

Membran-Druckausdehnungsgefäße in Druckerhöhungsanlagen

Einsatzbereiche, Planungsgrundlagen und Dimensionierung

Dr.-Ing. Andreas Kämpf *

Trinkwasser-Verteilungssysteme sollen die für die Gebäudenutzung erforderlichen Wassermengen in der notwendigen Qualität und dem richtigen Fließdruck zur Verfügung stellen. Für Fälle, in denen der Versorgungsdruck des Netzes vor Ort nicht ausreicht, kann mithilfe von entsprechenden Druckerhöhungsanlagen (DEA) der benötigte Druck zur Versorgung aller Entnahmestellen erzeugt werden. Neben der häuslichen Wasserversorgung gibt es unterschiedliche Einsatzgebiete für DEA. Der folgende Beitrag zeigt die verschiedenen Anwendungsbereiche auf und gibt Hinweise zur Auslegung und Dimensionierung von Druckerhöhungsanlagen in Kombination mit Membran-Druckausdehnungsgefäßen (MAG).

Eine Druckerhöhungsanlage besteht aus einer oder mehreren Kreiselpumpen, der Regelungstechnik zur Drucksteuerung sowie vor- oder nachgeschalteten Membranausdehnungsgefäßen, die zur Reduzierung der Pumpenschaltzyklen und zur Druckdämpfung eingesetzt werden. Die Anwendungsgebiete für DEA sind vielfältig:

Druckerhöhungsanlagen für hohe Gebäude: Gebäude (z. B. Hochhäuser), die aufgrund der geodätischen Höhe nicht ausreichend versorgt werden können (Bild 1).

Feuerlösch- und Brandschutzanlagen: Im Gegensatz zur Trinkwasser-DEA darf die DEA für Feuerlöschanlagen nur mit einer Pumpe betrieben werden. Eine typische Installation mit einem mittelbaren Anschluss der DEA zeigt Bild 2.

Hauswasserwerke: Sie lassen sich in Kellern, Gewächshäusern und Wirtschaftsräumen installieren. Das Hauswasser-

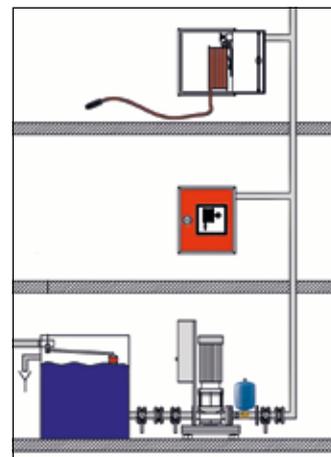
werk kann z. B. zur Regenwassernutzung eingesetzt werden. Weitere Einsatzbereiche sind die Wasserversorgung von kleineren Ferienhäusern oder

die Bewässerung von Gartenanlagen.

Nachspeiseautomaten: Ist der Versorgungsdruck der Nach-



■ Bild 1: Drehzahlgeregelte DEA für Wohngebäude.



■ Bild 2: Mittelbarer Anschluss einer DEA in einer Feuerlöschanlage.

speiseleitung zu gering oder der Anlagendruck der Heizungsanlage zu groß, so wird die Systemtrennung des Heizungswassers zum Trinkwasser durch einen offenen Behälter realisiert. Eine Pumpe sorgt anschließend für die Druckerhöhung auf den erforderlichen Mindestbetriebsdruck der Heizungsanlage.

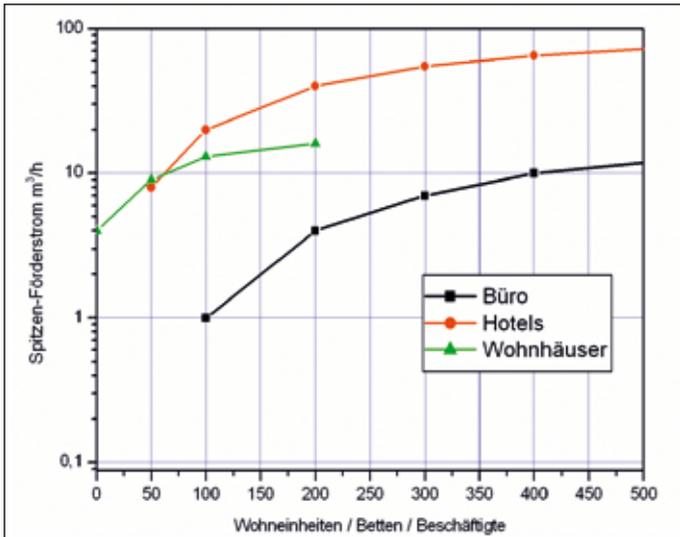
Bemessung einer Druckerhöhungsanlage

Die derzeit gültige Norm für die Bemessung und den wirtschaftlichen Einsatz von DEA in Trinkwasserinstallationen ist die DIN 1988, Technische Regeln für Trinkwasser-Installationen – Teil 5, die Planungsgrundlagen für die Berechnung und Dimensionierung von Druckerhöhungsanlagen und Druckminderern enthält. Da die Norm aus dem Jahr 1988 stammt, sollten auch aktuelle Herstellerinformationen zur Auslegung von DEA berücksichtigt werden.

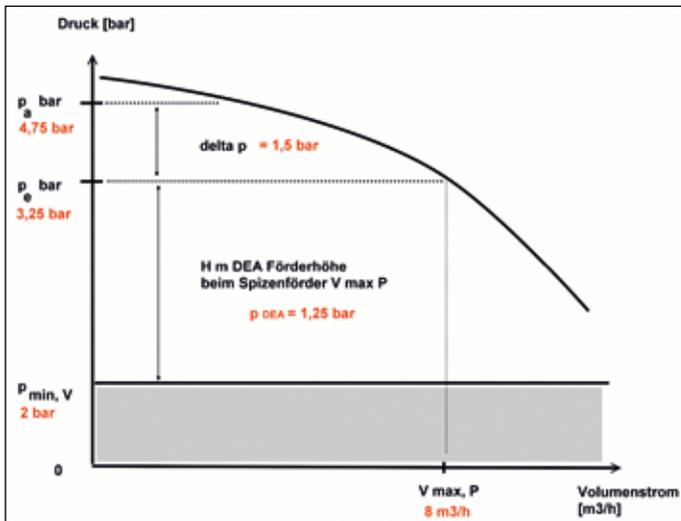
Die Auslegung von Druckerhöhungsanlagen setzt voraus, dass der Mindestversorgungsdruck und der erforderliche

*) Dr.-Ing. Andreas Kämpf, Reflex Winkelmann GmbH & Co. KG

Bild: Wilo AG



■ Bild 3: Richtwerte für den maximalen Wasserbedarf von Büro- und Wohngebäuden sowie Hotel-Anlagen.



■ Bild 4: Pumpen-Kennlinie einer DEA (siehe Berechnungsbeispiel).

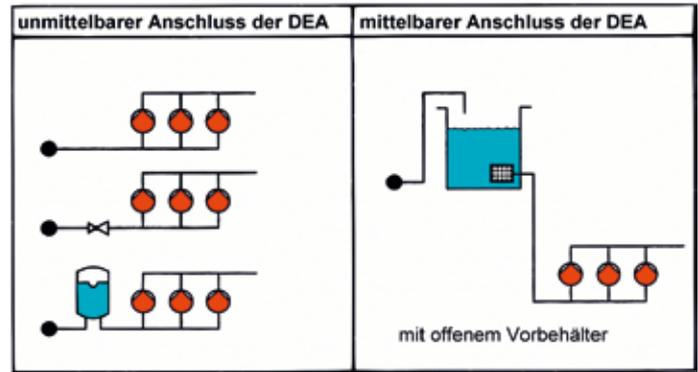
derliche Druck nach der DEA bekannt sind oder ermittelt werden. Darüber hinaus muss der notwendige Förderstrom der Anlage bestimmt werden, um die Pumpenanzahl und Größe festzulegen. Dabei ist aus Gründen der Betriebssicherheit in der Trinkwasserversorgung ein redundantes Pumpenaggregat vorzusehen, sodass mindestens zwei gleich große Pumpen zum Einsatz kommen. Bei Ausfall einer Pumpe kann so die zweite die Wasserversorgung zu 100% übernehmen. Der Mindestversorgungsdruck $p_{\min,V}$ ist vom regionalen Wasserversorger zu erfragen. Der Ausgangsdruck der DEA muss ausreichen, um alle Verluste nach

der Druckerhöhung auszugleichen und den benötigten Fließdruck an den Zapfstellen zu gewährleisten.

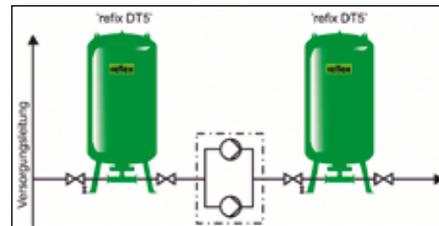
Mit der folgenden Gleichung wird der Förderdruck der DEA bestimmt. Die Differenzdrücke sind unter Annahme des Spitzendurchflusses zu berechnen.

$$p_{\text{DEA}} = [\Delta p_{\text{geo}} + p_{\text{min,Fl}} + \Sigma(l \cdot R + Z) + \Delta p_{\text{Ap}}] - p_{\text{min,V}} \quad (1)$$

darin sind:
 $p_{\text{min,V}}$ der Mindest-Versorgungsdruck,
 Δp_{geo} der Druckverlust aus geodätischer Höhe,
 $p_{\text{min,Fl}}$ der geforderte Mindestfließdruck an der Zapfstelle,

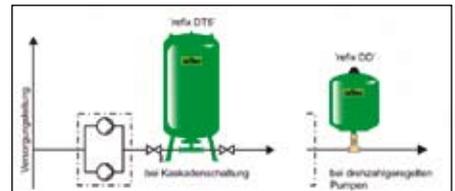


■ Bild 5: Unmittelbarer und mittelbarer Anschluss einer Druckerhöhungsanlage.



■ Bild 6: Membran-Druckausdehnungsgefäße in Kombination mit einer DEA.

■ Bild 7: Nachgeschaltete Ausdehnungsgefäße in Druckerhöhungsanlagen verhindern häufige Schaltzyklen der Pumpen-Aggregate.



$\Sigma(l \cdot R + Z)$ die Druckdifferenz aufgrund Rohrreibungs- und Einzelwiderstände, Δp_{Ap} die Apparatwiderstände für Filter, Enthärtungsanlage etc., p_{DEA} der Förderdruck der DEA.

Der Ausschaltdruck p_a der DEA sollte nicht höher als 2,5 bar über dem Einschaltdruck p_e liegen, soweit keine zusätzlichen Druckminderer eingebaut werden.

Bei sehr hohen Gebäuden sind weiterhin Druckzonen festzulegen, damit tiefer gelegene Gebäudeabschnitte nicht mit zu hohen Drücken (> 5 bar) beaufschlagt werden. Dies kann durch mehrere Druckerhöhungsanlagen mit unterschiedlichen Förderdrücken erreicht werden oder durch den Einsatz von Druckminderern, die abschnittsweise tiefer liegende Stockwerke vor zu hohen Drücken schützen.

Der Förderstrom und die Druckverluste sind nach DIN

1988-3 zu ermitteln, wobei die Fließgeschwindigkeit maximal 2 m/s betragen soll, damit Druckstöße und hohe Fließgeschwindigkeiten nicht zu Störungen führen. Bei Wohnhäusern kann überschlägig von einem benötigten Förderstrom je Wohneinheit von ca. 4 m³/h ausgegangen werden. Bei größeren Objekten kann über Gleichzeitigkeitsfaktoren der maximal zu erwartende Förderstrom ermittelt werden. Bild 3 zeigt Richtwerte für den Wasserbedarf in Abhängigkeit von der Gebäudenutzung. Eine Aufteilung der Gesamtfördermenge auf mehrere Pumpen stellt sicher, dass bei Abschalten einzelner Pumpen die Geschwindigkeitsänderung in der Anschlussleitung nicht größer als 0,15 m/s wird.

Mit den so ermittelten Werten kann die erforderliche Pumpengröße und der entsprechenden Kennlinie gemäß Bild 4 ausgewählt werden. Dabei ist der Einschaltdruck p_e definiert als der

■ **Tabelle 1: Auslegung des MAG auf der Vordruckseite der DEA [2].**

Förderstrom der DEA V_{max} [m³/h]	Gesamtvolumen des MAG auf der Vordruckseite der Pumpen V_v [Liter]
≤ 7	300
> 7 ≤ 15	500
> 15	750

■ **Tabelle 2: Schaltheufigkeit in Abhängigkeit der Pumpenleistung.**

s = Schaltheufigkeit 1/h	20	15	10
Pumpenleistung kW	≤ 4,0	≤ 7,5	> 7,5

Druck, bei dem die Pumpe aktiviert wird. Der Spitzenvolumenstrom $V_{max,p}$ muss bei diesem Druck durch die DEA gefördert werden. Beim Ausschaltdruck p_a wird die Pumpe abgeschaltet.

$$p_e = p_{DEA} + p_{min,v} \quad (2)$$

Mittelbarer oder unmittelbarer Anschluss der DEA

Es werden unmittelbare und mittelbare Anschlüsse an das öffentliche Versorgungsnetz unterschieden (Bild 5). Der unmittelbare Anschluss stellt eine direkte Verbindung der DEA mit der öffentlichen Versorgungsleitung dar. Da hier keine nachteilige Beeinträchtigung des Mediums Trinkwasser von außen zu befürchten ist, ist diese Verbindung der mittelbaren Verbindung vorzuziehen. Der Vordruck der öffentlichen Wasserversorgung kann zudem voll für die erforderliche Druckerhöhung der DEA angesetzt werden.

Bei dem mittelbaren Anschluss erfolgt die Anbindung der DEA über einen Vorbehälter, der mit der Atmosphäre ständig in Verbindung steht und dem das Wasser über niveauabhängig gesteuerte Armaturen zuläuft. Der mittelbare Anschluss wird erforderlich, wenn infolge maximaler Entnahme durch die DEA, der erforderliche Mindestfließdruck benachbarter Anlagen unterschritten werden könnte. Weiterhin, wenn Kontakte

des Trinkwassers mit anderen Stoffen oder Brauchwässern auftreten können. Bei mittelbarem Anschluss ist die Pumpe bei Wassermangel automatisch abzuschalten. Anlagen mit mittelbarem Anschluss müssen generell mit höherer Pumpenleistung ausgestattet werden, da der Vordruck des Wasserversorgers aus dem öffentlichen Netz nicht zur Verfügung steht.

Wird der drucklose Vorbehälter tiefer als die Pumpenaggregate angeordnet, so müssen die Pumpen der DEA zusätzlich für Saugbetrieb ausgelegt werden.

Membran-Druckausdehnungsgefäße in Druckerhöhungsanlagen

Je nach den örtlichen Randbedingungen werden vor und nach der Pumpe der DEA Membran-Druckausdehnungsgefäße eingesetzt (Bild 6).

MAG vor der DEA: Auf Membrandruckausdehnungsgefäße vor der DEA kann verzichtet werden [2], wenn

- der durch das Ein- und Ausschalten jeder Pumpe erzeugte maximale Unterschied der Fließgeschwindigkeit in der Anschlussleitung und in der

zur DEA führenden Verbrauchsleitung unter 0,15 m/s liegt. Damit unzulässige Druckstöße auch bei Stromausfall vermieden werden, darf der verursachte Unterschied der Fließgeschwindigkeit bei Ausfall aller Betriebspumpen 0,5 m/s in der Anschlussleitung nicht überschreiten.

- sichergestellt ist, dass beim Anlaufen der Pumpen der Mindestversorgungsdruck $p_{min,v}$ nicht mehr als 50 % unterschritten wird und $p_{min,v} \geq 1$ bar bleibt.

Der Einbau des Membrandruckausdehnungsgefäßes (MAG) muss mit dem zuständigen Wasserversorger abgestimmt werden.

Die Auslegung des MAG erfolgt nach dem notwendigen maximalen Förderstrom (Tabelle 1). Der Vordruck p_o des MAG soll 0,5 bis 1 bar unterhalb des Mindestversorgungsdruckes liegen, damit sich immer eine Wasservorlage innerhalb des Gefäßes befindet. Dies führt zu einer schonenden Fahrweise der eingebauten Membran und damit zu einer längeren Lebensdauer.

MAG nach der DEA: Membrandruckausdehnungsgefäße auf der Enddruckseite sollten grundsätzlich eingesetzt werden, da sie zu einer schonenden Fahrweise der Anlage und zu einem wirtschaftlichen Betrieb beitragen (Bild 7). So wird die Schaltheufigkeit der Pumpen durch den Einsatz von Ausdehnungsgefäßen deutlich reduziert und Druckstöße in der Anlage vermieden. Während der Druckerhöhung wird eine ge-

wisse Menge Wasser im Gefäß zwischengespeichert. Das Gefäß speichert Wasser, bis der Ausschaltdruck p_a der Pumpe erreicht ist. Während der Pumpenstillstandszeit gibt das Gefäß das Wasser in das Rohrleitungsnetz ab bis der Einschaltdruck p_e der Pumpe wieder erreicht wird. Somit wird verhindert, dass bei kleinsten Wasseranforderungen die Pumpe anläuft.

Auch in DEA mit drehzahlgesteuerten Pumpen ist ein kleines MAG vorzusehen. So wird einerseits vermieden, dass kleinere Leckagen an Zapfstellen nicht zu einem permanenten Einsatz der Pumpen führen und andererseits die Sensitivität der Drucksensoren gezielt gedämpft wird. Drehzahlgesteuerte Pumpen reagieren nicht auf einen eingestellten Ausschaltdruck, wie bei einer Kaskadensteuerung parallel geschalteter Pumpen, sondern sie schalten abhängig vom Druckabfall bzw. von der Durchflussmenge ab.

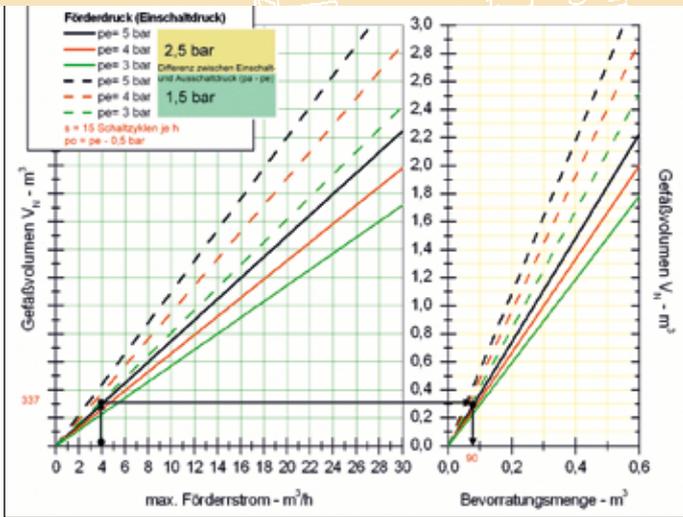
Die Gefäßgröße kann näherungsweise in Abhängigkeit vom Förderstrom je Pumpe (bei Kaskadenschaltung) und den Betriebsdrücken der Anlage ermittelt werden [2]:

$$V_N = 0,33 \cdot V_{maxP} \frac{p_a + 1}{(p_a - p_e) \cdot s} \quad (3)$$

- darin sind:
- V_N das Nennvolumen des Gefäßes in m³,
 - V_{maxP} der max. Förderstrom je Pumpe in m³/h,
 - p_a der Ausschaltdruck in bar,
 - p_e der Einschaltdruck in bar,
 - s die Schaltheufigkeit der Pumpe in 1/h. (siehe Tabelle 2)

■ **Tabelle 3: Auswahl nach dem Spitzenvolumenstrom.**

empfohlener max. Spitzenvolumenstrom [m³/h]	≤ 2,5 m³/h	≤ 4,2 m³/h	≤ 7,2 m³/h	≤ 15 m³/h	≤ 27 m³/h	≤ 36 m³/h	≤ 56 m³/h
Rohrweiten	DN 20	DN 25	DN 32	DN 50	DN 65	DN 80	DN 100



■ Bild 8: Berechnungsbeispiel im Nomogramm zur Dimensionierung des Membran-Druckausdehnungsgefäßes.

Die Wassermenge, die zwischen Einschalt- und Ausschalt-Druck p_e im Gefäß gespeichert ist, lässt sich anhand folgender Gleichung ermitteln:

$$V_e = V_N \cdot \frac{(p_o + 1) \cdot (p_a - p_e)}{(p_e + 1) \cdot (p_a + 1)} \quad (4)$$

darin sind:

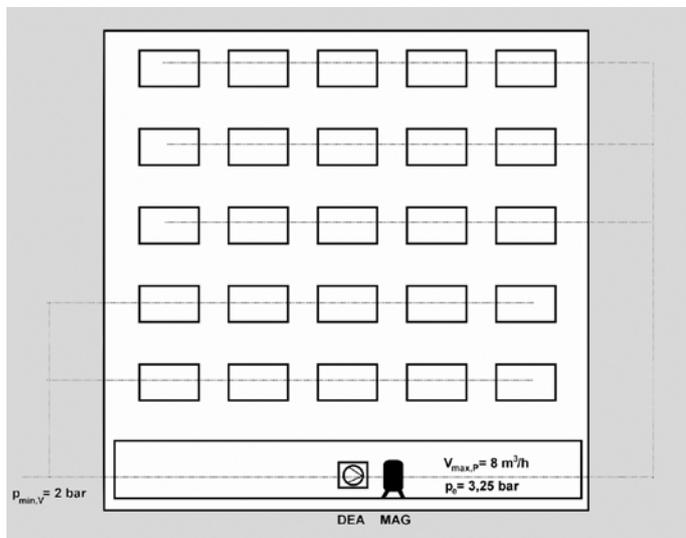
V_e der nutzbare Wasservorrat im Gefäß in m^3 ,

p_o der Vordruck des MAG in bar.

Der Vordruck im Gefäß p_o (gemessen im wasserfreien Zustand) sollte 0,5 bis 1 bar unterhalb des Einschaltdruckes p_e liegen. Als Schaltdruckdifferenz sollte der Wert von 2,5 bar nicht überschritten werden, wenn geschossweise keine Druckminderer im Gebäude eingebaut sind.

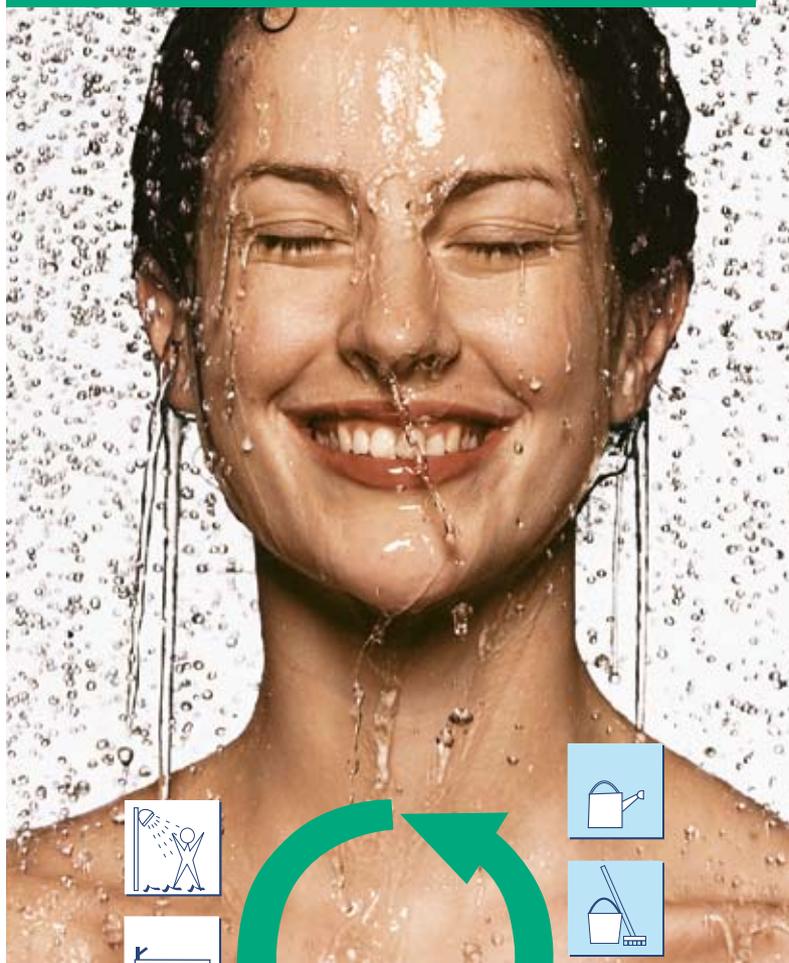
Für einen typischen Anwendungsfall zeigt Bild 8 die Auslegung eines Gefäßes (siehe auch Berechnungsbeispiel). In Abhängigkeit vom Förderstrom der Pumpe und den Ein- und Ausschalt-Drücken können das Ausdehnungsgefäß und die bevorratete Wassermenge bestimmt werden:

Ist das Nennvolumen des MAG nach der oben genannten Methode ausgewählt, so muss weiter überprüft werden, ob der Spitzenvolumenstrom, der sich aus der Rohrnetzbeurteilung nach DIN 1988-3 ergibt, mit dem MAG durchgesetzt werden kann. Ist dies nicht der Fall, so muss durch die Auswahl eines größeren Gefäßes oder durch einen alternativen Wasseranschluss



■ Bild 9: Aufteilung des Trinkwassernetzes eines Wohngebäudes in Bereiche mit und ohne Druckerhöhung.

Betriebskosten senken durch Duschwasser-Recycling



AquaCycle®: spart bis zu 50% Trink- und Abwasserkosten

PONTOS®

hangrohe

Pontos GmbH · Carl-Zeiss-Str. 3 · D-77656 Offenburg
 Tel. +49 (0) 78 36 / 51 19 20
 Fax + 49 (0) 78 36 / 51 19 36
 info@pontos-aquacycle.de

PONTOS® Umweltpreis
www.pontos-aquacycle.de

Berechnungsbeispiel für ein Wohngebäude:

Wohngebäude mit 25 Wohneinheiten

Anzahl Stockwerke:	N = 5
Minimaler Versorgungsdruck:	$p_{\min,V} = 2 \text{ bar}$
Mindestfließdruck an der Zapfstelle:	$p_{\min,Fl} = 1 \text{ bar}$
Geodätischer Druckverlust je Stockwerk:	$\Delta p_{\text{geo}} = 0,3 \text{ bar}$
Rohrreibungs- und Einzelwiderstandsverluste:	$\Sigma(R \cdot l) = 0,015 \text{ bar/m}$
Entfernteste Zapfstelle:	s = 50 m
Apparatedruckverlust:	$\Delta p_{\text{Ap}} = 0 \text{ bar}$
Spitzenförderstrom (berechnet gem. DIN 1988-3 nach der DEA):	$V_{\max,P} = 8 \text{ m}^3/\text{h}$

Druckbedarf bis zur ungünstigsten Entnahmestelle:

$$p_e = p_{\text{geo}} + N + p_{\min,Fl} + \Sigma(R \cdot l + Z) + \Delta p_{\text{Ap}}$$

$$= 0,3 \cdot 5 + 1,0 + 0,015 \cdot 50 + 0 = 3,25 \text{ bar}$$

Bestimmung der Druckzone, für die keine DEA notwendig ist:

$$N_{\text{ohne Dea}} \leq \frac{p_{\min,V} - p_{\min,Fl} - \Delta p_{\text{dyn}}}{p_{\text{geo}}}$$

$$= (2-1-0,2) / 0,3 = 2,66$$

D. h. 2 Stockwerke benötigen keine DEA, ab dem 3. Stockwerk muss die DEA eingebunden werden.

Die DEA muss also 15 Wohneinheiten mit einem nach DIN 1988 Teil 3 ermittelten Spitzenförderstrom von 8 m³/h bei einer Förderhöhe der Pumpe von (p_e - p_{min,V}) 1,25 bar versorgen. Der Abschaltdruck der DEA soll 1,5 bar oberhalb des Einschaltdruckes liegen, also bei 4,75 bar.

Es erfolgt weiterhin eine Aufteilung des gesamten Förderstroms von 8 m³/h auf 3 Pumpen mit je 4 m³/h. Somit ist auch bei Ausfall einer Pumpe der max. Förderstrom noch gewährleistet. Mit den so ermittelten Volumenströmen und Differenzdrücken kann eine geeignete Pumpe ausgewählt werden.

Das Membran-Druckausdehnungsgefäß wird nach oben gezeigten Verfahren dimensioniert (siehe Bild 8). Die erforderliche Gefäßgröße für die zu versorgenden Bereiche beträgt 337l (gewählt reflex DT5-400). Es können 90l Wasser zwischengespeichert werden. Der Vordruck des Gefäßes wird auf 2,75 bar eingestellt.

für einen größeren Durchfluss gesorgt werden. Die nachfolgende Tabelle gibt den maximalen Spitzenvolumenstrom bei entsprechenden Rohrnennweiten wieder, sodass 2 m/s Fließgeschwindigkeit jeweils nicht überschritten werden.

Anforderungen an MAG in Trinkwasserinstallationen

Gemäß DIN 4807-5 [3] dürfen für Trinkwasser ausschließlich durchströmte Gefäße eingesetzt werden. Dies gilt als erfüllt, wenn auch bei Verlust des Vordrucks eine zwangsweise Durchströmung mittels einer geeigneten Vor-

richtung aufrechterhalten wird. Bild 10 zeigt ein Trinkwassergefäß, welches in DEA eingesetzt werden kann. Die Durchströmungsarmatur mit Kappenventil und Entleerung (hier reflex flowjet) ist mit einem Durchströmungsstern ausgestattet, der aus dem Wasseranschluss des Gefäßes herausragt und so eine Zirkulation des Trinkwassers durch das Gefäß verursacht. Die Armatur wird zwischen Anschlussleitung und Gefäß montiert und eignet sich aufgrund der integrierten Absperung und Entleerung für Wartungsarbeiten am Membran-Ausdehnungsgefäß.

Darüber hinaus muss ein ausreichender Korrosionsschutz der wasserberührten und nicht wasserberührten Innenteile des Gefäßes vorhanden sein. Die hygienische Unbedenklichkeit ist erfüllt, wenn alle nicht metallischen Innen-Werkstoffe (wie Membrane, Dichtungen, Pulverbeschichtungen etc.) den KTW Empfehlungen der Kategorie C und den Anforderungen des DVGW-Arbeitsblattes W 270 [4] entsprechen. Diese Anforderungen definieren den Werkstoffeinsatz, um das Trinkwasser vor Trübungen, Geruchs- und Geschmacksveränderungen, sowie mikrobiologischer Kontamination zu schützen.

Betriebssicherheitsverordnung

MAG in Wasserversorgungsanlagen fallen unter die Betriebssicherheitsverordnung und unterliegen damit regelmäßigen Prüfungen, die der Betreiber veranlassen muss.

Die Eingruppierung der Membranausdehnungsgefäße erfolgt dabei in Diagramm 2 des Anhangs II der Richtlinie 97/23/EG (DGRL). Die Betriebssicherheitsverordnung sieht bestimmte wiederkehrende Prüfungen vor, die sich in äußere und inne-



Bild 10: Die „Flowjet“-Armatur erleichtert die Wartung des Trinkwasserausdehnungsgefäßes.

re Prüfungen sowie eine Festigkeitsprüfung unterteilen. Für Gefäße, deren Druck-Volumen-Produkt größer 1000 [bar l] ist, werden Höchstfristen für die innere (alle 5 Jahre) und die Festigkeitsprüfung (alle 10 Jahre) festgelegt. Die tatsächlichen Fristen muss der Betreiber auf Grundlage einer sicherheitstechnischen Bewertung, unter Beachtung der realen Betriebsverhältnisse und unter Berücksichtigung der gültigen nationalen Vorschriften für den Betrieb von Druckgeräten festlegen.

Vor der Inbetriebnahme müssen daher die Behälter abhängig vom Druck-Volumen-Produkt des Gefäßes durch eine befähigte Person bzw. eine zugelassene Überwachungsstelle abgenommen werden. ■

Bilder: Reflex Winkelmann GmbH & Co. KG

Literatur:

- [1] DIN 1988 T.3 – Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen – Ermittlung der Rohrdurchmesser
- [2] DIN 1988 T.5 – Technische Regeln für Trinkwasserinstallationen – Druckerhöhung und Druckminderung
- [3] DIN 4807 – Ausdehnungsgefäße – Teil 5: Geschlossene Ausdehnungsgefäße mit Membranen für Trinkwasser-Installationen, Anforderung, Prüfung, Auslegung und Kennzeichnung
- [4] DVGW W270 – Vermehrung von Mikroorganismen auf Materialien für den Trinkwasserbereich; Prüfung und Bewertung.

© Internetinformationen: www.reflex.de