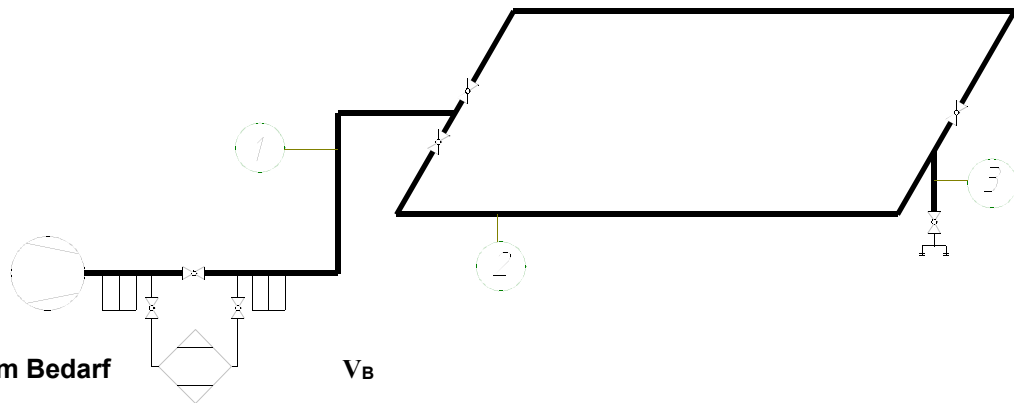


5. Verschiedenes

5.1 Druckluft



a) **Volumenstrom Bedarf**

V_B

Werkzeug- und Maschinenliste:

▪ Farbspritzpistole	...1...	Stk.	$V = 5,0$ l/s	$f = 0,5$
▪ Ausblaspistole	...6...	Stk.	$V = 6,0$ l/s	$f = 0,1$
▪ Bohrmaschinen	...2...	Stk.	$V = 6,0$ l/s	$f = 0,3$
▪ Winkelschleifer	...3...	Stk.	$V = 8,0$ l/s	$f = 0,3$
▪ Schlagschrauber	...2...	Stk.	$V = 10,0$ l/s	$f = 0,2$
▪ Sandstrahlpistole	...1...	Stk.	$V = 8,0$ l/s	$f = 0,5$
▪ Sandstrahlpistole	...5...	Stk.	$V = 4,0$ l/s	$f = 0,3$

Beispiel:

$V_1 =$	...2,5...	l/s
$V_2 =$	...3,6...	l/s
$V_3 =$	...3,6...	l/s
$V_4 =$	...7,2...	l/s
$V_5 =$	...4,0...	l/s
$V_6 =$	...4,0...	l/s
$V_7 =$	...6,0...	l/s
$V =$	...30,9...	l/s

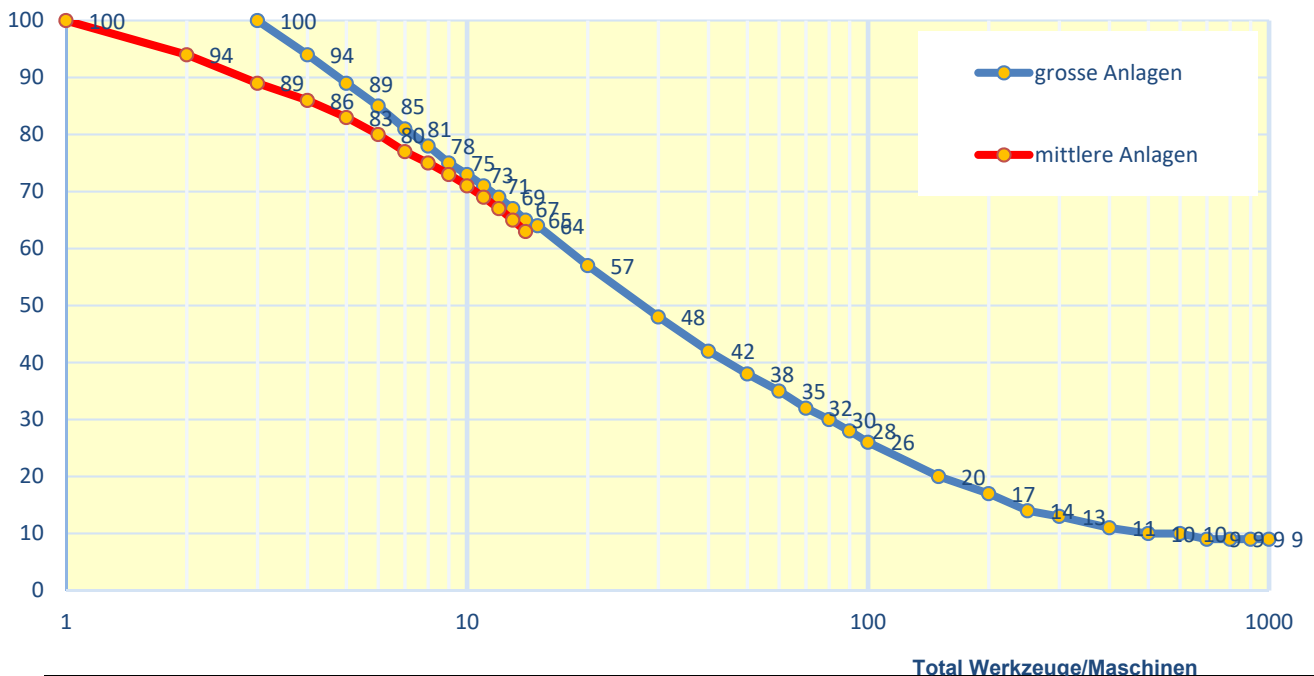
Total Werkzeug- und Maschinen

Die meisten Druckluftmaschinen und Werkzeuge werden nicht durchgehend benutzt. Deshalb ist eine mittlere Einschaltdauer (f) als Faktor festzulegen.

▪ Gleichzeitigkeitsfaktor

$\varphi =$

$\varphi =$...**0,58**...




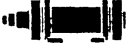













$$V_B = \sum \varphi(n_1 \cdot V_1 \cdot f_1)$$

$$[\dot{V}_B] = \frac{l}{s}$$

Lösung Beispiel:

$$\dot{V}_B = 0,58 \cdot 30,9 = 17,9 \frac{l}{s}$$

Gerät	Grösse mm		Druck bar	Luftverbrauch m ³ /h	Einschaltdauer Faktor
Farbspritz- pistole 	Düsen Ø 0,5 / Wasserfarben, Zaponlacke		1,0	3 - 2	0,50
	Düsen Ø 1,5 / dünne Nitro- Kunstharzlacke		2,5	9 - 7	0,50
	Düsen Ø 1,8 / dünne Nitro- Kunstharzlacke		3,5	13 - 10	0,50
	Düsen Ø 2,0 / dicke Nitro- Kunstharzlacke		4,5	16 - 11	0,50
	Düsen Ø 3,0 / Leimfarben		5,0	19 - 14	0,50
Ausblas- pistole 	Düsen Ø 1,0		6,0	4	0,10
	Düsen Ø 1,5			8	0,10
	Düsen Ø 2,0			14	0,10
Sprüh- pistole 			3,0	4	
Spannzylinder 	einfachwirkend			pro Hub	
	70 Ø x 100		6,0	0,12	0,10
	100 Ø x 100		6,0	0,27	0,10
Bohrmaschine 	Stahl Ø 4 – 5	Ø <10 mm	6,0	18 - 24	0,20
		Ø 13 mm			0,35
		Ø 24 mm			0,30
		Gross oder Bohrlehre			0,10
Schlagschrauber 	M12 M32		6,0	15 - 30	0,20
	Drehschrauber Gewindeschrauber				0,30 0,30
Schleifer 	Klein-, Radial-, Flächenschleifer mit Blattgrösse 300x100		6,0	15	0,25 0,30
	Winkelschleifer				
Schleifmaschine 	Scheiben Ø				
	20 – 100	klein Mittel	6,0	18 - 72	0,20 0,30
Niethammer 	Zwergniethammer mit Nietdurchmesser				
	Alu Ø 3 - 5 Stahl Ø 2 – 3		6,0	9 - 24	0,10
Niethammer (Meisselhammer) 	Nietdurchmesser				
	Kalt Ø 6 – 8 Warm Ø 10 – 19	mittel gross	6,0	26 - 33	0,20 0,10
Abklopfer 			6,0	15	
Klein- hammer 		klein		6 - 12	0,15
Aufreiss- hammer 			6,0	72	0,05
				96	
Hefter 			6,0	2	
Nagler 			6,0	21	

b) Volumenstrom Verdichter \dot{V}_V *Grundlagen:*

- Spitzenvolumenstrom
zu berücksichtigen bei Dauerverbraucher
- Werkzeugverschleiss
5 – 25 % abhängig von der Grösse und dem Alter des Netzes
- Ausbaureserve
Schraubenverdichter: 0%
Kolbenverdichter: 10 %
- Einschaltdauer
Schraubenverdichter: 90-100%
Kolbenverdichter: 70 %

Muster:

$$V_S = \dots\dots\dots \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = \dots\dots\dots \%$$

$$R = \dots\dots\dots \%$$

$$n = \dots\dots\dots$$

Beispiel:

$$V_S = 0 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$L = 10 \%$$

$$R = 15 \%$$

$$n = 1,0$$

$$\dot{V}_V = \frac{\dot{V}_B + \dot{V}_S + \dot{V}_{B/S} \cdot (L + R)}{n}$$

$$[\dot{V}_{VK}] = \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Lösung Beispiel:

$$\dot{V}_{VS} = \frac{17,9 + 0 + 17,9 \cdot (10\% + 15\%)}{3,6 \cdot 1,0} = 80,6 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{VK} = \frac{17,9 + 0 + 17,9 \cdot (10\% + 15\%)}{3,6 \cdot 0,7} = 115,2 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Volumenstrom Schraubenverdichter

$$V_{VS} = \underline{\underline{80,6 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

Volumenstrom Kolbenverdichter

$$V_{VK} = \underline{\underline{115,2 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

c) Kühlung mit Lüftung \dot{V}_{Luft} *Grundlagen:*

- Verdichterleistung
50% bis 100% der Verdichterleistung fallen als Wärme an und müssen durch die Lüftung oder eine Wasserkühlung abgeführt werden. Eine all-fällige Wasserkühlung (WRG) kann den technischen Unterlagen des Verdichters entnommen werden.
- Anfallende Wärme
- Spezifische Wärmekapazität Luft
- Temperaturdifferenz
- Dichte von Luft

Muster:

$$P_V = \dots\dots\dots \text{ kW}$$

$$\eta = \dots\dots\dots \text{ K}$$

$$c_p = \dots\dots\dots \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$\Delta\vartheta = \dots\dots\dots \text{ K}$$

$$\rho = \dots\dots\dots \text{ kW}$$

Beispiel:

$$P_V = \underline{\underline{10}} \text{ kW}$$

$$\eta = \underline{\underline{0,95}}$$

$$c_p = \underline{\underline{1,0}} \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$\Delta\vartheta = \underline{\underline{5}} \text{ K}$$

$$\rho = \underline{\underline{1,293}} \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{V}_{\text{Luft}} = \frac{P_V \cdot \eta}{c_p \cdot \Delta\vartheta \cdot \rho}$$

$$[\dot{V}_{\text{Luft}}] = \frac{\text{kJ} \cdot \text{kg} \cdot \text{K} \cdot \text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{kJ} \cdot \text{K} \cdot \text{kg}} = \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Lösung Beispiel:

$$\dot{V}_{\text{Luft}} = \frac{10 \cdot 0,95}{1,0 \cdot 5 \cdot 1,293} = 1,47 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \hat{=} 5'290 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Kühlung mit Lüftungsanlage

$$V_{\text{Luft}} = \underline{\underline{5'290 \text{ m}^3/\text{h}}}$$

d) Druckluftbehälter Volumen

V_{Behälter}

Grundlagen:

Muster:

Beispiel:

- **Regelungsart des Verdichters**
 - a) Aussetzregelung oder
 - b) Leerlaufregelung kombiniert mit Aussetzregelung
- **Örtlicher Luftdruck**
Kann im Normalfall mit 1.0 bar eingesetzt werden, sonst Berechnung mit der barometrischen Höhenformel.
- **Schaltdifferenz Leerlaufregelung kombiniert**
 - a) Aussetzregelung 1,0 bar
 - b) Leerlaufregelung komb. 1,5 bar
- **Drucklufttemperatur Eintritt Verdichter**
Ansaug des Verdichters
- **Drucklufttemperatur Austritt Behälter**
Ansaug des Verdichters

.....
noch unbestimmt
 p₀ = bar p₀ =**1,0** bar
 Δp = bar Δp =**1,0** bar
 T₂ = K T₂ =**303** K
 T₁ = K T₁ =**298** K

Aussetzregelung:

- **Maximale Schaltzahl / Aussetzregelung**
 Kolbenverdichter 15 – 20 h⁻¹
 Schraubenverdichter 6 – 10 h⁻¹

i_{max} = h⁻¹ i_{max} =**20** h⁻¹

$$V_{\text{Behälter}} = \frac{\dot{V}_V \cdot p_o}{4 \cdot \Delta p \cdot i_{\text{max}}} \quad [V_{\text{Behälter}}] = \frac{\text{m}^3 \cdot \text{bar} \cdot \text{h}}{\text{h} \cdot \text{bar} \cdot 1} = \text{m}^3$$

Lösung Beispiel:

$$V_{\text{Behälter}} = \frac{115,2 \cdot 1}{4 \cdot 1,5 \cdot 20} = 0,96 \text{ m}^3$$

Behältervolumen bei Aussetzregelung

V_{Behälter} = 1'000 l

Kennzahl = 1'000 · (7,5 + 1,5) = 9'000

=> kontrollpflichtig beim SVTI

Leerlaufregelung kombiniert mit Aussetzregelung:

Muster:

Beispiel:

- **Maximale Schaltzyklus der Ventilplatten**
 Leerlaufregelung kombiniert mit Aussetzregelung
 1/30 bis 1/60, d.h. frühestens alle 30 bis 60 s eine Schaltung

f_{max} = s⁻¹ f_{max} = 1/45 s⁻¹

$$V_{\text{Behälter}} = \frac{\dot{V}_V \cdot p_o \cdot T_1}{3'600 \cdot 4 \cdot \Delta p \cdot f_{\text{max}} \cdot T_2} \quad [V_{\text{Behälter}}] = \frac{\text{m}^3 \cdot \text{bar} \cdot \text{s} \cdot \text{K}}{\text{s} \cdot \text{bar} \cdot 1 \cdot \text{K}} = \text{m}^3$$

Lösung Beispiel:

$$V_{\text{Behälter}} = \frac{115,2 \cdot 1 \cdot 45 \cdot 298}{3'600 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 303} = 0,354 \text{ m}^3$$

Behältervolumen bei Leerlaufregelung kombiniert mit Aussetzregelung

V_{Behälter} = 350 l

Kennzahl = 350 · (7,5 + 1,0) = 2'975

< nicht kontrollpflichtig

Druckbehälter sind dann Abnahme- und kontrollpflichtig, wenn das Produkt aus Druckbehältervolumen in Liter x Konzessionsdruck in bar die Zahl **3'000** übersteigt.

Kennzahl = V · (p_{Betrieb} + p_{Schaltdifferenz}) [Kennzahl] = l · (bar + bar)

e) Rohrweiten

d_i

Grundlagen:

- Volumenstrom Verdichter
- Hauptleitung
- Verteilleitung
- Anschlussleitung
- Einzelwiderstände gleichwertiger Rohrlängen
Bei Planungsbeginn liegen keine Angaben über Armaturen und Fittings vor. Annahme deshalb 60%.

Muster:

V_V = m³/h
 l₁ = m
 l₂ = m
 l₃ = m
 EW = %

Beispiel:

V_V = 80,6 m³/h
 l₁ = 20 m
 l₂ = 40 m
 l₃ = 2,5 m
 EW = 60 %

$$L_{Tot} = (l_1 + l_2 + l_3) \cdot (1 + EW)$$

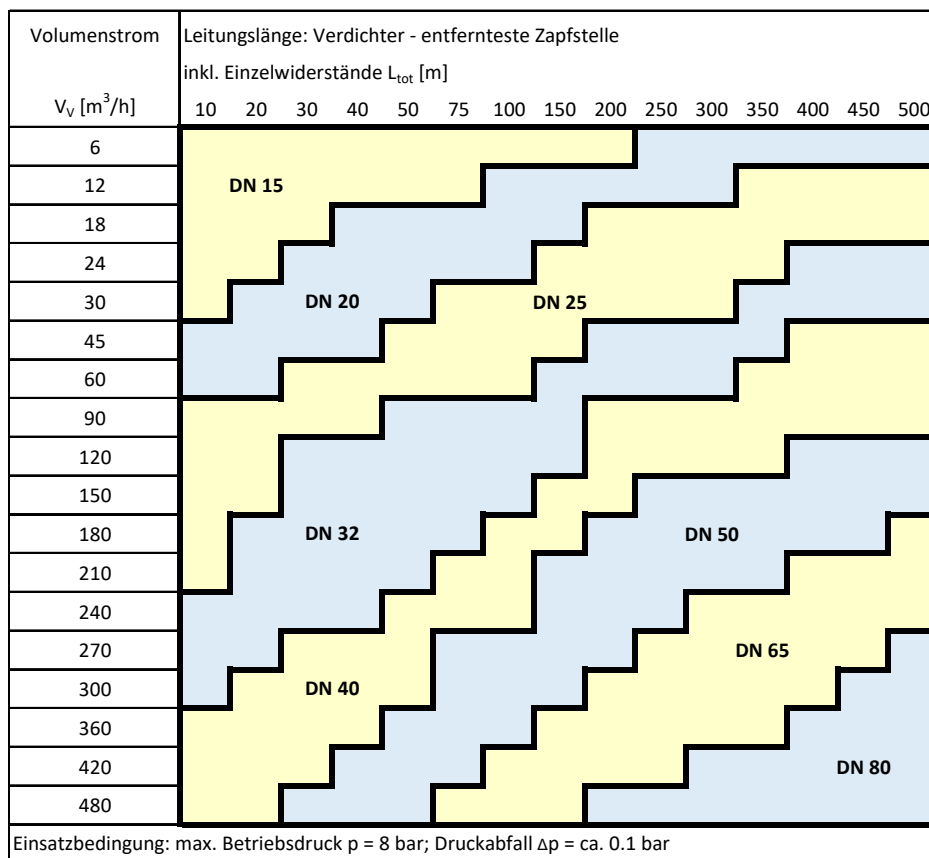
$$[V_{Behälter}] = \frac{m^3 \cdot bar \cdot h}{h \cdot bar \cdot l} = m^3$$

① Lösung Beispiel mit Spaltendiagramm:

$$L_{Tot} = (20 + 40 + 2,5) \cdot 1,6 = 100$$

Leitungslänge Total

L_{Tot} = 100 m



	Strecke	Länge l _{tot} [m]	Volumenstrom [m ³ /h]	Rohrweite [DN]
Hauptleitung	1	100	80,6	32
Verteilleitung	2	100	40,3	25
Anschlussleitung	3	100	9,0	15

Rohrweiten

d_i








Grundlagen:

- Betriebsdruck (absolut)
- Rohrreibungsfaktor für hydraulisch glatte Rohre
- Einzelwiderstände gleichwertiger Rohrlängen:

Muster:

Beispiel:

p_a = Pa p_a = **850000** Pa
 f = f = **1600**

Armaturen	Gleichwertige Rohrlänge [m]									
	Rohrdurchmesser =	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
Geradsitzventil 	4	6	8	10	12	15	20	25	30	
Kugelhahn Schieber 	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,6	0,8	1	1,5	
Membranventil 	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4	4,5	6	
Winkel 90° 	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4,5	5	7	
Bogen 90° 	0,3	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	1	1,3	1,6	
T - Stück 	1	1,5	2	3	3,5	4	5,5	7	10	
Reduktion 	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	1	1,5	2	2,5	

② Lösung Beispiel mit Druckverlust:

	Strecke	Länge [m]	EW [m]	Total [m]	Δp [Pa]	Volumenstrom	
						[m ³ /h]	[m ³ /s]
Hauptleitung	1	20	12	32	4'000	80,6	0.022
Verteilleitung	2	40	24	64	4'000	40,3	0.011
Anschlussleitung	3	2,5	-	2,5	3'000	9,0	0.0025

Hinweise zum Druckverlust:

Absolute Druckverluste (z.B.: 0.1 bar) für Rohrleitungsnetze sind schwierig anzugeben, da dies bei Netzen mit 3 bar und 8 bar nicht das gleiche bedeuten. Deshalb wird 1.5 % Druckverlust relativ zum Betriebsdruck empfohlen. Bei einem Betriebsdruck von 8 bar bedeutet dies für die einzelnen Abschnitte des Rohrleitungsnetzes folgende Werte:

- Hauptleitung Δp ≤ 0,04 bar (≅ 4'000 Pa)
- Verteilleitung Δp ≤ 0,04 bar (≅ 4'000 Pa)
- Anschlussleitung Δp ≤ 0,03 bar (≅ 3'000 Pa)

Zur Rohrweitenbestimmung wird empfohlen die Strömungsgeschwindigkeit im Druckluftnetz auf 5 - 10 m/s zu begrenzen. Grössere Geschwindigkeiten führen zu Geräuschbildung und erhöhtem Druckverlust sowie grösserem Energiebedarf.

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{f \cdot \dot{V}^{1,85} \cdot l_T}{p_a \cdot \Delta p}} \qquad [d_i] = \sqrt[5]{\frac{\text{Zahl} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{m}}{\text{s} \cdot \text{Pa} \cdot \text{Pa}}} = \text{m}$$

Lösungen:

$$d_1 = \sqrt[5]{\frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot 0,022^{1,85} \cdot 32}{850'000 \cdot 4'000}} = 0,027 \text{ m}$$

Rohrweite gewählt d₁ = **DN 32**

$$d_2 = \sqrt[5]{\frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot 0,011^{1,85} \cdot 64}{850'000 \cdot 4'000}} = 0,024 \text{ m}$$

Rohrweite gewählt d₂ = **DN 25**

$$d_3 = \sqrt[5]{\frac{1,6 \cdot 10^3 \cdot 0,0025^{1,85} \cdot 2,5}{850'000 \cdot 3'000}} = 0,0075 \text{ m}$$

Rohrweite gewählt d₃ = **DN 15**