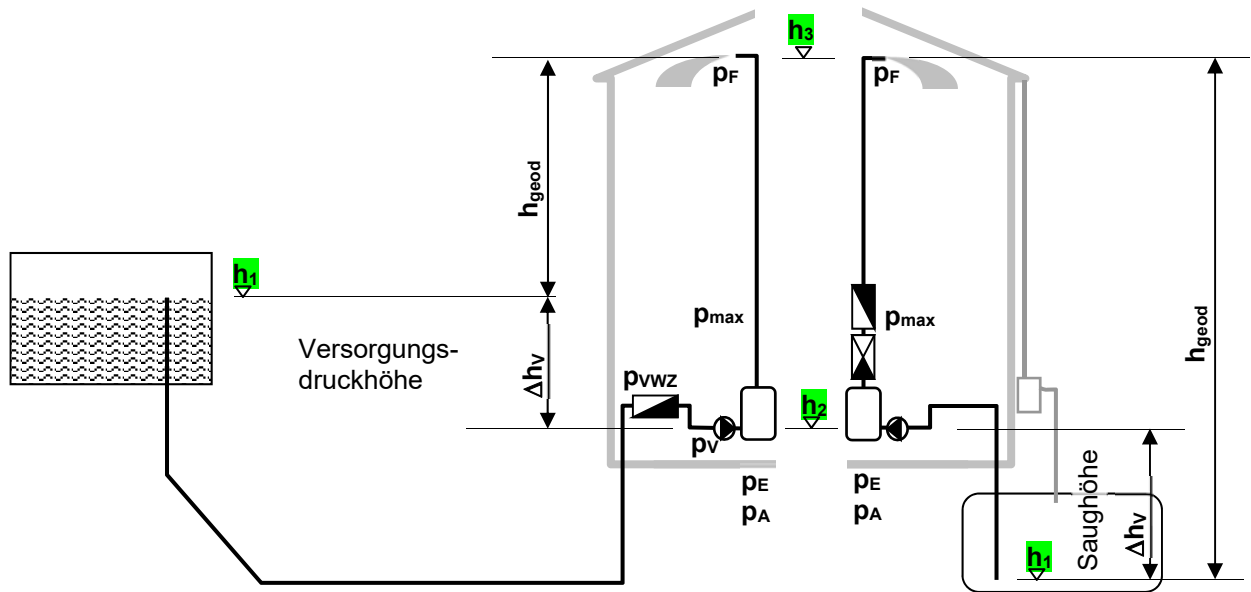


1.2 Druckerhöhungsanlagen



a) Volumenstrom Pumpe V_P

Grundlagen:

- Belastungswerte Entnahmestelle
- Spitzendurchfluss LU (Belastungswerte) gemäss W3, Diagramm 1 (0,3 / 0,5)
- Spitzendurchfluss unter speziellen Bedingungen
Höhere Gleichzeitigkeit, Dauer- oder Spitzenentnahmen, etc.

Muster:

$$\begin{aligned} \Sigma_{LU} &= \dots\dots\dots \\ V_{LU} &= \dots\dots\dots \text{ l/s} \\ V_{SB} &= \dots\dots\dots \text{ l/s} \end{aligned}$$

Beispiel:

$$\begin{aligned} \Sigma_{LU} &= \underline{112} \dots\dots\dots \\ V_{LU} &= \underline{1.08} \text{ l/s} \\ V_{SB} &= \underline{0.00} \text{ l/s} \end{aligned}$$

$$V_P = V_{LU} + V_{SB} \qquad [V_P] = \frac{l}{s} + \frac{l}{s} = \frac{l}{s}$$

Lösung Beispiel:

$$V_P = 1.08 + 0 = 1.08$$

Volumenstrom Pumpe

$$V_P = \underline{1.08 \text{ l/s}}$$

b) Betriebsdruck p_{\max} *Grundlagen:*

- Fließdruck höchste Entnahmestelle
min. 1.0 bar, Spezialarmaturen je nach Erfordernis
- Höhenunterschied Entnahmestelle - Pumpenachse
vereinfacht $m_{WS} \cdot 0,0981 \text{ bar/m}_{WS}$
- Druckverlust
 - Leitungsnetz nach Pumpe
 - Druckverlust Apparateeinbau
Feinfilter red. Druck. Trinkwassernachbehandlung,
separate Wasserzähler (pro Strang), etc.
 - Druckverlust Druckminderer
gemäss Angaben Hersteller

Muster:

$p_F = \dots \text{ bar}$

$h_P = \dots \text{ m}$

$p_P = \dots \text{ bar}$

$\Delta p_L = \dots \text{ bar}$

$\Delta p_{App} = \dots \text{ bar}$

$\Delta p_{DM} = \dots \text{ bar}$

Beispiel:

$p_F = \underline{1.00} \text{ bar}$

$h_P = \underline{14.5} \text{ m}$

$p_P = \underline{1.42} \text{ bar}$

$\Delta p_L = \underline{1.50} \text{ bar}$

$\Delta p_{App} = \underline{0.80} \text{ bar}$

$\Delta p_{DM} = \underline{0.40} \text{ bar}$

$$p_{\max} = p_F + p_P + \Delta p_{PL} + \Delta p_{App} + \Delta p_{DM}$$

$$[p_{\max}] = \text{bar}$$

Lösung Beispiel:

$$p_{\max} = 1.00 + 1.42 + 1.50 + 0.80 + 0.40 = 5.12$$

Betriebsdruck

$$p_{\max} = \underline{5.1 \text{ bar}}$$

c) Einschaltdruck p_E *Grundlagen:*

- Arbeitsdruck Druckminderer
 $p_E - p_{\max} \geq 0,5 \text{ bar}$ Druckminderer funktioniert einwandfrei!

Muster:

$p_Z = \dots \text{ bar}$

Beispiel:

$p_Z = \underline{0.50} \text{ bar}$

$$p_E = p_{\max} + p_Z$$

$$[p_E] = \text{bar}$$

Lösung Beispiel:

$$p_E = 5.1 + 0.5 = 5.6$$

Einschaltdruck

$$p_E = \underline{5.6 \text{ bar}}$$

d) Ausschaltdruck p_A *Grundlagen:*

- Schaltdifferenz 1 – 1,5 bar
je nach Pumpenkennlinie

Muster:

$p_{SD} = \dots \text{ bar}$

Beispiel:

$p_{SD} = \underline{1.00} \text{ bar}$

$$p_A = p_E + p_{SD}$$

$$[p_A] = \text{bar}$$

Lösung Beispiel:

$$p_A = 5.6 + 1.0 = 6.6$$

Ausschaltdruck $p_A = \underline{6.6 \text{ bar}}$

e) Versorgungsdruck am Pumpeneingang p_v *Grundlagen:*

- Höhe Reservoirstand hoch / Regenwassertank voll
- Höhe Wasserzähler
 - Höhenunterschied Reservoir – Wasserzähler
 - Höhendruck
vereinfacht $mWS \cdot 0,0981 \text{ bar/mWS}$
- Druckschwankungen in der Versorgungsleitung
(~ 0,2 – 0,4 bar, inkl. Reservoir-Niveau-Differenzen)
- Druckverlust
 - Hausanschlussleitung
PE 100 Serie 5 für PN = 16 bar (~0,015 bar/m → 23 m)
PE 100 Serie 8 für PN = 10 bar (~0,014 bar/m → 23 m)
 - Wasserzähler
Aquametro PMK-aquabasic (~0,40 bar)
GWF MTK (~0,36 bar)

Muster:

$h_1 = \dots \text{ müM}$

$h_2 = \dots \text{ müM}$

$\Delta h_v = \dots \text{ m}$

$p_1 = \dots \text{ bar}$

$\Delta p_{VL} = \dots \text{ bar}$

$\Delta p_{AL} = \dots \text{ bar}$

$\Delta p_{WZ} = \dots \text{ bar}$

Beispiel:

$h_1 = \underline{453.1} \text{ müM}$

$h_2 = \underline{428.6} \text{ müM}$

$\Delta h_v = \underline{24.5} \text{ m}$

$p_1 = \underline{2.40} \text{ bar}$

$\Delta p_{VL} = \underline{0.20} \text{ bar}$

$\Delta p_{AL} = \underline{0.35} \text{ bar}$

$\Delta p_{WZ} = \underline{0.30} \text{ bar}$

$$p_{VWZ} = p_1 - \Delta p_{VL} - \Delta p_{AL} - \Delta p_{WZ}$$

$$[p_{VWZ}] = \text{bar}$$

Lösung Beispiel:

$$p_{VWZ} = 2.40 - 0.20 - 0.35 - 0.30 = 1.55$$

Versorgungsdruck nach Wasserzähler

$$p_{VWZ} = \underline{1.55 \text{ bar}}$$

Grundlagen:

- Höhenunterschied Wasserstutzen - Pumpenstutzen
vereinfacht $mWS \cdot 0,0981 \text{ bar/mWS}$
- Anschlussleitung inkl. Verteilbatterie
Mapress $\varnothing 35$ (~0,01 bar/m → 4.5 m)
- Feinfilter am Netzdruck
Nussbaum 18010 (~0,028 bar)
Nussbaum 18018 (~0,120 bar)
Nussbaum 18100 (~0,075 bar)

Muster:

$h_2 = \dots \text{ m}$

$p_2 = \dots \text{ bar}$

$\Delta p_{AL2} = \dots \text{ bar}$

$\Delta p_{Fi} = \dots \text{ bar}$

Beispiel:

$h_2 = \underline{0.5} \text{ m}$

$p_2 = \underline{0.05} \text{ bar}$

$\Delta p_{AL2} = \underline{0.05} \text{ bar}$

$\Delta p_{Fi} = \underline{0.15} \text{ bar}$

$$p_v = p_{VWZ} + p_2 - \Delta p_{AL2} - \Delta p_{Fi}$$

$$[p_v] = \text{bar}$$

Lösung Beispiel:

$$p_v = 1.55 + 0.05 - 0.05 - 0.15 = 1.40$$

Versorgungsdruck am Pumpeneingang

$$p_v = \underline{1.40 \text{ bar}}$$

f) Pumpenförderhöhe / -druck h_P / p_P Druckerhöhungsanlage **mit** Vordruck

Grundlagen:

- Versorgungsdruck am Pumpeneingang
- Einschaltdruck der Pumpe

Muster:

$p_V = \dots\dots\dots$ bar $p_V = \underline{1.40}$ bar
 $p_E = \dots\dots\dots$ bar $p_E = \underline{5.60}$ bar

Beispiel:

$$h_P = \frac{(p_E - p_V)}{0,0981}$$

$$[h_P] = \frac{\text{bar} \cdot \text{mWS}}{\text{bar}}$$

Lösung Beispiel:

$$h_P = \frac{(5.6 - 1.40)}{0,0981} = 42.81$$

Pumpenförderhöhe

 $h_P = \underline{42,8 \text{ mWS}}$ Druckerhöhungsanlage **ohne** Vordruck (Bsp.: Regenwassernutzungsanlage)

Grundlagen:

- Versorgungsdruck am Pumpeneingang
- Einschaltdruck der Pumpe

Muster:

$p_S = \dots\dots\dots$ bar $p_S = \underline{-0.54}$ bar
 $p_E = \dots\dots\dots$ bar $p_E = \underline{5.60}$ bar

Beispiel:

$$h_P = \frac{(p_E - p_S)}{0,0981}$$

$$[h_P] = \frac{\text{bar} \cdot \text{mWS}}{\text{bar}}$$

Lösung Beispiel:

$$h_P = \frac{(5.6 - (-0.54))}{0,0981} = 61,57$$

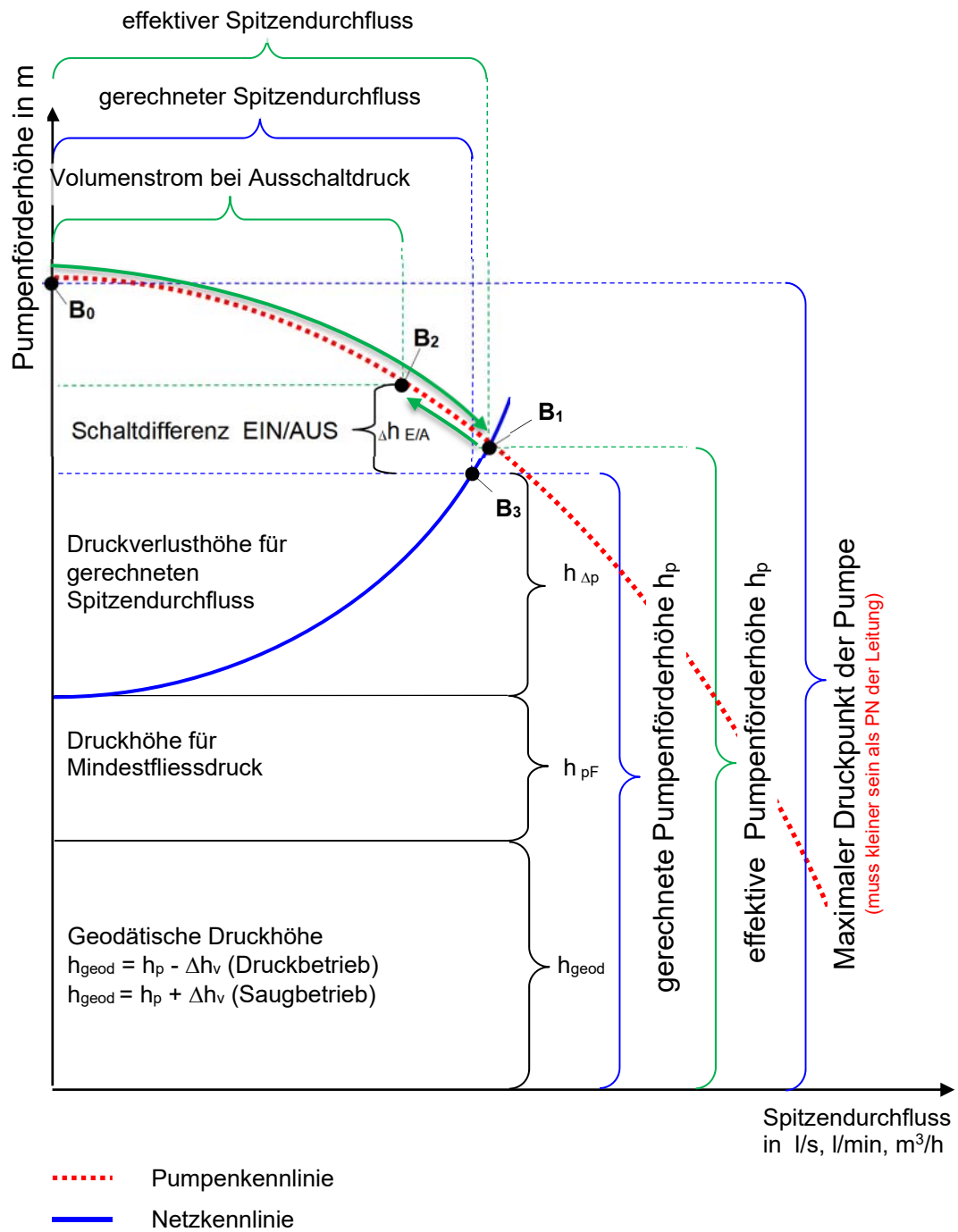
Pumpenförderhöhe

 $h_P = \underline{61,6 \text{ mWS}}$

Hinweise

- Wird eine Druckerhöhungsanlage ohne Vordruck, das heisst mit einer Saughöhe betrieben, dann muss die Berechnung der möglichen Pumpenauslegung besonders genau gemacht werden.
- Die Saugleitung muss total entlüftet werden können (keine Luftsäcke erlaubt).
- Je höher der Aufstellungsort der Anlage (Lage in m.ü.M.) desto kleiner ist die mögliche Ansaughöhe.
- Die Rohrleitungen müssen im saugseitigen Unterdruckbetrieb absolut dicht sein.
- Der NPSH-Wert der Anlage muss zur Vermeidung von Kavitation berechnet / kontrolliert werden.

g) Pumpendiagramm



- B₀ maximaler Druckpunkt der Pumpe (< PN der Installation)
- B₁ Betriebspunkt der Pumpe (Einschaltpunkt)
- B₂ Ausschaltpunkt (Ausschaltdruck)
- B₃ gerechneter Betriebspunkt

h) Nutzvolumen Membrandruckbehälter V_N

Grundlagen:

- Volumenstrom Pumpe
- Max. Membranbewegungen
je nach Konstruktion 10 – 30 Bewegungen, siehe Herstellerangaben,
Anzahl Membranbewegungen = Schaltzahl der Pumpe!

Muster:

$V_P = \dots\dots\dots$ l/s
 $Z_M = \dots\dots\dots$ h⁻¹

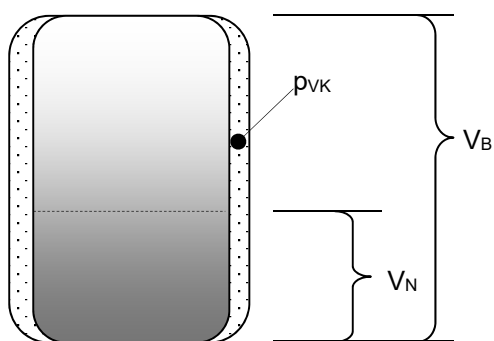
Beispiel:

$V_P = \underline{\underline{1.08}}$ l/s
 $Z_M = \underline{\underline{30}}$ h⁻¹

$$V_N = \frac{3600 \cdot \sqrt{V_P}}{Z_M \cdot 4} \cdot A \qquad [V_N] = \frac{s \cdot l \cdot h}{h \cdot s} = l$$

* Erläuterung betreffend der Zahl 4 / Die maximale Schalzhäufigkeit wird erreicht wenn der Wasserbezug 50% der Pumpenleistung entspricht. Jede Schaltzahl besteht aus einer Pump- und einer Entleerphase. Der massgebende, ungünstigste Spitzendurchfluss ist somit $V_P/4$

Membrandruckbehälter



V_B = Gesamtvolumen des Membrandruckbehälters
 V_N = Nutzbares Volumen zur Steuerung der Schalzhäufigkeit
 p_{VK} = Druck im vorkomprimierten Luft- oder Gaspolster ($p_{VK} = p_{max}$)

MERKE: Gasvolumen (Luft) werden mit absoluten Drücken (p_a) und absoluten Temperaturen (T) gerechnet.

$$V_N = \frac{3600 \cdot 1.08}{30 \cdot 4} = 32,4 \text{ l}$$

Nutzvolumen

$V_N = \underline{\underline{32 \text{ l}}}$

i) Gesamtvolumen Membrandruckbehälter V_B

Grundlagen:

- Einschaltdruck
- Ausschaltdruck
- Vorkompression
Richtgrösse $p_{VK} = p_{max}$
- Nutzvolumen

Muster:

$p_E = \dots\dots\dots$ bar
 $p_A = \dots\dots\dots$ bar
 $p_{VK} = \dots\dots\dots$ bar
 $V_N = \dots\dots\dots$ l

Beispiel:

$p_E = \underline{\underline{5.4}}$ bar
 $p_A = \underline{\underline{6.9}}$ bar
 $p_{VK} = \underline{\underline{5.0}}$ bar
 $V_N = \underline{\underline{32}}$ l

$$V_B = \frac{p_{AA} \cdot p_{EA} \cdot V_N}{(p_{AA} - p_{EA}) \cdot p_{VKA}} \qquad [V_B] = \frac{\text{bar} \cdot l}{\text{bar}} = l$$

Lösung Beispiel:

$$V_B = \frac{7,9 \cdot 6,4 \cdot 32}{(7,9 - 6,4) \cdot 6,0} = 179,8$$

Volumen Druckbehälter

$V_B = \underline{\underline{200 \text{ l}}}$

j) Anwendungsbereich von Membrandruckbehälter

Membrandruckbehälter werden vorwiegend als Kompaktanlagen in folgenden Bereichen eingesetzt:

| | | | |
|---------------------------|-------------------|-----------------------|------------------|
| Pumpenvolumenstrom | bis 3 l/s | Einschaltdruck | 2 – 5 bar |
| Leistungsbereich | 0.5 – 4 kW | Ausschaltdruck | 3 – 7 bar |

gewählte Anordnung von Druckbehältervolumen
(z.B. 3 x 100 l oder 100 l + 200 l oder 2 x 200 l)

Wird die max. Schalthäufigkeit (Membranbewegungen) überschritten, können folgende Massnahmen zur Reduktion beitragen:

- Vergrösserung des Nutzvolumens durch das Parallelschalten von mehreren Membrandruckbehältern
- Verzögern der druckabhängigen Ausschaltung der Pumpe
- Drehzahlregulierte Druckerhöhungsanlagen

Kontrollpflicht

Eine Kontrollpflicht des SVTI (Schweizerischer Verein für Technische Inspektion, Kesselinspektorat) besteht für Druckbehälter, wenn das Produkt aus:

$$\text{„Druckbehältervolumen in Liter x Konzessionsdruck in bar“} > 3000$$

Die Behälter sind dann abnahme- und kontrollpflichtig!

k) Anwendungsbereich von Druckerhöhungsanlagen mit drehzahlregulierten Pumpen

Druckerhöhungsanlagen mit drehzahlregulierten Pumpen werden in der Gebäudetechnik in folgenden Bereichen eingesetzt:

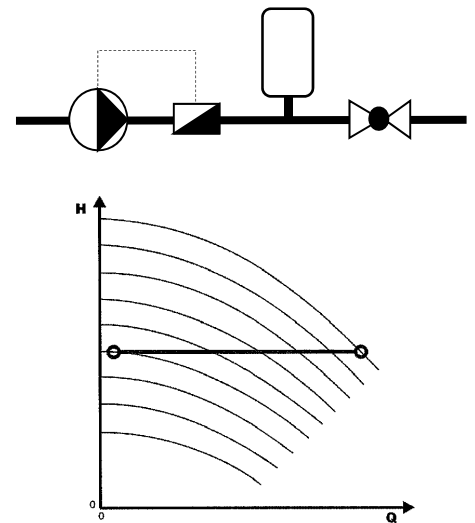
Leistungsbereich 0.5 – 22 kW

Die Pumpen werden elektronisch geregelt, so dass der Druck bei allen Volumenströmen konstant bleibt. Auf grosse Membrandruckgefässe kann verzichtet werden. Ein Kleinbehälter verhindert Druckstösse beim Ein- und Ausschalten. Im Teillastbetrieb ergeben sich keine Energieeinsparungen. Die Druckregelung kann auch in Abhängigkeit der hydraulischen Anlagekennlinie erfolgen.

Auslegung

Die Auslegung der Anlagen erfolgt nach den gleichen Berechnungen wie in vorstehenden Positionen

- | | | | |
|----|------------------------|-----------|------|
| a) | Volumenstrom der Pumpe | V_P | l/s |
| b) | Versorgungsdruck | p_v | bar |
| c) | Betriebsdruck | p_{max} | bar |
| d) | Einschaltdruck | p_E | bar |
| f) | Pumpenförderhöhe | h_P | m FS |



Regelung auf konstanten Druck