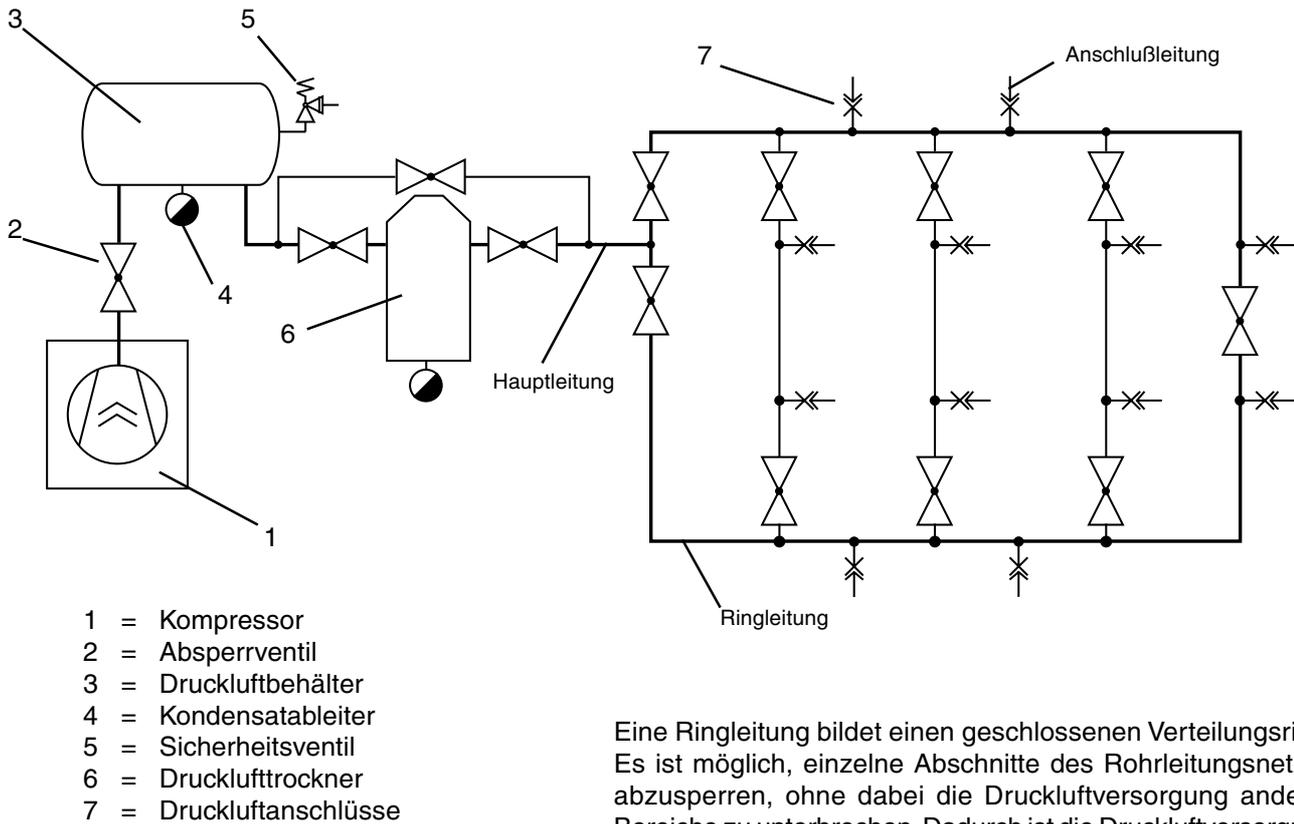


Bild 9.7 :  
Druckluftversorgung mit Ringleitung

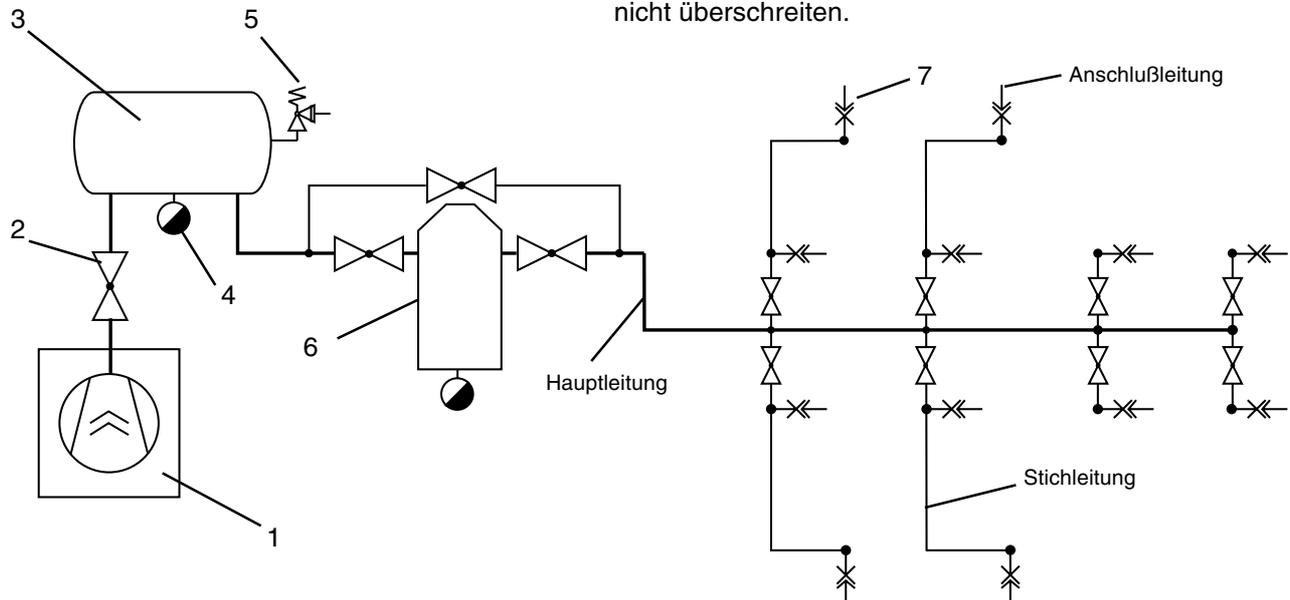
Eine Ringleitung bildet einen geschlossenen Verteilungsring. Es ist möglich, einzelne Abschnitte des Rohrleitungsnetzes abzusperren, ohne dabei die Druckluftversorgung anderer Bereiche zu unterbrechen. Dadurch ist die Druckluftversorgung der meisten Verbraucher, auch bei Wartungs-, Reparatur- und Erweiterungsarbeiten, immer gewährleistet.

**Vorteil:** Bei der Druckluftversorgung durch einen Verteilungsring muß die Druckluft einen kürzeren Weg zurücklegen als bei Stichleitungen. Das bedingt einen geringeren Druckabfall  $\Delta p$ . Bei der Dimensionierung der Ringleitung kann mit der halben strömungstechnischen Rohrlänge und dem halben Volumenstrom gerechnet werden, was wiederum einen kleineren Leitungsdurchmesser möglich macht.

## 9.2.1.3 Die Verteilerleitung - Stichleitung

Die Verteilerleitungen werden durch den gesamten Betrieb verlegt und bringen die Druckluft in die Nähe der Verbraucher. Sie können auch eine Stichleitung sein.

Der Druckabfall  $\Delta p$  in den Verteilerleitungen sollte 0,03 bar nicht überschreiten.



- 1 = Schraubenkompressor
- 2 = Absperrventil
- 3 = Druckluftbehälter
- 4 = Kondensatableiter
- 5 = Sicherheitsventil
- 6 = Drucklufttrockner
- 7 = Druckluftanschlüsse

Bild 9.8 :  
Druckluftversorgung mit Stichleitung

Stichleitungen zweigen von größeren Verteilerleitungen oder der Hauptleitung ab und enden am Verbraucher. Durch Stichleitungen können abseits stehende Verbraucher versorgt werden. Es ist aber auch möglich, die gesamte Druckluftversorgung über Stichleitungen zu realisieren. Sie haben den Vorteil, daß sie weniger Material benötigen als Ringleitungen. Sie haben aber auch den Nachteil, daß sie größer als Ringleitungen dimensioniert werden müssen und häufig hohe Druckverluste verursachen.

Stichleitungen sollten grundsätzlich durch ein Absperrventil vom Netz abtrennbar sein. Dadurch werden Reparaturen, Wartungen u.ä. erleichtert.

## 9.2.1.4 Die Anschlußleitung

Die Anschlußleitungen gehen von den Verteilerleitungen ab. Sie versorgen die Druckluftverbraucher mit Druckluft. Da die Verbraucher mit unterschiedlichen Drücken betrieben werden, ist im Normalfall eine Wartungseinheit mit Druckregler vor dem Verbraucher zu installieren. Mit Hilfe des Druckreglers auf den Arbeitsdruck des Verbrauchers reduziert. Wartungseinheiten, bestehend aus Filter, Abscheider, Regler und Öler können bei aufbereiteter Druckluft entfallen.

Der Druckabfall  $\Delta p$  in den Anschlußleitungen sollte 0,03 bar nicht überschreiten.

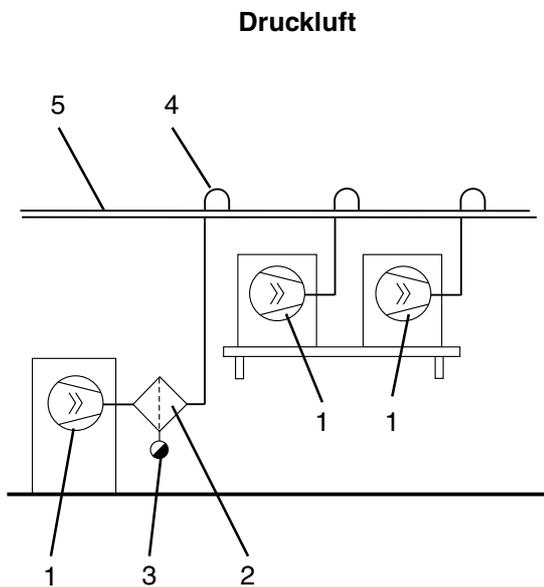
### Hinweis

Im industriellen Bereich wird für Anschlußleitungen die Rohrgröße DN 25 ( 1" ) empfohlen. Diese Rohrgröße hat gegenüber kleineren Abmessungen kaum Kostennachteile und gewährleistet fast immer eine sichere Druckluftversorgung. Verbraucher mit einem Druckluftbedarf bis zu 1800 l/min können, bei einer Leitungslänge bis 10 m, ohne nennenswerte Druckverluste versorgt werden.

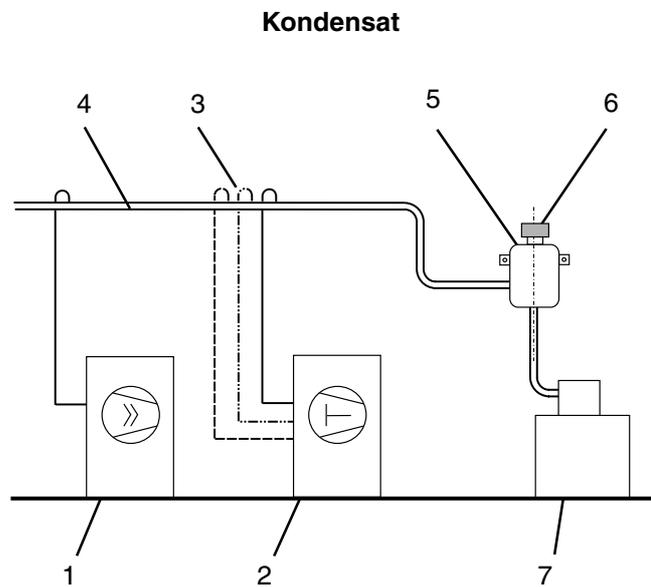
# Das Druckluftnetz

## 9.2.1.5 Anschluß an eine Sammelleitung bei Mehrfachanlagen

Beim Anschluß mehrerer Kompressoren an eine gemeinsame Sammelleitung sind die aufgeführten Punkte zu beachten.



- 1 = Schraubenkompressor
- 2 = Wasserabscheider
- 3 = Kondensatableiter
- 4 = Anschlußleitung
- 5 = Sammelleitung



- 1 = Schraubenkompressor
- 2 = Kolbenkompressor
- 3 = Anschlußleitung
- 4 = Sammelleitung
- 5 = Expansionsgefäß
- 6 = Entlüftungsschalldämpfer
- 7 = Öl-Wasser-Trenner

Bild 9.9 :  
Sammelleitungen

### Druckluft- und Kondensatsammelleitungen

1. Sammelleitung mit Gefälle.  
Die Sammelleitung muß mit ca. 1,5 – 2 ‰ Gefälle in Strömungsrichtung verlegt werden.
2. Anschlußleitung von oben.  
Die Anschlußleitung muß von oben an die Sammelleitung angeschlossen werden.

### Druckluftsammeleitungen

3. Wasserabscheider bei längeren Steigleitungen.  
Bei längeren Steigleitungen zur Sammelleitung ist ein Wasserabscheider mit automatischer Entwässerung dem Kompressor nachzuschalten, um das zurücklaufende Kondensat aufzufangen.

### Entlüftungssammelleitungen

Wenn Entlüftungsleitungen in Sammelleitungen zusammengefaßt werden, gilt auch hierfür Pkt 1. und 2.  
Bei Entlüftungssammelleitungen ist zusätzlich ein Expansionsgefäß mit Entlüftungsschalldämpfer vorzusehen.

## 9.3 Planungshinweise für Rohrleitungsnetze

### 9.3.1 Allgemeine Planungshinweise

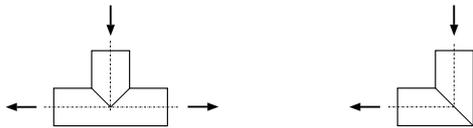


Bild 9.10 :  
Strömungstechnisch ungünstig, T- und Knie-Stück



Bild 9.11 :  
Strömungstechnisch günstig, Hosenstück und Bogen

Druckluftleitungen sind möglichst gradlinig zu verlegen. Bei nicht zu vermeidenden Ecken sollten **keine** Knie- und T-Stücke eingebaut werden. Lange Bögen und Hosenstücke sind strömungstechnisch günstiger und verursachen dadurch einen geringeren Druckabfall  $\Delta p$ . Auch abrupte Querschnittsveränderungen sind aufgrund des hohen Druckabfalls zu vermeiden.

Große Rohrleitungsnetze sind in mehrere Abschnitte zu unterteilen, von denen jeder mit einem Absperrventil ausgerüstet wird. Die Möglichkeit, Teile des Netzes stillzulegen, ist besonders für Inspektionen, Reparaturen und Umbauten wichtig.

Unter Umständen ist bei großen Netzen auch eine zweite Kompressorstation vorteilhaft, die das Rohrleitungsnetz von einer anderen Stelle aus versorgt. Dadurch legt die Druckluft kurze Wege zurück. Der Druckabfall  $\Delta p$  ist kleiner.

Hauptleitungen und große Verteilerleitungen sind mit V-Nähten zu verschweißen. Dadurch werden scharfe Kanten und Schweißperlen im Inneren der Rohre vermieden. Das setzt den Strömungswiderstand der Rohre herab und verhindert die überflüssige Belastung der Filter und Werkzeuge durch die Schweißreste.

# Das Druckluftnetz

## 9.3.2 Rohrleitungsnetz ohne Drucklufttrockner

Durch die Verdichtung fällt die in der Luft enthaltene Feuchtigkeit in Form von Wassertröpfchen ( Kondensat ) aus. Wird auf eine Aufbereitung der Druckluft durch einen Drucklufttrockner verzichtet, muß mit Wasser im gesamten Rohrleitungsnetz gerechnet werden.

In diesem Fall sind bei der Installation des Netzes verschiedene Richtlinien zu beachten, um Schäden an den Druckluftverbrauchern zu vermeiden.

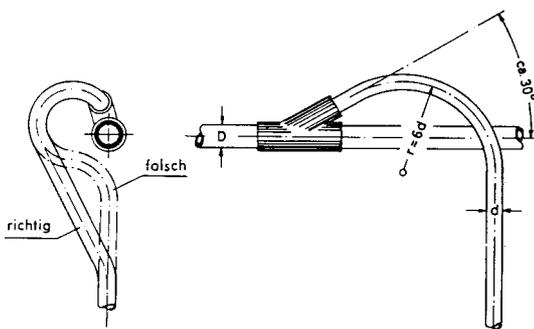
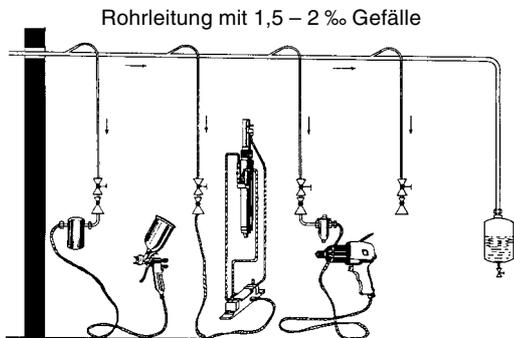


Bild 9.12 :  
Beispiele für die richtige Verlegung eines Rohrleitungsnetzes

- Temperaturgefälle.  
Die Druckluftleitungen sind nach Möglichkeit so zu verlegen, daß im Verlauf der Strömung keine Abkühlung erfolgt. Die Druckluft sollte allmählich erwärmt werden. Bei gleichbleibender absoluter Feuchte erniedrigt sich dann die relative Feuchte. Es kann kein Kondensat mehr ausfallen.
- Rohrleitungen mit Gefälle.  
Die Rohrleitungen müssen mit ca. 1,5 – 2 ‰ Gefälle in Strömungsrichtung verlegt werden. Das auskondensierte Wasser in den Rohrleitungen sammelt sich dann an den tiefsten Punkten des Netzes.
- Senkrechte Hauptleitung.  
Die Hauptleitung direkt hinter dem Druckluftbehälter sollte senkrecht ansteigen. Das bei Abkühlung anfallende Kondensat kann dann in den Druckluftbehälter zurückfließen.
- Kondensatableiter.  
An den tiefsten Punkten des Druckluftnetzes müssen Kondensatableiter installiert werden, um das Kondensat abzuführen.
- Anschlußleitungen.  
Die Anschlußleitungen müssen nach oben, in Strömungsrichtung abzweigen. Dabei sollte die Rohrführung möglichst gradlinig sein, um unnötige Strömungsverluste zu vermeiden.
- Armaturen.  
Es sollte immer eine Wartungseinheit mit Filter, Wasserabscheider und Druckminderer installiert werden. Je nach Anwendungsfall ist noch ein Druckluftöler vorhanden.

### 9.3.3 Druckluftnetz mit Drucklufttrockner

Bei einem Drucklufttrockner mit entsprechendem Filtersystem im Druckluftnetz, kann auf einen Großteil der Maßnahmen verzichtet werden, die das Kondensat im Druckluftnetz betreffen.

- Rohrleitungen.  
Da sich fast kein Wasser mehr im Druckluftnetz sammelt, können die Leitungen waagrecht verlegt werden. Auch die anderen Maßnahmen bezüglich der Verlegung der Rohrleitungen sind überflüssig.
- Kondensatableiter.  
Kondensatableiter sind nur noch an den Filtern, dem Druckluftbehälter und dem Drucklufttrockner vorhanden.
- Anschlußleitungen.  
Die Anschlußleitungen können mit T-Stücken senkrecht nach unten angeschlossen werden.
- Armaturen.  
An den Verbrauchern müssen nur noch Druckminderer installiert werden. Je nach Anwendung ist eventuell noch ein Druckluftöler vorzusehen.

Die Installation des Rohrleitungsnetzes wird dadurch erheblich preiswerter. Teilweise rechtfertigen schon die hier eingesparten Kosten die Anschaffung eines Drucklufttrockners.

## 9.4 Druckabfall $\Delta p$

Für strömende Druckluft ist jede luftführende Rohrleitung ein Widerstand. Dieser Widerstand ist innere Reibung, die bei der Strömung aller flüssigen und gasförmigen Medien auftritt. Sie ist eine Folge der Kraftwirkung zwischen den Molekülen (Viskosität) des strömenden Mediums untereinander und der Wand der Rohrleitung. Darin liegt der Grund für den Druckabfall in Rohrleitungen.

### 9.4.1 Art der Strömung

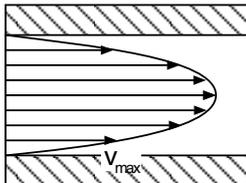


Bild 9.13 :  
Strömungs- und Geschwindigkeitsverlauf bei laminarer Strömung

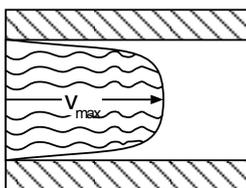


Bild 9.14 :  
Strömungs- und Geschwindigkeitsbild bei turbulenter Strömung

Unabhängig von der inneren Reibung, beeinflusst die Art der Strömung den Druckabfall in Rohrleitungen. Die Bewegung der Luft kann auf zwei völlig verschiedene Arten erfolgen.

#### Laminare Strömung

Die laminare Strömung ist eine gleichmäßige Schichtenströmung. Die einzelnen Moleküle der Druckluft bewegen sich in parallelen, nebeneinander hergleitenden Schichten. Diese Strömungsart hat zwei herausragende Eigenschaften :

- geringer Druckabfall.
- geringer Wärmeübergang.

#### Turbulente Strömung

Die turbulente Strömung ist eine wirbelige ungleichmäßige Strömung. Der axial gerichteten Strömungsbewegung überlagern sich an allen Stellen ständig wechselnde Zusatzbewegungen. Die Strombahnen beeinflussen sich gegenseitig und bilden kleine Wirbel. Diese Strömungsart hat zwei herausragende Eigenschaften :

- Hoher Druckabfall.
- Großer Wärmeübergang.

### 9.4.2 Die Reynoldssche Zahl $Re$

Anhand der Größe der Reynoldsschen Zahl  $Re$  kann man die Art der Strömung bestimmen. Sie gibt das Kriterium für laminare und turbulente Strömung an. Die Reynoldssche Zahl  $Re$  wird von verschiedenen Faktoren beeinflusst :

- Der kinematischen Viskosität der Druckluft.
- Der mittleren Geschwindigkeit der Druckluft.
- Dem Rohrrinnendurchmesser.

Die Strömung in einer Rohrleitung ist solange laminar, bis die sogenannte kritische Reynoldssche Zahl  $Re_{krit}$  überschritten wird. Dann geht die Strömung in den ungleichmäßigen, turbulenten Zustand über.

#### Hinweis

Normalerweise treten in Druckluftnetzen die hohen Strömungsgeschwindigkeiten, die in erster Linie zum Überschreiten von  $Re_{krit}$  führen, nicht auf. Die vorherrschende Strömung in Druckluftnetzen ist laminar. Nur an Stellen mit massiven Strömungsstörungen tritt turbulente Strömung auf.

Die Strömungsgeschwindigkeit der Druckluft in Rohrleitungen ist üblicherweise 2 bis 3m/sec und darf 20 m/s nicht überschreiten, da sonst Strömungsgeräusche und turbulente Strömung auftreten.

## 9.4.3 Druckabfall im Rohrleitungsnetz

Jede Veränderung der Leitungsführung behindert die Strömung der Druckluft innerhalb der Rohrleitungen. Es kommt zu Störungen der laminaren Strömung und höherem Druckabfall.

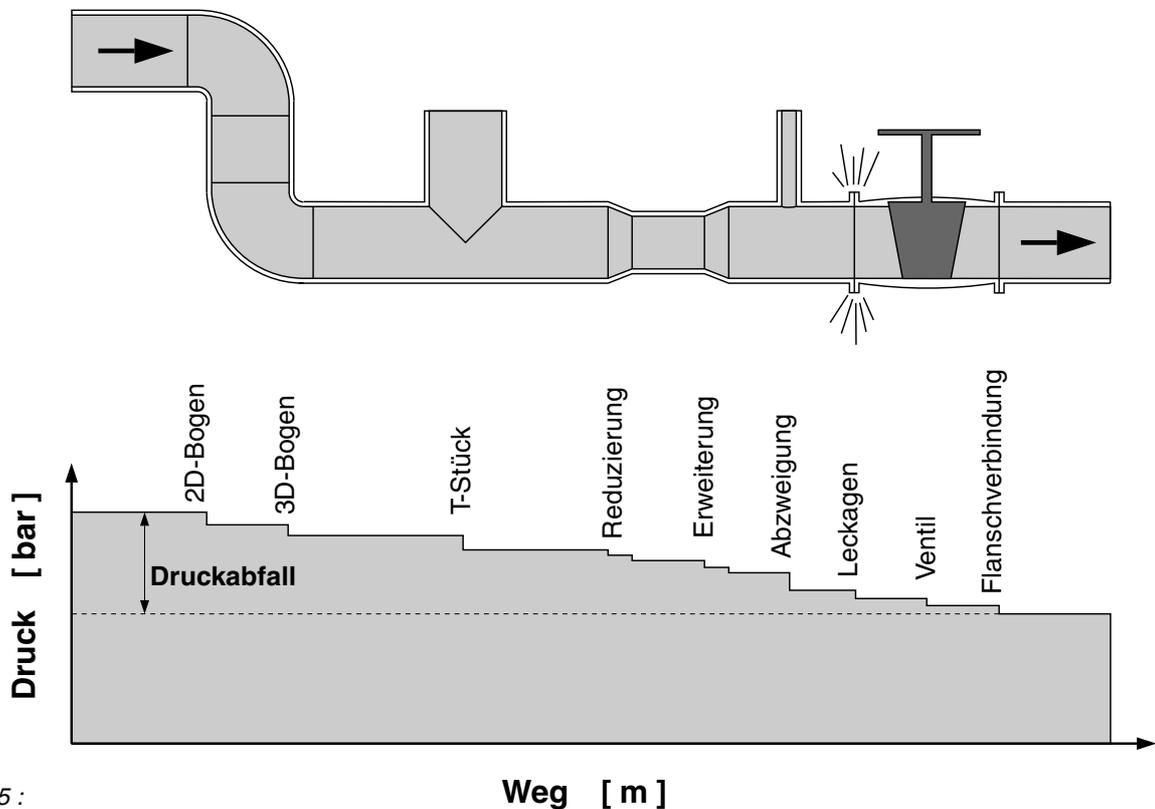


Bild 9.15 :  
Druckabfall in einer Rohrleitung

Die Höhe des Druckabfalls wird durch verschiedene Komponenten und Gegebenheiten des Rohrleitungsnetzes beeinflusst :

- Rohrlänge.
- Lichte Weite des Rohres ( Rohrlinnendurchmesser ).
- Druck im Rohrleitungsnetz.
- Abzweige und Rohrkrümmer.
- Verengungen und Erweiterungen.
- Ventile.
- Armaturen und Anschlüsse
- Filter und Trockner.
- Leckagestellen.
- Oberflächenqualität der Rohrleitungen.

Bei der Planung von Rohrleitungsnetzen müssen diese Faktoren berücksichtigt werden, da sonst ein erhöhter Druckabfall auftritt.

## 9.5 Dimensionierung von Rohrleitungen

Der richtigen Dimensionierung der Rohrleitungen eines Netzes ist in wirtschaftlichem Interesse große Bedeutung beizumessen. Zu kleine Rohrleitungsquerschnitte verursachen hohe Druckverluste. Diese Druckverluste müssen durch Höherverdichtung wieder ausgeglichen werden, um die Leistung der Verbraucher zu gewährleisten.

Die Haupteinflußgrößen auf den optimalen Rohrdurchmesser  $d_i$  sind folgende :

- Volumenstrom  $\dot{V}$ .  
Bei der Ermittlung von  $d_i$  ist vom höchstmöglichen Luftdurchgang auszugehen. Bei maximalem Druckluftbedarf wirkt sich erhöhter Druckverlust besonders stark aus.
- Strömungstechnische Rohrleitungslänge.  
Die Länge der Rohrleitung ist möglichst genau zu ermitteln. Armaturen und Rohrkrümmer sind in Rohrleitungsnetzen unvermeidlich. Sie müssen, entsprechend ihrer gleichwertigen Rohrlänge, bei der Ermittlung der strömungstechnischen Gesamtlänge der Rohrleitung berücksichtigt werden.
- Betriebsdruck.  
Bei der Ermittlung von  $d_i$  ist vom Kompressorausdruck  $p_{\max}$  auszugehen. Beim höchsten Druck ist auch der Druckabfall  $\Delta p$  maximal.

### 9.5.1 Maximaler Druckabfall $\Delta p$

Der Druckabfall  $\Delta p$  in einer Rohrleitung mit einem Höchstdruck  $p_{\max}$  von 8 bar<sub>i</sub> und mehr, sollte einen bestimmten Gesamtdruckverlust bis zum Verbraucher nicht überschreiten :

- Rohrleitungsnetz  **$\Delta p \leq 0,1 \text{ bar}$**

Für die einzelnen Abschnitte des Rohrleitungsnetzes werden folgende Werte empfohlen :

- Hauptleitung  **$\Delta p \leq 0,04 \text{ bar}$**
- Verteilerleitung  **$\Delta p \leq 0,04 \text{ bar}$**
- Anschlußleitung  **$\Delta p \leq 0,03 \text{ bar}$**

Für Rohrleitungsnetze mit niedrigeren Höchstdrücken ( z.B. 3 bar<sub>i</sub> ) bedeutet ein Druckverlust von 0,1 bar einen relativ höheren Leistungsverlust als in einem 8 bar<sub>i</sub>-Rohrleitungsnetz. Hier wird ein anderer Wert für das gesamte Rohrleitungsnetz empfohlen :

- Rohrleitungsnetz  **$\Delta p \leq 1,5 \% p_{\max}$**

## 9.5.2 Nennweite von Rohrleitungen Gegenüberstellung [ DN – Zoll ]

Mittelschwere Gewinderohre aus allgemeinem Baustahl ( DIN 17100 ), wie sie oft für Rohrleitungsnetze verwendet werden, sind nach DIN 2440 genormt. Diese Norm schreibt bestimmte Stufungen der Nennweite ( Innendurchmessers  $d_i$  ) und bestimmte Bezeichnungen vor. Armaturen und Rohre stehen aus diesem Grund nur in den entsprechenden Durchmessern zu Verfügung.

Die Stufungen der Nenndurchmesser gelten auch für andere Rohrwerkstoffe und Rohrnormungen.

Bei der Dimensionierung der Rohrleitungen sind die genormten Nennweiten unbedingt einzuhalten. Andere Nennweiten sind nur als Sonderanfertigung erhältlich und somit unverhältnismäßig teuer.

Die folgende Tabelle enthält die genormten Nennweitenstufungen in DN ( Diameter Nominal ) mm und Zoll, sowie die wichtigsten Eckdaten der Rohre nach DIN 2440 :

Rohrnenweite nach DIN 2440		Außen- durchmesser [ mm ]	Innen- durchmesser [ mm ]	Innen- querschnitt [ cm <sup>2</sup> ]	Wandstärke [ mm ]
[ Zoll ]	[ DN ]				
1/8"	6	10,2	6,2	0,30	2,00
1/4"	8	13,5	8,8	0,61	2,35
3/8"	10	17,2	12,5	1,22	2,35
1/2"	15	21,3	16,0	2,00	2,65
3/4"	20	26,9	21,6	3,67	2,65
1"	25	33,7	27,2	5,82	3,25
1 1/4"	32	42,4	35,9	10,15	3,25
1 1/2"	40	48,3	41,8	13,80	3,25
2"	50	60,3	53,0	22,10	3,65
2 1/2"	65	76,1	68,8	37,20	3,65
3"	80	88,9	80,8	50,70	4,05
4"	100	114,3	105,3	87,00	4,50
5"	125	139,7	130,0	133,50	4,85
6"	150	165,1	155,4	190,00	4,85

## 9.5.3 Gleichwertige Rohrlänge

Ein wesentlicher Faktor für die Dimensionierung des Rohrleitungsinnehdurchmessers  $d_i$  ist die Rohrlänge. Rohrleitungen bestehen nicht nur aus geraden Rohrstücken, deren Strömungswiderstand schnell ermittelt werden kann. Eingebaute Rohrkrümmer, Ventile und andere Armaturen erhöhen den Strömungswiderstand in den Rohrleitungen erheblich. Aus diesem Grund ist unter Berücksichtigung der Armaturen und Rohrkrümmer die strömungstechnische Rohrlänge  $L$  zu ermitteln.

Zur Vereinfachung werden die Strömungswiderstände der verschiedenen Armaturen und Rohrkrümmer in die gleichwertige Rohrlängen umgerechnet.

In der nachfolgenden Tabelle ist die gleichwertige Rohrlänge in Abhängigkeit von Rohrnenweite und der Armatur aufgeführt:

Armaturen		Gleichwertige Rohrlänge [ m ]						
		Rohr- und Armaturenennweite [ DN ]						
		DN 25	DN 40	DN 50	DN 80	DN 100	DN 125	DN 150
Absperrventil		8	10	15	25	30	50	60
Membranventil		1,2	2,0	3,0	4,5	6	8	10
Absperrschieber		0,3	0,5	0,7	1,0	1,5	2,0	2,5
Kniebogen 90°		1,5	2,5	3,5	5	7	10	15
Bogen 90° R = d		0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5
Bogen 90° R = 2d		0,15	0,25	0,3	0,5	0,8	1,0	1,5
T-Stück		2	3	4	7	10	15	20
Reduzierstück D = 2d		0,5	0,7	1,0	2,0	2,5	3,5	4,0

Diese Werte müssen der realen Rohrlänge zugeschlagen werden, um die strömungstechnische Rohrleitungslänge  $L$  zu erhalten.

### Hinweis

In der Regel liegen bei Planungsbeginn eines Rohrleitungsnetzes noch keine kompletten Angaben über Armaturen und Rohrkrümmer vor. Aus diesem Grund berechnet man die strömungstechnische Rohrlänge  $L$ , durch Multiplizieren der geraden Rohrlänge mit 1,6.

## 9.5.4 Rechnerische Ermittlung des Rohrinnehdurchmessers $d_i$

Die Dimensionierung des Rohrinnehdurchmessers kann mit Hilfe der folgenden Näherungsformel erfolgen. Dabei wird der maximale Betriebsdruck  $p_{\max}$  (Kompressorausschalt- druck), der höchste Volumenstrom  $\dot{V}$  (benötigte Liefermen- ge  $L_B$ ) und die strömungstechnische Rohrlänge  $L$  zugrun- de gelegt.  $\Delta p$  ist der angestrebte Druckverlust.

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6 \times 10^3 \times \dot{V}^{1,85} \times L}{10^{10} \times \Delta p \times p_{\max}}}$$

$d_i$  = Innendurchmesser der Rohrleitung [ m ]

$\dot{V}$  = Gesamtvolumenstrom [ m<sup>3</sup>/s ]

$L$  = Strömungstechnische Rohrlänge [ m ]

$\Delta p$  = angestrebter Druckabfall [ bar ]

$p_{\max}$  = Kompressorausschalt- druck [ bar<sub>abs</sub> ]

### Beispiel

Der Rohrinnehdurchmesser  $d_i$  einer Druckluftverbindungs- leitung mit einem angestrebten Druckabfall  $\Delta p$  von 0,1 bar soll mittels der Näherungsformel bestimmt werden. Der maximale Betriebsdruck  $p_{\max}$  ( Kompressorausschalt- druck ) liegt bei 8 bar<sub>abs</sub>. Durch eine ca. 200 m lange Rohrleitung fließt ein Volumenstrom  $\dot{V}$  von 2 m<sup>3</sup>/min.

$$\dot{V} = 2 \text{ m}^3/\text{min} = 0,033 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$L = 200 \text{ m}$$

$$\Delta p = 0,1 \text{ bar}$$

$$p_{\max} = 8 \text{ bar}_{\text{abs}}$$

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1,6 \times 10^3 \times 0,033^{1,85} \times 200}{10^{10} \times 0,1 \times 8}}$$

$$d_i = 0,037 \text{ m} = 37 \text{ mm}$$

**Gewählte Nennweite : DN 40**

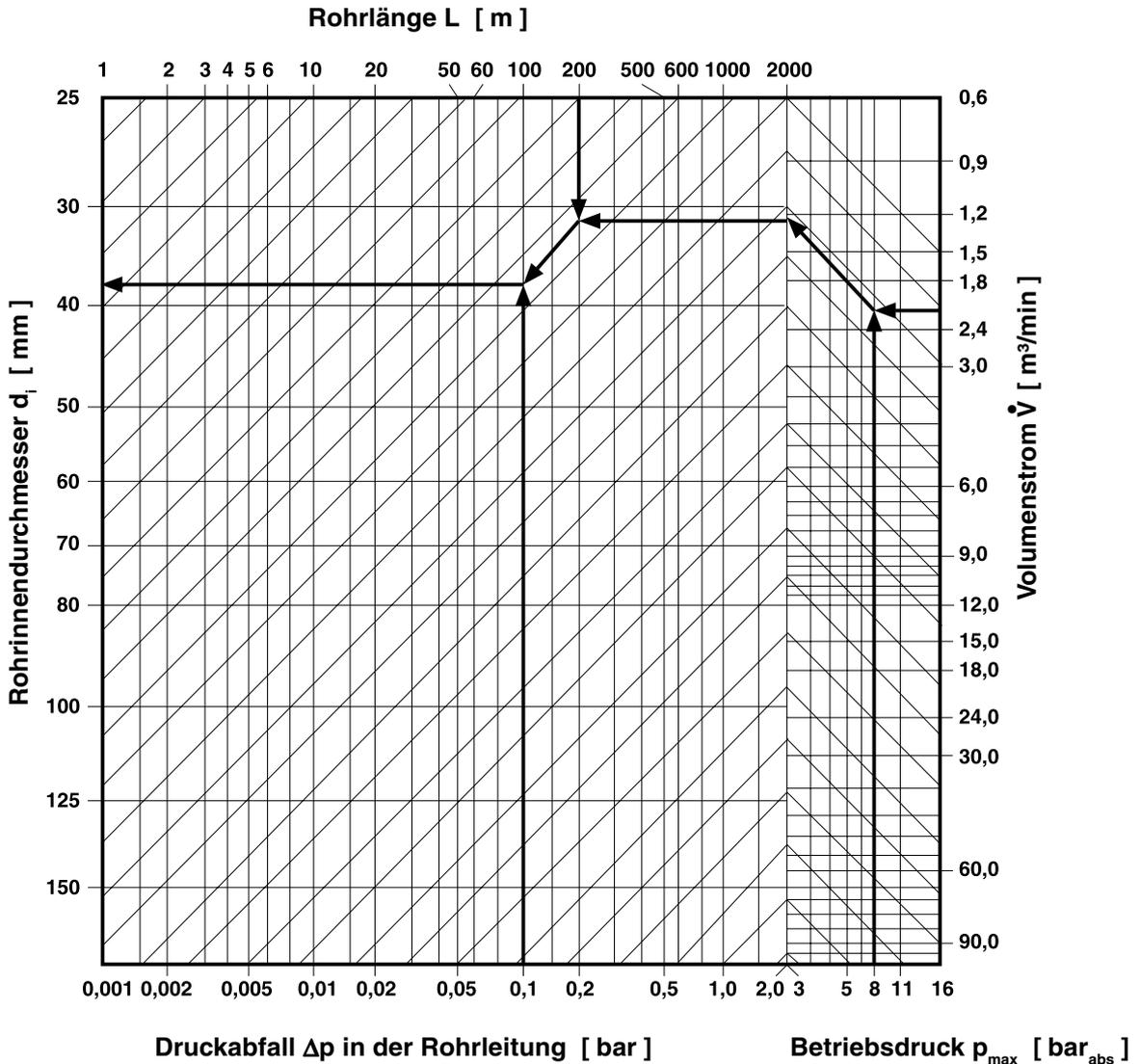
Die Innendurchmesser der Rohre sind in bestimmten Stufen- gen genormt. Man findet selten eine genormte Nennweite, die mit dem errechneten Innendurchmesser genau übereinstimmt. In diesen Fällen wird die nächstgrößere, genormte Nennweite ausgewählt.

# Das Druckluftnetz

## 9.5.5 Graphische Ermittlung des Rohrlinnendurchmessers $d_i$

Einfacher und schneller als mit der rechnerischen Methode kann man den Rohrlinnendurchmesser  $d_i$  graphisch mit Hilfe eines Nomogramms ermitteln. Die wesentlichen Einflußgrößen sind bei der rechnerischen und graphischen Methode gleich.

Beim Ablesen wird am Schnittpunkt von Volumenstrom  $\dot{V}$  und Betriebsdruck  $p_{max}$  begonnen. Das weitere Vorgehen ergibt sich, wenn man den fetten Linien des Beispiels in Pfeilrichtung folgt.



### Beispiel

Volumenstrom	$\dot{V}$	=	2	m <sup>3</sup> /min
Strömungstechnische Rohrlänge	L	=	200	m
Druckabfall	$\Delta p$	=	0,1	bar
Betriebsdruck	$p_{max}$	=	8	bar <sub>abs</sub>

**Rohrlinnendurchmesser  $d_i$  = ca.38 mm**

**Die gewählte Nennweite der Rohrleitung ist DN 40**

## 9.5.6 Ermittlung des Rohrinnendurchmessers $d_i$ mit Hilfe eines Spaltendiagramms

Die dritte und einfachste Methode der Ermittlung des Rohrinnendurchmessers  $d_i$  ist das Spaltendiagramm. Diese Methode ist allerdings in ihren Möglichkeiten sehr beschränkt. Es müssen zwei Bedingungen erfüllt sein, damit das Spaltendiagramm benutzt werden kann :

- Höchstdruck  $p_{\max}$  im Netz von 8 bar<sub>ü</sub>.
- Angestrebter Druckabfall  $\Delta p$  von 0,1 bar.

Die Benutzung des Spaltendiagramms ist denkbar einfach :

Mit dem ermittelten maximalen Volumenstrom  $\dot{V}$  und der strömungstechnischen Rohrlänge geht man in die entsprechende Zeile bzw. Spalte des Diagramms. Der sich daraus ergebende Schnittpunkt ist der entsprechenden Rohrnenntweite zugeordnet, die den Anforderungen gerecht wird.

Volumenstrom $\dot{V}$ [ l/min ]	Strömungstechnische Länge der Rohrleitung [ m ]														
	10	20	30	40	50	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500
100	DN 8		DN 10												
200	DN 10		DN 15												
300															
400					DN 20					DN 25					
500															
750															
1000															
1500															
2000					DN 32										
2500															
3000							DN 40								
3500										DN 50					
4000															
4500												DN 65			
5000															
6000															DN 80
7000															
8000															

**Druckabfall  $\Delta p$  ca. 0,1 bar bei einem Höchstdruck  $p_{\max} = 8 \text{ bar}_{\text{ü}}$**

### Beispiel

Druckabfall	$\Delta p = 0,1 \text{ bar}$
Betriebsdruck	$p_{\max} = 8 \text{ bar}_{\text{ü}}$
Strömungstechnische Rohrlänge	$L = 200 \text{ m}$
Volumenstrom	$\dot{V} = 2000 \text{ l/min}$

**Die ermittelte Nennweite der Rohrleitung ist DN 40**

## 9.6 Werkstoffauswahl für Rohrleitungen

Die Rohrleitungen eines Rohrleitungsnetzes werden normalerweise aus Stahl, NE-Metall oder Kunststoff hergestellt. Sie müssen verschiedene Kriterien erfüllen, die die Werkstoffauswahl für verschiedene Bereiche einschränken :

- Korrosionsschutz.  
Solange die Druckluft nicht durch eine Aufbereitungsanlage getrocknet wird, steht die Frage der Korrosionsbeständigkeit im Vordergrund. Die Rohre dürfen im Laufe der Zeit nicht durchrosten.
- Maximale Betriebstemperatur.  
Verschiedene Materialien verlieren bei hohen Temperaturen ihre Festigkeit und werden bei niedrigen Temperaturen spröde.
- Maximaler Betriebsdruck.  
Der maximale Betriebsdruck sinkt mit zunehmender thermischer Belastung.
- Niedriger Druckabfall.  
Durch eine hohe Oberflächenqualität im Inneren der Rohre wird ein niedriger Druckverlust erzielt.
- Kostengünstige Montage.  
Durch eine Vielzahl von Formteilen, schnelle und einfache Montage und billiges Material können die Montagepreise gesenkt werden.

### 9.6.1 Gewinderohre

Die Gewinderohre nach DIN 2440, DIN 2441 und DIN 2442 ( mittelschwere u. schwere Ausführung ) aus Stahl, sind als Leitungswerkstoff für Druckluftleitungsnetze sehr weit verbreitet. Sie werden besonders bei kleinen und mittleren Verteilungs- und Anschlußleitungen eingesetzt. Überall dort, wo die Anforderungen an die Druckluftqualität nicht hoch sind, finden Gewinderohre Anwendung. Sie sind sowohl schwarz als auch verzinkt erhältlich.

- Abmessungen DN 6 - DN 150
- Zulässiger Betriebsdruck max. 10 - 80 bar<sub>ü</sub>
- Maximale Betriebstemperatur 120°C

#### Vorteile

Die Gewinderohre zeichnen sich durch eine kostengünstige, schnelle Montage aus. Es stehen viele verschiedene und günstige Formteile und Armaturen zur Verfügung. Die Verbindungen sind wieder lösbar und die Einzelteile können wiederverwendet werden.

#### Nachteile

Die Gewinderohre haben einen hohen Strömungswiderstand und die Verbindungen neigen mit der Zeit zum Lecken. Das Verlegen erfordert einen erfahrenen Installateur. Unverzinkte Gewinderohre sollten bei Druckluftnetzen ohne Drucklufttrocknung nicht eingesetzt werden, da sie korrodieren.

## 9.6.2 Nahtlose Stahlrohre

Nahtlose Flußstahlrohre nach DIN 2448 werden in erster Linie bei Haupt- und Verteilungsleitungen mit mittleren und großen Rohrdurchmessern eingesetzt. Sie sind sowohl schwarz als auch verzinkt erhältlich.

- Abmessungen 10,2 - 558,8 mm
- Zulässiger Betriebsdruck max. 12,5 - 25 bar<sub>ü</sub>
- Maximale Betriebstemperatur 120°C

### Vorteile

Die nahtlosen Flußstahlrohre sind in Größen bis 558,8 mm erhältlich. Wenn sie fachgerecht verlegt werden, sind sie absolut luftdicht. Dadurch ist Leckage nahezu ausgeschlossen. Die Rohre sind preisgünstig und es sind relativ viele Formteile erhältlich.

### Nachteile

Das Verlegen der nahtlosen Flußstahlrohre erfordert einen erfahrenen Installateur, da die Rohre verschweißt bzw. geflanscht werden müssen. Unverzinkte Flußstahlrohre sollten bei Druckluftnetzen ohne Drucklufttrocknung nicht eingesetzt werden, da sie korrodieren.

## 9.6.3 Edelstahlrohre

Edelstahlrohre nach DIN 2462 und DIN 2463 werden nur bei Druckluftnetzen mit höchsten Qualitätsanforderungen eingesetzt. Sie werden vielfach auch in den „nassen“ Abschnitten eines konventionellen Netzes zwischen dem Kompressor und dem Trockner verwendet.

- Abmessungen 6 - 273 mm
- Zulässiger Betriebsdruck max. 80 bar<sub>ü</sub>, z.T. höher
- Maximale Betriebstemperatur 120°C

### Vorteile

Die Edelstahlrohre sind absolut korrosionsbeständig und haben nur einen geringen Strömungswiderstand (geringer Druckabfall). Wenn sie fachgerecht verlegt werden, sind sie absolut luftdicht. Dadurch ist Leckage nahezu ausgeschlossen.

### Nachteile

Das Verlegen der Edelstahlrohre erfordert einen erfahrenen Installateur, da die Rohre verschweißt bzw. geflanscht werden müssen. Die Rohre sind sehr teuer und das Formteilangebot ist nur begrenzt.

### 9.6.4 Kupferrohre

Kupferrohre nach DIN 1786 und DIN 1754 werden für kleine und mittlere Rohre als Steuer- und Regelungsleitungen verwendet. Die nahtlosen Rohre sind in harter, halbharter und weicher Ausführung erhältlich.

- |                               |                                                           |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| – Abmessungen                 | weich 6 - 22 mm<br>halbhart 6 - 54 mm<br>hart 54 - 131 mm |
| – Zulässiger Betriebsdruck    | max. 16 - 140 bar <sub>ü</sub>                            |
| – Maximale Betriebstemperatur | 100°C                                                     |

#### Vorteile

Kupferrohre werden in großen Längen geliefert und sind bei kleinen Durchmessern biegsam und leicht zu bearbeiten. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, längere Abschnitte des Netzes in einem Stück zu verlegen. Die Zahl der Verbindungen wird reduziert. Dadurch nimmt auch die Leckage ab.

Kupferrohre sind korrosionsbeständig und haben infolge ihrer glatten Innenwände einen geringen Druckabfall.

#### Nachteile

Das Verlegen der Kupferrohre erfordert einen erfahrenen Installateur, da die Rohre in der Regel mit Fittings verlötet werden. Die Verbindungen sind nicht mehr lösbar.

Das Material ist teuer, allerdings stehen viele Formteile zu Verfügung, da Kupferrohre auch im Sanitärleitungsbau verwendet werden.

Bei größeren Leitungslängen muß die Wärmeausdehnung des Kupfers berücksichtigt werden. Der Längenausdehnungskoeffizient von Kupfer ist größer als bei Stahl.

Bei feuchter Druckluft können sich durch gelöstes Kupfer in nachfolgenden Stahlrohren örtlich galvanische Elemente bilden, die zum Lochfraß führen. Darüber hinaus kann Kupfervitriol entstehen.

## 9.6.5 Kunststoffrohre

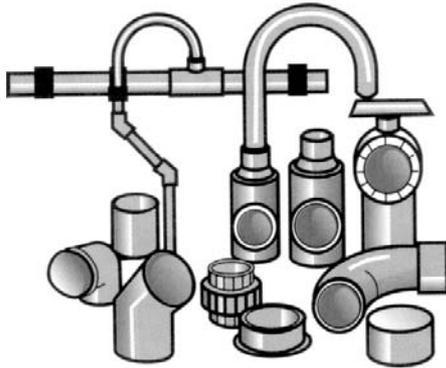


Bild 9.16 :  
Sortiment von Kunststoffformteilen und Armaturen

Kunststoffrohre gibt es als Rohrsystem von verschiedenen Herstellern aus verschiedenen Materialien. Darüber hinaus gibt es Rohre aus Polyamid für große Drücke und Rohre aus Polyäthylen für große Querschnitte. Das heißt, für fast jeden Anwendungsbereich werden inzwischen passende Kunststoffrohre mit den entsprechenden Eigenschaften angeboten. Aus diesem Grund ist es schwierig allgemein gültige Angaben über Abmessungen, Betriebsdruck und Betriebstemperatur zu machen.

### Vorteile

Da Kunststoffrohre nicht korrodieren, können alle Arten von Schutzüberzügen entfallen. Sie sind bis zu 80 % leichter als Stahl. Dadurch wird die Montage vereinfacht und die Rohrhalter müssen nicht so aufwendig sein.

Die innere Oberfläche ist sehr glatt. Der Strömungswiderstand ist gering (niedriger Druckabfall) und Ablagerungen wie Kalk, Rost und Ölkohle haben kaum eine Chance sich festzusetzen. Kunststoffrohre sind in der Regel toxikologisch und hygienisch unbedenklich.

Kunststoffrohrsysteme aus PVC u.ä. zeichnen sich durch eine Vielzahl von Formteilen und Armaturen aus. Die Montage ist sehr einfach. Die Rohrelemente werden zusammengesteckt und durch einen Spezialkleber luftdicht verbunden. Ausgesprochene Fachkenntnis ist für die Montage nicht notwendig. Der Druckverlust und die Leckage in Kunststoffleitungen ist im allgemeinen sehr gering.

### Nachteile

Die preisgünstigen Kunststoffrohrsysteme aus PVC haben nur einen maximalen Betriebsdruck von 12,5 bar bei 25°C. Zusätzlich ist besonders darauf zu achten, daß der maximale Betriebsdruck dieser Kunststoffrohre bei steigender Temperatur stark abnimmt. Aus diesem Grund dürfen Kunststoffrohre nicht in heißen Bereichen einer Kompressorstationen verlegt werden und sind vor Sonneneinstrahlung zu schützen.

Kunststoffrohre haben einen großen Längenausdehnungskoeffizienten und die mechanische Stabilität ist nicht besonders hoch.

Die Resistenz gegenüber bestimmten Kondensaten und Ölsorten ist bei einigen Kunststoffen nicht gewährleistet. Aus diesem Grund muß die Zusammensetzung der Kondensate im Druckluftnetz vorher überprüft werden.

Kunststoffrohre für hohe Drücke oder große Durchmesser werden nicht in großer Stückzahl produziert. Sie sind aus diesem Grund teuer und die Anzahl der Formteile ist begrenzt. Für die Montage dieser Rohre ist ein erfahrener Kunststoffschweißer notwendig.

## 9.7 Kennzeichnung von Rohrleitungen

Rohrleitungen müssen nach VBG 1 § 49 und der DIN 2403 entsprechend des Durchflußmediums deutlich gekennzeichnet werden. Eine eindeutige Kennzeichnung erleichtert auch die sachgerechte Instandhaltung, die Planung von Erweiterungen und die Brandbekämpfung.

Die Kennzeichnung soll auf Gefahren hinweisen, um Unfälle und gesundheitliche Schäden zu vermeiden. Darüber hinaus erleichtert eine entsprechende Kennzeichnung das Verfolgen der Rohrleitungen bei unübersichtlicher Leitungsführung. Aus diesem Grund sollte außerdem immer die Durchflußrichtung des Mediums angezeigt werden.

Die Kennzeichnung erfolgt durch Kennzahlen ( Gruppen ) und Farben, die in der DIN 2403 festgelegt sind.

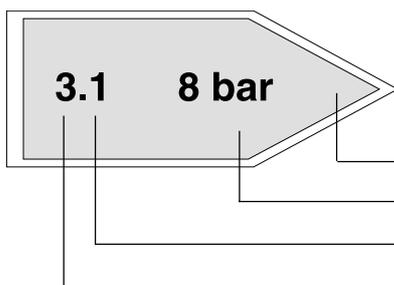
Medium	Gruppe Kennzahl	Farbe	Farbnummer
Luft	3	grau	RAL 7001
Wasser	1	grün	RAL 6018
brennbare Flüssigkeiten	8	braun	RAL 8001
Gas	4/5	gelb	RAL 1013
Wasserdampf	2	rot	RAL 3003
Säure	6	orange	RAL 2000
Lauge	7	violett	RAL 4001
Sauerstoff	0	blau	RAL 5015



Bild 9.17 : Kennzeichnungsschilder mit Klartext

Die farbliche Kennzeichnung und die Kennzeichnung durch Beschriftungen hat an bestimmten Stellen zu erfolgen :

- Am Anfang der Rohrleitung durch Beschriftung.
- Am Ende der Rohrleitung durch Beschriftung.
- An Abzweigungen durch Beschriftung.
- An Wanddurchführungen durch Beschriftung.
- An Armaturen und Verteilern durch Beschriftung.
- Farbliche Kennzeichnung an der gesamten Leitungslänge durch Farbringe oder durchgehende Lackierung.



### Kennzeichnungsschilder

- Durchflußrichtung.
- Farbe entsprechend dem Farbschlüssel des Mediums.
- Untergruppennummer ( verschiedene Leitungsnetze ).
- Gruppennummer des Mediums.

Bild 9.18 : Kennzeichnungsschilder mit Kennzahlen