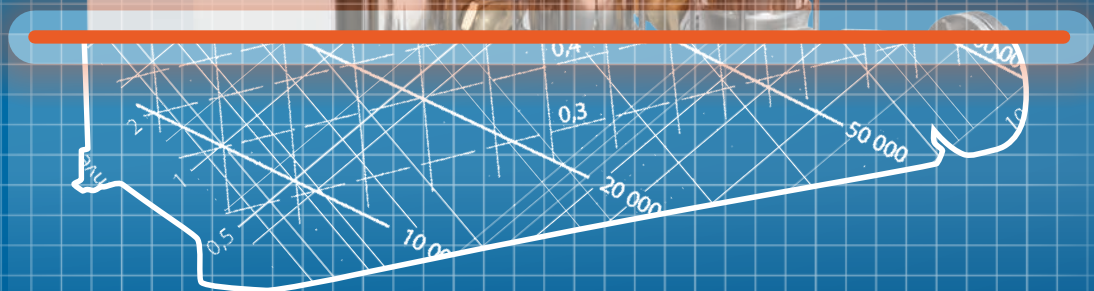


KSB-Know-how: Planungshinweise Druckerhöhungsanlagen



Sehr geehrte Partner,

diese Broschüre ist an jeden gerichtet, der sich mit der Planung, der Auslegung und dem Service von Druckerhöhungsanlagen (DEA) beschäftigt. In modernen Büro-, Wohn- und Hotelbauten finden wir häufig Druckerhöhungsanlagen, meist zur Trinkwasserversorgung sowie für Feuerlöschzwecke.

Angesichts der vielfältigen DEA-Konzepte wie

- Kaskadenregelung (Hyamat K)
- stufenlose Drehzahlregelung einer Pumpe (Hyamat V, Hyamat SVP ECO)
- stufenlose Drehzahlregelung aller Pumpen (Hya-Eco VP, Hyamat SVP)

ist es besonders wichtig, für den Bedarfsfall bereits in der Projektierungsphase das richtige DEA-Konzept auszuwählen.

Diese Broschüre unterstützt Sie bei der Konzipierung von Druckerhöhungsanlagen für alle Anwendungen. Mit dieser Hilfe können Sie schon im Vorfeld sicherstellen, dass Ihre geplanten Anlagen unkompliziert zu installieren sind und dabei höchste Versorgungssicherheit gewährleisten.

KSB ist Komplettanbieter im Bereich Pumpen Gebäudetechnik und entwickelt ihre Produktpalette entsprechend den Bedürfnissen ihrer Kunden ständig weiter. Typische Einsatzgebiete von Druckerhöhungsanlagen sind:

- Wohngebäude
- Bürogebäude
- Hotels
- Kaufhäuser
- Kliniken/Krankenhäuser
- Gewerbe- und Industrieanlagen
- Beregnung/Bewässerung
- Regenwassernutzung
- Kleine Hauswasserwerke

Eine Druckerhöhungsanlage ist erforderlich, wenn der Mindestversorgungsdruck des Wasserversorgungsunternehmens (WVU) nicht ausreichend ist. Dabei sind die Druckerhöhungsanlagen und Zusatzkomponenten so auszulegen und zu betreiben, dass weder die öffentliche Wasserversorgung noch andere Verbrauchsanlagen störend beeinflusst werden. Eine nachteilige Veränderung der Trinkwassergüte muss ebenfalls ausgeschlossen sein.

Angaben bezogen auf Vorschriften gelten nur für Einsatzfälle auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Nationale Vorschriften anderer Länder haben generell Vorrang in der Anwendung und Umsetzung bei Planungen für diese Länder.



Seite		Seite	
04	KSB Portfolio – Druckerhöhungsanlagen	35	Normen, Gesetze und Richtlinien
05	Grundlagen: Druckerhöhungsanlagen Trinkwasser		Normen
	Vordruckschwankungen		Gesetze
	Förderstromaufteilung		Verordnungen und Richtlinien
	Verbrauchsschwankungen		Wiederkehrende Prüfungen, Inspektionen, Wartung und Instandsetzung
	Geräusche	37	Arbeitsblätter
	Hygiene	38	Arbeitsblatt 2: Ermittlung des Spitzendurchflusses
08	Berechnungsbeispiel: Trinkwasser-Versorgungsanlage für ein Wohnhaus	39	Arbeitsblatt 3: Wasserzähler
	Ermittlung des Förderstroms einer Druckerhöhungsanlage	40	Arbeitsblatt 4: Überschlägige Ermittlung der Verbrauchsleistung nach der DEA
	Ermittlung von Minimal-, Maximal- und Vordruckschwankung vor der DEA (p_{vor})	41	Arbeitsblatt 5: Darstellung der Berechnungsgrundlagen
	Ermittlung der Stockwerke ohne DEA	42	Arbeitsblatt 6: Umrechnung der Förderhöhe H in Druckerhöhung Δp
	Ermittlung des erforderlichen Drucks nach der DEA (p_{nach})	43	Arbeitsblatt 7: Druckhöhenverluste von Stahlrohren
	Ermittlung der Förderhöhe der DEA	44	Arbeitsblatt 8: Druckhöhenverluste von hydraulisch glatten Rohren
	Ermittlung der Stockwerke mit Druckminderer zum Schutz der Verbraucher	45	Arbeitsblatt 9: Zulässige Förderstromkriterien einer DEA
13	Bestimmung der richtigen DEA-Variante (Bauart)	46	Arbeitsblatt 10: Druckbehälterauswahl / Druckbehälterberechnung (KSB-Empfehlung) / Zulaufseite
	DEA mit Kaskadenregelung (Hyamat K)	47	Arbeitsblatt 11: Druckbehälterauswahl / Verbraucherseite
	DEA mit stufenloser Drehzahlregelung einer Pumpe (Hyamat V)	48	Arbeitsblatt 12: Auswahldiagramm Druckminderer
	DEA mit stufenloser Drehzahlregelung aller Pumpen (Hyamat SVP)	50	Arbeitsblatt 13: Häufigkeit für Inspektion und Wartung von Bauteilen für Trinkwasserinstallationen gemäß DIN EN 806-5
23	Betrachtung Gesamtkosten – kaskadengesteuerte und drehzahlgeregelte Druckerhöhungsanlagen	52	Arbeitsblatt 14: Auslegungshilfe für Druckerhöhungsanlagen
26	Anschlussartenübersicht für Trinkwasseranlagen	54	Glossar
	Trockenlaufschutzarten – Auswahlkriterien für DEAs		
	Auswirkungen von Vordruckschwankungen		
	Grundlagen der Druckstoßentstehung		
34	Druckminderer		
	Allgemeines		
	Einsatzbereich		
	Nennweitenbestimmung		

Know-how-Bände können Sie hier ganz einfach
herunterladen oder bestellen: www.ksb.de/know-how

KSB Portfolio – Druckerhöhungsanlagen

Auswahl aus dem KSB Programm

Name		H _{max} [m]	Q _{max} [m ³ /h]
KSB Delta Solo EV (Einzelpumpenanlage)		53,00	9
KSB Delta Compact (ein bis zwei Pumpen)		53,00	20
Hya-Solo D (Einzelpumpenanlage)		150,00	65
Hya-Solo DSV (Einzelpumpenanlage)		160,00	110
Hya-Eco VP (zwei bis drei Pumpen)		100,00	66
Hyamat K (zwei bis sechs Pumpen)		145,00	660
Hyamat V (zwei bis sechs Pumpen)		145,00	660
Hyamat SVP Eco (zwei bis sechs Pumpen)		145,00	660
Hyamat SVP (zwei bis sechs Pumpen)		145,00	660

Tabelle 1: KSB Portfolio – Druckerhöhungsanlagen

Grundlagen: Druckerhöhungsanlagen Trinkwasser

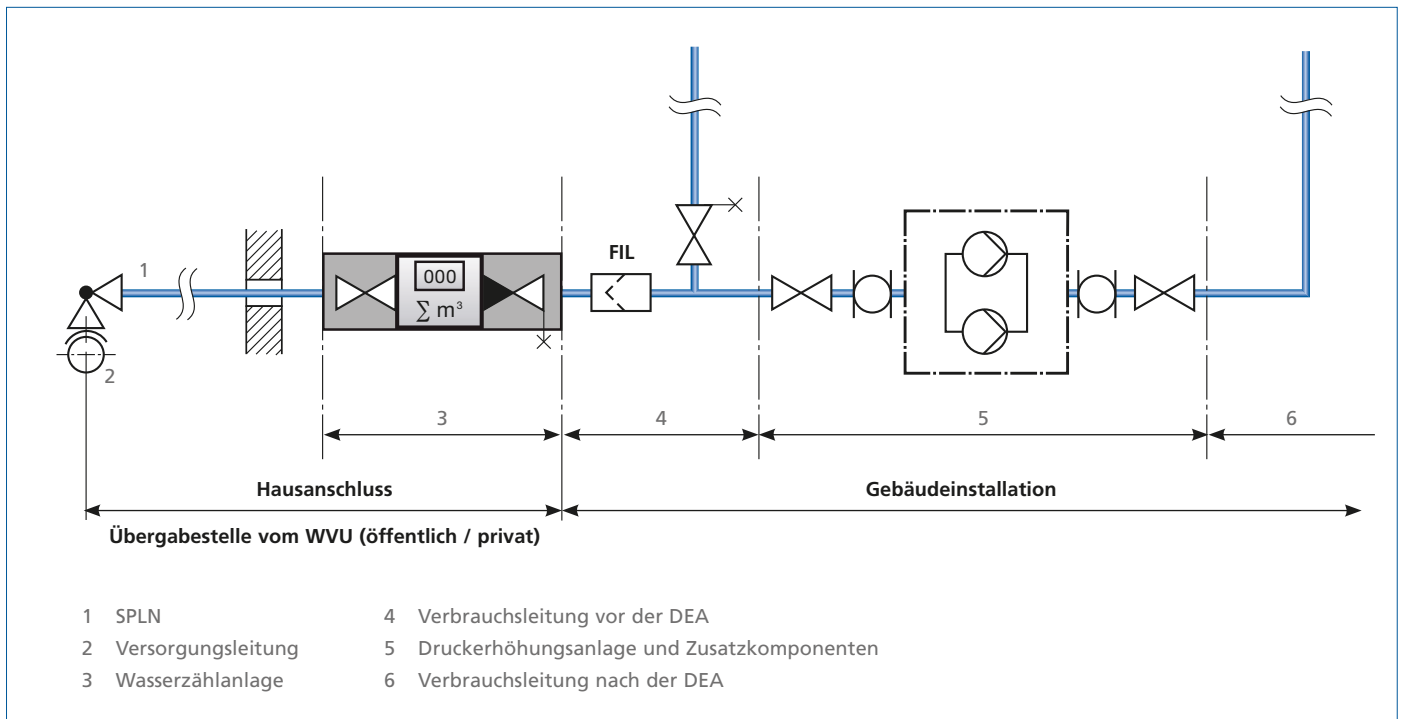


Abb. 1: Fließschema, unmittelbarer Anschluss einer Druckerhöhungsanlage (DEA)

Trinkwasser ist ein Lebensmittel. Es unterliegt daher strengen gesetzlichen Vorschriften. Die Anforderungen an die Güte des Trinkwassers sind im Wesentlichen niedergelegt in:

- DIN 2000 Zentrale Trinkwasserversorgung
- DIN 2001 Eigen- und Einzeltrinkwasserversorgung
- IfSG Infektionsschutzgesetz
- LFGB Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch
- TrinkwV Trinkwasserverordnung

Für die ausreichende Wasserversorgung der Verbraucher, soweit dies die Anlagen in Gebäuden und Grundstücken betrifft, gelten folgende Vorschriften:

- AVB WasserV Verordnung über Allgemeine Bedingungen für die Versorgung mit Wasser
- DIN EN 805 Wasserversorgung Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und ihre Bauteile außerhalb von Gebäuden (Die öffentliche Trinkwasserversorgung, für die KSB ebenfalls ein umfangreiches Pumpenprogramm bereithält, wird hier nicht behandelt.)
- DIN EN 806 Technische Regeln für die Trinkwasserinstallationen mit den nationalen Ergänzungen DIN 1988-200/-300/-500/-600.

Bei der Herkunft des Trinkwassers unterscheidet man zwischen zentralen und/oder Eigen- bzw. Einzelwasserversorgungsanlagen. Die nachfolgenden Ausführungen befassen sich mit beiden Anwendungsfällen.

Überall dort, wo der Mindestversorgungsdruck (SPLN) zur einwandfreien Versorgung aller Entnahmestellen nicht ausreicht, ist der Einsatz einer DEA erforderlich.

$$\text{SPLN} < \Delta p_{\text{geo}} + p_{\text{min, Fl}} + \sum(R \cdot l + Z) + \Delta p_{\text{WZ}} + \Delta p_{\text{Ap}} \quad [\text{bar}]$$

Formel (1)

Legende:

- SPLN = Minimaler verfügbarer Druck an der Übergabestelle des Wasserversorgungsunternehmens
- Δp_{geo} = Geodätischer Druckverlust
- $p_{\text{min, Fl}}$ = Mindestfließdruck an der hydraulisch ungünstigsten Entnahmestelle
- $\sum(R \cdot l + Z)$ = Rohrreibungs- und Einzelwiderstände
- Δp_{WZ} = Wasserzähler-Druckverlust
- Δp_{Ap} = Apparate-Druckverlust

Aufbau und Funktion der DEA werden in der DIN 1988-500 beschrieben. Diese Norm gilt sowohl für die Versorgung aus zentralen als auch von Eigen- bzw. Einzelwasserversorgungsanlagen. Sie fordert unter anderem betriebsfertig eingebaute Reservepumpen bei Förderung von Trinkwasser.

Nach DIN EN 806 Teil 2 wird die ständige Betriebssicherheit gefordert. In begründeten Einzelfällen kann bei der Versorgung mit Trinkwasser mittels einer DEA auf die Reservepumpe verzichtet werden:

- Überall da, wo bei Ausfall der DEA keine lebensnotwendigen Bedürfnisse berührt werden, wie z. B. in Wochenendhäusern, Jagdhütten usw., aber auch EFH, kann man eine DEA ohne Reservepumpe einbauen und betreiben.

Immer ist jedoch die zuständige Behörde zwecks Genehmigung anzusprechen.

Die DEA-Einbindung (siehe Abb. 1) muss grundsätzlich so erfolgen, dass eine hydraulische Rückwirkung auf das öffentliche Versorgungsnetz und auf die Hausinstallation minimiert wird. Aus der Kenntnis der Vordruckschwankungen und des max. Anschlusswertes der Versorgungsleitung sowie durch die Überprüfung der Fließgeschwindigkeit in der Hausanschlussleitung kann dies durch eine geeignete Komponentenauswahl sichergestellt werden. Eine schwingungstechnische Entkoppelung der DEA durch geeignete Maßnahmen (z. B. Kompensatoren mit Längenbegrenzer, entkoppelte Fundamente ...) trägt deutlich zur Reduzierung der Körperschallübertragung bei.

Vordruckschwankungen

Schwankungen des Versorgungsdrucks haben erhebliche Auswirkungen auf das Betriebsverhalten der DEA. Diese reichen von einer drastischen Erhöhung der Schalthäufigkeit (Taktbetrieb) bis hin zu einer erhöhten Ausgangsdruckschwankung. In bestimmten Fällen kann der Nenndruck von Anlagenteilen überschritten werden. In jedem Fall treten hier Druckschläge und damit Verschleiß aller beteiligten Komponenten auf.

Bei Vordruckschwankungen außerhalb von +0,3/-0,2 bar sind folgende Abhilfemaßnahmen möglich bzw. erforderlich:

- Druckminderer oder Druckregler vor der DEA (Baureihe Hyamat K)
- DEAs mit stufenlos geregelter Grundlastpumpe (Baureihe Hyamat V)

Bei großen Vordruckschwankungen:

- DEAs mit stufenloser Regelung aller Pumpen (Baureihe Hyamat SVP)

Förderstromaufteilung

Für die Größenbestimmung der Einzelpumpen ist das Verhältnis des Auslegungsförderstroms der DEA zum max. Anschlusswert der Versorgungsleitung entscheidend.

Besonders bei DEAs mit Kaskadenregelung, Baureihe Hyamat K, muss aber die Aufteilung des Nennförderstroms auf mehrere Pumpen sichergestellt werden, damit beim Schalten einzelner Pumpen die Geschwindigkeitsänderung in der Hausanschlussleitung nicht größer als 0,15 m/s wird. Mögliche Abhilfemaßnahmen sind:

- Einbau von Membrandruckbehältern auf der Zulaufseite
- Mittelbarer Anschluss über drucklosen Vorbehälter mit freiem Auslauf AB nach DIN EN 1717
- DEA mit stufenloser Drehzahlregelung der Grundlastpumpe (Hyamat V)
- DEA mit stufenloser Drehzahlregelung aller Pumpen (Hyamat SVP)

Verbrauchsschwankungen

Schnelle Verbrauchsänderungen hinter einer DEA können zu Druckstößen/Geräuschen in der Verbrauchsleitung führen. Zum Teil können Druckstöße Sicherheitseinrichtungen auslösen oder gar Schäden durch Rohrbrüche oder Apparate-Defekte verursachen. Es ist mit erhöhtem Verschleiß der Pumpen und Armaturen bzw. der Rohrleitungen zu rechnen. Als wichtigste Abhilfemaßnahme ist die Reduzierung der hohen Verbraucher-Dynamik zu sehen (z. B. Austausch Magnetventil, Motorventil).

Ebenso wichtig ist eine ausreichende Dimensionierung hinsichtlich des Nennförderstroms je Pumpe:

$$\Delta Q_{Pu} > \Delta Q_{max, dyn} \quad [m^3/h] \quad \text{Formel (2)}$$

Legende:

ΔQ_{Pu} = Nennförderstrom – Änderung je Pumpe

$\Delta Q_{max, dyn}$ = Volumenstromänderung eines hochdynamischen Verbrauchers

Des Weiteren dämpfen Membrandruckbehälter, die direkt vor dynamischen Verbrauchern angeordnet sind, die o. g. Auswirkungen. Der Behälter muss jeweils durchströmt werden. DEAs mit stufenloser Drehzahlregelung aller Pumpen (Hyamat SVP) haben eine bessere Regeldynamik. Dies ist vorteilhaft bei hohen dynamischen Verbraucherschwankungen.

Geräusche

Von modernen DEAs wird heute ein geräuscharmer Betrieb erwartet. Betriebsgeräusche (Luftschall) einer DEA werden überwiegend von den Lüftergeräuschen der E-Motoren erzeugt. Vollverkleidungen können hier eine erhebliche Geräuschreduzierung herbeiführen. Dies betrifft jedoch nur Anlagen im kaskadischen Betrieb (Hyamat K) und Hyamat V.

Pumpen erzeugen im Betrieb Schwingungen, Strömungsgeräusche und Körperschall. Äußerst wichtig ist daher die Entkopplung der Rohrleitungen von der DEA.

Daher muss jede DEA über geeignete Maßnahmen (z. B. Kompensatoren mit Längenbegrenzer, Aufstellung mittels z. B. Schwingmetall-Elementen) vom Leitungssystem und Gebäude entkoppelt werden. Kompensatoren müssen leicht austauschbar sein. Hinsichtlich der Strömungsgeräusche ist auf eine moderate Strömungsgeschwindigkeit in Rohrleitungen, Apparaten und Formstücken zu achten.

Hygiene

Hinsichtlich der hygienischen Anforderungen ist zwischen Anlagen für die Trinkwasserförderung und Anlagen zur Betriebswasserversorgung zu unterscheiden.

Trinkwasser

Gemäß Trinkwasserverordnung (Auszug) ist dies „Wasser für den menschlichen Gebrauch“. Dabei ist Trinkwasser Wasser im ursprünglichen Zustand oder nach Aufbereitung, das zum Trinken, zum Kochen, zur Zubereitung von Speisen und Getränken sowie zur Körperpflege und -reinigung, Reinigung von Gegenständen, die bestimmungsgemäß mit Lebensmitteln in Berührung kommen, und Reinigung von Gegenständen, die nicht nur vorübergehend mit dem menschlichen Körper in Kontakt kommen, verwendet wird.

Betriebswasser

„Gewerblichen, industriellen, landwirtschaftlichen oder ähnlichen Zwecken dienendes Wasser mit unterschiedlichen Güteeigenschaften, worin Trinkwasser eingeschlossen sein kann“.

Für den Betrieb einer DEA ist wichtig, dass die Wasserqualität nicht negativ beeinflusst wird. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist, dass es beim Betrieb einer DEA und der dazugehörigen Komponenten zu keiner Stagnation kommen kann. Da in einem geschlossenen System eine gesundheitliche Beeinträchtigung des Trinkwassers von außen nicht zu befürchten ist, ist der unmittelbare Anschluss dem mittelbaren Anschluss vorzuziehen.

Folgende Maßnahmen verringern die Stagnationsgefahr:

- Durchströmte Membrandruckbehälter
- Automatischer Pumpenwechsel aller Pumpen
- Möglichst geringe Toträume in wasserführenden Komponenten
- Zwangsspülung von stagnationsgefährdeten Rohrabschnitten

Ein weiterer hygienischer Aspekt ist die Mediumtemperatur. Folgende Faktoren können zu einer Wassererwärmung in den DEA-Komponenten – drucklose Vorbehälter, Pumpen, Rohrkomponenten und Membranbehälter – beitragen:

- Erhöhte Umgebungstemperatur am Aufstellungsort
- Längere Zeiten mit Mindestabnahmen (Bürogebäude am Wochenende)
- Erwärmung durch den Pumpvorgang (Verlustwärme)

Diese Faktoren können durch einen geeigneten Aufstellungsort und durch das rechtzeitige Abschalten der Pumpen bei Mindest-/Nullabnahme eliminiert werden.

Die verwendeten Werk- und Hilfsstoffe zum Bau der DEA müssen den einschlägigen Vorschriften (z. B. LFVG, KTW, DVGW) hinsichtlich der Trinkwassereignung entsprechen. Die Sauberkeit beim Bau, Transport, Einbau, bei der Inbetriebnahme einer DEA und der dazugehörigen Anlagenteile, zusammen mit einer abschließenden Spülung der Gesamtanlage nach DIN 1988-200 oder ZVSHK-Merkblatt, sind unabdingbare Voraussetzungen für Wasser nach DIN 2000 mit folgenden Eigenschaften:

- Hygienisch einwandfrei
- Kühl
- Geruchs- und geschmacksneutral
- Klar
- Frei von Fremdstoffen

Berechnungsbeispiel: Trinkwasser-Versorgungsanlage für ein Wohnhaus

Die Berechnung erfolgt auf der Grundlage der DIN 1988-300.

Folgende Annahmen:

Hochhaus mit UG, EG und 14 OGs, siehe Abb. 3.

Es sind 75 gleiche Wohneinheiten mit Trinkwasser zu versorgen.

Die Ausstattung je Wohneinheit (WE) ist wie folgt:

- 2 WCs mit Spülkasten, DN 15
- 1 Badewanne, DN 15*
- 1 Duschwanne, DN 15*
- 2 Waschbecken, DN 15
- 1 Waschmaschine, DN 15
- 1 Geschirrspülmaschine, DN 15
- 1 Küchenspüle, DN 15

*Sind in einer Nutzungseinheit eine Badewanne **und** eine Duschwanne vorhanden, wird lt. DIN 1988-300 nur eine Entnahmestelle berücksichtigt.

Für die Trinkwasseranlage werden vom Wasserversorgungsunternehmen folgende Anschlussdaten genannt:

- SPLN = 2,9 bar
- $p_{\max, v} = 4,8$ bar
- Hausanschlussnennweite: DN 50
- Unmittelbarer Anschluss der DEA
- Flügelradzähler

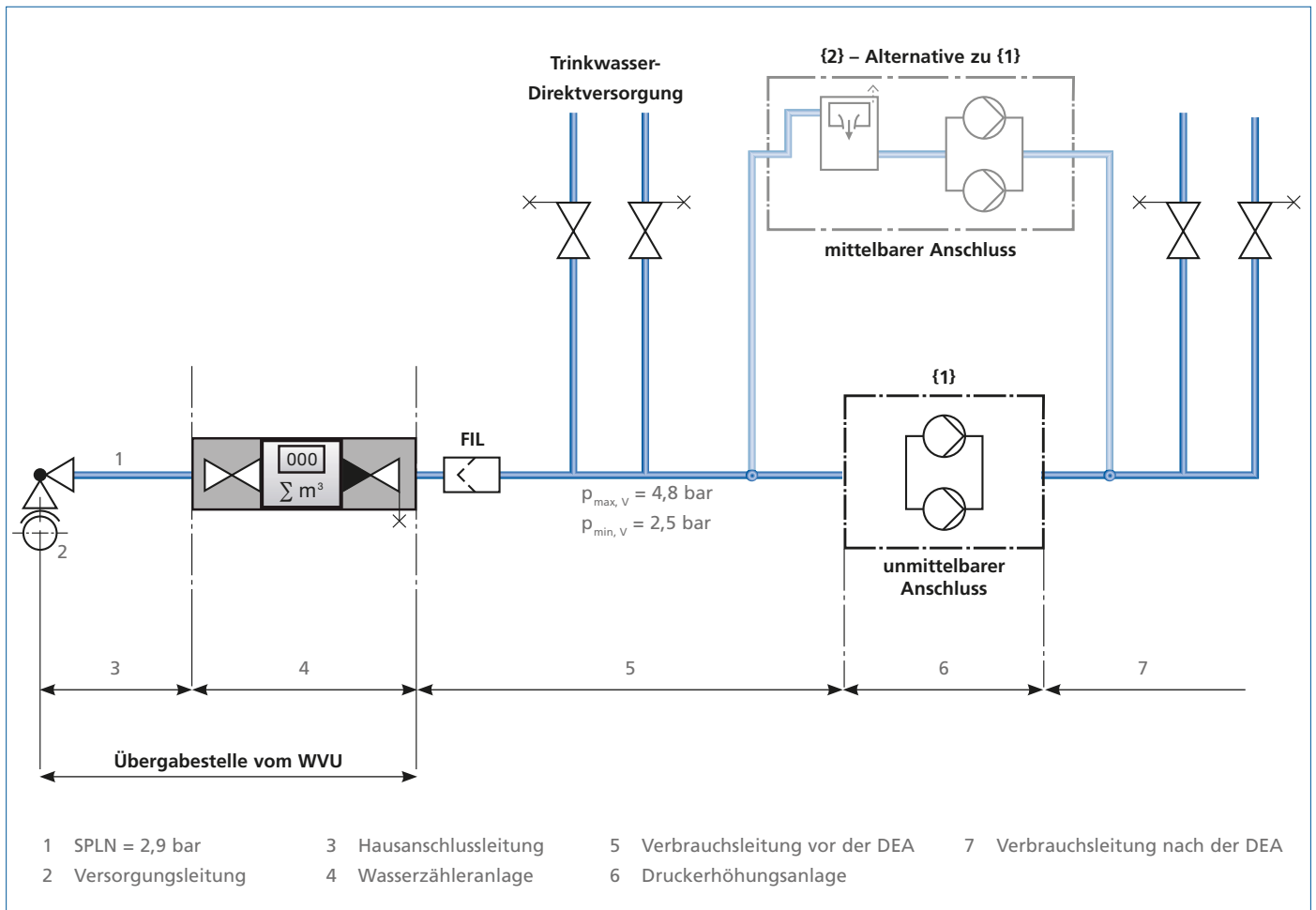


Abb. 2: Fließschema einer Druckerhöhungsanlage (DEA), mit Druckwerten

Ermittlung des Förderstroms einer Druckerhöhungsanlage

Der Summendurchfluss $\sum V_R$ soll im Regelfall nach Armaturenhersteller-Angaben ermittelt werden. Liegen im Einzelfall solche Angaben nicht vor, kann die Ermittlung anhand des Arbeitsblattes 1 erfolgen.

Berechnungsdurchflüsse

Relevante Objekte	Durchfluss [l/s]
2 WCs	0,26
1 Badewanne	0,00
1 Duschwanne	0,30
2 Waschbecken	0,28
1 Waschmaschine	0,15
1 Geschirrspülmaschine	0,07
1 Küchenspüle	0,14

Tabelle 2: Durchfluss verschiedener Sanitärobjekte

Bei der Bestimmung der Durchflüsse ist nach DIN 1988-300 der Kalt- und Warmwasserbedarf zu berücksichtigen. Daraus ergibt sich für $\sum V_R$ pro Wohneinheit: **1,20 l/s**

Der gesamte rechnerische Summendurchfluss der 75 Wohneinheiten beträgt damit:

$$\sum V_R = 75 \cdot 1,20 \text{ l/s} = 90 \text{ l/s}$$

Aufgrund des Nutzerverhaltens wird der rechnerische Summendurchfluss real nicht erreicht. Zur Ermittlung eines realistischen Spitzendurchflusses \dot{V}_s wird nach DIN 1988-300 folgende Gleichung verwendet:

$$\dot{V}_s = a \cdot (\sum \dot{V}_R)^b - c \quad \text{Formel (3)}$$

Legende:

- \dot{V}_s = Spitzendurchfluss
- \dot{V}_R = Berechnungsdurchfluss
- a, b, c = Konstanten nach Arbeitsblatt 2

Daraus ergibt sich ein Spitzendurchfluss:

$$\sum V_s = 1,48 \cdot 90^{0,19} - 0,94 = 2,54 \text{ l/s} \approx 9,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Dieser ermittelte Spitzendurchfluss muss von der DEA mindestens gefördert werden. Daher gilt:

$$\dot{V}_s \hat{=} V_{\max, P} \hat{=} Q_B = 2,54 \text{ l/s} \approx 9,14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Der Spitzendurchfluss (\dot{V}_s) wird in der Pumpentechnik mit dem Betriebsförderstrom der DEA (Q_B) gleichgesetzt.

Ermittlung von Minimal-, Maximal- und Vordruckschwankung vor der DEA (p_{vor})

Minimaldruck:

Dieser Grenzwert tritt auf bei minimalem Versorgungsdruck SPLN und gleichzeitig maximaler Wasserabnahme \dot{V}_s . Die dynamischen Druckverluste in der Installation zwischen der Übergabestelle (WVU) und dem Eingang der DEA müssen nun berücksichtigt werden.

Rohrreibungs- und Einzelwiderstände in der Hausanschlussleitung:

$$\Delta p_{\text{HAL}} = 0,2 \text{ bar}$$

Druckverlustberechnung Wasserzähler:

$$\Delta p_{\text{WZ}} = \left(\frac{\dot{V}_s}{\dot{V}_{\max}} \right)^2 \cdot \Delta p \quad \text{Formel (4)}$$

$$\Delta p_{\text{WZ}} = \left(\frac{9,14}{20} \right)^2 \cdot 1000 \frac{1}{1000} \text{ bar} = 0,21 \text{ bar}$$

(Flügelradzähler, senkrecht, G2B, siehe Arbeitsblatt 3)

Druckverlustberechnung Filter:

$$\Delta p_{\text{AP}} = \left(\frac{\dot{V}_s}{\dot{V}_{\max}} \right)^2 \cdot \Delta p \quad \text{Formel (5)}$$

$$\Delta p_{\text{AP}} = \left(\frac{9,14}{20} \right)^2 \cdot 200 \frac{1}{1000} = 0,04 \text{ bar}$$

(Gegebener Filter, Nenndurchfluss 30 m³/h, siehe Arbeitsblatt 4)

Resultat:

$$p_{\text{vor, min}} = \text{SPLN} - \Delta p_{\text{HAL}} - \Delta p_{\text{WZ}} - \Delta p_{\text{AP}} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (6)}$$

$$p_{\text{vor, min}} = 2,9 - 0,2 - 0,21 - 0,04 = 2,45 \text{ bar} \approx 2,5 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{\text{vor}} = p_{\text{vor, max}} - p_{\text{vor, min}} = 4,8 - 2,5 = 2,3 \text{ bar}$$

Die DEA muss also mit der Vordruckschwankung

$$\Delta p_{\text{vor}} = 2,3 \text{ bar} \text{ sicher funktionieren.}$$

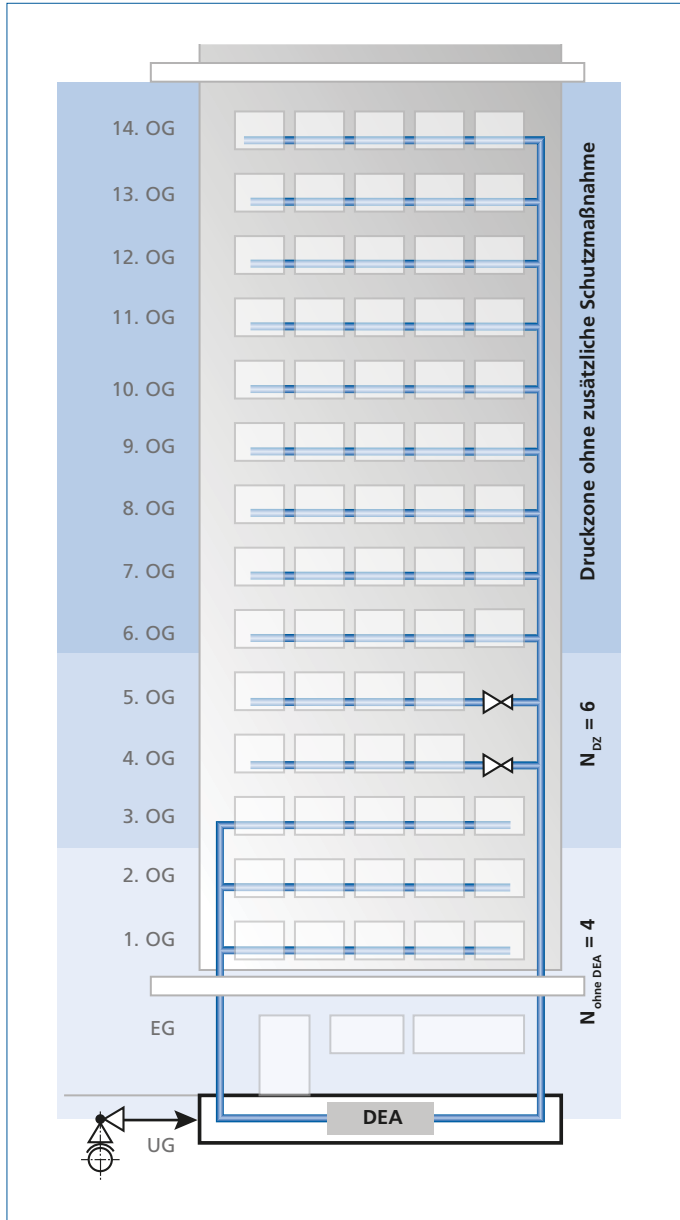


Abb. 3: Druckzonendarstellung

Der Vordruck p_{vor} vor der DEA schwankt stärker als der Versorgungsdruck an der Übergabestelle (WVU). Die DEA muss daher mit der Vordruckschwankung Δp_{vor} betrieben werden können. Das ist anlagenspezifisch zu prüfen bzw. durch entsprechende Schutzkonzepte (z. B. Druckminderer) zu realisieren.

Maximaldruck

Dieser tritt bei maximalem Versorgungsdruck $p_{\text{max},V}$ und gleichzeitig minimaler Wasserabnahme auf. Dann entfallen die dynamischen Druckverluste in der zulaufseitigen Installation.

$$p_{\text{vor, max}} = p_{\text{max}, V} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (7)}$$

Ermittlung der Stockwerke ohne DEA

$$N_{\text{ohne DEA}} \leq \frac{p_{\text{vor, min}} - p_{\text{Fl}} - \Delta p_{\text{dyn}}}{\Delta p_{\text{Stw}}} \quad \text{Formel (8)}$$

Legende:

- $N_{\text{ohne DEA}}$ = Anzahl der Stockwerke, die ohne DEA versorgt werden können
- $p_{\text{vor, min}}$ = Minimaler verfügbarer Druck vor der DEA
- p_{Fl} = Fließdruck am Verbraucher
- Δp_{dyn} = Dynamischer Druckverlust
- Δp_{Stw} = Druckverlust je Stockwerk

$$N_{\text{ohne DEA}} \leq \frac{2,45 - 1,0 - 0,2}{0,3} = 4,16 \approx 4$$

Von der Abzweigung (vor der DEA-Zuleitung) aus gerechnet, können die ersten 4 Stockwerke direkt versorgt werden (EG, 1. OG, 2. OG, 3. OG), siehe auch Abb. 3. Ab dem 4. OG muss daher eine Versorgung über die DEA erfolgen (Abb. 3).

Ermittlung des erforderlichen Drucks nach der DEA (p_{nach})

Das Wohngebäude besitzt insgesamt 75 gleiche Wohneinheiten. Alle Geschosse: UG, EG und 14 OGs haben eine Stockwerkshöhe von 3 m.

$$p_{nach} = \Delta p_{geo} + \sum(\Delta p_R + \Delta p_E) + p_{min, FI} + \Delta p_{AP} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (9)}$$

Legende:

p_{nach}	= Erforderlicher Druck nach der DEA
Δp_{geo}	= Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied
$\sum(\Delta p_R + \Delta p_E)$	= Rohrreibungs- und Einzelwiderstände nach der DEA
Δp_{WZ}	= Wasserzähler-Druckverlust
$p_{min, FI}$	= Mindestfließdruck am Verbraucher
Δp_{AP}	= Apparate-Druckverlust (z. B. Einzelwasserzähler)
N	= Stockwerksanzahl
H_{Stw}	= Stockwerkshöhe

Der geodätische Druckverlust wird aus der Stockwerksanzahl (N) und der Stockwerkshöhe (H_{Stw}) bestimmt.

$$\Delta p_{geo} = \frac{N \cdot H_{Stw}}{10} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (10)}$$

Siehe auch Arbeitsblatt 5

$$\Delta p_{geo} = \frac{15 \cdot 3}{10} = 4,5 \text{ bar}$$

Gemessene Rohrleitungslänge von der DEA bis zur hydraulisch ungünstigsten Entnahmestelle ca. **70 m**. (Genaue Berechnung nach DIN 1988-300.)

(Abschätzung, siehe Arbeitsblatt 4)

$$\Delta p_R + \Delta p_E \approx 15 \text{ mbar/m}$$

$$\sum(\Delta p_R + \Delta p_E) = \frac{70 \cdot 15}{1000} = 1,05 \text{ bar}$$

Für den notwendigen Mindestfließdruck ($p_{min, FI}$) ist die Entnahmemarmatur mit dem höchsten Druckbedarf ($p_{min, FI}$) maßgebend.

$$p_{min, FI} = 1,0 \text{ bar}$$

(siehe Arbeitsblatt 1)

$$\Delta p_{AP} = 0$$

(Annahme: keine weiteren Apparate in Rohrleitung eingebaut)

In die Formel eingesetzt:

$$p_{nach} = 4,5 + 1,05 + 1,0 + 0 = 6,55 \text{ bar} \approx 6,6 \text{ bar}$$

Ermittlung der Förderhöhe der DEA

Generell kann bei unmittelbarem DEA-Anschluss der Vordruck p_{vor} genutzt werden. Für die Ermittlung der Pumpenförderhöhe H gilt generell:

$$H = (p_{nach} - p_{vor, min}) \cdot 10 \quad [\text{m}] \quad \text{Formel (11)}$$

Legende:

H	= Pumpenförderhöhe
p_{nach}	= Erforderlicher Druck nach der DEA
$p_{vor, min}$	= Minimaler verfügbarer Druck vor der DEA

Der minimale zulässige Vordruck $p_{vor, min}$ (bzw. die Vordruckschwankung) hängt von der DEA-Regelungsart ab:

- Bei kaskadengeregelten DEAs (Hyamat K) muss meist ein Druckminderer vorgeschaltet werden. Für unser Beispiel wird dies angenommen.

Dessen Arbeitsdruckverlust beträgt $\Delta p_{Drumi} = 0,7 \text{ bar}$.

In die Formel (11) eingesetzt:

$$H = (6,6 - (2,5 - 0,7)) \cdot 10 = 48 \text{ m}$$

- Bei stufenlos geregelten DEAs (Hyamat V, Hyamat SVP) ist im Normalfall vordruckseitig kein^{*)} Druckminderer erforderlich.

In die Formel (11) eingesetzt:

$$H = (6,6 - 2,5) \cdot 10 = 41 \text{ m}$$

^{*)} Eine Prüfung, ob dieser Ansatz hydraulisch zulässig ist, muss allerdings anhand der Pumpenkennlinie überprüft werden.

Ermittlung der Stockwerke mit Druckminderer zum Schutz der Verbraucher

Unter der Annahme eines konstanten Versorgungsdrucks nach der DEA von $p_{\text{nach}} \approx 6,6$ bar kann eine überschlägige Prüfung notwendiger Schutzmaßnahmen wie folgt vorgenommen werden.

Der maximal zulässige Ruhedruck in Wohngebäuden beträgt maximal 5,0 bar (Sicherheitsventile, Geräusche, Toilettenspülkästen). Da dieser maximale Druck von 5,0 bar nicht überschritten werden darf und der höchste Druck bei Nullabnahme ($Q \approx 0$) auftreten wird, werden die dynamischen Druckverluste $\sum (\Delta p_R + \Delta p_E) = 0$.

Um herauszufinden, bis zu welchem OG die Verbraucher über Druckminderer vor Drücken $\geq 5,0$ bar geschützt werden müssen, kann folgende Berechnungsweise angesetzt werden:

$$N_{\text{DZ}} \geq \frac{p_{\text{nach}} - p_{\text{max, Fl}}}{\Delta p_{\text{Stw}}} \quad \text{Formel (12)}$$

Legende:

- N_{DZ} = Stockwerksanzahl, die mit einem Druckminderer vor unzulässigen Drücken geschützt werden muss
- p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
- $p_{\text{max, Fl}}$ = Maximal zulässiger Fließdruck am Verbraucher
- Δp_{Stw} = Druckverlust je Stockwerk

$$N_{\text{DZ}} \geq \frac{6,6 - 5,0}{0,3} = 5,3 \text{ bar} \approx \mathbf{6 \text{ bar}}$$

(Dieser Wert ist auf 6 aufzurunden.)

In den Verbrauchsleitungen nach der DEA müssen mindestens die ersten 6 Stockwerke über Druckminderer geschützt werden. In unserem Fall sind dies die Obergeschosse 4 und 5, da die tieferliegenden Stockwerke unabhängig von der DEA versorgt werden (siehe Abb. 3).

Diese Betrachtung gilt nur für DEAs mit konstantem, geregelter Ausgangsdruck.

Bestimmung der richtigen DEA-Variante (Bauart)

Anhand der folgenden Beispiele sollen die verschiedenen Regelungsarten gegenübergestellt werden.

Bei den Berechnungen werden dabei folgende Werte angenommen:

Q	= 24 m ³ /h
Δp_{geo}	= 3,3 bar
$\sum(\Delta p_{\text{R}} + \Delta p_{\text{E}})$	= 1,1 bar
$p_{\text{min, FI}}$	= 1,0 bar
$p_{\text{min, V}}$	= 2,2 bar
$p_{\text{max, V}}$	= 3,5 bar

DEA mit Kaskadenregelung (Hyamat K)

Merkmale:

- Pumpen werden druckabhängig ein-/ausgeschaltet.
- Pumpen laufen mit voller Drehzahl.
- Automatischer Pumpenwechsel
- Ausgangsdruck schwankt
min. um: $(p_{\text{AUS}} - p_{\text{EIN}})$
max. um: $(p_0 - p_{\text{EIN}}) + \Delta p_{\text{vor}}$
- Unterhalb einer Mindestabnahmemenge $Q_{\text{min}}(p_{\text{A}})$ tritt ein unstetiger Taktbetrieb auf (hohe Schalthäufigkeit).
- Der Bereich des unstetigen Taktbetriebs vergrößert sich bei ansteigendem p_{vor} (Vordruck) und ist besonders ausgeprägt bei Pumpen mit geringer Stufenzahl (flache Pumpenkennlinie).
- Nur geringfügige Vordruckausnutzung möglich (bei schwankendem Vordruck)
- Vorgeschaltete Druckminderer sind daher häufig notwendig.
- Relativ große hydraulische Rückwirkung auf das Versorgungsnetz

Ermittlung des erforderlichen Drucks nach der DEA (p_{nach}):

$$p_{\text{nach}} = \Delta p_{\text{geo}} + \sum(\Delta p_{\text{R}} + \Delta p_{\text{E}}) + p_{\text{min, FI}} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (13)}$$

Legende:

p_{nach}	= Erforderlicher Druck nach der DEA
Δp_{geo}	= Geodätischer Druckverlust
$\sum(\Delta p_{\text{R}} + \Delta p_{\text{E}})$	= Rohrleitungs- und Einzelwiderstände
$p_{\text{min, FI}}$	= Mindestfließdruck am Verbraucher

Mit den angenommenen Werten (siehe oben) ergibt sich:

$$p_{\text{nach}} = 3,3 + 1,1 + 1,0 = 5,4 \text{ bar}$$

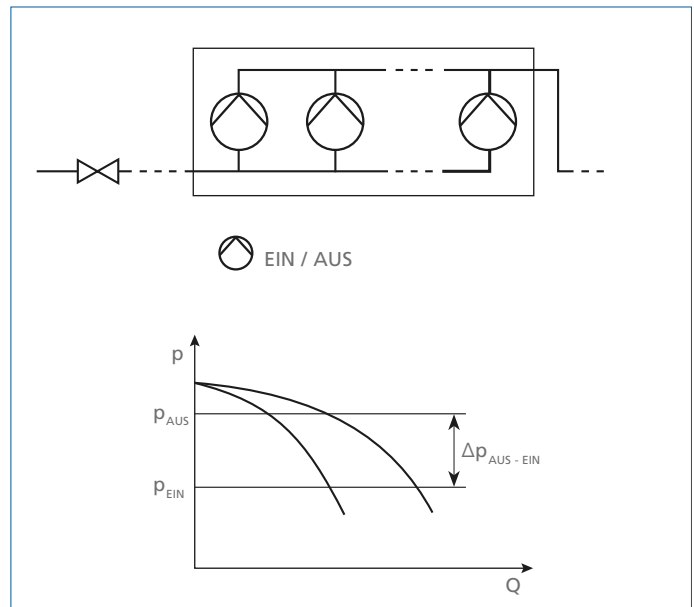


Abb. 4: Schema der Kaskadenregelung am Beispiel der Hyamat K

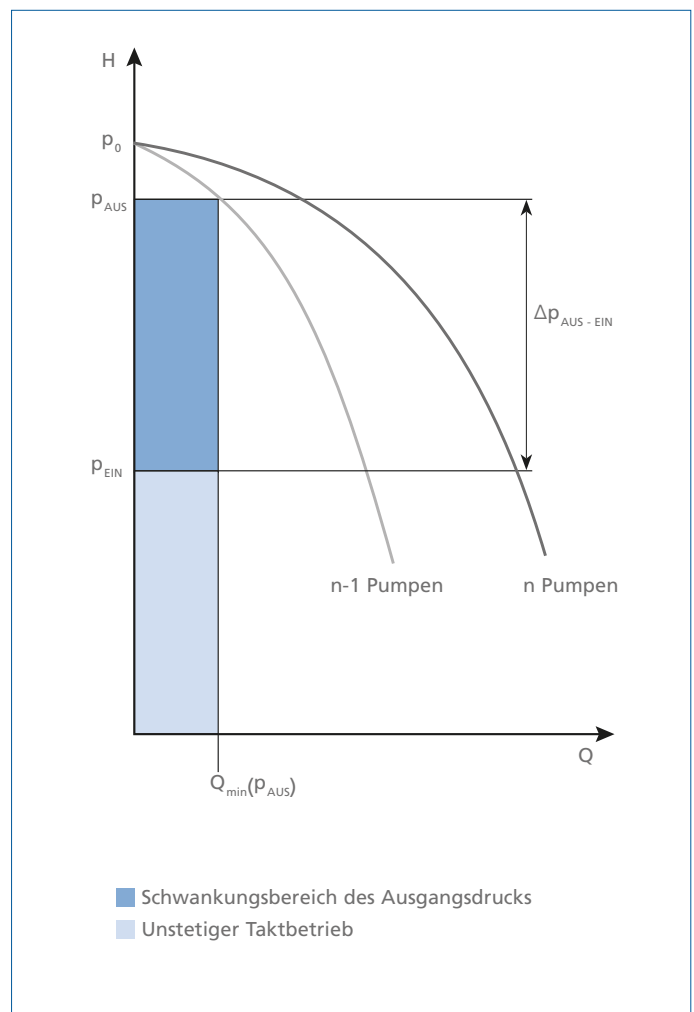


Abb. 5: Leistungskennfeld einer DEA mit Kaskadenregelung (Baureihe Hyamat K)

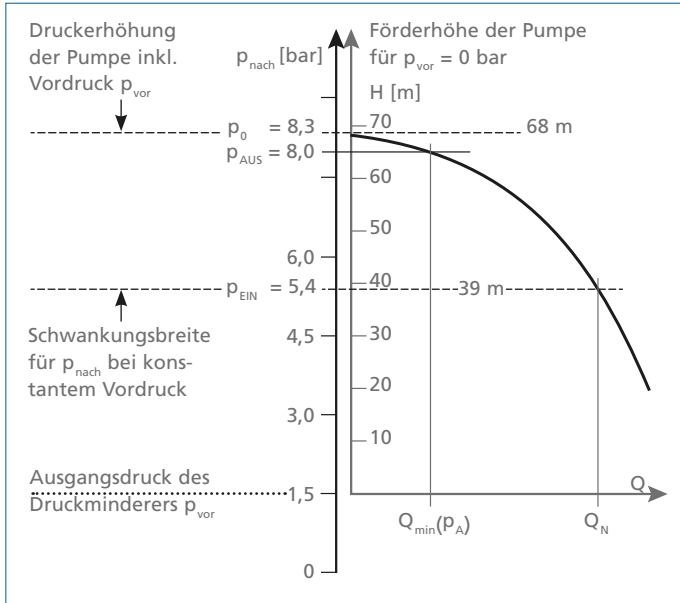


Abb. 6: Leistungskennfeld einer DEA mit Kaskadenregelung mit eingetragenen Druckwerten für den Auslegungsfall mit Vordruck (p_{vor})

Der erforderliche Ausgangsdruck einer DEA (p_{nach}) wird bei Kaskadenregelung als Einschaltdruck (p_{EIN}) bezeichnet. Bauartbedingt kann der Ausgangsdruck bis auf den Wert $p_0 = p_{\text{vor}} + \frac{H_0}{10}$ ansteigen. Dieser Druckanstieg ist immer von der Pumpenauswahl (flache / steile Kennlinie) abhängig. Nach Aussage des Wasserversorgungsunternehmens kann der Versorgungsdruck an der Übergabestelle zwischen einem Minimalwert $p_{\text{min,V}} = 2,2$ bar und dem Maximalwert $p_{\text{max,V}} = 3,5$ bar schwanken. Weil die zulaufseitigen Druckschwankungen bei Kaskadenregelung zu hoch sind, muss ein Druckminderer eingebaut werden. Aufgrund des Arbeitsdruckverlustes des Druckminderers von ca. 0,7 bar sinkt der verfügbare Vordruck auf $p_{\text{vor}} = 1,5$ bar. Damit ergibt sich die Pumpenförderhöhe wie folgt:

$$H = (p_{\text{nach}} - p_{\text{vor}}) \cdot 10 \quad [\text{m}]$$

Formel (14)

Legende:

- H = Pumpenförderhöhe
- p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
- p_{vor} = Verfügbarer Druck vor der DEA

$$H = (5,4 - 1,5) \cdot 10 = 39 \text{ m}$$

Auswahl der passenden DEA-Größe

$$\dot{V}_s = Q_B = 24 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (angenommen)}$$

$$H = 39 \text{ m}$$

Infrage kommt hierzu Hyamat K 4/0607B mit Reservepumpe (siehe Abb. 8).

Einteilung der Druckzonen

Berechnung von (p_{min} , p_{max}) je Stockwerk:

(Darstellung in Abb. 7)

Für den Ausgangsdruck der DEA (p_{nach}) wird der maximale Ausgangsdruck $p_{\text{nach}} = p_0 = p_{\text{vor}} + \frac{H_0}{10}$ angenommen. Wir gehen bei Kaskadenbetrieb einer DEA immer von einem vorgeschalteten Druckminderer aus. Der verfügbare Druck vor der DEA (p_{vor}) ist als Ausgangsdruck des Druckminderers zu verstehen. Wenn kein Druckminderer vorgeschaltet ist, muss für (p_{vor}) der maximal mögliche Versorgungsdruck ($p_{\text{max,V}}$) eingesetzt werden.

$$N_{\text{DZ}} = \frac{p_{\text{nach}} - p_{\text{max}}}{\Delta p_{\text{Stw}}}$$

Formel (15)

Legende:

- N_{DZ} = Stockwerksanzahl, die mit einem Druckminderer vor unzulässigen Drücken geschützt werden muss
- p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
- p_{max} = Maximal zulässiger Fließdruck am Verbraucher
- Δp_{Stw} = Druckverlust je Stockwerk ($h_{\text{Stw}} = 3 \text{ m}$)

Damit ergibt sich:

$$N_{\text{DZ}} = \frac{8,0 - 5,0}{0,3} = 10$$

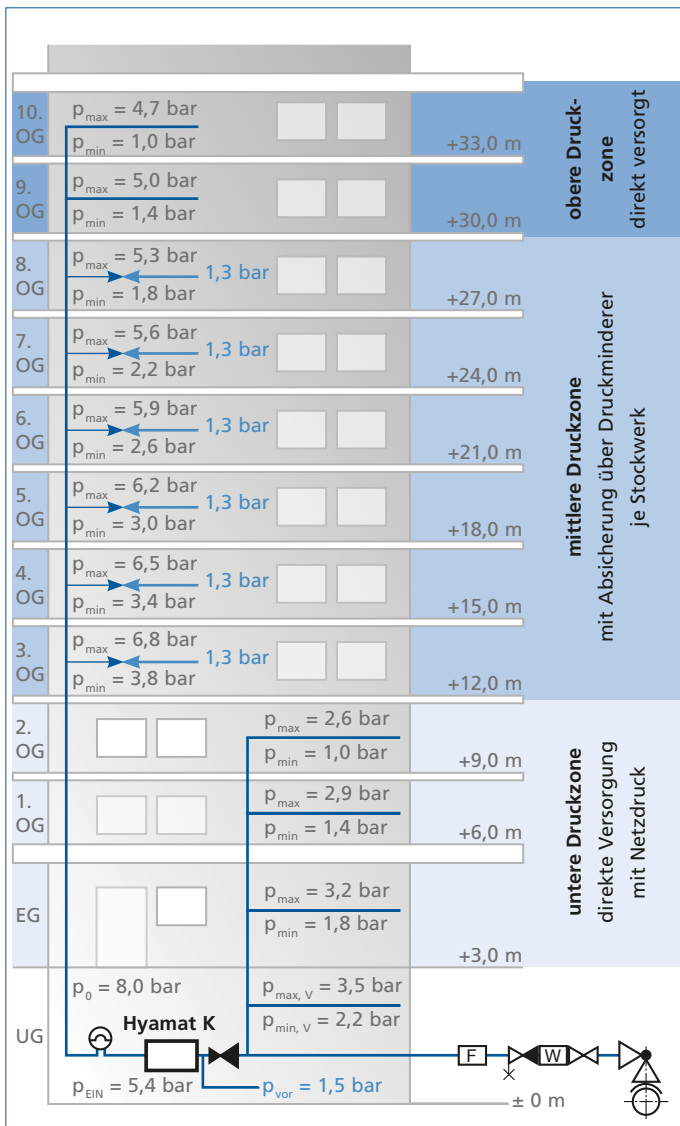


Abb. 7: Strangschemata einer DEA mit Kaskadenregelung, mit eingetragenen Druckwerten und Darstellung der Druckzonen

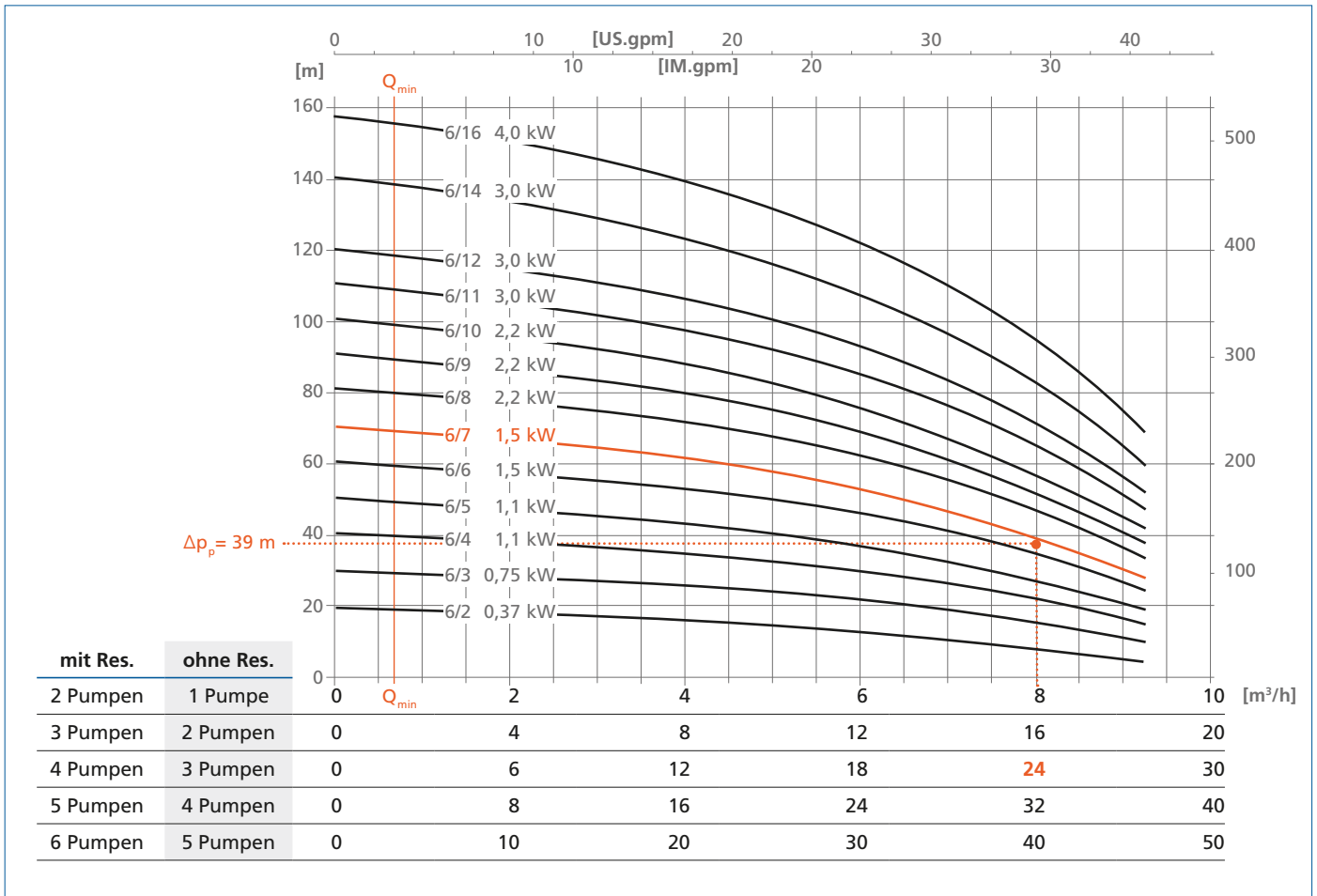


Abb. 8: Hyamat K mit Movitec 6B

Bestimmung des maximalen Stockwerkdrucks $p_{\max, \text{Stw}}$

Annahme:

- Keine oder nur geringe Wasserabnahme. Daher wird $H_V \approx 0$.
- 11 Stockwerke

Berechnung:

Der maximale Stockwerksdruck ($p_{\max, \text{Stw}}$) berechnet sich aus dem Druck nach der DEA (p_{nach}) abzüglich des geodätischen Druckverlustes ($\Delta p_{\text{geo (X. OG)}}$) des jeweiligen Stockwerks. Der geodätische Druckverlust des Gebäudes mit $N = 11$ Stockwerken (EG + 10 OGs) beträgt in Summe:

$$\Delta p_{\text{geo}} = N \cdot \Delta p_{\text{geo, Stw}} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (16)}$$

Legende:

Δp_{geo} = Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied
 N = Stockwerkszahl
 $\Delta p_{\text{geo, Stw}}$ = Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied je Stockwerk

mit $\Delta p_{\text{geo, Stw}} = 0,3$ bar ergibt sich $\Delta p_{\text{geo}} = 11 \cdot 0,3 \text{ bar} = 3,3$ bar

$$p_{\max} = p_{\text{nach}} - \Delta p_{\text{geo (X. OG)}} = p_0 - \Delta p_{\text{geo (X. OG)}} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (17)}$$

Legende:

p_{\max} = Maximaler Druck
 p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
 $\Delta p_{\text{geo (X. OG)}}$ = Geodätischer Druckverlust für das X. Stockwerk
 p_0 = Maximaler Pumpendruck bei Förderstrom = 0

Für das 10. OG ergibt zum Beispiel hier

$$p_{\max} = 8,0 \text{ bar} - 3,3 \text{ bar} = 4,7 \text{ bar}$$

Allgemein gilt für den maximalen Stockwerksdruck folgender Zusammenhang:

$$p_{\text{nach}} = p_0 \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (18)}$$

$$p_{\max} = p_0 - \Delta p_{\text{Stw}} \cdot N \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (19)}$$

Legende:

p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
 p_0 = Maximaler Pumpendruck bei Förderstrom = 0
 p_{\max} = Maximaler Druck
 Δp_{Stw} = Druckverlust je Stockwerk
 N = Stockwerksanzahl

Bestimmung des minimalen Stockwerkdrucks $p_{\min, \text{Stw}}$

Annahme:

- Der Ausgangsdruck p_{nach} der DEA entspricht p_{EIN} .
- Die Wasserabnahme ist maximal: $Q_N = \dot{V}_s$.
- Die dynamischen Druckverluste $\Sigma(\Delta p_R + \Delta p_E)$ entsprechen dem maximalen Wert.
- Vereinfachend wird von einer linearen Verteilung der Druckverluste auf die einzelnen Stockwerke ausgegangen. Dies gilt sowohl für den geodätischen als auch für den dynamischen Druckverlust.

Berechnung:

Für das Gebäude mit $N = 11$ Stockwerken gilt:

$\Delta p_{\text{geo, Stw}} = 0,3$ bar je Stockwerk. Bei einem dynamischen Druckverlust von $\Sigma(R \cdot l + Z) = 1,1$ bar ergibt sich daher als anteiliger dynamischer Druckverlust je Stockwerk:

$$\Delta p_{\text{dyn, Stw}} = \frac{\Sigma(R \cdot l + Z)}{N} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (20)}$$

Legende:

$\Delta p_{\text{dyn, Stw}}$ = Dynamischer Druckverlust je Stockwerk
 $\Sigma(R \cdot l + Z)$ = Rohrreibungs- und Einzelwiderstände
 N = Stockwerksanzahl

$$\Delta p_{\text{dyn, Stw}} = \frac{1,1}{11} \text{ bar} = 0,1 \text{ bar}$$

Der rechnerische Gesamtdruckverlust je Stockwerk ist daher:

$$\Delta p_{\text{Stw, ges}} = \Delta p_{\text{geo, Stw}} + \Delta p_{\text{dyn, Stw}} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (21)}$$

Legende:

$\Delta p_{\text{Stw, ges}}$ = Gesamtdruckverlust je Stockwerk
 $\Delta p_{\text{geo, Stw}}$ = Geodätischer Druckverlust je Stockwerk
 $\Delta p_{\text{dyn, Stw}}$ = Dynamischer Druckverlust je Stockwerk

Es ergibt sich $\Delta p_{\text{Stw}} = 0,3 \text{ bar} + 0,1 \text{ bar} = 0,4 \text{ bar}$

Allgemein gilt für den Fließdruck eines Stockwerks folgender Zusammenhang:

$$p_{\min, (N)} = p_{\text{nach}} - \Delta p_{\text{Stw, ges}} \cdot N \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (22)}$$

Legende:

$\Delta p_{\min, (N)}$ = Mindestfließdruck am Verbraucher im Stockwerk (N)
 p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
 $\Delta p_{\text{Stw, ges}}$ = Gesamtdruckverlust je Stockwerk
 N = Stockwerksanzahl

Beispiel:

Für den verfügbaren Fließdruck im 5. OG gilt:

$N = 6$ (EG + 5 OGs) mit den Werten aus Abb. 7 folgt:

$$p_{\min, \text{Fl (6)}} = 5,4 \text{ bar} - 0,4 \text{ bar} \cdot 6 = 3,0 \text{ bar}$$

Druckzonenaufteilung im Gebäude für eine Kaskadenregelung (Hyamat K)

Fazit:

Bei Ausfall einer Betriebspumpe ergeben sich keine Auswirkungen auf die Verbraucher, da von vornherein Maßnahmen zur Überdruckbegrenzung getroffen wurden (zulaufseitiger Druckminderer und Einrichtung von Druckzonen verbraucherseitig).

- Zulaufseitiger Druckminderer:

Dieser muss eingebaut werden, weil die zulaufseitigen Druckschwankungen für einen Kaskadenbetrieb zu hoch sind.

Aufgrund des Druckverlustes im Druckminderer

(hier $\Delta p = 0,7$ bar) sinkt der verfügbare Vordruck auf

$p_{\text{vor}} = 1,5$ bar. Daher müssen die Pumpen eine um 7 m erhöhte Nennförderhöhe erbringen.

- Verbrauchsseitige Druckminderer:

In den Obergeschossen 3 bis 8 würde der maximal zulässige Druck von $p_{\text{max}} = 5$ bar deutlich überschritten (siehe Abb. 7).

Daher müssen diese Geschosse über Druckminderer abgesichert werden. Die danach verfügbaren Drücke werden einheitlich auf 1,3 bar eingestellt.

Resümee

Die Kaskadenregelung der DEA ist grundsätzlich ein preisgünstiges Konzept. Sobald jedoch nachteilige Wirkungen dieses Konzeptes (Druckschwankung, Taktbetrieb, Rückwirkung auf das WVU-Netz ...) reduziert werden sollen, sind diverse Zusatzkomponenten (Druckregler, Membrandruckbehälter ...) einzubauen. Dadurch verteuert sich das Konzept erheblich.

DEA mit stufenloser Drehzahlregelung einer Pumpe (Hyamat V)

Merkmale

- Grundlastpumpe wird stufenlos geregelt
- Spitzenlastpumpen werden druckabhängig geschaltet (Δp -Band)
- Spitzenlastpumpen laufen mit voller Drehzahl
- Pumpenwechsel der regelten Grundlastpumpen möglich
- Weitgehend konstanter Ausgangsdruck
- Vordruckschwankungen können ausgeglichen werden
- Bei Störung der stufenlosen Regelung – Verhalten wie Kaskade
- Abschaltung der Grundlastpumpe bei minimalem Förderstrom, unabhängig vom Vordruck
- Geringe Rückwirkung auf das speisende Wasserversorgungsnetz
- Üblicherweise kein zulaufseitiger Druckminderer erforderlich

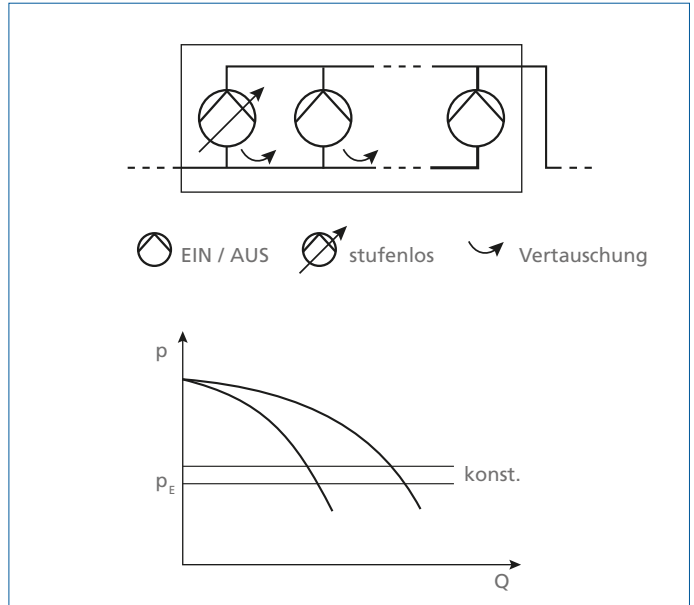


Abb. 9: Schema einer stufenlosen Drehzahlregelung am Beispiel der Hyamat V

Ermittlung des erforderlichen Drucks nach der DEA (p_{nach})

Die Berechnung von (p_{nach}) erfolgt nach:

$$p_{nach} = \Delta p_{geo} + \sum(\Delta p_R + \Delta p_E) + p_{min, Fl} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (23)}$$

Legende:

- Δp_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
- Δp_{geo} = Geodätischer Druckverlust
- $\sum(\Delta p_R + \Delta p_E)$ = Rohrleitungs- und Einzelwiderstände
- $p_{min, Fl}$ = Mindestfließdruck am Verbraucher

$$p_{nach} = 3,3 \text{ bar} + 1,1 \text{ bar} + 1,0 \text{ bar} = 5,4 \text{ bar}$$

Auch bei der DEA mit stufenloser Regelung einer Pumpe wird der erforderliche Ausgangsdruck (p_{nach}) als Einschaltdruck (p_{EIN}) bezeichnet. Im normalen Regelbetrieb ist der Ausgangsdruck nahezu konstant. Beim Zu- oder Abschalten von Spitzenlastpumpen kann der Ausgangsdruck kurzzeitig geringfügig von (p_{EIN}) abweichen (z. B. $\pm 0,5$ bar).

Achtung:

Im Störfall, Ausfall der stufenlosen Drehzahlregelung, erfolgt eine automatische Umschaltung in den Kaskadenbetrieb. Hierbei ist zu beachten, dass im Normalfall kein Druckminderer vorgeschaltet ist, sodass der Ausgangsdruck (p_{nach}) maximal auf den Wert $p_{nach} = p_0 = p_{vor, max} + \frac{H_0}{10}$ ansteigen kann.

Mögliche Absicherungsmaßnahme:

Ein zentraler Druckminderer am Ausgang der DEA

Durch die Einstellung des Druckminderers auf den Ausgangsdruck $p_{DM} = 6,2$ bar ist sichergestellt, dass im Normalbetrieb der Druckminderer voll geöffnet ist. Nur im Störfall erfolgt eine Druckbegrenzung auf $p_{DM} = 6,2$ bar.

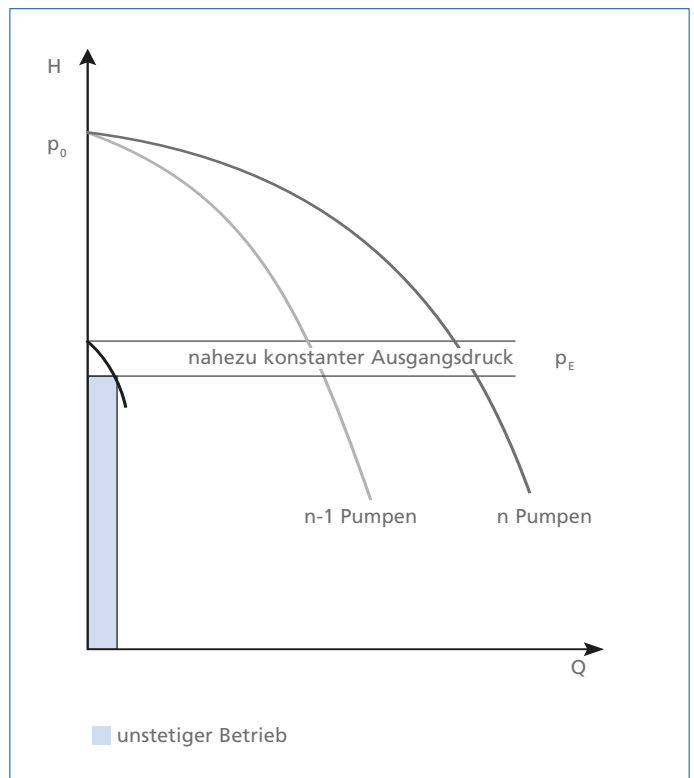


Abb. 10: Leistungskennfeld einer DEA mit stufenloser Regelung einer Pumpe (Baureihen: Hyamat K)

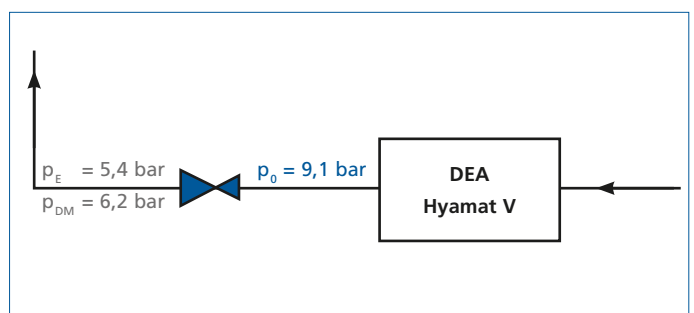


Abb. 11: Zentraler Druckbegrenzer (z. B. Druckminderer)

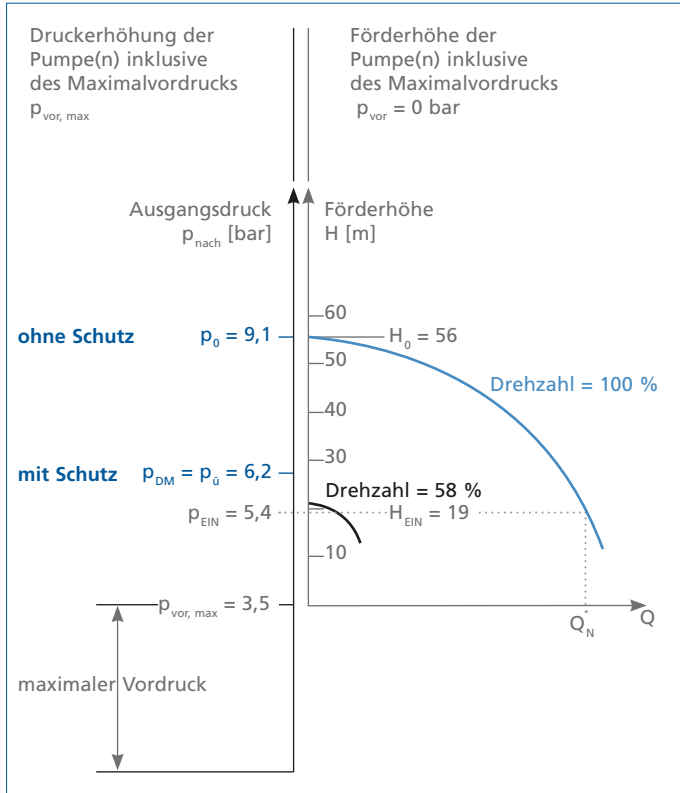


Abb. 12: Leistungskennfeld einer DEA mit stufenloser Regelung einer Pumpe, mit eingetragenen Druckwerten für den Betrieb mit maximalem Vordruck $p_{\text{vor, max}}$

Üblicherweise werden bei diesem DEA-Konzept keine zulaufseitigen Druckminderer eingebaut! Daher ist für die Bestimmung des maximal möglichen Ausgangsdrucks p_0 der maximale Vordruck $p_{\text{vor, max}}$ maßgebend. Der maximale Ausgangsdruck p_0 kann nur bei Ausfall der stufenlosen Regelung auftreten (Umschaltung auf Kaskadenbetrieb).

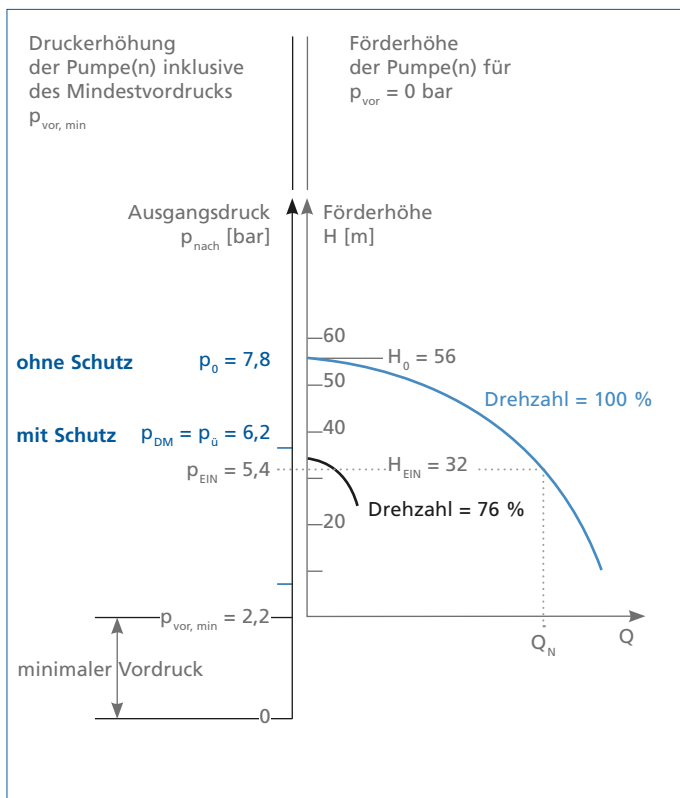


Abb. 13: Leistungskennfeld einer DEA mit stufenloser Regelung einer Pumpe, mit eingetragenen Druckwerten für den Auslegungsfall mit dem Vordruck $p_{\text{vor, min}}$

Der Versorgungsdruck an der Übergabestelle schwankt zwischen dem Minimalwert $p_{\text{min, V}} = 2,2 \text{ bar}$ und dem Maximalwert $p_{\text{max, V}} = 3,5 \text{ bar}$.

DEAs mit stufenloser Drehzahlregelung einer Pumpe sind in der Lage, Versorgungsdruckschwankungen auszuregeln (siehe Abb. 12 und Abb. 13). Somit können vorgeschaltete Druckminderer normalerweise entfallen. Zur Förderhöhenbestimmung wird daher der Mindestversorgungsdruck $p_{\text{min, V}}$ herangezogen. Damit ergibt sich die Pumpenförderhöhe wie folgt:

$$H = (p_{\text{nach}} - p_{\text{vor, min}}) \cdot 10 \quad [\text{m}] \quad \text{Formel (24)}$$

Legende:

H = Pumpenförderhöhe
 p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
 $p_{\text{vor, min}}$ = Minimaler verfügbarer Druck vor der DEA

$$H = (5,4 \text{ bar} - 2,2 \text{ bar}) \cdot 10 \text{ m/bar} = 32 \text{ m}$$

(Also 7 m weniger als DEA mit Kaskadenregelung)

Auswahl der passenden DEA-Größe

$$\dot{V}_s = Q_B = 24 \text{ m}^3/\text{h} \text{ (angenommen)}$$

$$H = 32 \text{ m}$$

Infrage kommt hierzu Hyamat V 4/0606B

4 Pumpen (mit Reservepumpe)

DEA mit $\Delta p_{\text{vor, zul}} = 0,6 \text{ bar}$ funktioniert hier ohne Druckbegrenzer auf der Vordruckseite (siehe Abb. 14).

Einteilung der Druckzonen

Die hier eingesetzte stufenlose Drehzahlregelung bewirkt im Normalbetrieb einen nahezu konstanten Ausgangsdruck $p_{\text{nach}} = 5,4 \text{ bar}$. Daher gilt für die Anzahl der schutzbedürftigen Stockwerke (N_{DZ}):

$$N_{\text{DZ}} = \frac{p_{\text{nach}} - p_{\text{max}}}{\Delta p_{\text{Stw}}} \quad \text{Formel (25)}$$

Legende:

N_{DZ} = Stockwerksanzahl, die mit einem Druckminderer vor unzulässigen Drücken geschützt werden muss
 p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
 p_{max} = Maximaler Druck
 Δp_{Stw} = Druckverlust je Stockwerk

Es ergibt sich:

$$N_{\text{DZ}} = \frac{5,4 \text{ bar} - 5,0 \text{ bar}}{0,3 \text{ bar}} = 1,3 \approx 2$$

Hieraus folgt, dass das UG und EG geschützt werden müssen. Da aber das UG, EG, 1. und 2. OG nicht an der DEA angeschlossen sind, wäre zunächst in den Stockwerken 3 bis 10 kein Schutz notwendig.

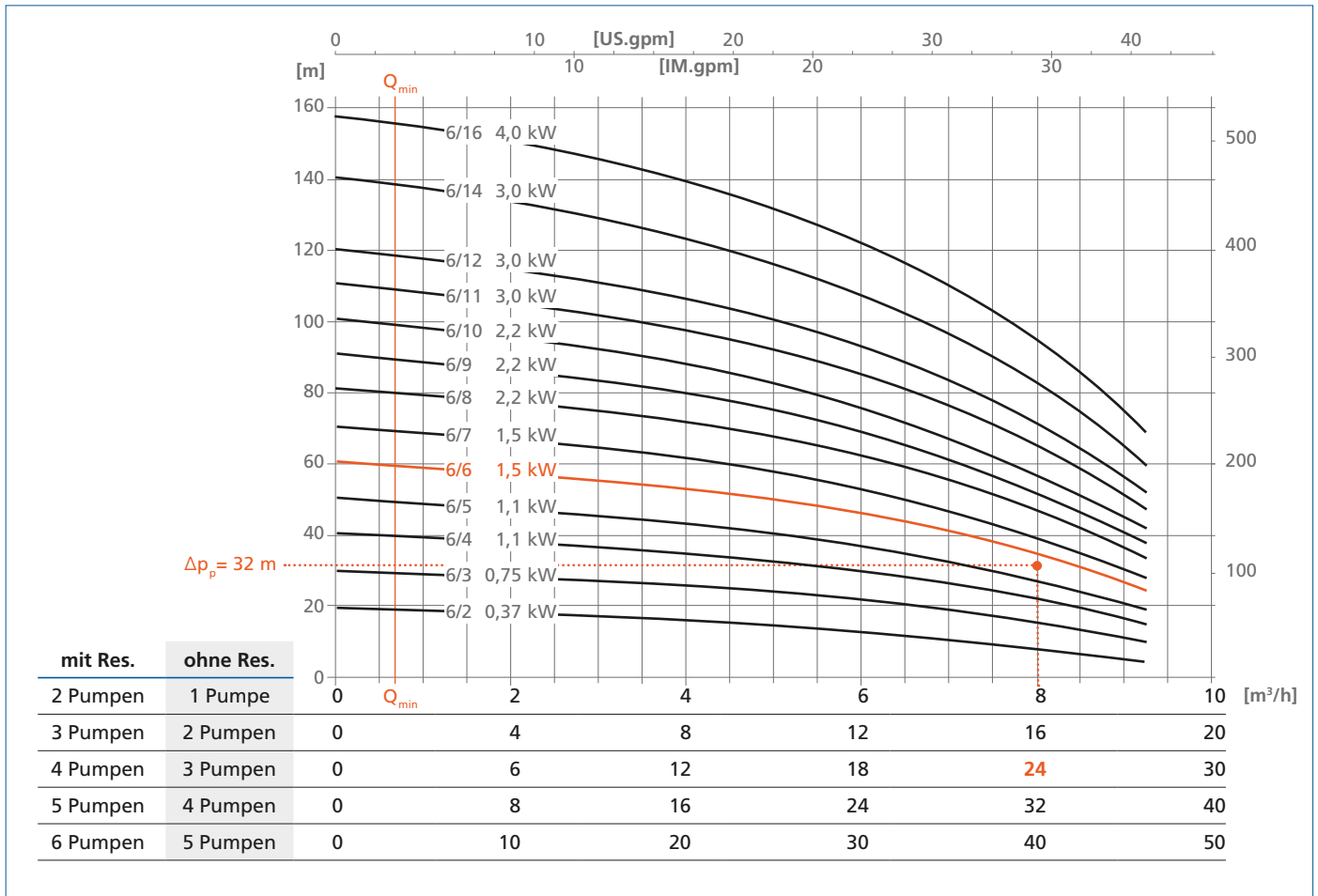


Abb. 14: Auswahldiagramm Movitec 6B

Im Störfall: Ausfall der stufenlosen Regelung

Nun gilt wegen der Umschaltung auf Kaskadenbetrieb:

$$p_{\text{nach}} = p_0 = p_{\text{max, vor}} + \frac{H_0}{10} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (26)}$$

Legende:

- p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
- p_0 = Maximaler Pumpendruck bei Förderstrom = 0
- $p_{\text{max, vor}}$ = Maximaler Druck vor der DEA
- H_0 = Maximale Pumpenförderhöhe bei Förderstrom = 0

$$p_{\text{nach}} = p_0 = 3,5 \text{ bar} + 6,1 \text{ bar} = 9,6 \text{ bar} \text{ eingesetzt in Formel (25):}$$

$$N_{\text{DZ}} = \frac{9,6 \text{ bar} - 5,0 \text{ bar}}{0,3 \text{ bar}} = 15,3$$

Dies bedeutet, dass alle an der DEA angeschlossenen Stockwerke geschützt werden müssen.

Bestimmung des maximalen Stockwerkdrucks ($p_{\text{max, stw}}$)

Wir gehen von der statischen Betrachtung aus, d. h., es werden keine Strömungsverluste $\sum(\Delta p_R + \Delta p_E)$ berücksichtigt.

Daher gilt

$$\text{im Normalfall: } p_{\text{nach}} = p_E$$

$$\text{im Störfall: } p_{\text{nach}} = p_0$$

$$p_{\text{max, stw}} = p_{\text{nach}} - \Delta H_{\text{geo (X. OG)}} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (27)}$$

Legende:

- $p_{\text{max, stw}}$ = Maximaler Stockwerksdruck
- p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
- $\Delta H_{\text{geo (X. OG)}}$ = Geodätischer Druckverlust für das X. OG

Beispiel:

für das 10. OG gilt: $N = 11$ (EG + 10 OG), $\Delta p_{\text{geo, Stw}} = 0,3 \text{ bar}$,
 $\Delta p_{\text{geo (10. OG)}} = N \cdot \Delta p_{\text{geo, Stw}} = 11 \cdot 0,3 = 3,3 \text{ bar}$

im Normalfall:

$$p_{\text{max, (10. OG)}} = 5,4 \text{ bar} - 3,3 \text{ bar} = 2,1 \text{ bar}$$

im Störfall:

$$p_{\text{max, (10. OG)}} = 9,6 \text{ bar} - 3,3 \text{ bar} = 6,3 \text{ bar}$$

Die anderen Stockwerksdrücke errechnen sich über die zugehörigen Δp_{geo} -Werte des Stockwerks.

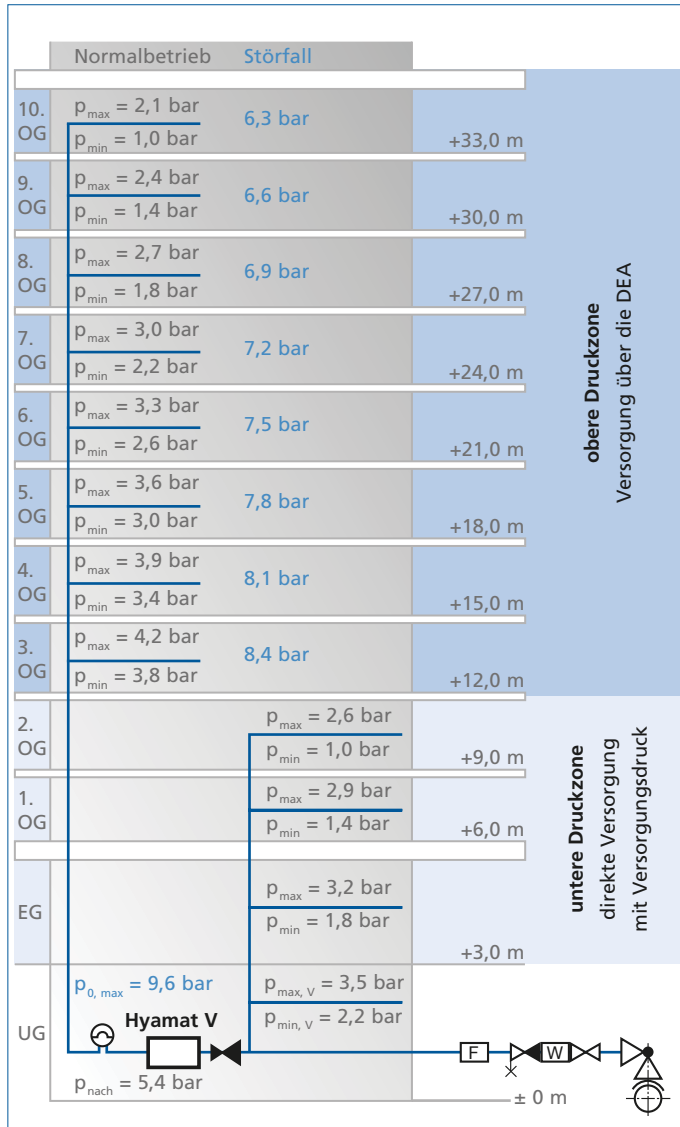


Abb. 15: Strangschema einer DEA mit stufenloser Regelung einer Pumpe, mit eingetragenen Druckwerten und Darstellung der Druckzonen

Bestimmung des minimalen Stockwerkdrucks ($p_{\min, \text{Stw}}$)

Für das 5. OG gilt auch hier: $p_{\min} = 3,0 \text{ bar}$ analog Berechnungsbeispiel.

Resümee

Im Störfall, d. h. Ausfall der stufenlosen Regelung, treten ohne zusätzliche Sicherungsmaßnahmen erhöhte Stockwerksdrücke auf, d. h., es übersteigt in den Stockwerken 4. OG bis 10. OG der maximale Ruhedruck den vorgegebenen Maximaldruck von 5 bar erheblich.

Mögliche Auswirkungen:

- Stark erhöhte Fließgeschwindigkeit
- Schwimmventile von Spülkästen schließen nicht mehr
- Sicherheitsventile $p = 6 \text{ bar}$ an Warmwasserbereitern öffnen.
Unter Berücksichtigung der möglichen Schwankungen ist mit erhöhten Schalthäufigkeiten der Pumpen und ggf. Druckschlägen zu rechnen.

Mögliche Abhilfemaßnahme:

- Zentralen Druckminderer als Überdruckbegrenzer hinter der Druckerhöhungsanlage einbauen
(Einstellwert für den Hinterdruck $> p_E$)

Die Nachteile des Kaskadenbetriebs werden vermieden. Normalerweise sind Druckminderer und große Membrandruckbehälter nicht notwendig. Durch die volle Ausnutzung des Vordrucks wird elektrische Antriebsenergie eingespart.

DEA mit stufenloser Drehzahlregelung aller Pumpen (Hyamat SVP)

Merkmale

- Alle Pumpen stufenlos geregelt
- Anzahl der laufenden Pumpen richtet sich nach dem Förderstrom
- Bei Störung/Ausfall einer geregelten Pumpe erfolgt kein Druckanstieg
- Regeldynamik hoch, optimal (wenn alle Pumpen laufen)
- Konstanz des Ausgangsdrucks sehr gut
- Ausgleich sehr hoher Vordruckschwankungen möglich
- Geringste Rückwirkung auf das speisende Wasserversorgungsnetz hinsichtlich Druckschwankungen im Betrieb

Ermittlung des erforderlichen Drucks

Die Ermittlung des erforderlichen Drucks erfolgt wie im vorgenannten Beispiel $p_{\text{nach}} = p_{\text{EIN}} = 5,4$ bar.

Auch im Störfall können konzeptbedingt keine unzulässigen Druckanstiege auftreten. Daher können die Obergeschosse 3 bis 10 direkt, ohne jegliche Schutzmaßnahme, an die DEA angeschlossen werden. Ein jederzeit konstanter Ausgangsdruck (p_{nach}) ist gewährleistet.

Auswahl der passenden DEA-Größe

Hyamat VP 4/0606B (Auswahldiagramm siehe Abb. 14).

Einteilung der Druckzonen

$$N_{\text{DZ}} = 1,3 \approx 2$$

Berechnung siehe Seite 18, Formel (25).

Hieraus folgt, dass das UG und EG geschützt werden müssen. Da aber das UG, EG, 1. OG und 2. OG nicht an der DEA angeschlossen sind, ist kein weiterer Schutz notwendig.

Ein besonderes Merkmal dieses Konzeptes ist, dass auch im Störfall (z. B. Ausfall einer stufenlos geregelten Pumpe) kein Druckanstieg zu erwarten ist. Alle verbleibenden Pumpen werden weiterhin stufenlos geregelt. Ggf. wird die Reservepumpe, ebenfalls geregelt, zugeschaltet. Daher können die Stockwerke 3 bis 10 ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen versorgt werden.

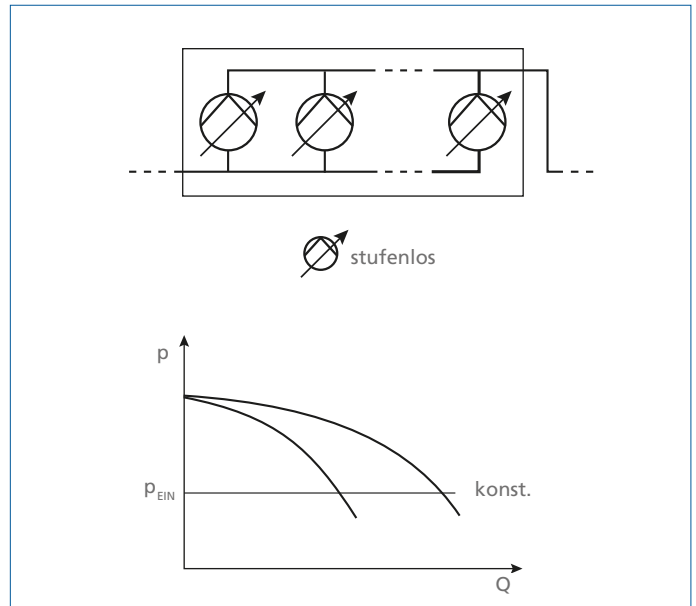


Abb. 16: Schema einer stufenlosen Drehzahlregelung am Beispiel der Hyamat SVP

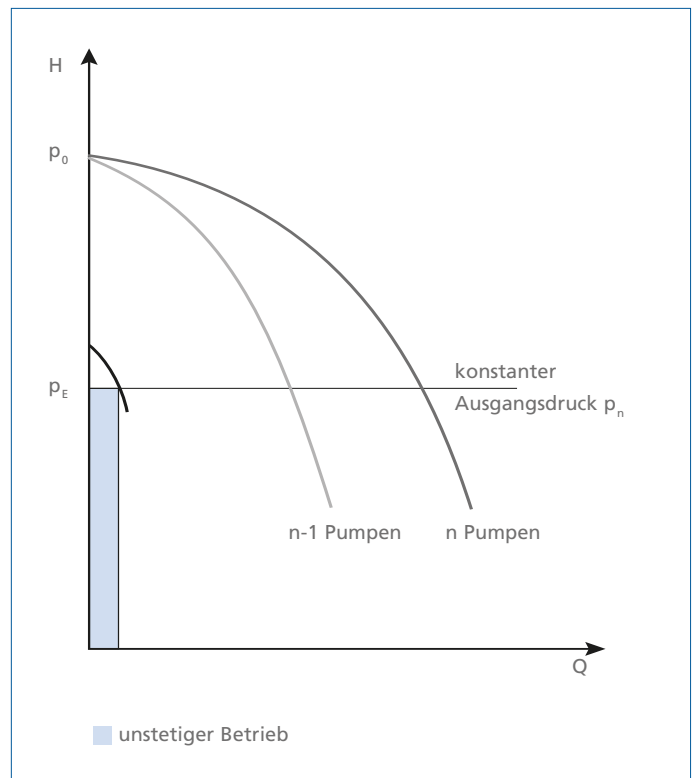


Abb. 17: Leistungskennfeld einer DEA mit stufenloser Regelung aller Pumpen (Baureihe Hyamat SVP)

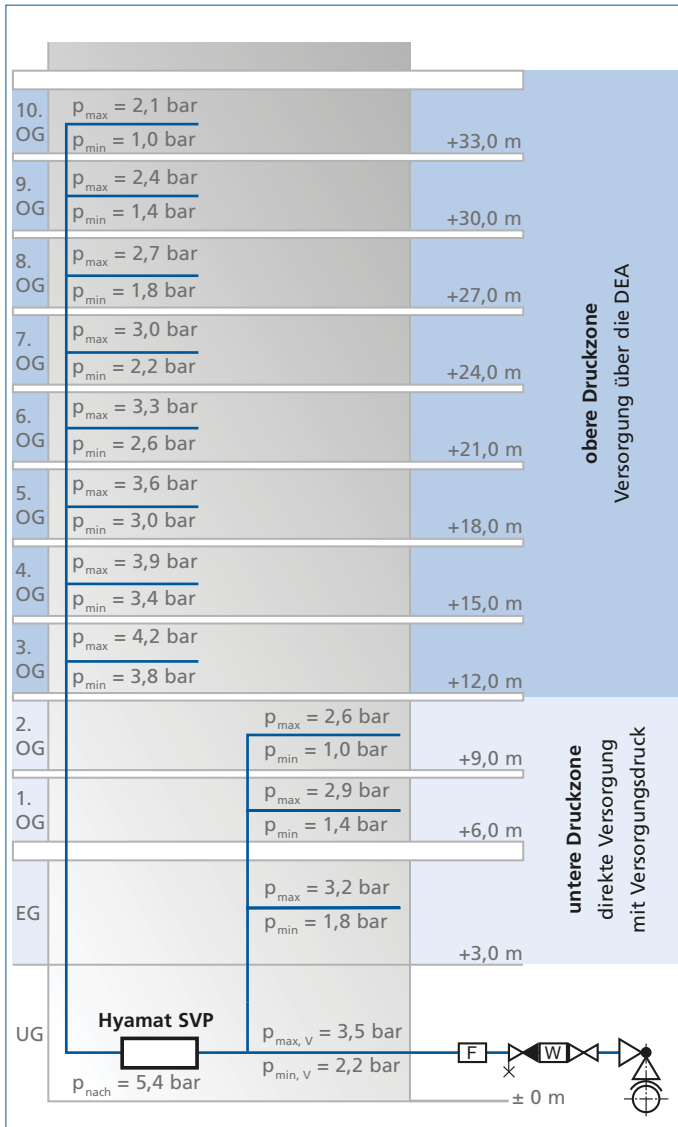


Abb. 18: Strangschema einer DEA mit stufenloser Regelung aller Pumpen der Druckzonen

Bestimmung des maximalen Stockwerkdrucks ($p_{\max, \text{Stw}}$)

Wir gehen von statischen Verhältnissen (keine Strömungsverluste) $\sum(\Delta p_R + \Delta p_E)$ aus. Daher gilt:

$$p_{\text{nach}} = p_{\text{EIN}} = \text{konstant} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (28)}$$

$$p_{\max, \text{Stw}} = p_{\text{nach}} - \Delta p_{\text{geo (X. OG)}} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (29)}$$

Legende:

- p_{nach} = Erforderlicher Druck nach der DEA
- p_{EIN} = Einschaltdruck / Sollwert
- $p_{\max, \text{Stw}}$ = Maximaler Stockwerksdruck
- $\Delta p_{\text{geo (X. OG)}}$ = Geodätischer Druckverlust für das X. OG

Beispiel:

Für das 5. OG gilt:

$$N = 6; \Delta p_{\text{geo, Stw}} = 0,3 \text{ bar}; p_{\text{nach}} = 5,4 \text{ bar};$$

$$\Delta p_{\text{geo, (5. OG)}} = N \cdot \Delta p_{\text{geo, Stw}} = 6 \cdot 0,3 \text{ bar} = 1,8 \text{ bar}$$

daraus folgt

$$p_{\max, (5. OG)} = 5,4 \text{ bar} - 1,8 \text{ bar} = 3,6 \text{ bar}$$

Bestimmung des minimalen Stockwerkdrucks $p_{\min, \text{Stw}}$

Die Ermittlung des minimalen Drucks erfolgt analog Seite 16.

Für das 5. OG gilt auch hier: $p_{\min, (5. OG)} = 3,0 \text{ bar}$.

Resümee

Alle Pumpen sind stufenlos geregelt. Im Störfall (Ausfall einer stufenlos geregelten Pumpe) arbeitet der Hyamat SVP mit den verfügbaren stufenlos geregelten Pumpen weiter. Es treten keine Veränderungen im Ausgangsdruck auf.

Keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich. Bei Gebäuden mit mehr als zehn OGs sind normalerweise Druckzonen vorzusehen.

Selbst bei Ausfall eines Frequenzumrichterantriebs bleibt der Ausgangsdruck weiterhin konstant. (Im Gegensatz dazu würde beim V-Konzept die DEA automatisch auf Kaskadenbetrieb umschalten.) Es sind keine hydraulischen Einrichtungen zur Druckbegrenzung notwendig.

Betrachtung Gesamtkosten – kaskadengesteuerte und drehzahlgeregelte Druckerhöhungsanlagen

Das nachfolgende Beispiel soll verdeutlichen, wie sich Energie- und Gesamtbetriebskosten verschiedener Druckerhöhungsanlagenkonzepte über eine Betriebsdauer von 10 Jahren entwickeln. Dabei werden Betriebskosten für kaskadisch gesteuerte Anlagen mit IE3-Motor, frequenzgeregelte Anlagen mit IE3-Asynchronmotor, sowie frequenzgeregelte Hocheffizienzanlagen mit KSB Supreme®-Motor gegenübergestellt.

Anlagendaten

Fördermenge: 22 m³/h

Förderhöhe^{*)}: 4,5 bar

Vordruck: 1,2 bar

*) Die Förderhöhe wurde wie folgt berechnet:

$$H_{\text{geo}} + H_{\text{v Rohrleitung}} + p_{\text{min Fließ}} = 2,0 \text{ bar} + 1,0 \text{ bar} + 1,5 \text{ bar} \\ = 4,5 \text{ bar}$$

Schritt 1: Auslegung der Hydraulik

Für die Auslegung der Anlagen werden folgende Annahmen getroffen:

Randbedingungen:

- Lastprofil (siehe Tabelle 3)
- Energiekosten: 0,20 €/kWh
- Zeitraum: 10 Jahre
- Betriebsdauer: 2.198 h

Lastprofil

Profildauer [h]	Förderstrom [%]	Förderstrom [m ³ /h]
967	25	5,50
769	50	11,00
330	75	16,50
132	100	22,00

Tabelle 3: Lastprofil

Die Anlagenauslegung ergibt eine Anlage mit drei Pumpen Movitec Größe 10 mit 6 Stufen.

Schritt 2: Energiekostenberechnung

Die Energiekosten werden mit dem KSB-Energieberechnungstool Enerco auf Basis der in Schritt 1 ermittelten Werte berechnet.

Energiekosten über 10 Jahre bei einer Anlage 3/1006

Jahre	Hyamat K IE3	Hyamat VP IE3	Hyamat SVP IE4/IE5*
1	1.130 €	599 €	579 €
2	2.261 €	1.198 €	1.158 €
3	3.391 €	1.797 €	1.737 €
4	4.522 €	2.396 €	2.316 €
5	5.652 €	2.995 €	2.895 €
6	6.782 €	3.594 €	3.474 €
7	7.913 €	4.193 €	4.053 €
8	9.043 €	4.792 €	4.632 €
9	10.174 €	5.391 €	5.211 €
10	11.304 €	5.990 €	5.790 €

* IE4 gem. IEC/TS 60034-30-2 (2016) nur bei 22 kW, IE5 gem. IEC/TS 60034-30-2 bis 15/18,5 kW (Nur bei Typ 1.500 rpm in 0,55 kW, 0,75 kW, 2,2 kW, 3 kW, 4 kW: IE5 in Vorbereitung)

Tabelle 4: Energiekosten über 10 Jahre

Schritt 3: Ermittlung der Gesamtkosten über 10 Jahre

Die Anlagenpreise enthalten:

- Trockenlaufschutz
- Kompensator
- H-0-Automatikschalter
- Potenzialfreie Einzelmeldung Betrieb und Störung je Pumpe

Bei der kaskadisch gesteuerten Anlage wurde, um Vordruckschwankungen zu vermeiden, ein Druckminderer saugseitig berücksichtigt. Auf der Enddruckseite ist bei den kaskadisch gesteuerten Anlagen ein Druckbehälter erforderlich.

Bei den drehzahlgeregelten Anlagen sind Druckminderer und Druckbehälter nicht erforderlich.

Brutto-Anlagenpreise (Stand 2017)

Hyamat K 3/1006	Hyamat VP 3/1006	Hyamat SVP 3/1006**
20.396 €	21.359 €	21.359 €

** kein Mehrpreis gegenüber IE3-Anlagen bei KSB

Tabelle 5: Brutto-Anlagenpreise

Gesamtkosten über 10 Jahre bei einer Anlage 3/1006

Jahre	Hyamat K IE3	Hyamat VP IE3	Hyamat SVP IE4/IE5*
1	21.526 €	21.958 €	21.938 €
2	22.657 €	22.557 €	22.517 €
3	23.787 €	23.156 €	23.096 €
4	24.918 €	23.755 €	23.675 €
5	26.048 €	24.354 €	24.254 €
6	27.178 €	24.953 €	24.833 €
7	28.309 €	25.552 €	25.412 €
8	29.439 €	26.151 €	25.991 €
9	30.570 €	26.750 €	26.570 €
10	31.700 €	27.349 €	27.149 €

* IE4 gem. IEC/TS 60034-30-2 (2016) nur bei 22 kW,
IE5 gem. IEC/TS 60034-30-2 bis 15/18,5 kW (Nur bei Typ 1500 rpm in
0,55 kW, 0,75 kW, 2,2 kW, 3 kW, 4 kW: IE5 in Vorbereitung)

Tabelle 6: Gesamtkosten über 10 Jahre

Fazit:

Die KSB-Hocheffizienzanlage mit KSB Supreme®-Motor amortisiert sich gegenüber einer kaskadisch gesteuerten Anlagen mit IE3-Motor **nach weniger als 2 Jahren**.

Da gegenüber einer frequenzgeregelten Anlage mit IE3-Motor bei KSB keine Mehrkosten entstehen, ist ab der ersten Betriebsstunde mit Kosteneinsparungen zu rechnen. In Abb. 19 sind die Gesamtkosten über 10 Jahre bei einer Anlage 3/1006 grafisch dargestellt.

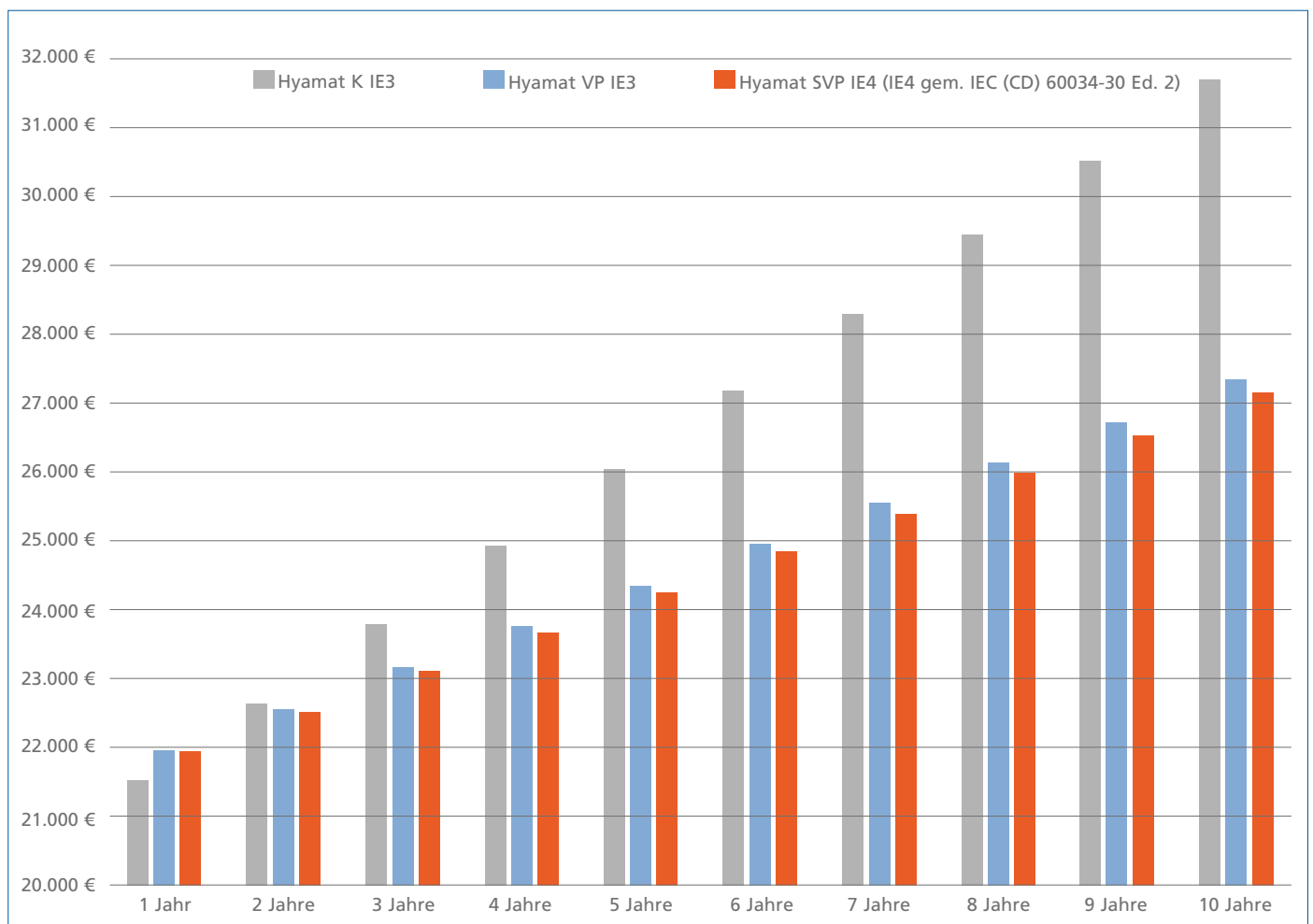


Abb. 19: Gesamtkosten über 10 Jahre bei einer Anlage 3/1006



KSBBuilding Consult

Pumpen und Armaturen von KSB auf einen Klick:

mit dem neuen Auslegungsprogramm **KSBBuilding Consult** finden Sie schnell und einfach die passende Pumpe, Armatur und Zubehör für Ihre Anlage. Es unterstützt Sie bei der gesamten Anlagenplanung mit Informationen, Kennlinien, Kalkulationen und Ausschreibungstexten.

Ihre Vorteile auf einen Blick:


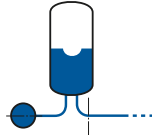
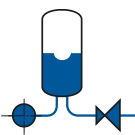


- Hydraulische Auslegung und Auswahl der optimalen Pumpen für Heizung, Klima, Wasserversorgung, Feuerlösch- und Entwässerungsanlagen
- Einfache und schnelle Auswahl von Armaturen
- Alle Informationen rund um Pumpen und Armaturen wie z. B. BIM-/CAD-Daten, Ausschreibungstexte, Baureihenhefte und Betriebsanleitungen
- Energiekostenberechnung
- integrierte Auslegungshilfen zur Ermittlung der Fördermenge und Förderhöhe
- Projektmanagement
- Datenexport in alle gängigen Formate wie GAEB, Datanorm etc.
- Projektausgabe mit Speicherfunktion in PDF und RTF
- und vieles mehr

Wir empfehlen Ihnen die Registrierung in der KSBBuilding Consult Webversion, um Ihre angelegten Projekte und Kundendaten zu verwalten. Darüber hinaus können Sie Ihre bevorzugten Programmeinstellungen speichern.

Hier geht es direkt zum Auslegungsprogramm von KSB: www.ksb.de/ksbuilding-consult

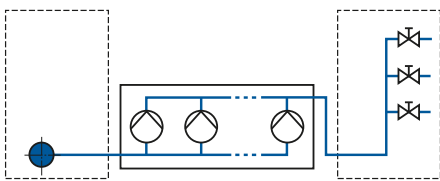
Anschlussartenübersicht für Trinkwasseranlagen

Zulaufseite

Mittelbarer Anschluss	Unmittelbarer Anschluss			
mit Volumenausgleich 				
<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Keine Netzurückwirkungen ⊕ Abdeckung der Verbrauchsspitzen ⊕ Konstanter Vordruck ⊖ Verkeimungsgefahr 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Gedämpfte Netzurückwirkungen ⊕ Keine Verkeimungsgefahr ⊖ Zusätzlicher Druckverlust 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Gedämpfte Netzurückwirkung ⊕ Keine Verkeimungsgefahr ⊕ Konstanter Vordruck ⊖ Energievernichtung ⊖ Zusätzlicher Druckverlust 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Konstanter Vordruck ⊖ Energievernichtung 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Auslegungsvordruck wird genutzt ⊖ Vordruckschwankung nur begrenzt möglich (max. +0,3 / -0,2 bar)
	Behälter nicht erforderlich		Im Normalfall kein Druckminderer erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Vordruck darf geringfügig schwanken ⊕ Volle Vordruckausnutzung Verlauf der Pumpenkennlinie beachten ⊕ Vordruck darf in größerem Umfang schwanken ⊕ Volle Vordruckausnutzung Verlauf der Pumpenkennlinie beachten

Verbraucherseite

Druckerhöhungsanlagen



Druckabhängige Kaskadenregelung

Hyamat K



Stufenlose Drehzahlregelung einer Pumpe

Hyamat V

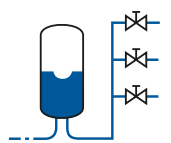
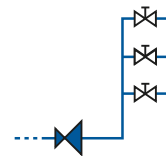
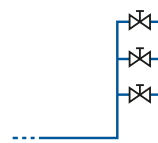


Stufenlose Drehzahlregelung aller Pumpen

Hyamat SVP



Verbraucherseite



- ⊕ Bedarfsanpassung durch Pumpenaufteilung
- ⊖ Ausgangsdruckschwankung

- ⊕ Konstanter Ausgangsdruck
- ⊖ Energievernichtung

- ⊕ Keine Verkeimungsgefahr
- ⊕ Reduzierung der Schalzhäufigkeiten
- ⊖ Zusätzlicher Druckverlust

- ⊕ Konstanter Ausgangsdruck
- ⊕ Minimaler Energiebedarf

- ⊕ Druckspitzenreduzierung

- ⊕ Konstanter Ausgangsdruck
- ⊕ Minimaler Energiebedarf
- ⊕ Hohe Regeldynamik

Nicht erforderlich



Versorgungsnetz



Druckloser Vorbehälter



Membrandruckbehälter



Durchströmter Membrandruckbehälter mit Duo-Anschluss



Kaskadengeregelte Pumpe



Stufenlos geregelte Pumpe



Rückschlagventil



Magnetventil (dyn. Verbraucher)



Druckminderer



Ventil Trinkwasser



Ventil Betriebswasser

Legende:

- optimal
- gut
- möglich
- ungünstig

- Trinkwasser
- Betriebswasser

Zur Behälterdimensionierung sind die Arbeitsblätter 9, 10 und 11 zu beachten.

Betriebswasser

<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Keine Verkeimungsgefahr ⊕ Reduzierung der Schalthäufigkeiten ⊖ Zusätzlicher Druckverlust 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Keine Verkeimungsgefahr ⊕ Reduzierung der Schalthäufigkeiten ⊕ Geringe Druckverluste bei großen Förderströmen 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Reduzierung der Schalthäufigkeiten ⊕ Verhindert Takten 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Verhindert Takten ⊕ Gedrosseltes Auffüllen ⊕ Ungedrosseltes Nachspeisen
<p>Behälter nicht erforderlich</p>			<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Ausgleich von dynamischen Verbrauchsschwankungen ⊕ Gedrosseltes Auffüllen ⊕ Ungedrosseltes Nachspeisen

Trockenlaufschutzarten – Auswahlkriterien für DEAs

Unter dem Begriff „Trockenlaufschutz“ wird sowohl der Schutz der Pumpenanlage vor unzulässigem Betrieb (Wassermangel) als auch das rechtzeitige Abschalten der DEA zum Schutz des speisenden Versorgungsnetzes verstanden. Im Folgenden wird eine Übersicht zu den einzelnen Trockenlauf-Schutzkonzepten gegeben.

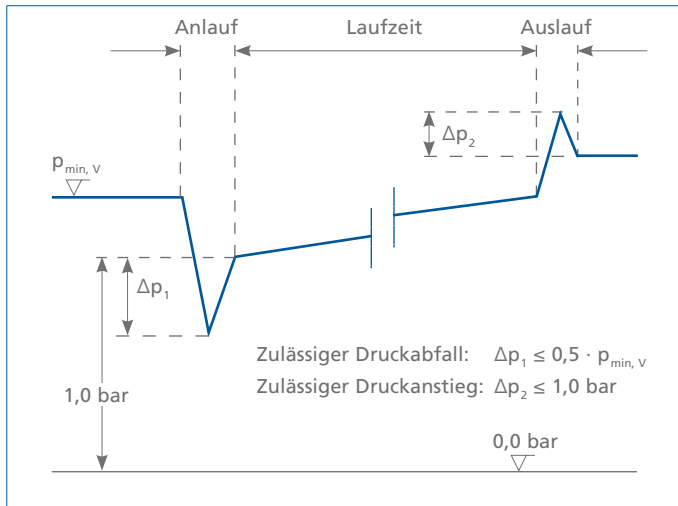


Abb. 20: Druckverlauf am abnehmerseitigen Ende der Anschlussleitung, d. h. vor der DEA, beim Anlaufen und Abschalten der Pumpen

Schutz des speisenden Versorgungsnetzes

Die AVB WasserV, die DIN 1988 und DIN EN 806 versuchen durch Mindestdruckvorgaben eine unzulässige Beeinträchtigung der direkt versorgten Verbraucher am Hausanschluss durch den Betrieb von DEAs zu verhindern.

Mögliche Ursachen für unzulässigen Druckabfall am Hausanschluss sind beispielsweise:

- Ein schwaches Versorgungsnetz, der Druck der Hauptversorgungsleitung (Straße) bricht bei größerer Wasserentnahme merklich ein.
- Bei einer schwach dimensionierten Hausanschlussleitung bricht am Übergabepunkt bei größerer Wasserentnahme der Netzdruck merklich ein.
- Bei großer Wasserentnahme durch die DEA (z. B. wegen großer Pumpen und/oder großem Membranbehälter hinter der DEA) treten deutliche Druckeinbrüche am Übergabepunkt der Hausanschlussleitung auf. Um den geforderten Mindestdruck von $p_{\min,v} = 1 \text{ bar}$ überwachen und einhalten zu können, wird im Zulauf der DEA eine Zulaufdruck-Überwachung installiert. Diese kann anlagenabhängig ein Druckgrenzschalter oder auch ein analoger Drucktransmitter sein. In jedem Fall sollte die DEA bei Erreichen des Mindestdrucks die Anzahl der laufenden Pumpen reduzieren.

- Schaltung und Regelung der DEA sind so auszulegen, dass der Mindestversorgungsdruck um nicht mehr als 50 % unterschritten wird (Wassermangelschaltung zum Schutz vorgeschalteter Verbraucher). Ein gleichzeitiges Abschalten aller laufenden Pumpen muss unterbunden werden. Alternativ kann überprüft werden, ob ein mittelbarer Anschluss der DEA als Schutz erforderlich ist.

Schutz der Druckerhöhungsanlage

Für DEAs werden überwiegend mehrstufige Hochdruck-Kreiselpumpen eingesetzt. Abgesehen von Ausnahmen sind diese Pumpen normalsaugend. Dies bedeutet, dass die Zulauf-/Saugleitung immer vollständig mit Wasser gefüllt sein muss. Alle Schutzkonzepte haben zum Ziel, eine unzulässige Erwärmung oder gar ein Trockenlaufen der Pumpen zu verhindern. Dabei sind direkte und indirekte Schutzmethoden zu unterscheiden.

Direkte Schutzmethoden sind:

- Strömungsüberwachung auf der Zulaufseite der DEA

Indirekte Schutzmethoden sind:

- Zulaufdruckkontrolle vor der DEA, insbesondere bei Kaskadenregelung (Hyamat K). Hierdurch wird sichergestellt, dass die Pumpen den Ausschaltdruck p_{AUS} überschreiten können.
- Niveaustandskontrolle im Zulaufbehälter
- Leistungsüberwachung der Pumpe (elektrisch)
- Temperaturüberwachung an jeder Pumpe (alternativ)

Fazit:

DEAs müssen generell gegen Betrieb bei Wassermangel geschützt werden. Aufgrund der vielfältigen Anschlussarten von DEAs und unterschiedlichen Betriebsbedingungen gibt es nicht die allgemein gültige Standardlösung. Das Schutzkonzept muss immer an die individuellen Betriebsbedingungen angepasst werden (siehe Abb. 21).

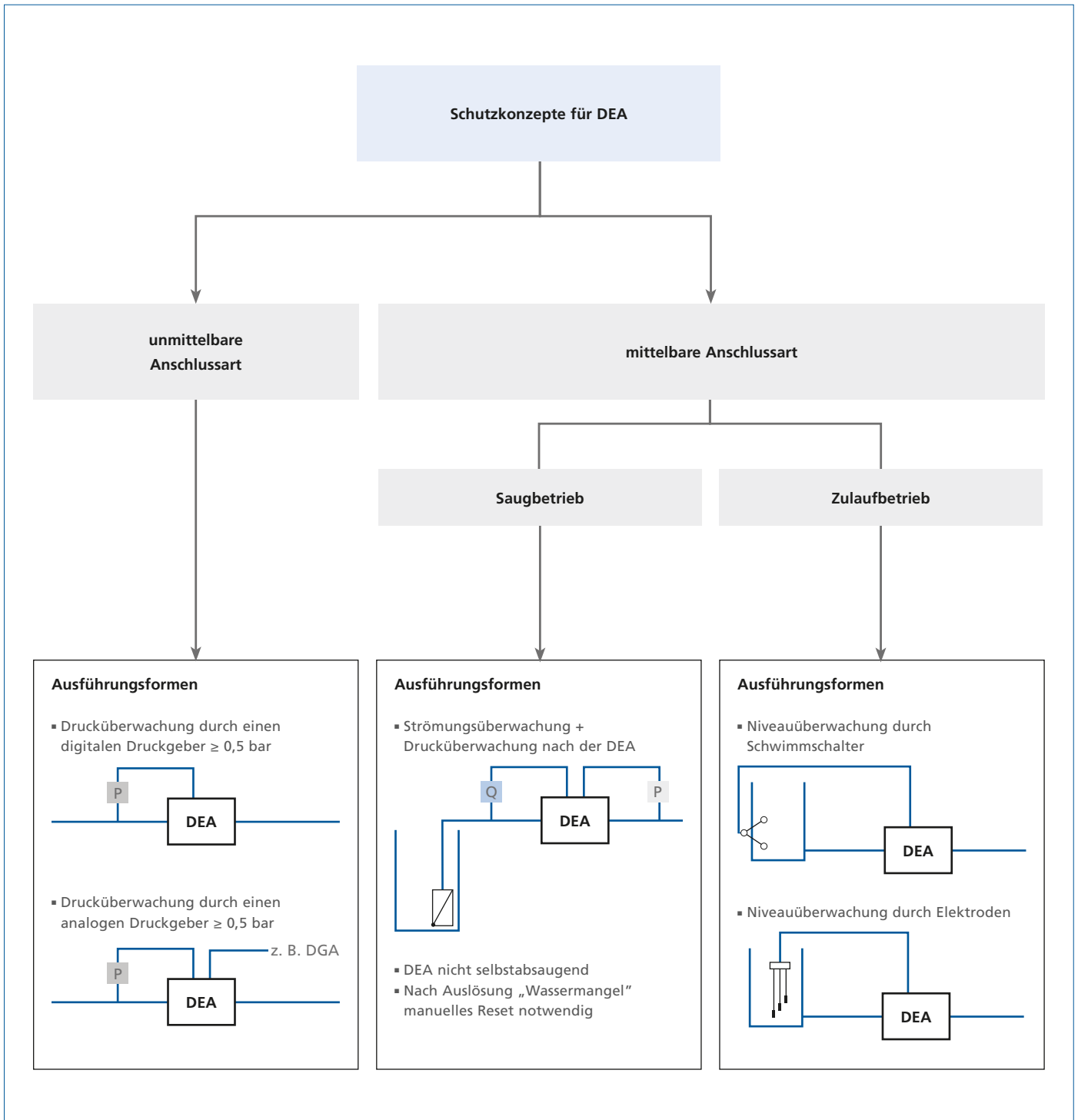


Abb. 21: Schutzkonzepte für DEAs

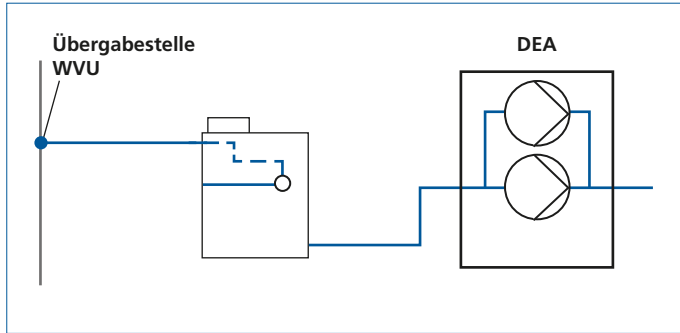


Abb. 22: Mittelbarer Anschluss

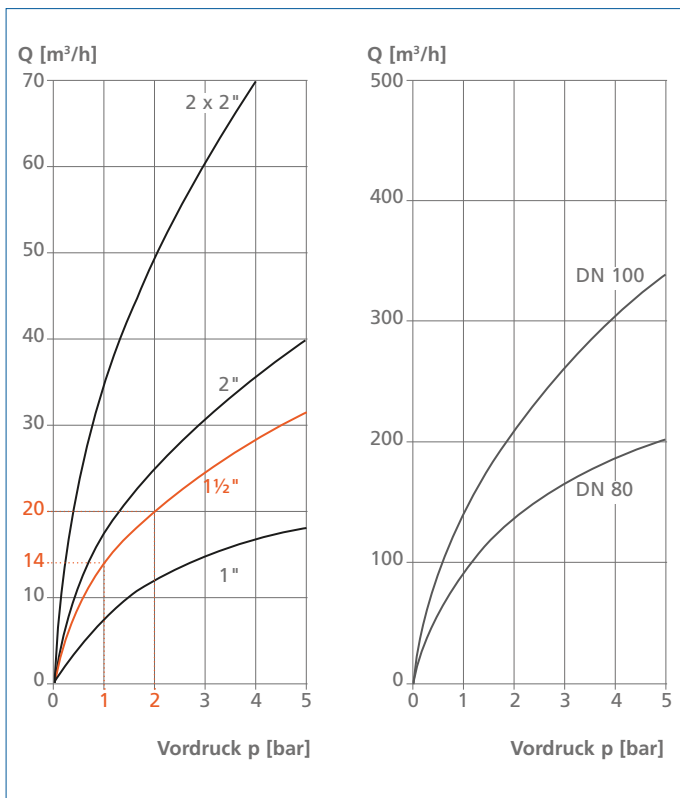


Abb. 23: Auswahldiagramm für Nachspeiseeinrichtungen

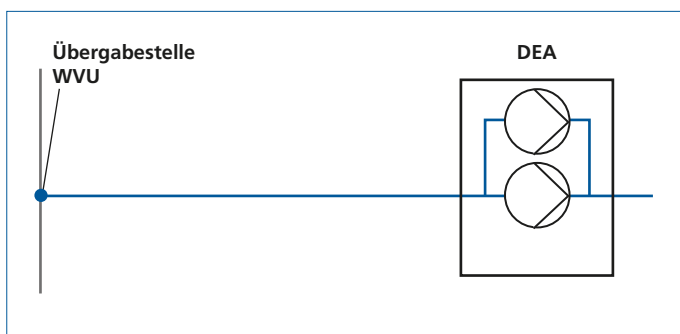


Abb. 24: Unmittelbarer DEA-Anschluss

Auswirkungen von Vordruckschwankungen

Mittelbarer Anschluss

Die DEA entnimmt die notwendige Wassermenge einem vorgeschalteten drucklosen Vorbehälter (Vorbehälter nach DIN EN 1717).

Das Nutzvolumen des Vorbehälters V_B ist zu ermitteln nach:

$$V_B \geq 0,03 \cdot Q_D$$

Formel (30)

Legende:

V_B = Nutzvolumen des Vorbehälters
 Q_D = Spitzendurchfluss

Üblicherweise wird die Nachspeiseeinrichtung so dimensioniert, dass der Nennvolumenstrom Q_B der DEA beim normalerweise anstehenden Vordruck p_{vor} erreicht wird. Ein Abfall des Vordrucks auf $p_{\text{vor, min}}$ kann dann zu einer deutlichen Reduzierung des Nachspeisevolumens führen.

Beispiel:

$$p_{\text{vor, min}} = 1,0 \text{ bar}$$

$$p_{\text{vor, max}} = 3,1 \text{ bar}$$

$$p_{\text{vor}} = 2 \text{ bar (angenommen)}$$

$$Q_B = 20 \text{ m}^3/\text{h}$$

Auswahl des Schwimmerventils (siehe Abb. 23)

$$\text{für } p_{\text{vor}} = 2 \text{ bar} \rightarrow Q_B = 20 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 1\frac{1}{2}''$$

$$\text{bei } p_{\text{vor, min}} = 1 \text{ bar} \rightarrow Q = 14 \text{ m}^3/\text{h}$$

Daraus ergibt sich eine prozentuale Nachspeisevolumenreduzierung von 30 %.

Zu beachten ist, dass bei längerdauernden Abnahmemengen $> 14 \text{ m}^3/\text{h}$ bei $p_{\text{vor, min}}$ das Speichervolumen des Behälters aufgezehrt wird (Wassermangelgefahr). Die Funktion der DEA wird, solange kein Wassermangel vorliegt, nicht beeinträchtigt.

Unmittelbarer Anschluss,

Vordruckschwankungen als Druckanstieg

Schwankungen des Vordrucks (als Druckanstieg) beeinflussen bei DEAs mit Kaskadenregelung (Hya-Eco, Hya-Solo D, Hyamat K) direkt den Ausgangsdruck der DEA. Da kaskaden-geregelte DEAs prinzipbedingt eine Ausgangsdruckschwankung von $\Delta p_{(A-E)} + 0,3 \text{ bar}$ aufweisen (siehe Abb. 25), muss in jedem Fall überprüft werden, ob die Summe aus Ausgangsdruckschwankung und Vordruckschwankung für die nachgeschalteten Verbraucher noch erträglich ist. Die DIN 1988 legt als Empfehlung eine maximale Schwankungsbreite von 2,5 bar fest.

$$\Delta p_{\text{DEA, max}} = \Delta p_{(\text{AUS} - \text{EIN})} + 0,3 + \Delta p_{\text{max, v}} \quad [\text{bar}] \quad \text{Formel (31)}$$

Legende:

- $\Delta p_{\text{DEA, max}}$ = Maximale Druckdifferenz nach der DEA
- $\Delta p_{(\text{AUS} - \text{EIN})}$ = Schaltdruckdifferenz
- $\Delta p_{\text{max, v}}$ = Maximaler Druck vor der DEA

Andernfalls muss vordruckseitig oder ausgangsdrukseitig ein Druckregler / Druckminderer eingesetzt werden.

Eine störende Auswirkung des Vordruckanstiegs ist die Verschiebung des minimalen Förderstroms für Dauerbetrieb (Q_{AUS} bei p_{AUS}) und des minimalen Vordrucks ($p_{\text{min, v}}$) hin zu wesentlich größeren Ausschaltförderströmen bei erhöhtem Vordruck, besonders bei DEAs mit niedrigen Stufenzahlen.

Die resultierenden Konsequenzen sind (siehe Abb. 25):

- Bei geringen Förderströmen ($\geq Q_{\text{AUS}}$ für $p_{\text{max, v}}$) besteht die Gefahr des Taktbetriebs der DEA (sehr hohe Schalthäufigkeit).
- Aufgrund des Abschaltens der letzten laufenden Pumpe bei Förderströmen $> Q_{\text{AUS}}$ sind hörbare Druckschläge in den Anschlussleitungen zu erwarten.

Beispiel:

Auswirkung eines Vordruckanstiegs an einer realen Pumpenkennlinie (siehe Abb. 26) der Baureihe Hyamat K mit Movitec 4B.

$$Q_{\text{AUS}} = 1,5 \text{ m}^3/\text{h} \text{ bei } p_{\text{min, v}}$$

Nach einem Anstieg des Vordrucks von 0,5 bar

$$p_{\text{vor}} = p_{\text{min, v}} + 0,5 \text{ bar}$$

stellt sich ein Ausschaltförderstrom von

$$Q_{\text{AUS}} = 3,5 \text{ m}^3/\text{h} \text{ ein.}$$

Kaskadengeregelte DEAs haben fest eingestellte Druck-Schaltpunkte für das Einschalten bzw. Ausschalten der Pumpen.

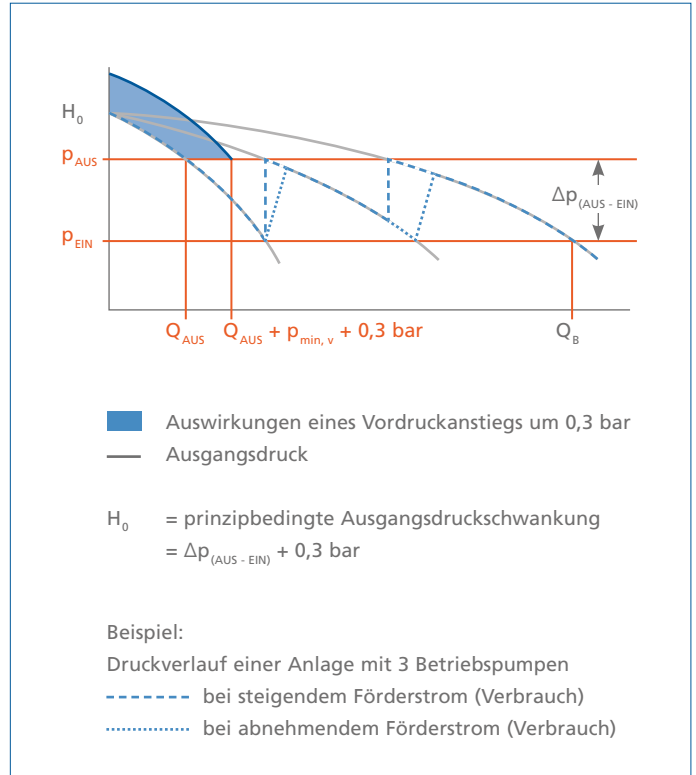


Abb. 25: Das Betriebsverhalten einer Druckerhöhungsanlage mit Kaskadenregelung, d. h. ohne Drehzahlverstellung

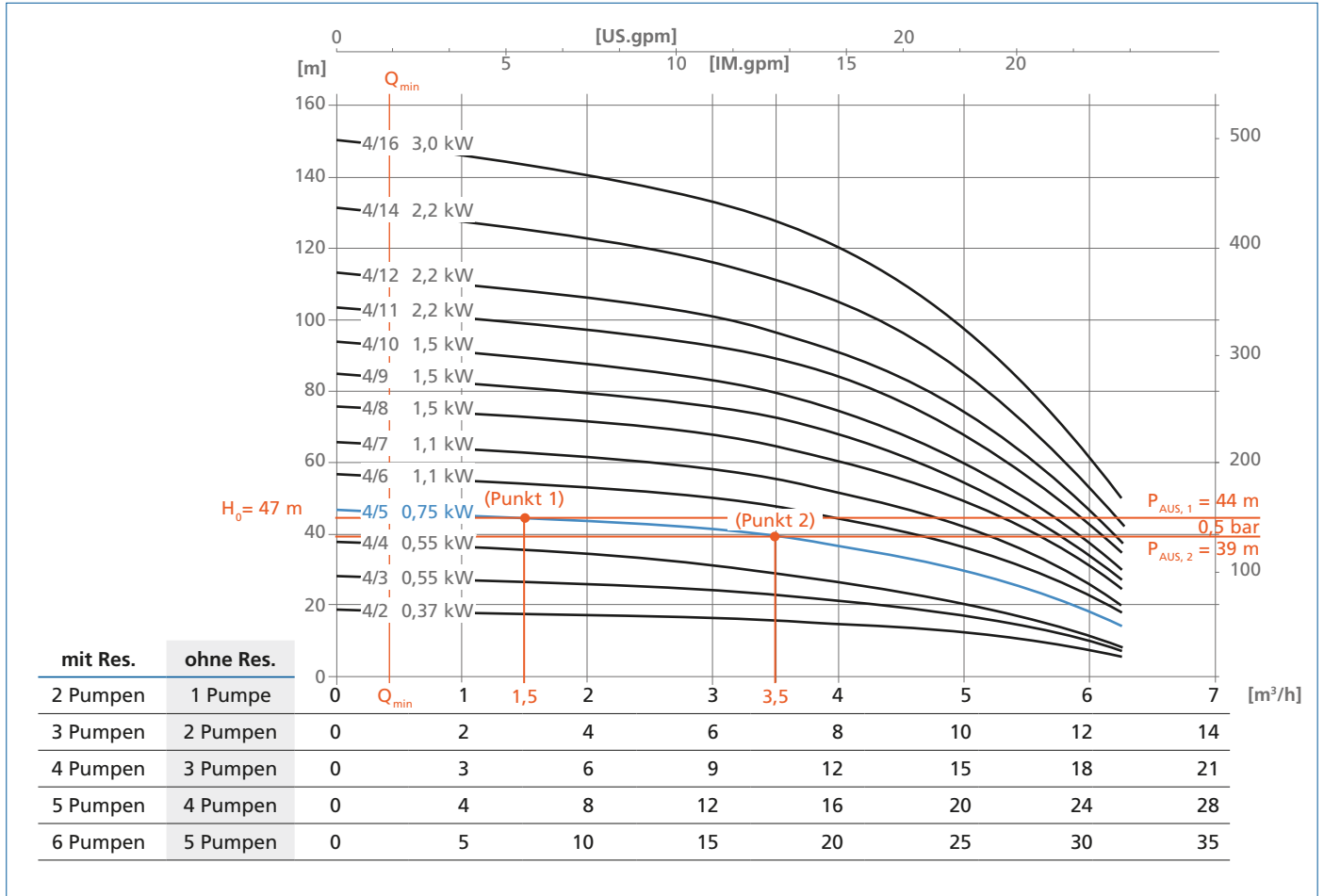


Abb. 26: Auswahldiagramm Movitec 4B

Bei unmittelbarer Anschlussart addiert sich zur Förderhöhe der Pumpe(n) der jeweilige Vordruck. Die Werkseinstellung für den Ausschaltdruck p_{AUS} liegt üblicherweise um 0,3 bar unter dem maximalen Förderdruck der Pumpe (bei $Q = 0$ m³/h).

Der (Punkt 1) auf der Pumpenkennlinie (siehe Abb. 26) kennzeichnet den Ausschaltförderstrom der Pumpe für den Auslegungsvordruck $p_{min,v}$ (ohne Berücksichtigung von eventuellen Nachlaufzeiten). Da immer bei Überschreitung des Ausschalt drucks p_{AUS} eine Pumpe abgeschaltet wird, folgt hieraus bei höherem Vordruck, dass die Pumpe bereits bei einem entsprechend geringeren Förderdruck abgeschaltet wird. Der (Punkt 2) kennzeichnet den erhöhten Ausschaltförderstrom, bei dem dann geringeren Förderdruck der Pumpe. Die Beispielkennlinien verdeutlichen, dass besonders bei flachen Pumpenkennlinien (niedrige Stufenzahl) ein übermäßig hoher Förderstrom im Ausschalt punkt die Folge ist.

Vordruckschwankungen als Druckabsenkung

Vordruckschwankungen bis hin zur Unterschreitung des minimalen Vordrucks sind besonders gefährlich für DEAs. Kaskadenge regelte DEAs haben eine Ausschalt druckreserve von nominal 0,3 bar. Dies bedeutet, dass die maximale Pumpenförderhöhe 0,3 bar über dem Abschalt druck p_{AUS} liegt. Sobald der minimale Vordruck um mehr als 0,3 bar absinkt, sind die laufenden Pumpen der DEA nicht mehr in der Lage, den Ausschalt druck zu erreichen!

Beispiel: Hyamat 0405

Nullförderhöhe $H_0 = 47$ m

Ausschalt punkt $p_{AUS,1} = 44$ m

Bei einem Vordruckanstieg von $p_{min,v} = 0,5$ bar verschiebt sich der Ausschalt punkt auf $p_{AUS,2} = 39$ m.

Grundlagen der Druckstoßentstehung

Druckstoßentstehung bei Armaturen

Durch das schnelle Schließen von Ventilen sowie Regel- und Entnahmearmaturen entstehen Druckstöße. Die theoretischen Grundlagen für die rechnerische Erfassung dieser Erscheinung werden nach der Formel von „Joukowsky“ beschrieben:

$$\Delta H = \frac{a}{g} \cdot \Delta v \quad [\text{m}] \quad \text{Formel (32)}$$

Legende:

ΔH	= Druckanstieg
a	= Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Druckwelle, ca. 1.000 – 1.200 m/s
g	= Erdbeschleunigung, ca. 10 m/s ²
Δv	= Geschwindigkeitsdifferenz

Die volle formelmäßige Auswirkung des Druckstoßes gilt für den Fall:

$$T_s \leq T_R = \frac{2 \cdot l}{a} \quad [\text{s}] \quad \text{Formel (33)}$$

Legende:

T_s	= Schließzeit der Armatur
T_R	= Reflexionszeit in der Rohrleitung
l	= Länge der Rohrleitung bis zur Störstelle

Das heißt: Wenn die Druckwelle zurückkommt und die Armatur schon geschlossen ist, entfaltet sich der Druckstoß nach „Joukowsky“ vollständig.

Abhilfe:

T_s muss deutlich größer als T_R sein,

z. B.: $T_s \geq 2 \cdot T_R$.

Druckstoßentstehung durch Vordruckschwankungen bei DEAs mit Kaskadenregelung

Bei einem Vordruckanstieg verschieben sich die Pumpenkennlinien nach oben und die Grundlastpumpe wird bei einem höheren Volumenstrom ausgeschaltet (siehe Abb. 28). Daraus ergibt sich beim Ausschalten eine höhere Strömungsgeschwindigkeitsänderung, die dann Druckstöße erzeugt!

Abhilfe:

Um diese schädlichen Auswirkungen zu vermindern, ist vor der Druckerhöhungsanlage ein Druckminderer/-regler vorzusehen.

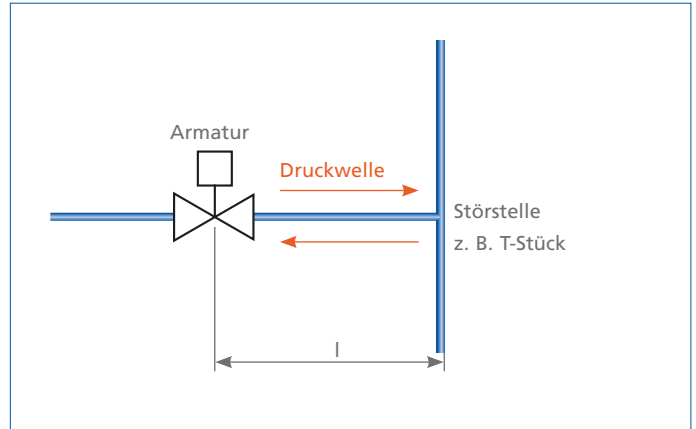


Abb. 27: Druckstoßentstehung durch Armaturen

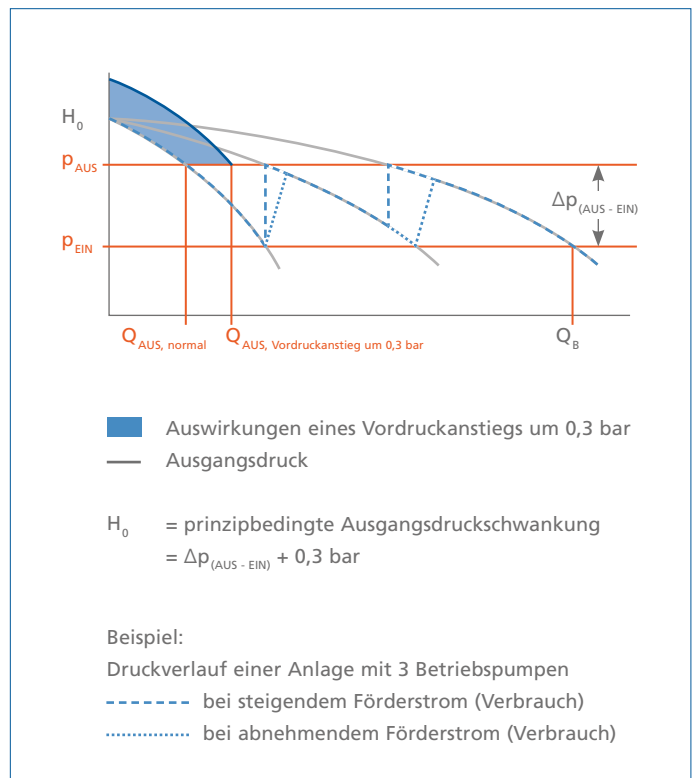


Abb. 28: Das Betriebsverhalten einer Druckerhöhungsanlage mit Kaskadenregelung, d. h. ohne Drehzahlverstellung

Druckminderer

Allgemeines

Die Einsatzkriterien von Druckminderern sind in der DIN 1988-200 beschrieben. Druckminderer müssen DIN EN 1567 und DVGW W 570-1 entsprechen.

Ein Druckminderer schützt Anlagen vor zu hohem Versorgungsdruck. Er kann für Wohnbauten, industrielle und gewerbliche Zwecke unter Berücksichtigung seiner Spezifikationen verwendet werden. Aus Gründen der Energieeffizienz ist jedoch der Einsatz von Druckminderern bei drehzahlregulierten Anlagen zu vermeiden.

Einsatzbereich

Druckminderer sind erforderlich:

- Wenn nach DIN 4109, Teil 5, der Ruhedruck an den Entnahmestellen 5 bar überschreitet.
- Zur Begrenzung des Betriebsüberdrucks in den Verbraucherleitungen, wenn der höchstmögliche Ruhedruck an beliebiger Stelle der Trinkwasseranlage deren höchstzulässigen Betriebsdruck erreicht oder überschreiten kann oder wenn Geräte und Einrichtungen angeschlossen werden, die nur einem geringeren Druck ausgesetzt werden dürfen.
- Wenn der Ruhedruck vor einem Sicherheitsventil 80 % seines Ansprechdrucks überschreiten kann. Beträgt z. B. der Ansprechdruck des Sicherheitsventils 6 bar, so muss ein Druckminderer eingebaut werden, wenn der Ruhedruck 4,8 bar überschreitet.
- Bei der Versorgung von Hochhäusern über eine einzige Druckerhöhungsanlage, wenn mehrere Druckzonen erforderlich sind. In solchen Fällen werden die Druckminderer entweder in die Zonen-Steigleitungen oder in die Stockwerkleitungen eingebaut.

Nennweitenbestimmung

Für die Bestimmung der Nennweite des Druckminderers ist im Einzelfall der an der Verwendungsstelle auftretende maximale Spitzendurchfluss (\dot{V}_g) zu bestimmen (nach DIN 1988-300).

Druckminderer dürfen nicht nach der Rohrleitungsnennweite dimensioniert werden, sondern nur nach dem erforderlichen Durchfluss.

Zur Größenbestimmung der entsprechenden Druckminderer ist die Tabelle gemäß DIN 1988-200 zu benutzen, wobei zu beachten ist, dass der tatsächliche maximale Durchfluss so nahe wie möglich an die Tabellenwerte herankommt, diese aber nicht überschreitet. Man unterscheidet Anlagen, die die Schallschutzbestimmungen der DIN 4109, Teil 5, erfüllen (z. B. Wohnbauten), bzw. nicht erfüllen (z. B. gewerbliche Anlagen).

Kennzeichnung:

Für die Kennzeichnung der Druckminderer gilt das DVGW Arbeitsblatt 375.

Normen, Gesetze und Richtlinien

Normen

DIN 1988-100

Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen (TRWI)

- Schutz des Trinkwassers, Erhaltung der Trinkwassergüte; Technische Regel der DVGW

DIN 1988-200

Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen (TRWI)
Installation Typ A (geschlossenes System)

- Planung, Bauteile, Apparate, Werkstoffe; Technische Regel der DVGW

DIN 1988-300

Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen (TRWI)

- Ermittlung der Rohrdurchmesser; Technische Regel der DVGW

DIN 1988-500

Druckerhöhungsanlagen mit drehzahlgeregelten Pumpen

DIN 1988-600

Trinkwasserinstallationen in Verbindung mit Feuerlösch- und Brandschutzanlagen

DIN EN 805

Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden

DIN EN 806

Technische Regeln für Trinkwasserinstallation

- Teil 1: Allgemeines
- Teil 2: Planung
- Teil 3: Berechnung der Rohrinne Durchmesser
- Teil 4: Installation
- Teil 5: Betrieb und Instandhaltung

DIN EN 1717

Schutz des Trinkwassers vor Verunreinigungen in Trinkwasserinstallationen und allgemeine Anforderungen an Sicherheitseinrichtungen zur Verhütung von Trinkwasserverunreinigungen durch Rückfließen

DIN 2000

Zentrale Trinkwasserversorgung – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Versorgungsanlagen

DIN 2001-1

Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen – Teil 1: Kleinanlagen – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen

DIN 2001-1 Beiblatt 1

Beispiel für eine Checkliste zur Kontrolle der Wassergewinnungsanlagen

DIN 2001-2

Trinkwasserversorgung aus Kleinanlagen und nicht ortsfesten Anlagen – Teil 2: Nicht ortsfeste Anlagen – Leitsätze für Anforderungen an Trinkwasser, Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung der Anlagen

DIN 4109

Schallschutz im Hochbau; Anforderungen und Nachweise

DIN 4807-5

Ausdehnungsgefäße – Teil 5: Geschlossene Ausdehnungsgefäße mit Membrane für Trinkwasserinstallationen; Anforderung, Prüfung, Auslegung und Kennzeichnung

DIN EN 15182

- Teil 1: Allgemeine Anforderungen
- Teil 2: Hohlstrahlrohre
- Teil 3: Strahlrohre mit Vollstrahl und/oder einem unveränderlichen Sprühwinkel

Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V. Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.

Gesetze

IfSG – Infektionsschutzgesetz

Gesetz zur Verhütung und Bekämpfung von Infektionskrankheiten beim Menschen

LFGB – Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch

Gesetz über den Verkehr mit Lebensmitteln, Tabakerzeugnissen, kosmetischen Mitteln und sonstigen Bedarfsgegenständen

Verordnungen und Richtlinien

Trinkwasserverordnung – TrinkwV 2011

Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch

VDI – Richtlinien

Richtlinien des Vereins Deutscher Ingenieure

Wiederkehrende Prüfungen, Inspektionen, Wartung und Instandsetzung

Wiederkehrende Prüfung von Druckbehältern (§15 BetrSichV):

Eine überwachungsbedürftige Anlage und ihre Anlagenteile sind in bestimmten Fristen wiederkehrend auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hinsichtlich des Betriebs durch eine zugelassene Überwachungsstelle zu prüfen. Der Betreiber hat die Prüffristen der Gesamtanlage und der Anlagenteile auf der Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung innerhalb von sechs Monaten nach der Inbetriebnahme der Anlage zu ermitteln. Die Durchführung der Prüfung ist in Tabelle 7 zu ersehen.

Inspektion, Wartung und Instandsetzung nach DIN EN 806-5

- Inspektion, Wartung und Instandsetzung: laut Betriebsanleitung des Herstellers
- Durchführung: Installationsunternehmen
- Zeitabstand: jährlich, wenn vom Hersteller nicht anders angegeben

Klasse	$p_s \cdot V$ [bar · l] Produkt aus max. Druck und Behältervolumen	Prüfung vor Inbetriebnahme bzw. nach Änderung	Wiederkehrende Prüfung	
			innere Prüfung Durchführender / Intervall	Festigkeitsprüfung Durchführender / Intervall
	$p_s \cdot V \leq 50$	keine überwachungsbedürftige Anlage	keine überwachungsbedürftige Anlage	keine überwachungsbedürftige Anlage
3	$50 < p_s \cdot V \leq 200$	befähigte Person (bP)	bP (Prüffrist lt. Herstellerangaben bzw. Erfahrung mit Betriebsweise)	bP (Prüffrist lt. Herstellerangaben bzw. Erfahrung mit Betriebsweise)
2	$200 < p_s \cdot V \leq 1.000$	zugelassene Überwachungsstelle	bP (Prüffrist lt. Herstellerangaben bzw. Erfahrung mit Betriebsweise)	bP (Prüffrist lt. Herstellerangaben bzw. Erfahrung mit Betriebsweise)
	$1.000 < p_s \cdot V \leq 3.000$	zugelassene Überwachungsstelle	zugelassene Überwachungsstelle (≤ 5 Jahre)	zugelassene Überwachungsstelle (≤ 10 Jahre)
1	$p_s \cdot V > 3.000$	zugelassene Überwachungsstelle	zugelassene Überwachungsstelle (≤ 5 Jahre)	zugelassene Überwachungsstelle (≤ 5 Jahre)

bP = Befähigte Personen:

Personen, die durch ihre Berufsausbildung und ihre zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügen (bisher „Sachkundiger“, z. B. Hersteller oder Depot)

Zugelassene Überwachungsstelle:

von der zuständigen Landesbehörde als Prüfstelle benannte Überwachungsstelle (amtlich anerkannter Sachverständiger, z. B. TÜV)

Tabelle 7: Klassenzuordnung der Druckbehälter und Prüfungen gemäß §15 BetrSichV

Arbeitsblatt 1:

Berechnungsdurchflüsse sowie Mindestfließdrücke gebräuchlicher Trinkwasserentnahmestellen

Schritt 1:

Bestimmung der Berechnungsdurchflüsse aller anzuschließenden Entnahmearmaturen und Apparate nach Herstellerangaben. (Überschlägige Bestimmung nach Richtwerten gemäß DIN 1988-300, siehe Tabelle 8.)

Schritt 2:

Addition der Berechnungsdurchflüsse = $\sum \dot{V}_R$

Art der Entnahmestelle	DN	Mindestfließdruck $p_{\min, Fl}$ [MPa]	Berechnungsdurchfluss \dot{V}_R [l/s]
Auslaufventile ohne Strahlregler ^a	15	0,05	0,30
	20	0,05	0,50
	25	0,05	1,00
Auslaufventile mit Strahlregler	10	0,10	0,15
	15	0,10	0,15
Mischarmaturen ^{b, c} für			
Duschwanne	15	0,10	0,15
Badewanne	15	0,10	0,15
Küchenspüle	15	0,10	0,07
Waschbecken	15	0,10	0,07
Sitzwaschbecken	15	0,10	0,07
Maschinen für Haushalte			
Waschmaschine (nach DIN EN 60456)	15	0,05	0,15
Geschirrspülmaschine (nach DIN EN 50242)	15	0,05	0,07
WC-Becken und Urinale			
Füllventil für Spülkasten (nach DIN EN 14124)	15	0,05	0,13
Druckspüler (manuell) für Urinal (nach DIN EN 12541)	15	0,10	0,30
Druckspüler (elektronisch) für Urinal (nach DIN EN 15091)	20	0,10	0,30
Druckspüler für WC	20	0,12	1,00

Wichtige Hinweise:

Die Hersteller müssen den Mindestfließdruck und die Berechnungsdurchflüsse auf der Kalt- und auf der Warmwasserseite (bei Mischarmaturen) angeben. Grundsätzlich sind für die Bemessung der Rohrdurchmesser die Angaben der Hersteller zu berücksichtigen, die zum Teil erheblich von den in dieser Tabelle angegebenen Werten abweichen können.

Liegen die Herstellerangaben für den Mindestfließdruck und den Berechnungsdurchfluss unter den in der Tabelle genannten Werten, gibt es zwei Optionen:

- Ist die Trinkwasserinstallation aus hygienischen und wirtschaftlichen Gründen für die geringeren Werte zu bemessen, muss dieses Vorgehen mit dem Bauherrn vereinbart und die Auslegungsvoraussetzungen für die Entnahmestellen (Mindestfließdruck, Berechnungsdurchfluss) in die Bemessung aufgenommen werden.
- Wird die Trinkwasserinstallation nicht für die geringeren Werte bemessen, sind die Tabellenwerte zu berücksichtigen. Liegen die Herstellerangaben über den in der Tabelle genannten Werten, muss die Trinkwasserinstallation mit den Herstellerwerten bemessen werden.

a Ohne angeschlossene Apparate (z. B. Rasensprenger)

b Der angegebene Berechnungsdurchfluss ist für den kalt- und den warmwasserseitigen Anschluss in Rechnung zu stellen.

c Eckventile für z. B. Waschtischarmaturen und S-Anschlüsse für z. B. Dusch- und Badewannenarmaturen sind als Einzelwiderstände oder im Mindestfließdruck der Entnahmearmatur zu berücksichtigen.

Tabelle 8: Mindestfließdrücke und Berechnungsdurchflüsse gebräuchlicher Trinkwasserentnahmestellen

Arbeitsblatt 2: Ermittlung des Spitzendurchflusses

Die Gleichzeitigkeit der Wasserentnahme ist abhängig von der Art der Nutzung (z. B. in Wohnungen, Hotels usw.). Im Allgemeinen ist nicht damit zu rechnen, dass sämtliche angeschlossenen Entnahmestellen gleichzeitig voll geöffnet sind.

Für die in der Tabelle 9 genannten Gebäudearten wird der Spitzendurchfluss im Geltungsbereich $0,2 \leq \sum V_R \leq 500$ mit der Formel (34) berechnet.

$$\dot{V}_S = a \cdot \left(\sum V_R \right)^b - c \quad \text{Formel (34)}$$

Legende:

\dot{V}_S = Spitzendurchfluss

\dot{V}_R = Berechnungsdurchfluss, nach Tabelle 8

a, b, c = Konstanten nach Tabelle 9

Gebäudetyp	a	b	c
Wohngebäude	1,48	0,19	0,94
Bettenhaus im Krankenhaus	0,75	0,44	0,18
Hotel	0,70	0,48	0,13
Schule	0,91	0,31	0,38
Verwaltungsgebäude	0,91	0,31	0,38
Einrichtungen für Betreutes Wohnen, Seniorenheim	1,48	0,19	0,94
Pflegeheim	1,40	0,14	0,92

Tabelle 9: Konstanten für den Spitzendurchfluss

Hierzu bestehen die nachstehenden Ausnahmen:

- **Nutzungseinheiten (NE)**

Erfahrungsgemäß sind in Fließrichtung zum Ende der Strangleitung hin und in der Stockwerksverteilung von NEs die Durchflüsse nach Formel (34) zu hoch, weil nicht mehr als zwei Entnahmestellen zugleich, z. B. in einem Bad, geöffnet sind. Deshalb wird der Spitzendurchfluss in jeder Teilstrecke einer NE maximal dem Summendurchfluss der beiden größten an der Teilstrecke installierten Entnahmestellen gesetzt (gilt auch für die Fälle in einer NE, bei denen sich nach Formel (34) ein kleinerer Durchfluss ergibt). Wird an eine Teilstrecke (z. B. in der Steigleitung) eine zweite NE angeschlossen, addieren sich die Spitzendurchflüsse der beiden NEs, sofern der sich damit ergebende Spitzendurchfluss kleiner ist als der nach Formel (34) berechnete. Andernfalls ist der Spitzendurchfluss nach Formel (34) zu bestimmen.
- **Dauerverbraucher**

Der Durchfluss bei Dauerverbrauch wird zum Spitzendurchfluss der anderen Entnahmestellen addiert. Als Dauerverbrauch werden Wasserentnahmen mit einer Dauer von mehr als 15 min angesehen, z. B. Gartensprengventil.
- **Reihenanlagen**

Grundlage für die Berechnung ist der Summendurchfluss. Mit dem Betreiber ist die Gleichzeitigkeit der Wasserentnahme festzulegen. Die Spitzendurchflüsse der Reihenanlage und anderer Teilbereiche im Gebäude sind zu addieren, wenn sie gleichzeitig auftreten können.
- **Sonderbauten, Gewerbe- und Industrieanlagen**

Für Sonderbauten (d. h. andere als die in Tabelle 9 genannten Gebäudetypen) und Trinkwasserinstallationen in Gewerbe- und Industrieanlagen sind besondere Betrachtungen über die Gleichzeitigkeit der Wasserentnahme anzustellen. In Industrie-, Landwirtschafts-, Gärtnerei-, Schlachthof-, Molkerei-, Wäschereibetrieben, Großküchen, öffentlichen Bädern usw. muss der Spitzendurchfluss in Absprache mit dem Betreiber der Anlage aus dem Summendurchfluss ermittelt werden. Dies gilt auch für Teilbereiche von Trinkwasserinstallationen, z. B. Gewerbebetriebe in Wohnhäusern. Die Spitzendurchflüsse der Teilbereiche der Trinkwasserinstallation sind zu addieren, wenn sie zeitlich zusammenfallen.

Arbeitsblatt 3:

Wasserzähler

Art, Zahl und Größe des Wasserzählers bestimmt im Regelfall das WVU. Bestimmt das WVU die Wasserzählergröße, ist der vom WVU angegebene Druckverlust des Wasserzählers bzw. der Wasserzähleranlage einzusetzen.

Gemäß DIN ISO 4064, Teil 1, gilt:

$$\dot{V}_N(Q_n) = 0,5 \cdot \dot{V}_{\max}(Q_{\max}) \quad \text{Formel (35)}$$

Legende:

$\dot{V}_N(Q_n)$ = Nenndurchfluss, gilt für Dauerverbrauch

$\dot{V}_{\max}(Q_{\max})$ = Nenndurchfluss, gilt für kurzzeitigen Spitzenverbrauch

Normwerte für Druckverluste in Wasserzählern Δp_{WZ}

Zählerart	Nenndurchfluss $\dot{V}_N(Q_n)$ [m ³ /h]	Druckverlust Δp^* bei $\dot{V}_{\max}(Q_{\max})$ [mbar]
Flügelradzähler	<15	max. 1.000
Woltmann-Zähler senkrecht (WS)	≥15	max. 600
Woltmann-Zähler parallel (WP)	≥15	max. 300

*nach DIN ISO 4064, Teil 1

Tabelle 10: Druckverluste von Wasserzählern

Anschluss, Nenndurchfluss und maximaler Durchfluss von Wasserzählern nach DIN ISO 4064, Teil 1

Zählerart	Anschlussgewinde nach DIN ISO 228, Teil 1	Anschlussgröße (Nennweite des Anschlussflansches) DN	Nenndurchfluss ^{*)} $\dot{V}_N(Q_n)$ [m ³ /h]	Max. Durchfluss $\dot{V}_{\max}(Q_{\max})$ [m ³ /h]
Volumetrische Zähler und Flügelradzähler	G 1/2 B	—	0,6	1,2
	G 1/2 B	—	1,0	2
	G 3/4 B	—	1,5	3
	G 1 B	—	2,5	5
	G 1 1/4 B	—	3,5	7
	G 1 1/2 B	—	6,0	12
	G 2 B	—	10,0	20
Woltmann-Zähler	—	50	15	30
	—	65	25	50
	—	80	40	80
	—	100	60	120
	—	150	150	300
	—	200	250	500

*) Der Nenndurchfluss dient zur Kennzeichnung des Zählers. Nach DIN ISO 4064, Teil 1, ist es zulässig, zu einem gegebenen Nenndurchfluss $\dot{V}_N(Q_n)$ Anschlussgewinde der nächsthöheren oder der nächstniedrigeren Stufe als die in der Tabelle jeweils zugeordneten Werte zu wählen.

Tabelle 11: Durchflusswerte von Wasserzählern

Arbeitsblatt 4:

Überschlägige Ermittlung der Verbrauchsleitung nach der DEA

Referenzwerte Δp_{TE} von Gruppen-Trinkwassererwärmern

Geräterart	Druckverlust Δp_{TE} [hPa]
Elektro-Durchfluss-Wassererwärmer	
▪ Hydraulisch gesteuert	1.000
▪ Elektronisch gesteuert	800
Elektro- bzw. Gas-Speicher-Wassererwärmer, Nennvolumen bis 80 l	200
Gas-Durchfluss-Wasserheizer und Gas-Kombi-Wasserheizer nach DIN EN 297, DIN EN 625	800

Tabelle 12: Referenzwerte für Druckverluste Δp_{TE} von Gruppen-Trinkwassererwärmern

Richtwerte für Druckverlustabschätzungen

Rohrleitungslänge DEA bis hydraulisch ungünstigste Entnahmestelle $\sum l_{nach}$ [m]	Mittlere Druckgefälle der Verbrauchsleitung $\frac{\Delta p_R + \Delta p_E}{l}$ [mbar/m]
≤ 30	20
$> 30 \leq 80$	15
> 80	10

Tabelle 13: Richtwerte für Druckverlustabschätzung der Verbrauchsleitungen nach der DEA

Druckverlust von Filtern

Für Filter mit $\dot{V}_{max} = \dot{V}_S$ kann ein Richtwert von 200 mbar angesetzt werden.

Druckverlust Δp_{TE} von Gruppen-Trinkwassererwärmern

Die Referenzwerte für Gruppen-Trinkwassererwärmer sind in Tabelle 12 zusammengestellt. Zur Ermittlung der Druckverluste weiterer Apparate (z. B. Enthärtungsanlagen, Dosieranlagen) sind gegebenenfalls Herstellerangaben einzuholen.

Druckverluste der Verbrauchsleitungen nach der DEA

Überschlägige Ermittlung (u. a. mit Tabelle 13)

Bei einer Ausführungsplanung muss der Planende eine detaillierte Ermittlung der Druckverluste gemäß DIN 1988-300 durchführen.

Arbeitsblatt 5:

Darstellung der Berechnungsgrundlagen

Tabelle 14 enthält ein Beispiel für die Darstellung der Berechnungsgrundlagen.

Fließweg- / Strang-Nr.:

Nr.	Benennung	Bezeichnung	Wert	Einheit
1	Mindestdruck nach dem Wasserzähler	$p_{\min, WZ}$		hPa
2	Druckverlust aus geodätischem Höhenunterschied	Δp_{geo}		hPa
3	Druckverlust in Apparaten			
	Wasserzähler	Δp_{WZ}		hPa
	Wohnungswasserzähler	Δp_{WZ}		hPa
	Filter	Δp_{FIL}		hPa
	Enthärtungsanlage	Δp_{EH}		hPa
	Dosieranlage	Δp_{DOS}		hPa
	Gruppen-Trinkwassererwärmer	Δp_{TE}		hPa
	weitere Apparate	Δp_{AP}		hPa
	weitere Apparate	Δp_{AP}		hPa
	weitere Apparate	Δp_{AP}		hPa
4	Mindestfließdruck Entnahmemarmatur: _____	$p_{\min, \text{FL}}$		hPa
5	Summe der Druckverluste	$\sum \Delta p$		hPa
6	bei abgleichender Berechnung: Druckverlust aus Rohrreibung und Einzelwiderständen in bereits berechneten TS _____ bis TS _____	$\sum (l \cdot R + Z)$		hPa
7	verfügbar für Druckverluste aus Rohrreibung und Einzelwiderständen TS _____ bis TS _____	$\sum (l \cdot R + Z)_V$		hPa
8	geschätzter Anteil für Einzelwiderstände	α		%
9	verfügbar für Druckverlust aus Rohrreibung	Δp_R		hPa
10	Leitungslänge	l_{ges}		m
11	verfügbares Rohrreibungsdruckgefälle	R_V		hPa/m

Tabelle 14: Darstellung der Berechnungsgrundlagen

Arbeitsblatt 6:

Umrechnung der Förderhöhe H in Druckerhöhung Δp

$$\Delta p = \rho \cdot g \cdot H$$

Formel (36)

Legende:

 Δp = Druckerhöhung in Pa (1 Pa = 1 N/m², 1 bar = 100.000 Pa) ρ = Dichte in kg/m³ g = Fallbeschleunigung = 9,81 m/s² H = Förderhöhe der Pumpe in m

Für die tägliche Praxis wird die Fallbeschleunigung g mit 10 m/s² und die Dichte ρ mit 1.000 kg/m³ angenommen.

Damit vereinfacht sich die obige Gleichung zu:

$$\Delta p \approx \frac{H}{10} \quad [\text{bar}]$$

Formel (37)

Legende:

 Δp = Druckerhöhung in Pa (1 Pa = 1 N/m², 1 bar = 100.000 Pa) H = Förderhöhe der Pumpe in m

Beide Gleichungen gelten ebenso für geodätische Druckverluste, z. B. Δp_{geo} , und die geodätischen Höhenverluste H_{geo} . Damit gilt sinngemäß:

$$\Delta p_{\text{geo}} \approx \frac{H_{\text{geo}}}{10} \quad [\text{bar}]$$

Formel (38)

Arbeitsblatt 7:

Druckhöhenverluste von Stahlrohren

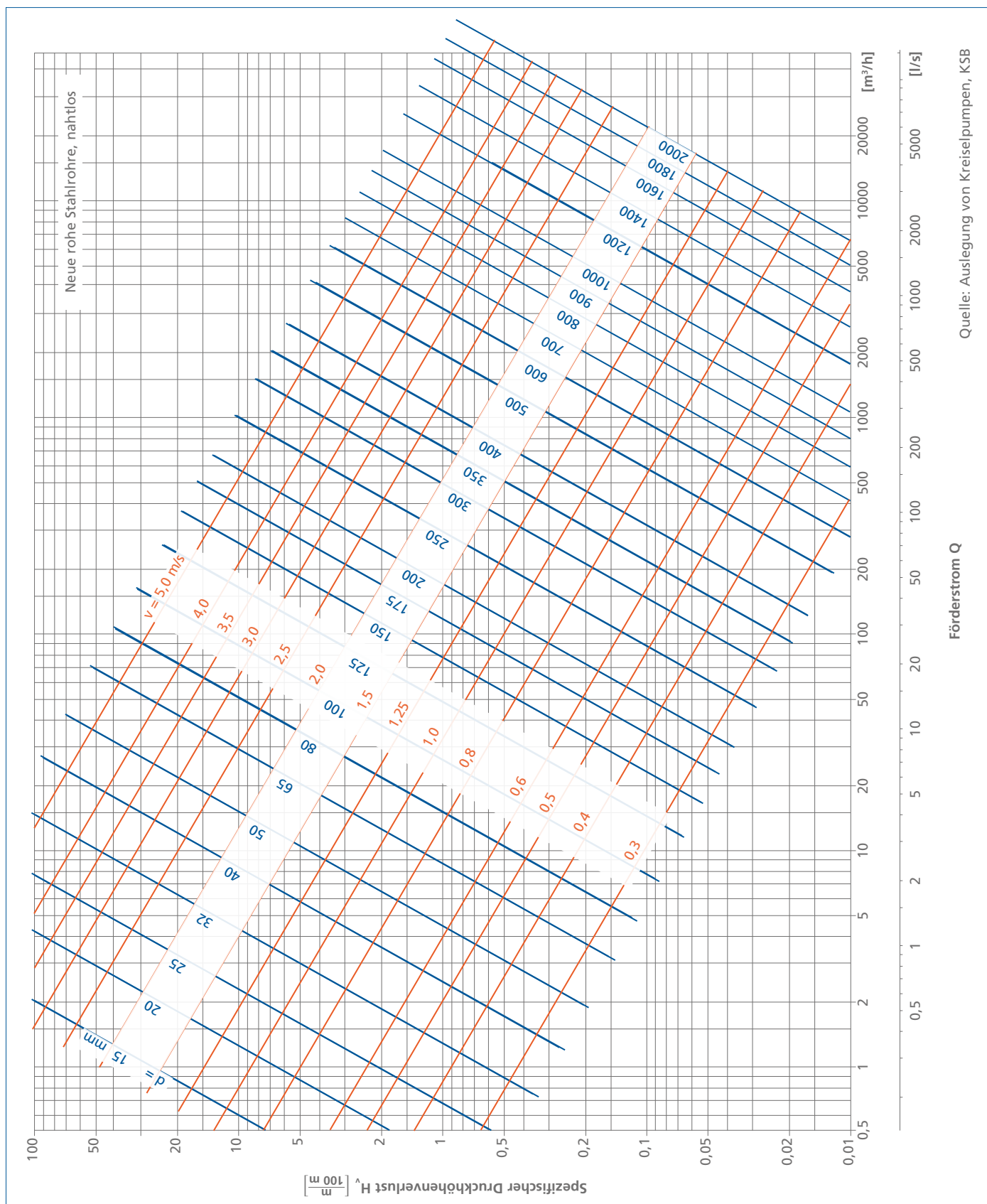


Abb. 29: Spezifische Druckhöhenverluste H_v für neue rohe Stahlrohre, nahtlos ($k = 0,05 \text{ mm}$)

Arbeitsblatt 8: Druckhöhenverluste von hydraulisch glatten Rohren

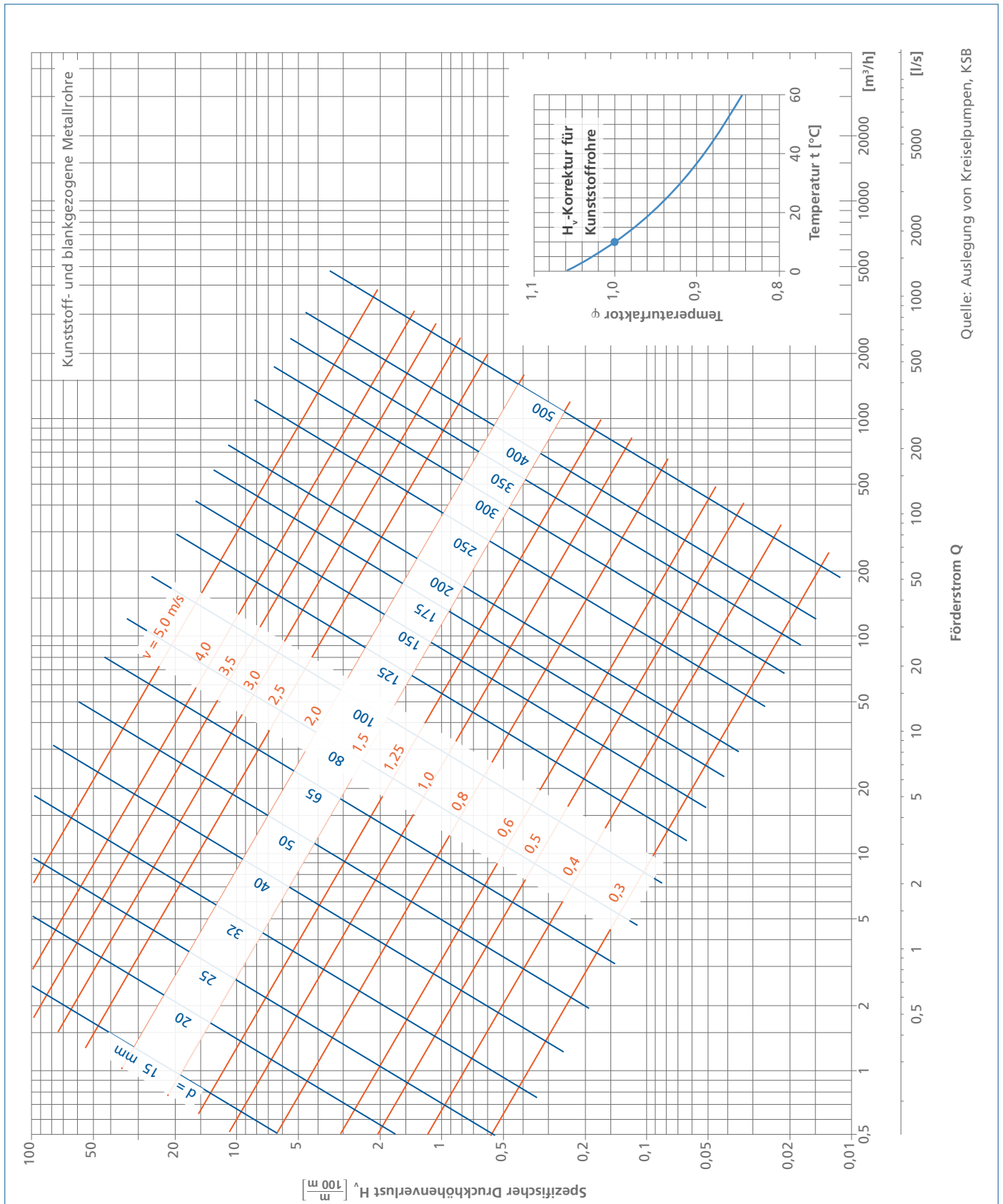


Abb. 30: Spezifische Druckhöhenverluste H_v für hydraulisch glatte Rohre ($k \approx 0$)
(Für Kunststoffrohre bei t 0 °C bis +10 °C mit Temperaturfaktor ϕ zu multiplizieren)

Arbeitsblatt 9:

Zulässige Förderstromkriterien einer DEA

Nennweiten der Gebäudeanschlussleitungen	Max. Gesamtdurchfluss zur DEA und zu Verbrauchsleitungen der DEA	Max. zulässige Förderströme bei unmittelbarem Anschluss einer DEA ohne vordruckseitigen Druckbehälter	
		I Q_{\max} bei $v < 2,0$ m/s [m ³ /h]	IIa Q_{\max} bei $v < 0,15$ m/s [m ³ /h]
25 / 1"	3,50	0,26	0,88
32 / 1 ¼"	5,80	0,43	1,45
40 / 1 ½"	9,00	0,68	2,30
50 / 2"	14,00	1,06	3,50
65	24,00	1,80	6,00
80	36,00	2,70	9,00
100	57,00	4,20	14,00
125	88,00	6,60	22,00
150	127,00	9,50	32,00
200	226,00	17,00	57,00
250	353,00	26,50	88,00
300	509,00	38,00	127,00

Tabelle 15: Zulässige Fließgeschwindigkeit in der Gebäudeanschlussleitung (nach DIN 1988-300)

I:

Die Gesamtließgeschwindigkeit zur DEA und zu den Verbrauchsleitungen ohne DEA darf 2,0 m/s nicht überschreiten. Um einen unmittelbaren Anschluss ohne vordruckseitigen Druckbehälter an eine DEA zu ermöglichen, dürfen die durch das Ein- und Abschalten von DEA-Pumpen erzeugten Unterschiede der Fließgeschwindigkeit in der Anschlussleitung folgende Werte nicht überschreiten:

IIa:

$v < 0,15$ m/s durch eine (die größte) Einzelpumpe

IIb:

$v < 0,5$ m/s durch das gleichzeitige Abschalten aller Betriebspumpen einer DEA

Die Tabelle zeigt für gegebene Nennweiten von Anschlussleitungen die jeweiligen Förderstromkriterien in Abhängigkeit von:

- der zulässigen Fließgeschwindigkeit (IIa) bzw.
- deren Änderung durch Pumpenschaltungen (IIb) und
- dem Gesamtdurchfluss (I).

Arbeitsblatt 10: Druckbehälterauswahl / Druckbehälterberechnung (KSB-Empfehlung) / Zulaufseite

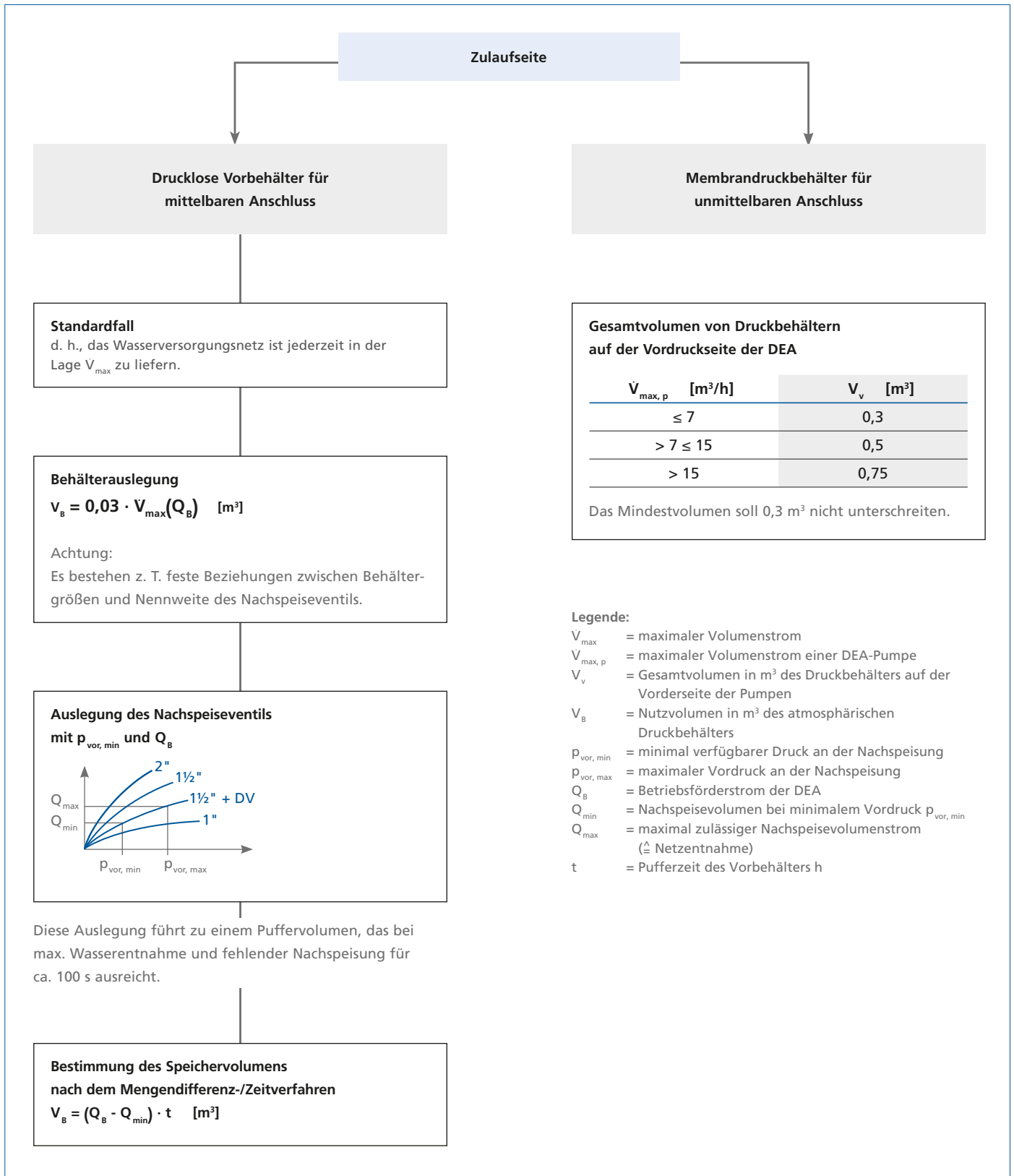


Abb. 31: Auslegungshinweise, teilweise der DIN 1988 entnommen und teilweise KSB-spezifisch

Arbeitsblatt 11:

Druckbehälterauswahl / Verbraucherseite

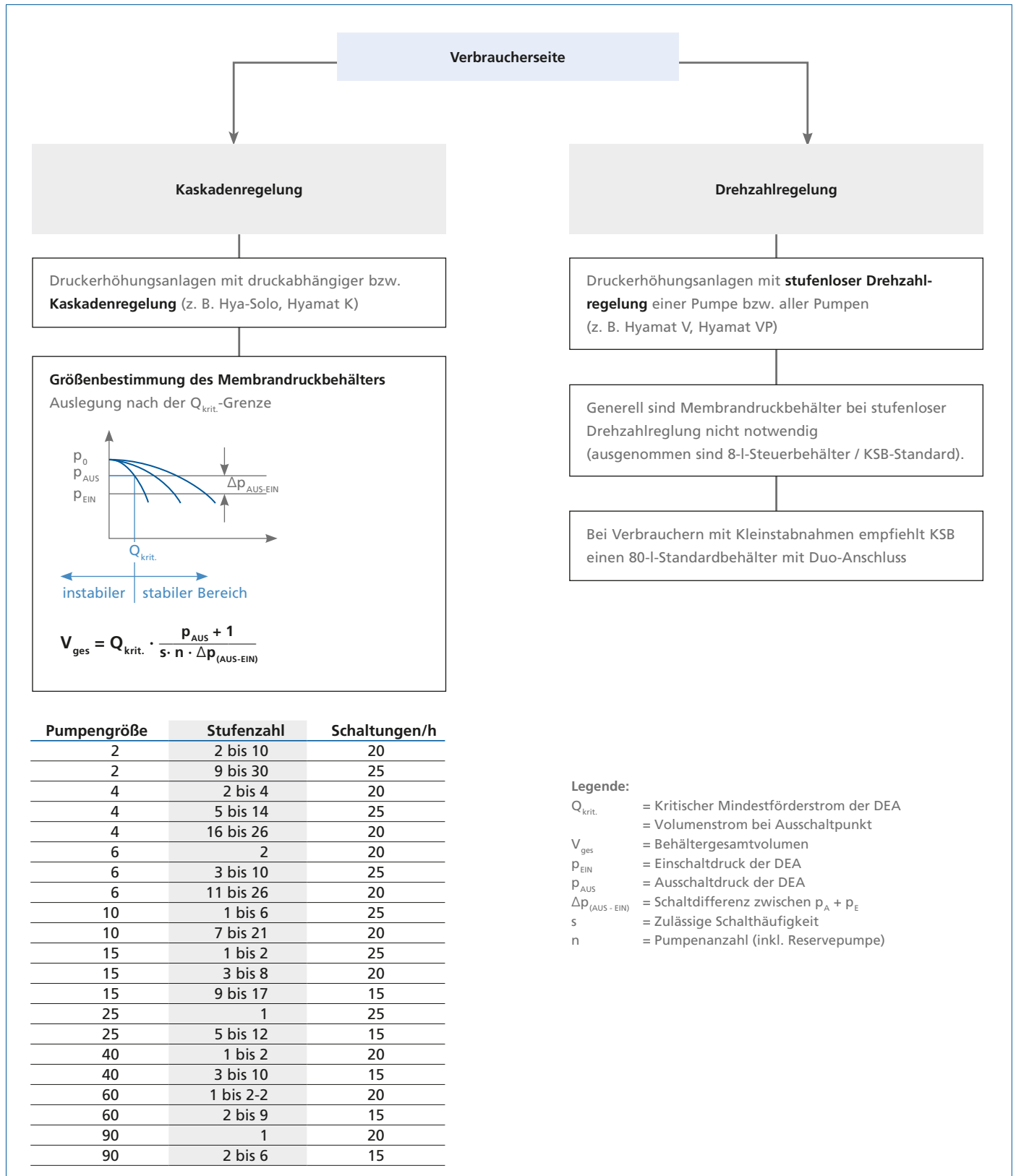


Abb. 32: Druckbehälterauswahl / Verbraucherseite

Arbeitsblatt 12:

Auswahldiagramm Druckminderer

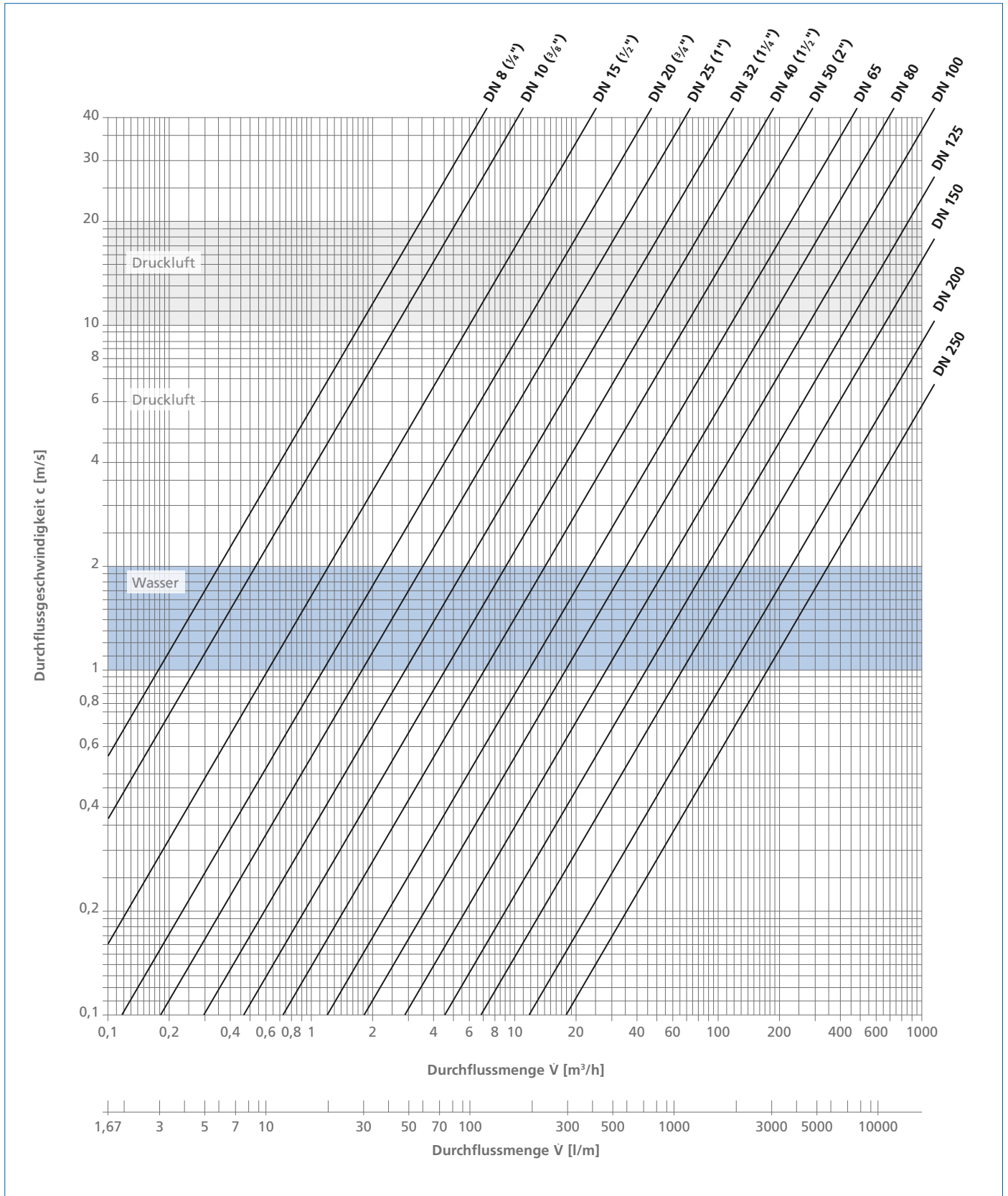


Abb. 33: Auswahldiagramm KSB-Druckminderer

Nach den DVGW-Richtlinien soll im Allgemeinen in Hauswasserversorgungsanlagen eine Durchflussgeschwindigkeit von 2 m/s nicht überschritten werden.

In der Netztafel (siehe Abb. 33) ist der gebräuchliche Bereich zwischen 1 und 2 m/s blau ausgelegt. Bei der Größenbestimmung geht man zweckmäßig von ca. 1,5 m/s aus. Es sind dann für spätere erhöhte Belastungen noch ausreichende Reserven vorhanden. Mithilfe der Netztafel (siehe Abb. 33) lässt sich zu einer verlangten Leistung V in m^3/h oder l/min die erforderliche Nennweite (DN) ermitteln.

Die Einbaulage der Druckminderer ist nach Angaben der Hersteller vorzunehmen. Ein spannungsfreier Einbau muss sichergestellt sein.

Bestimmung der Nennweite nach DIN 1988-200

Druckminderer dürfen nicht nach der Nennweite der Rohrleitung ausgewählt werden, sondern nach dem erforderlichen Durchfluss. Die Auswahl von Druckminderern ist im Rahmen der Rohrnetzrechnung unter Berücksichtigung der Herstellerangaben nach den Tabellen 10 und 11 der DIN 1988-200 und den Schallschutzanforderungen nach Reihe DIN 4109 entsprechend vorzunehmen.

Nennweiten von Druckminderern – Schallschutzbestimmungen nach DIN 4109 sind zu erfüllen

Nennweite DN	V_s bei Fließgeschwindigkeit = 2 m/s	
15	0,5 l/s	1,8 m^3/h
20	0,8 l/s	2,9 m^3/h
25	1,3 l/s	4,7 m^3/h
32	2 l/s	7,2 m^3/h
40 ^a	2,3 l/s	8,3 m^3/h
50 ^a	3,6 l/s	13 m^3/h
65 ^a	6,5 l/s	23 m^3/h
80 ^a	9 l/s	32 m^3/h
100 ^a	12,5 l/s	45 m^3/h
125 ^a	17,5 l/s	63 m^3/h
150 ^a	25 l/s	90 m^3/h
200 ^a	40 l/s	144 m^3/h
250 ^a	75 l/s	270 m^3/h

^a zz. noch keine Prüfzeichen hinsichtlich des Geräuschverhaltens

Tabelle 16: Nennweiten der Druckminderer für Anlagen, in denen die Schallschutzbestimmungen nach DIN 4109 zu erfüllen sind (z. B. Wohnbauten)

Nennweiten von Druckminderern – Schallschutzbestimmungen nach DIN 4109 sind nicht zu erfüllen

Nennweite DN	V_s bei Fließgeschwindigkeit = 3 m/s	
15	0,5 (0,35 ^b) l/s	1,8 (1,3 ^b) m^3/h
20	0,9 l/s	3,3 m^3/h
25	1,5 l/s	5,4 m^3/h
32	2,4 l/s	8,6 m^3/h
40 ^b	3,8 l/s	13,7 m^3/h
50 ^b	5,9 l/s	21,2 m^3/h
65 ^b	9,7 l/s	35 m^3/h
80 ^b	15,3 l/s	55 m^3/h
100 ^b	23,3 l/s	83 m^3/h
125 ^b	34,7 l/s	125 m^3/h
150 ^b	52,8 l/s	190 m^3/h
200 ^b	92 l/s	330 m^3/h
250 ^b	139 l/s	500 m^3/h

^b Sicherheitsarmaturengruppe

Tabelle 17: Nennweiten der Druckminderer für Anlagen, die nicht den Schallschutzbestimmungen nach DIN 4109 unterliegen (z. B. gewerbliche Anlagen)

Arbeitsblatt 13:

Häufigkeit für Inspektion und Wartung von Bauteilen für Trinkwasserinstallationen gemäß DIN EN 806-5

Die nachstehende Tabelle enthält Angaben zur empfohlenen Häufigkeit für die Inspektion und Wartung von verschiedenen Bauteilen für Trinkwasserinstallationen.

Weitere Bauteile, die nicht in der Tabelle aufgeführt sind, können ebenfalls Inspektions- und Wartungsmaßnahmen erfordern.

In den Mitgliedstaaten der EU können unterschiedliche Anforderungen an die Inspektion und Wartung bestehen.

Häufigkeit für Inspektion und Wartung von Bauteilen für Trinkwasserinstallationen gemäß DIN EN 806-5

Nr.	Anlagenbauteil und Einheit	Bezugsdokument	Inspektion	Routinemäßige Wartung
1	Ungehinderter freier Auslauf (AA)	EN 13076	Halbjährlich	Halbjährlich
2	Freier Auslauf mit nicht kreisförmigem Überlauf (uneingeschränkt) (AB)	EN 13077	Halbjährlich	Halbjährlich
3	Freier Auslauf mit belüftetem Tauchrohr und Überlauf (AC)	EN 13078	Jährlich	Jährlich
4	Freier Auslauf mit Injektor (AD)	EN 13079	Halbjährlich	Halbjährlich
5	Freier Auslauf mit kreisförmigem Überlauf (eingeschränkt) (AF)	EN 14622	Jährlich	Jährlich
6	Freier Auslauf mit kreisförmigem Überlauf mit Mindestdurchmesser (Nachweis durch Prüfung oder Messung) (AG)	EN 14623	Jährlich	Jährlich
7	Systemtrenner mit kontrollierbarer druckreduzierter Zone (BA)	EN 12729	Halbjährlich	Jährlich
8	Systemtrenner mit unterschiedlichen nicht kontrollierbaren Druckzonen (CA)	EN 14367	Halbjährlich	Jährlich
9	Rohrbelüfter in Durchgangform (DA)	EN 14451	Jährlich	Jährlich
10	Rohrunterbrecher mit Lufteintrittsöffnung und beweglichem Teil (DB)	EN 14452	Jährlich	Jährlich
11	Rohrunterbrecher mit ständig geöffneten Lufteintrittsöffnungen (DC)	EN 14453	Halbjährlich	Halbjährlich
12	Kontrollierbarer Rückflussverhinderer (EA)	EN 13959	Jährlich	Jährlich
13	Nicht kontrollierbarer Rückflussverhinderer (EB)	EN 13959	Jährlich	Austausch alle 10 Jahre
14	Kontrollierbarer Doppelrückflussverhinderer (EC)	EN 13959	Jährlich	Jährlich
15	Nicht kontrollierbarer Doppelrückflussverhinderer (ED)	EN 13959	Jährlich	Austausch alle 10 Jahre
16	Rohrtrenner, nicht durchflussgesteuert (GA)	EN 13433	Halbjährlich	Jährlich
17	Rohrtrenner, durchflussgesteuert (GB)	EN 13434	Halbjährlich	Jährlich
18	Schlauchanschluss mit Rückflussverhinderer (HA)	EN 14454	Jährlich	Jährlich
19	Brauseschlauchanschluss mit Rohrbelüfter (HB)	EN 15096	Jährlich	Jährlich
20	Automatischer Umsteller (HC)	EN 15506	Jährlich	Jährlich
21	Rohrbelüfter für Schlauchanschlüsse, kombiniert mit Rückflussverhinderer (HD)	EN 15096	Jährlich	Jährlich
22	Druckbeaufschlagter Belüfter (LA)	EN 14455	Jährlich	Jährlich
23	Druckbeaufschlagter Belüfter, kombiniert mit nachgeschaltetem Rückflussverhinderer (LB)		Jährlich	Jährlich
24	Hydraulische Sicherheitsgruppe	EN 1487	Monatlich	Jährlich
25	Sicherheitsgruppe für Expansionswasser	EN 1488	Monatlich	Jährlich
26	Sicherheitsventil	EN 1489	Monatlich	Monatlich

Nr.	Anlagenbauteil und Einheit	Bezugsdokument	Inspektion	Routinemäßige Wartung
27	Kombiniertes Druck-Temperaturventil	EN 1490	Monatlich	Monatlich
28	Sicherheitsventil für Expansionswasser	EN 1491	Monatlich	Monatlich
29	Druckminderer	EN 1567	Jährlich	Jährlich
30	Thermostatischer Mischer für Warmwasserbereiter	EN 15092	Halbjährlich	Jährlich
31	Druckerhöhungspumpe	EN 806-2 prEN 806-4	Jährlich	Jährlich
32	Filter, rückspülbar (80 µm bis 150 µm)	EN 13443-1	Mindestens halbjährlich	Mindestens halbjährlich
33	Filter, nicht rückspülbar (80 µm bis 150 µm)	EN 13443-1	Mindestens halbjährlich	Mindestens halbjährlich
34	Filter (< 80 µm)	EN 13443-2	Mindestens halbjährlich	Mindestens halbjährlich
35	Dosiersystem	EN 14812 prEN 15848	Alle 2 Monate	Mindestens halbjährlich
36	Enthärter	EN 14743	Alle 2 Monate	Mindestens halbjährlich
37	Elektrolytische Dosierungsanlage mit Aluminiumanoden	EN 14095	Alle 2 Monate	Mindestens halbjährlich
38	Filter mit aktiven Substanzen	EN 14898	Alle 2 Monate	Mindestens halbjährlich
39	Membranfilteranlage	EN 14652	Alle 2 Monate	Mindestens halbjährlich
40	Gerät mit Quecksilberdampf-Niederdruckstrahlern	EN 14897	Alle 2 Monate	Mindestens halbjährlich
41	Nitratentfernungsanlage	EN 15219	Alle 2 Monate	Mindestens halbjährlich
42	Wassererwärmer	EN 12897	Alle 2 Monate	Jährlich
43	Leitungsanlage	EN 806-2 prEN 806-4	Jährlich	Jährlich
44	Wasserzähler, kalt	MID [1]	Jährlich	Alle 6 Jahre
45	Wasserzähler, warm	MID [2]	Jährlich	Alle 5 Jahre
46	Brandschutzeinrichtungen	EN 806-2 prEN 806-4	Nationale Bestimmungen	Nationale Bestimmungen

Tabelle 18: Häufigkeit für Inspektion und Wartung von Bauteilen für Trinkwasserinstallationen gemäß DIN EN 806-5

Arbeitsblatt 14:

Auslegungshilfe für Druckerhöhungsanlagen

Projektdaten

Bauvorhaben:

Datum:

Bearbeiter:

Gebäudetyp

Wohngebäude

Bettenhaus im Krankenhaus

Hotel

Schule

Verwaltungsgebäude

Einrichtung für betreutes Wohnen,
Seniorenheim

Pflegeheim

Art der Entnahmestelle	DN	Berechnungsdurchfluss \dot{V}_R [l/s]	Anzahl (Stück)
Auslaufventile ohne Strahlregler	15	0,30	
	20	0,50	
	25	1,00	
Auslaufventile mit Strahlregler	10	0,15	
	15	0,15	
Mischarmaturen für			
Duschwanne	15	0,15	
Badewanne	15	0,15	
Küchenspüle	15	0,07	
Waschbecken	15	0,07	
Sitzwaschbecken	15	0,07	
Maschinen für Haushalte			
Waschmaschine (nach DIN EN 60456)	15	0,15	
Geschirrspülmaschine (nach DIN EN 50242)	15	0,07	
WC-Becken und Urinale			
Füllventil für Spülkasten (nach DIN EN 14124)	15	0,13	
Druckspüler (manuell) für Urinal (nach DIN EN 12541)	15	0,30	
Druckspüler (elektronisch) für Urinal (nach DIN EN 15091)	20	0,30	
Druckspüler für WC	20	1,00	
Sonstige nicht gelistete Entnahmestellen			

Auslegungsdaten

erforderliche Fördermenge	[m³/h]
erforderliche Förderhöhe	[bar]

Anschlussart

mittelbar	<input type="checkbox"/>
unmittelbar	<input type="checkbox"/>

Vordruckseite

Vordruck gemäß Wasserversorger	min. [bar]
	max. [bar]
Hausanschluss (Leitung zur DEA)	DN
Vordruckbehälter gemäß Wasserversorger	ja <input type="checkbox"/>
	nein <input type="checkbox"/>
Hauswasserzähler	ja <input type="checkbox"/>
	nein <input type="checkbox"/>
Filteranlage	ja <input type="checkbox"/>
	nein <input type="checkbox"/>
Sonstige Verluste (z. B. Enthärtungsanlage)	[bar]

Anlagedaten

Reservepumpe	ja <input type="checkbox"/>
	nein <input type="checkbox"/>
Fördermedium	Trinkwasser <input type="checkbox"/>
	sonstiges Medium <input type="checkbox"/>
Netzspannung	1 x 230 V / 50 Hz <input type="checkbox"/>
	3 x 400 V / 50 Hz <input type="checkbox"/>
Steuerungsart	Kaskade <input type="checkbox"/>
	Drehzahlberechnung <input type="checkbox"/>

Enddruckseite

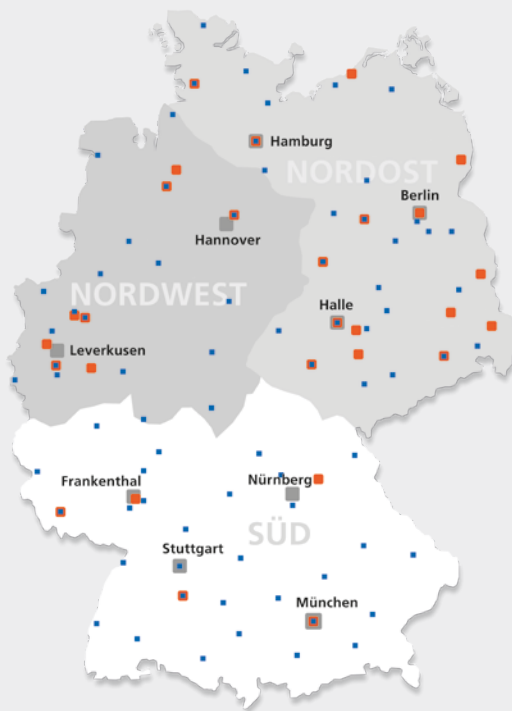
Geodätische Höhe	[m]
Mindestfließdruck an der Entnahmestelle	[bar]
Rohrleitungsverluste	[bar]
Sonstige Entnahmeverluste (z. B. Wasserzähler)	[bar]

Anmerkungen

Glossar

Benennung	Zeichen	Einheit
Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Druckwelle	a	m/s
Gleichzeitigkeitsfaktor	f	–
Fallbeschleunigung (9,81 m/s ²)	g	m/s ²
Pumpenförderhöhe	H	m
Maximale Pumpenförderhöhe bei Förderstrom = 0	H_0	m
Geodätischer Druckhöhenverlust	H_{geo}	m
Stockwerkshöhe	H_{Stw}	m
Druckhöhenverlust	H_V	m
Druckanstieg	ΔH	m
Geodätischer Druckverlust für das X. OG	$\Delta H_{\text{geo (X. OG)}}$	m
Pumpenanzahl inklusive Reservepumpe	n	–
Stockwerksanzahl, die mit einem Druckminderer vor unzulässigen Drücken geschützt werden muss	N_{DZ}	–
Stockwerksanzahl, die ohne DEA versorgt werden kann	$N_{\text{ohne DEA}}$	–
Druck	p	bar
Maximaler Pumpendruck bei Förderstrom = 0	p_0	bar
Ausschaltdruck, bei dem die Pumpe einer druckgesteuerten DEA ausschaltet	p_A	bar
Einschaltdruck, bei dem die Pumpe einer druckgesteuerten DEA einschaltet	p_E	bar
Sollwert einer drehzahlgesteuerten DEA	p_{Soll}	bar
Fließdruck am Verbraucher	p_{Fi}	bar
Mindestfließdruck am Verbraucher	$p_{\text{min, Fi}}$	bar
Mindestfließdruck am Verbraucher im Stockwerk N	$p_{\text{min, Fi (N)}}$	bar
Min. verfügbarer Druck an der Übergabestelle des Wasserversorgungsunternehmens	SPLN	bar
Maximaler Druck	p_{max}	bar
Maximal zulässiger Fließdruck am Verbraucher	$p_{\text{max, Fi}}$	bar
Maximaler Stockwerksdruck	$p_{\text{max, Stw}}$	bar
Maximaler Druck an der Übergabestelle des Wasserversorgungsunternehmens	$p_{\text{max, V}}$	bar
Erforderlicher Druck nach der DEA	p_{nach}	bar
Verfügbarer Druck vor der DEA	p_{vor}	bar
Minimaler verfügbarer Druck vor der DEA	$p_{\text{vor, min}}$	bar
Maximaler Druck vor der DEA	$p_{\text{vor, max}}$	bar
Öffnungsdruck eines Überströmventils	$p_{\text{Ü}}$	bar
Druckabfall beim Anlaufen der Pumpe	Δp_1	bar
Druckanstieg beim Abschalten der Pumpe	Δp_2	bar
Apparate-Druckverlust	Δp_{Ap}	bar
Schaltdruckdifferenz	$\Delta p_{(A - E)}$	bar
Maximale Druckdifferenz nach der DEA	$\Delta p_{\text{DEA, max}}$	bar
Dynamische Druckdifferenz	Δp_{dyn}	bar
Dynamischer Druckverlust je Stockwerk	$\Delta p_{\text{dyn, Stw}}$	bar
Geodätischer Druckverlust	Δp_{geo}	bar
Geodätischer Druckverlust je Stockwerk	$\Delta p_{\text{geo, Stw}}$	bar
Geodätischer Druckverlust für das X. OG	$\Delta p_{\text{geo (X. OG)}}$	bar
Druckverlust je Stockwerk	Δp_{Stw}	bar
Gesamtdruckverlust je Stockwerk	$\Delta p_{\text{Stw, ges}}$	bar
Druckschwankung vor der DEA	Δp_{vor}	bar
Wasserzähler-Druckverlust	Δp_{WZ}	bar
Zulässiger Druckverlust	Δp_{zul}	bar

Benennung	Zeichen	Einheit
Mittleres Druckgefälle der Verbraucherleitungen	$\frac{\Delta p}{l}$	mbar/m
Abschaltförderstrom der letzten laufenden Pumpe (ohne Nachlaufzeit)	Q_{AUS}	m ³ /h
Betriebsförderstrom einer DEA = Nennvolumenstrom einer DEA (V_{max})	Q_B	m ³ /h
Maximaler Volumenstrom einer DEA mit zugeschalteter Reservepumpe	Q_{BR}	m ³ /h
Volumenstrom Feuerlöschwasser	Q_{Fl}	m ³ /h
Kritischer Mindestförderstrom einer druckabhängigen Kaskadensteuerung	$Q_{krit.}$	m ³ /h
Mindestförderstrom	Q_{min}	m ³ /h
Maximal zulässiger Nachspeisevolumenstrom	Q_{max}	m ³ /h
Maximal zulässiger Volumenstrom aus dem Wasserversorgungsnetz	$Q_{max, Netz}$	m ³ /h
Nenndurchfluss von Wasserzählern	Q_n	m ³ /h
Nennvolumenstrom einer DEA	Q_N	m ³ /h
Nachspeise-Volumenstrom	$Q_{Nachspeise}$	m ³ /h
Volumenstrom Wasserversorgungsnetz	Q_{Netz}	m ³ /h
Nutzungsabhängige Klein-/Dauerabnahme	$Q_{Verbraucher, klein}$	m ³ /h
Volumenstromdifferenz	ΔQ	m ³ /h
Volumenstromänderung eines hochdynamischen Verbrauchers	$\Delta Q_{max, dyn}$	m ³ /h
Nennförderstrom – Änderung je Pumpe	ΔQ_{Pu}	m ³ /h
Schalzhäufigkeit	S	–
Zeitdauer zum Füllen einer Hydrantenleitung bis zum ungünstigst gelegenen Wandhydranten	t	s
Pufferzeit des Vorbehälters	t	h
Zeitdifferenz	Δt	s
Schließzeit der Armatur	T_s	s
Reflexionszeit in der Rohrleitung	T_R	s
Strömungsgeschwindigkeit	v	m/s
Strömungsgeschwindigkeitsdifferenz	Δv	m/s
Nutzvolumen des atmosphärischen Vorbehälters	V_B	m ³
Behältervolumen	$V_{Behälter}$	m ³
Brutto-Behältervolumen	V_{brutto}	m ³
Gesamt-Behältervolumen	V_{ges}	m ³
Rohrnetzinhalt	V_{Rohr}	m ³
Berechnungsdurchfluss einer Entnahmemarmatur	V_R	l/s
Gesamtvolumen des Vordruckbehälters	V_v	m ³
Volumendifferenz	ΔV	m ³
Nenndurchfluss von Wasserzählern	\dot{V}_n	m ³ /h
Mindestförderstrom	\dot{V}_{min}	m ³ /h
Nennförderstrom einer DEA = Betriebsförderstrom einer DEA (Q_B)	\dot{V}_{max}	m ³ /h
Maximaler Volumenstrom einer DEA-Pumpe	$\dot{V}_{max, P}$	m ³ /h
Berechnungsdurchfluss je Wandhydrant	$\dot{V}_{R, Hydr}$	l/s
Spitzendurchfluss einer DEA	\dot{V}_s	l/s
Summe aller Berechnungsdurchflüsse der versorgten Entnahmemarmaturen	$\sum \dot{V}_R$	l/s
Rohrreibungs- und Einzelwiderstände	$\sum(\Delta p_R + \Delta p_E)$	bar
Rohrreibungs- und Einzelwiderstände von der Versorgungsleitung bis zur DEA	$\sum(R \cdot l + Z)_{vor}$	bar
Rohrreibungs- und Einzelwiderstände nach der DEA	$\sum(R \cdot l + Z)_{nach}$	bar
Mittleres Druckgefälle einer Leitung	R	bar/m
Einzelwiderstände	Z	bar
Rohrleitungslänge	l	m
Summe Rohrleitungslänge DEA bis hydr. ungünstigste Entnahmestelle	$\sum l_{nach}$	m
Druckbehältereffizienz	e	–
Temperaturfaktor	j	–



- KSB-Vertriebshaus
- KSB Service-Center
- Service-Partner

Sprechen Sie uns an, wir sind immer und überall für Sie da!

Hotline

Deutschlandweit zu Ihrem Vertriebshaus aus dem Festnetz 0,14 € / Minute (Mobilfunktarif kann höher ausfallen)

Tel. +49 1805 5724-80
 Fax +49 1805 5724-89
 KSB-24-h-Service-Hotline
 Tel. +49 6233 86-0
 Fax +49 6233 86-3401

Region Nordwest

Gebäudetechnik

Vertriebshaus Leverkusen
 Tel. +49 214 20694-10
 Fax +49 214 20694-57
 vertrieb-leverkusen@ksb.com

Industrie, Wasser-/ Abwassertechnik und Energie

Vertriebshaus Hannover
 Tel. +49 511 33805-0
 Fax +49 511 33805-55
 vertrieb-hannover@ksb.com

Vertriebshaus Leverkusen
 Tel. +49 214 20694-10
 Fax +49 214 20694-55
 vertrieb-leverkusen@ksb.com

Region Nordost

Gebäudetechnik

Vertriebshaus Berlin
 Tel. +49 30 43578-5010
 Fax +49 30 43578-5058
 vertrieb-berlin@ksb.com

Vertriebshaus Halle
 Tel. +49 345 4826-5300
 Fax +49 345 4826-5358
 vertrieb-halle@ksb.com

Vertriebshaus Hamburg
 Tel. +49 40 69447-0
 Fax +49 40 69447-255
 vertrieb-hamburg@ksb.com

Industrie, Wasser-/ Abwassertechnik und Energie

Vertriebshaus Berlin
 Tel. +49 30 43578-5010
 Fax +49 30 43578-5055
 vertrieb-berlin@ksb.com

Vertriebshaus Halle
 Tel. +49 345 4826-5300
 Fax +49 345 4826-5355
 vertrieb-halle@ksb.com

Vertriebshaus Hamburg
 Tel. +49 40 69447-0
 Fax +49 40 69447-255
 vertrieb-hamburg@ksb.com

Region Süd

Gebäudetechnik

Vertriebshaus Frankenthal
 Tel. +49 6233 8669-00
 Fax +49 6233 8669-55
 tga-frankenthal@ksb.com

Vertriebshaus Stuttgart
 Tel. +49 7152 33061-10
 Fax +49 7152 33061-96
 tga-stuttgart@ksb.com

Vertriebshaus Nürnberg
 Tel. +49 911 58608-80
 Fax +49 911 58608-56
 vertrieb-nuernberg@ksb.com

Industrie, Wasser-/ Abwassertechnik und Energie

Vertriebshaus Frankenthal
 Tel. +49 6233 8669-00
 Fax +49 6233 8669-55
 vertrieb-frankenthal@ksb.com

Vertriebshaus Stuttgart
 Tel. +49 7152 33061-70
 Fax +49 7152 33061-95
 vertrieb-stuttgart@ksb.com

Vertriebshaus Nürnberg
 Tel. +49 911 58608-70
 Fax +49 911 58608-56
 vertrieb-nuernberg@ksb.com

Vertriebshaus München
 Tel. +49 89 72010-200
 Fax +49 89 72010-275
 vertrieb-muenchen@ksb.com

Österreich

KSB Österreich GmbH

www.ksb.com/de-at
 Tel. +43 5 91030-0
Ersatzteile
 Tel. +43 5 91030-277
 Fax +43 5 91030-200
Service-Center
 Tel. +43 5 91030-255
 Fax +43 5 91030-200
 info.austria@ksb.com

Schweiz

KSB (Schweiz) AG
 www.ksb.swiss
 Tel. +41 43 2109-933
 Fax +41 43 2109-966
 sales-ch@ksb.com



KSB SE & Co. KGaA
 Johann-Klein-Straße 9
 67227 Frankenthal (Deutschland)
 www.ksb.de