

# Infoblatt

# Druckluftverteilung

## **Energieeinsparung bei der Druckluftverteilung**

Eine optimale Druckluftverteilung ist eine Energieleitung wie ein Stromkabel, die möglichst verlustfrei Druckluftenergie transportiert, d. h. mit geringster Reduzierung

- des Fließdruckes (Druckabfall durch Leitungspunkte)
- der Luftmenge (Leckagen) und
- der Luftqualität (Rost, Schweisszunder, Wasser etc.)

### **Leitungsführung**

In der Praxis werden Druckluftleitungen (Haupt- und Zuführungsleitungen) häufig aus Unkenntnis und unter Ausserachtlassung von energetischen Gesichtspunkten ausgewählt, mit dem Ergebnis, dass in 80 von 100 Betrieben (EU-Studie) oft 50 % und mehr der Druckluftenergie vernichtet werden, bevor sie zu den Verbrauchern gelangt.

Die richtige Planung eines Netzes hat direkten Einfluss auf die Leistung der Maschinen und die Kosten der Druckluftproduktion. Suchen Sie den richtigen Durchmesser unter Berücksichtigung des gewünschten Volumenstroms und des zulässigen Druckabfalls aus. Der Druckabfall vom Druckluftbehälter zur Kupp-

lung an der Wandscheibe sollte 0,1 bar nicht übersteigen. Bei optimal ausgelegten Druckluftnetzen unterteilt man den Druckabfall in:

- ≤ 0,03 bar für die Hauptleitung
- ≤ 0,03 bar für die Verteilerleitung
- ≤ 0,04 bar für die Anschlussleitung
- ≤ 0,3 bar für das Anschlusszubehör.

**Genauso wie die Wirtschaftlichkeit der Verdichter dokumentiert ist, sollte auch die Leistungsfähigkeit der Druckluftverteilung dokumentiert sein – das Fehlen einer Dokumentation führt immer zur Energievergeudung.**

Hauptleitung (HL):

Sie verbindet die Erzeugerstation (Kompressorenraum) mit dem Verteilernetz. Die Hauptleitung sollte so dimensioniert sein, dass für zukünftige Erweiterungen Reserven vorhanden sind.

Verteilerleitung (VL):

Sie verteilt die Luft innerhalb eines Verbraucherabschnittes. Sie kann als Stich- oder Ringleitung bzw. als Ringleitung mit integrierten Stichleitungen ausgelegt werden.

## Begriffserklärung entscheidender Faktoren

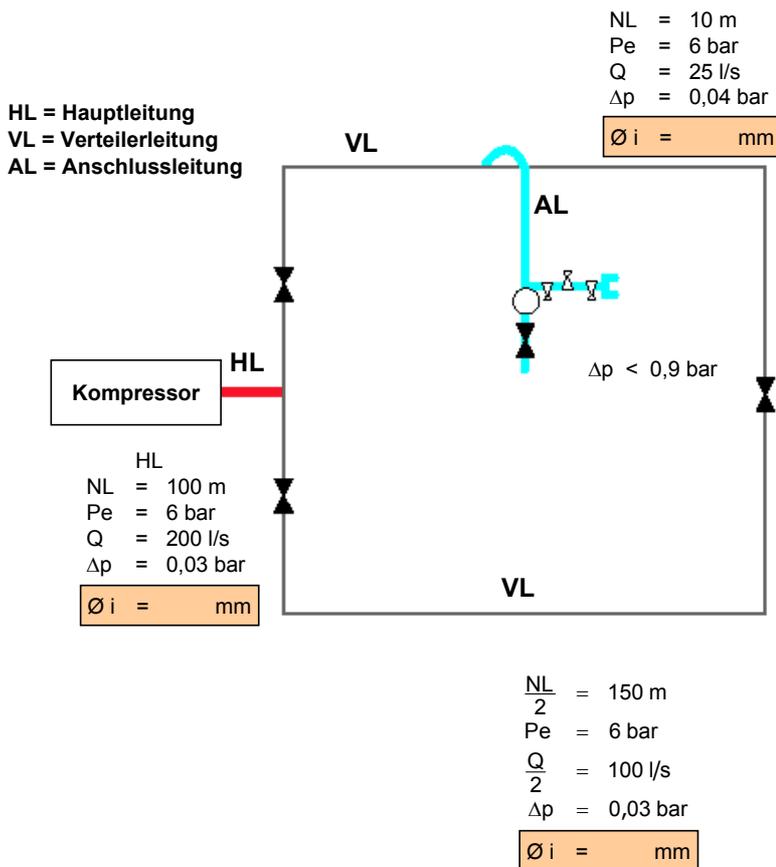


Abb. 1: Benennung der Leitungssegmente

### Anschlussleitung (AL):

Sie ist die Verbindung zwischen Verteilung und Maschinen- oder Anlagenzapfstelle. Die Anbindung der Anschlussleitung an der Verteilung soll nach oben aus der Verteilung geführt werden, um zu vermeiden, dass Kondensat mit der Luft austritt.

### Anschlusszubehör:

Diese Systemkomponenten sind häufig die kritischen Punkte eines Systems und bedürfen ebenfalls grosser Aufmerksamkeit. Kupplungen, Schläuche, Spiralen oder Wartungseinheiten führen häufig wegen falscher Auslegung zu eklatanten Energieverschwendungen. Zusätzlich finden sich hier auf kurzem Raum viele Verbindungen, die leckagebehaftet sein können.

### Fliessdruck

Trotz jahrzehntelanger Aufklärungsarbeit der Hersteller wird die Mehrzahl aller Druckluftwerkzeuge nur mit einem Fliessdruck zwischen 3 und 5 bar beaufschlagt, das sind 1-3 bar zu wenig. Die Manometer an den Reglern und Wartungseinheiten vor den Werkzeugen zeigen den statischen Druck an. Doch nicht der treibt die Werkzeuge an, sondern der dynamische, der Fliessdruck.

Weitere Beeinträchtigungen des Fliessdruckes entstehen durch zu geringe Rohrquerschnitte und verwinkelte Rohrführungen. Bei der Auslegung müssen des Weiteren für alle Verbinder die entsprechenden äquivalente Längen mit eingeplant werden.

### Luftmenge

Bei über Jahre „gewachsenen“ Druckluftverteilungssystemen aus unterschiedlichsten Werkstoffen, verschiedenen nicht optimalen Durchmessern, mehr oder weniger korrosionsfesten Materialien und unterschiedlichsten Verbindungsarten, kann die Leckagerate zwischen 25 und 35 % liegen. Leckagen kosten viel Geld. Sie sind die fleissigsten Verbraucher, die 365 Tage im Jahr arbeiten.

### Luftqualität

Wünschenswert sind korrosions- und oxydationsfeste Premium-Rohrsysteme, die speziell für Druckluftanwendungen entwickelt wurden. Ein System sollte so gewählt sein, dass die durch die Erzeugung und Aufbereitung erzeugte Luft durch die Rohre auch nach langer Zeit nicht in ihrer Qualität beeinträchtigt wird.

Fließdruck am Werkzeug (P <sub>e</sub> bar)	Luft- verbrauch %	Massnahme	
8,0	125	} Regler drosseln	<b>Energievergeudung</b>
7,0	111		
<b>6,3 bar</b>	<b>100 %</b>	<b>optimale Leistung</b>	
6,0	96	} Druck erhöhen	<b>überproportionaler Produktivitäts- rückgang</b>
5,0	77		
4,0	61		
3,0	44		

Tab. 1: Beziehung zwischen Fließdruck und Luftverbrauch

Loch- durch- messer mm	Luftverlust		Energieverlust		Kosten*	
	bei 6 bar <sub>e</sub> l/s	bei 12 bar <sub>e</sub> l/s	bei 6 bar <sub>e</sub> kWh/h	bei 12 bar <sub>e</sub> kWh/h	bei 6 bar <sub>e</sub> CHF	bei 12 bar <sub>e</sub> CHF
1	1,1	2,0	0,4	1,1	470	1 300
3	9,7	18,0	3,5	9,7	4 200	11 700
5	26,9	50	9,7	27,0	11 700	32 500
10	107,8	200,1	38,8	108,1	46 600	130 000

(\* ) kW x 0,15 CHF/kWh x 8 000 Bh/a (Werte gerundet)

Tab. 2: Jährliche Energiekosten durch Leckage (ohne Abschreibung und Wartung)

Rohr Nennweite	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100
<b>Druckabfall [bar]</b>	0,60	0,16	0,07	0,02
<b>Investition [CHF]</b>	7 800	10 200	12 000	15 300
<b>Energiekosten zur Kom- pensation des Druckab- falls [CHF/Jahr]</b>	5 149	1 400	622	164
<b>Gesamtkosten über 10 Jahre [CHF]</b>	59 294	24 197	18 221	16 942

Tab. 3: Folgekosten durch zu geringe Durchmesserwahl

### Speicherung

Ein weiterer Einflussfaktor für die Luftqualität und die Luftmenge ist die Speicherung der Druckluft. Druckluftspeicher direkt nach der Erzeugung, auch "zentrale Speicherung" genannt, beeinflussen die Luftqualität insoweit, als das direkte Kondensat abgeschieden wird. Des Weiteren wird durch einen Speicher die Möglichkeit geboten, eine wesentlich grössere Luftmenge innerhalb kurzer Zeit anzufordern, als dies der Kompressor schlagartig leisten könnte. Hier gibt es – je nach Einsatzfall im Betrieb – auch die Möglichkeit, "dezentrale Speicher" direkt am Verbraucher einzusetzen. Weitere Informationen zum Thema Speicherung von Druckluft finden Sie auch in den Infoblättern Steuerung und Aufbereitung.

### Kosten

Bei Vergleichen der Investitionskosten sollten Material und Montagekosten der verschiedenen Rohrsysteme verglichen werden, da es keine allgemeingültige Formel für das „richtige Rohrmaterial“ gibt. Daher sollte der individuelle Bedarfsfall mit seiner jeweiligen technischen Anforderung im Vordergrund stehen.

Bis auf Edelstahl liegen die Kosten unterschiedlicher Rohrwerkstoffe nicht so weit auseinander, so dass bei den jährlichen Abschreibungsbeträgen die Unterschiede so gering sind, dass sie negiert werden können.

Entscheidend ist aber auch die Wahl der richtigen Nennweite. Hier entstehen bei zu geringen Durchmesser erhebliche Folgekosten. Wer hier bei den Anschaffungskosten spart, muss bei den Folgekosten tief in die Tasche greifen (s. Tab. 3).

### Sanierung im Bereich der Druckluftverteilung

Generell sollte aus wirtschaftlichen und ökologischen Gründen nicht lange mit einer Leitungskontrolle gewartet werden. Doch auch dabei sollte Schritt für Schritt vorgegangen werden, und blinder Aktionismus vermieden werden.

Grosse Einsparpotenziale in der Druckluftverteilung können auf Basis einer schnellen Grobdiagnose wie folgt ermittelt werden:

- Luftqualität
- Leckagen
- Druckabfällen

Entspricht die **Luftqualität** den Anforderungen?

Dies ist neben der Art der Druckluftaufbereitung vor allem auch eine Frage, ob das Leitungssystem korrosionsfest ist. Entspricht die Luft an den Verbrauchern noch den (produzierten) Werten am Ausgang der Erzeugung? Ölkohleablagerungen/Wasseranfall, Rost oder Zinkgeriesel (wenn auch nur in Teilbereichen) machen oft neben einer zentralen Druckluftaufbereitung zusätzlich teure Wartungseinheiten an jeder Entnahmestelle erforderlich.

### Weist das System **Leckagen** auf?

Durch eine Lastaufzeichnung der Kompressoren, die dann mit den vorhandenen Abnahmen verglichen wird, kann die Leckagemenge bestimmt werden. Dringend zu berücksichtigen ist hierbei aber, dass sowohl bei „geöffneten“ wie auch „geschlossenen“ Verbrauchern gemessen wird, da Leckagen am Anschlusszubehör und in den Maschinen diese Messungen verfälschen könnten.

Unter „Leckagen“ könnte man auch die Folgen von Überverdichtungen in der Auswirkung an den Werkzeugen betrachten. Ein Werkzeug, das 6 bar benötigt, aber mit 7 oder 8 bar beaufschlagt wird, vergeudet erhebliche zusätzliche Luftmengen.

### Wie hoch ist der **Druckabfall**?

Dieser kann durch zu enge Querschnitte entstehen. Bei „gewachsenen“ Netzen wurden im Laufe der Zeit immer mehr Verbraucher an immer längere Hauptleitungen angeschlossen, ohne dass diese den Anforderungen entsprechend neu dimensioniert wurden. Eventuell wurde sogar nur die Kompressorenleistung erhöht. Nach Vorlage der Diagnose, unter Berücksichtigung aller drei Kriterien, kann eine wirtschaftlich sinnvolle Sanierung festgelegt werden: Entweder sind Teilbereiche zu sanieren oder bei Zusammentreffen aller Negativerscheinungen ist möglicherweise unter Kosten-/ Nutzensgesichtspunkten ein neues Netz die wirtschaftlichste Lösung. Solche Sanierungen kosten oft erheblich weniger als die jahrelange Energievergeudung – die Amortisationszeiten sind sehr kurz.

Ein wirtschaftliches Konzept kann von jedem Druckluftfachbetrieb erstellt werden!

**Oftmals ist eine akribische Betrachtung des kompletten Systems, von der Erzeugung und Aufbereitung über die Verteilung bis hin in die Mechanismen der Maschine, durch Messungen ein (zeit-)aufwendiges Muss, welches sich aber schnell und auf Dauer für einen Betrieb – gleich welcher Art und Grösse – gewinnbringend auszahlt.**

**Der Pflege der teuersten Energiequelle, die zudem produktionsentscheidend ist, sollte die Sorgfalt entgegengebracht werden, die sie auch tatsächlich verdient.**

Die Kampagne effiziente Druckluft Schweiz motiviert und unterstützt Betreiber von Druckluftanlagen in der Schweiz bei der Umsetzung von Massnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz der Druckluftversorgung. Die Kampagne wird vom Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung geleitet und von Bundesamt für Energie (BfE) und dem Stromsparfonds des Elektrizitätswerks Zürich (ewz) unterstützt. Sie ist eingebunden in das Programm EnergieSchweiz. Mitträger sind die folgenden Unternehmen aus der Druckluftbranche: Airtag, Atlas Copco, Donaldson, Dopag, Kaeser, Oetiker, Prematic, Servatechnik, Vektor.

Weitere Informationen finden Sie unter [www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch)

Dieses Infoblatt wurde im Rahmen der Kampagne „Druckluft effizient“ erstellt, die zwischen 2001 und 2004 in Deutschland durchgeführt wurde. Diese Kampagne wurde von der Deutschen Energie Agentur (dena), dem Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI, Gesamtprojektleitung) und dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) mit Unterstützung des Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) und Industrieunternehmen durchgeführt (<http://www.druckluft-effizient.de/kontakt/partner/industrie.php>).

© Druckluft effizient / Druckluft Schweiz, Fraunhofer ISI, Karlsruhe, Juni 2006



effiziente Druckluft – eine Kampagne von EnergieSchweiz  
[www.druckluft.ch](http://www.druckluft.ch)