

Weiterbildungskurse 2024



www.brunnenmeister.ch

Der Druckschlag - Theorieteil

Von:

Reto Baumann
Häny AG – Pumpen, Turbinen und Systeme
Buechstrasse 20
8645 Jona



www.haeny.com

reto.baumann@haeny.com

Veranstaltungsort:



Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

Inhaltsverzeichnis

1.	Druckschlag - Theorie	3
1.1.	Schäden die durch Druckschläge entstehen können	3
1.2.	Vorgehen zu Beurteilung der Druckschlaggefährdung	4
2.	Schutzmassnahmen gegen Druckschläge	7
2.1.	Be- (Ent)lüftungsventile	7
2.2.	Düsenrückschlagventile.....	7
2.3.	Anfahr-/Abfahrklappen.....	8
2.4.	Frequenzumformer (FU).....	8
2.5.	Schwungräder	9
2.6.	Druckbehälter - Membrandruckbehälter / Druckwindkessel	9
2.7.	Übersicht Schutzmassnahmen und deren Eignung	10
3.	Technologie – Vergleich der Druckbehälter	11
3.1.	Membrandruckbehälter.....	11
3.2.	Druckwindkessel.....	12
4.	Wichtige Normen zu Druckbehältern.....	13
5.1.	Mechanische Merkmale / Konstruktion der Behälter	13
5.2.	Hygienische Vorgaben an die Behälter	14
5.	Einsatzgebiete von Druckbehältern in der Wasserversorgung.....	15
5.1.	Behälter zur Signaldämpfung eines Drucktransmitters	15
5.2.	Behälter als „Speichervolumen“	16

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

1. Druckschlag - Theorie

Der Druckschlag entsteht, wenn die Bewegungsenergie in der Flüssigkeit (Massenträgheit des bewegten Trinkwassers in der Leitung) in Verformungsarbeit umgewandelt wird.

Dies geschieht bei schnellen Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit, wie zum Beispiel:

- Schnelles schliessen (und öffnen) eines Absperrorganes
- Plötzlicher Pumpenausfall (Nullspannungsfall = Stromausfall)

Durch die Massenträgheit des bewegten Trinkwassers entstehen dabei dynamische Druckänderungen, welche sich sehr schnell (mit bis über 1000 m/s) im gesamten Rohrleitungssystem ausbreiten und reflektiert werden. Die Druckschwankungen können während Minuten anhalten (abklingend) je nach „Länge“ des Rohrleitungsnetzes.

1.1. Schäden die durch Druckschläge entstehen können

Abbildung 1 zeigt den Druckverlauf bei einem Stromausfall, wenn zuvor eine Pumpe in Betrieb war. Es wird dabei ersichtlich, dass nicht nur der Überdruck in vielen Fällen ein Problem für Anlagebestandteile darstellen kann, sondern viel häufiger entstehen Schäden durch Unterdruckzustände, welche sich für das Leitungssystem in einem unzulässigen Bereich bewegen.

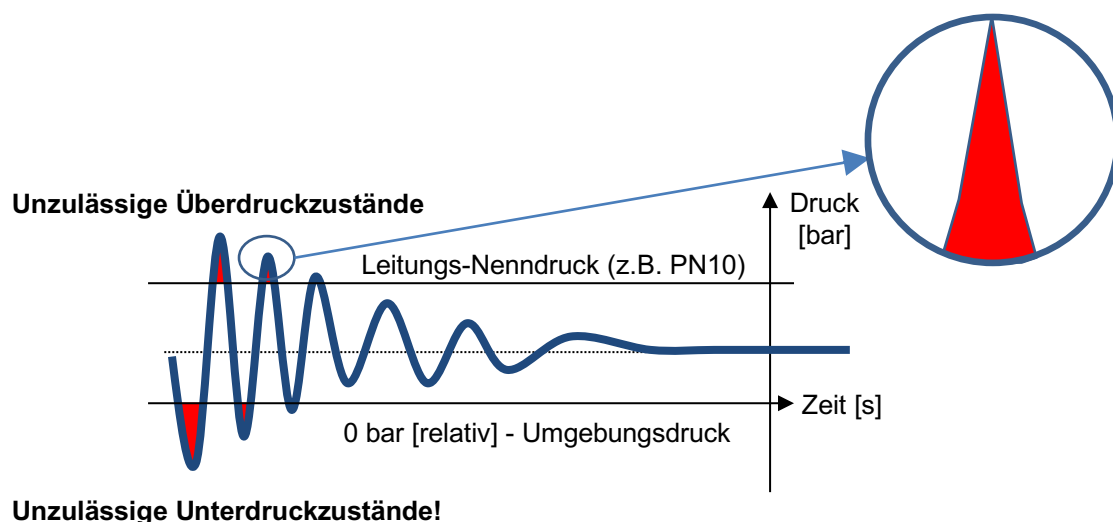


Abbildung 1: Druckvariation in Bezug auf die Zeit

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

Neben den dabei erreichten Drücken selbst, stellt die sogenannte Druckumkehr während dem Druckschlag ein zusätzliches Problem dar. Der schnelle/spitze Wechsel von Druck-anstieg/-absenkung und umgekehrt verursacht einen hohen mechanischen Stress an den betroffenen Leitungsbestandteilen. Dies kann bei häufigem Auftreten zu Materialermüdungen und daraus abgeleiteten Folgeschäden führen.

Schäden, welche durch unzulässige Überdruckzustände hervorgerufen werden:

- Rohrbrüche
- Schäden an Rohrabstützungen
- Schäden an Pumpen, Fundamenten sowie Armaturen

Schäden, welche durch unzulässige Unterdruckzustände hervorgerufen werden:

- Rohrbrüche und Verformungen/Einbeulungen derselben
- Ablösungen von Innenauskleidungen beschichteter Rohre
- Einsaugen von Luft oder Schmutzwasser an Rohrverbindungsstellen

1.2. Vorgehen zu Beurteilung der Druckschlaggefährdung

Die Frage, ob es Möglichkeiten gibt in einem Rohrleitungssystem einfach und verlässlich zu beurteilen, ob eine Druckschlaggefährdung vorliegt, muss klar mit Nein beantwortet werden.

Es existieren viele, mehr oder weniger komplexe Ansätze und Theorien, welche über den zu erwartenden Druckschlag in einem vorliegenden System Auskunft geben. Diese können teilweise, durch erfahrene Fachpersonen, für eine grobe Betrachtung der Situation verwendet werden. Eine verlässliche Aussage, welche über den Einsatz und die Dimensionierung von Schutzmassnahmen entscheidet, kann jedoch daraus nicht abgeleitet werden.

Nur eine Simulation (am Computer) gibt verlässlich Aufschluss über die Situation und die erforderlichen Massnahmen (Druckschlagberechnung).

Wichtiger Hinweis:

Mit einer Druckschlagberechnung wird sichergestellt, dass das System insofern geschützt ist, dass keine „unzulässigen“ Druckschwankungen auftreten, welche zu kritischen Über- oder Unterdruckzuständen führen.

Wie gross jedoch die zulässige Druckschwankung sein darf, welche am Schluss „übrig“ bleibt, muss vor der Festlegung von Massnahmen von der Wasserversorgung festgelegt bzw. vorgegeben werden. (= Schutzziel)

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

Das Leitungsprofil, ein maßstäbliches Höhen-/Längenprofil mit weiteren Angaben wie Leitungs-/material, -durchmesser, ... sowie Daten der eingesetzten Pumpe(n), muss dazu abgebildet werden. Damit kann die Druck-/Energienlinie im Pumpbetrieb dargestellt, sowie der Nullspannungsfall (Stromausfall) simuliert, welcher für die hier betrachteten Anwendungsfälle den WorstCase darstellt und darum für die Dimensionierung von Schutzmassnahmen verwendet wird.

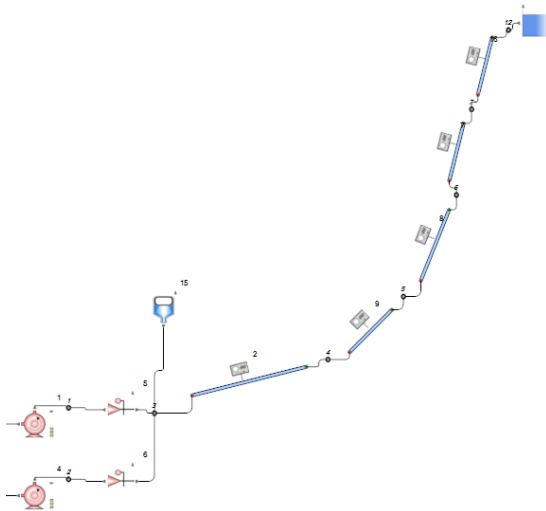


Abbildung 2: Das Leitungsprofil (Höhen-/Längenprofil)

Die Simulation wird nun iterativ durchgeführt. Das bedeutet, dass zuerst ein Nullspannungsfall simuliert wird, ohne jegliche Schutzmassnahmen. Anhand dieses Ergebnisses wird beurteilt, ob eine unzulässige Situation vorliegt. Wenn erforderlich werden dann Schutzmassnahmen in die Simulation eingebaut und diese erneut durchgeführt. Dieses Vorgehen wird solange wiederholt, bis im Rohrleitungssystem keine unzulässigen Zustände mehr vorliegen.

Abbildung 3 zeigt dabei als Beispiel:

- Die braune Linie stellt das Leitungsprofil dar
- Die grüne Linie stellt den Druckverlauf dar, wenn gepumpt wird (Drucklinie)
- Die rote Linie stellt die maximalen Druckzustände dar entlang der Leitung
- Die blaue Linie stellt die minimalen Druckzustände dar entlang der Leitung

Die rote und die blaue Linie werden dabei zusammen als Druckeinhüllende bezeichnet, da sich alle Druckzustände, welche bei einem Nullspannungsfall auftreten innerhalb dieser beider Linien befinden.

Das System gilt dann als geschützt, wenn einerseits keine unzulässigen Überdruckzustände auftreten (rote Linie z.B. nicht über Nenndruck der Leitungsbestandteile) und andererseits keine unzulässigen Unterdruckzustände vorliegen (blaue Linie schneidet sich nicht mit dem Leitungsprofil (braun), was einem Vakuum in der Leitung entsprechen würde).

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

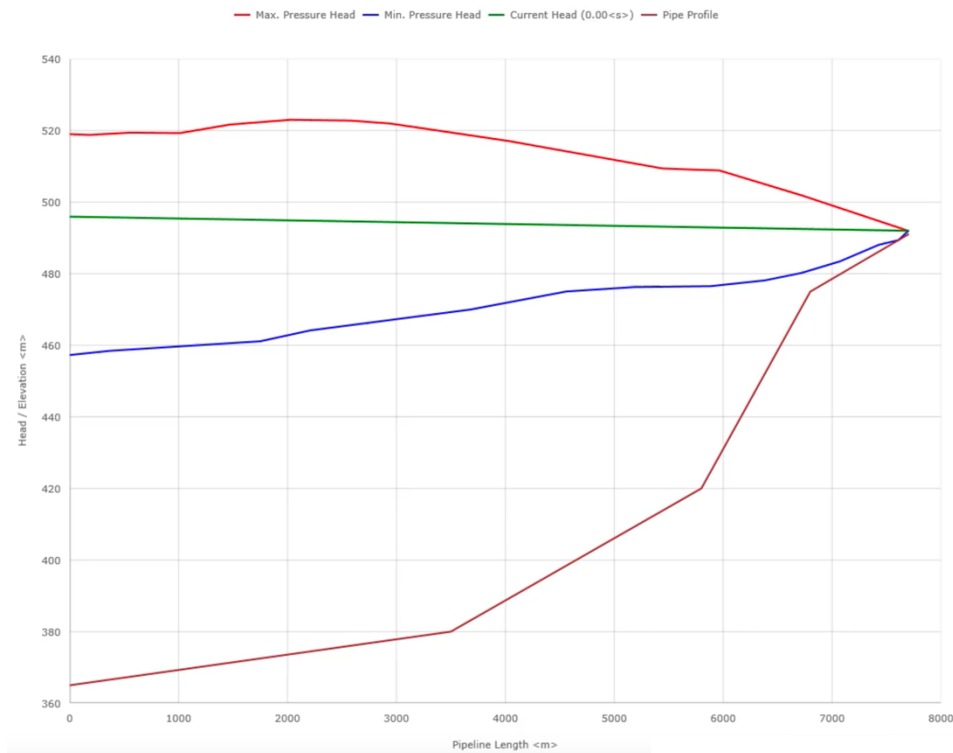


Abbildung 3: Die Druckeinhüllenden

Wenn man sich diese Situation nun näher betrachtet, kann man pauschal festhalten, dass bei einem „flachen“ Rohrleitungsverlauf, im ungünstigsten Fall mit Hochpunkten entlang der Leitung, ein viel grösseres Risiko von unzulässigen Druckzuständen besteht bei einem Druckschlag, als bei einer Leitung, welche steiler-stetig-steigend verläuft.

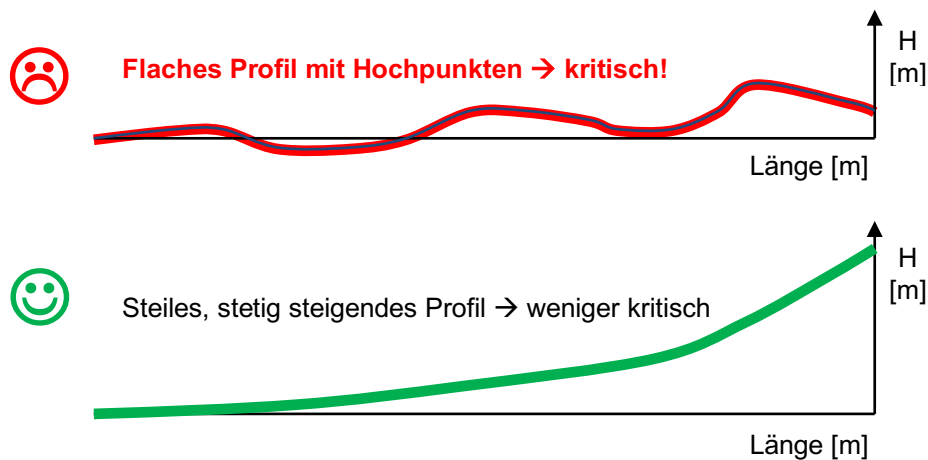


Abbildung 4: Unterschiedliche Leitungsprofile

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

2. Schutzmassnahmen gegen Druckschläge

Je nach Situation und Schutzziel stehen ganz viele verschiedene Schutzmassnahmen zur Verfügung, um die Druckschwankungen bei einem Druckschlag zu reduzieren.

Nachfolgend werden ausschliesslich Massnahmen betrachtet, welche im Umfeld der Wasserversorgung von Interesse sind.

Häufig ist auch eine Kombination verschiedener Massnahmen die Beste Lösung.

2.1. Be- (Ent)lüftungsventile

Belüftungsventile können, in der richtigen Situation und Konstellation, an der richtigen Stelle im Leitungsverlauf, Druckschläge reduzieren. Im Trinkwasser sind sie jedoch nicht einzusetzen (Hygiene, Luft im Netz).

Ihre hauptsächliche Funktion zur Druckschlagdämpfung besteht darin, dass sie im drohenden Unterdruckzustand im Leitungssystem Luft nachspeisen und somit der Entstehung eines Unterdruckes vorbeugen. Neben der Tatsache, dass die eingespeiste Luft im Leitungssystem aus hygienischer problematisch ist, stellt diese auch ein Risiko hinsichtlich der Bildung weiterer Druckschläge dar, da sie als Feder wirkt, welche Energie unkontrolliert aufnimmt und wieder abgibt.

Somit kommen Belüftungsventile hauptsächlich in gewissen Anwendungen im Abwasser zur Anwendung, häufig auch in Kombination mit anderen Schutzmassnahmen.

Fazit:

Sie bieten einen situativ begrenzten Schutz gegen Druckschläge, für Trinkwasser nicht geeignet/suboptimal.

2.2. Düsenrückschlagventile

Düsenrückschlagventile können, korrekt ausgelegt (Schliesszeit-/Charakteristik), Pumpen vor den Auswirkungen von Druckschlägen schützen und idealerweise den Druckschlag positiv beeinflussen.

Sie werden darum auch als „Pumpenschutz-Ventil“ bezeichnet und häufig in Kombination mit anderen Schutzmassnahmen eingesetzt.

Fazit:

Sie bieten einen situativ und lokal begrenzten Schutz gegen Druckschläge.

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

2.3. Anfahr-/Abfahrklappen

Motorisch betriebene Klappen druckseitig von Pumpen, dienen dazu den Druckschlag, der durch das Ein- und Ausschalten der Pumpen entsteht, im „Normalbetrieb“ auf ein zulässiges Niveau (=Schutzziel) zu reduzieren.

Da diese Schutzmassnahme nur wirksam ist, solange im „Normalbetrieb“ auch das elektrische Netz zur Verfügung steht, ist sie nicht als vollwertige Schutzmassnahme zu betrachten. Im Nullspannungsfall (=Stromausfall) und bei schnell schliessenden Armaturen im Netz erfüllt sie keinerlei Schutzwirkung.

Fazit:

Sie bieten einen Schutz gegen Druckschläge, ABER NICHT im Nullspannungsfall und bei schnell schliessenden Armaturen im Netz.

2.4. Frequenzumformer (FU)

Frequenzumformer dienen, *UNTER ANDEREM! dazu den Druckschlag, der durch das Ein- und Ausschalten der Pumpen entsteht, im „Normalbetrieb“ auf ein zulässiges Niveau (=Schutzziel) zu reduzieren.

Da diese Schutzmassnahme nur wirksam ist, solange im „Normalbetrieb“ auch das elektrische Netz zur Verfügung steht, ist sie nicht als vollwertige Schutzmassnahme zu betrachten. Im Nullspannungsfall (=Stromausfall) und bei schnell schliessenden Armaturen im Netz erfüllt sie keinerlei Schutzwirkung.

*** Frequenzumformer nie „nur“ für das Ein-/Ausschalten von Pumpen installieren
-> Energieeffizienz! = Katastrophe**

Fazit:

Sie bieten einen Schutz gegen Druckschläge, ABER NICHT im Nullspannungsfall und bei schnell schliessenden Armaturen im Netz.

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

2.5. Schwungräder

Schwungräder auf dem Rotor der Pumpe aufgebaut erhöhen deren Massenträgheit. Damit wird erreicht, dass bei einem Nullspannungsfall (=Stromausfall) die Pumpe eine längere Zeit weiterläuft (mit abnehmender Drehzahl). Dies hat zur Folge, dass die bewegte Wassersäule in der Leitung langsamer verzögert wird und damit die Druckschwankungen reduziert werden können.

Schwungräder können nicht eine unbeschränkte Reduktion der Druckschwankung erreichen, limitierende Faktoren sind: 1. Die „Länge“ des Rohrleitungsnetzes, 2. Das maximale installierbare Gewicht/Massenträgheit des Schwungrades selbst.

Der Antriebsmotor der Pumpe, welche ein Schwungrad aufgebaut hat und dessen Startvorrichtung müssen speziell auf die zusätzliche Anforderung ausgelegt werden. Grundsätzlich bedeutet eine Erhöhung der Massenträgheit und des Gewichtes eine zusätzliche Belastung des Motors.

Fazit:

Sie bieten einen Schutz gegen Druckschläge im Nullspannungsfall, nicht jedoch bei schnell schliessenden Armaturen im Netz.

2.6. Druckbehälter - Membrandruckbehälter / Druckwindkessel

Druckbehälter bieten den besten Schutz gegen Druckschläge. Einerseits im Nullspannungsfall und, wo entsprechend bei der Auslegung berücksichtigt, auch gegen schnell schliessende Armaturen im Netz.

Der Druckbehälter ist dabei „vorgespannt“ (vorgepresstes Gas im Behälter). Dies ermöglicht, z.B. bei einem Nullspannungsfall im Pumpenbetrieb, Wasser in das Rohrleitungsnetz nachzuspeisen und damit die Amplitude des Druckschlages (=maximale Druckschwankung) zu reduzieren. Weiter stellt der Behälter sicher, dass der schnelle/spitze Wechsel von Druck-anstieg/-absenkung und umgekehrt, „abgerundet“ / „gebrochen“ wird und damit eine viel kleinere mechanische Belastung auf die Bauteile im Rohrleitungsnetz wirkt.

Fazit:

Sie bieten einen einen Schutz gegen Druckschläge im Nullspannungsfall. Im Idealfall auch gegen schnell schliessende Armaturen.

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

2.7. Übersicht Schutzmassnahmen und deren Eignung


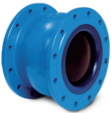




Schutzmassnahme	Normalbetrieb (Pumpenregime)	Nullspannungsfall (Stromausfall)	Schnell schliessende Armaturen
Be-(Ent)lüftungsventil 	Nur beschränkt (nicht im Trinkwasser einsetzen)	Nur beschränkt (nicht im Trinkwasser einsetzen)	Nur beschränkt (nicht im Trinkwasser einsetzen)
Düsenrückschlagventil 	Nur beschränkt (Pumpenschutz)	Nur beschränkt (Pumpenschutz)	Nur beschränkt (Pumpenschutz)
An-/Abfahrklappen 	Schutz	Kein Schutz	Kein Schutz
Frequenzumformer 	Schutz	Kein Schutz	Kein Schutz
Schwungräder 	Schutz	Schutz	Kein Schutz
Druckbehälter 	Schutz	Schutz	Schutz

Abbildung 5: Übersicht Schutzmassnahmen

Druckbehälter, sowohl Membrandruckbehälter als auch Druckwindkessel, bieten den besten Schutz gegen Druckschläge.

Schwungräder können, situativ zu beurteilen, auch einen guten Schutz für den Nullspannungsfall bieten. Auch ein Einsatz in Kombination mit Druckbehältern ist möglich.

Alle anderen „Schutzmassnahmen“ sind keine vollwertige Lösung!

Der Druckschlag - Theorieteil

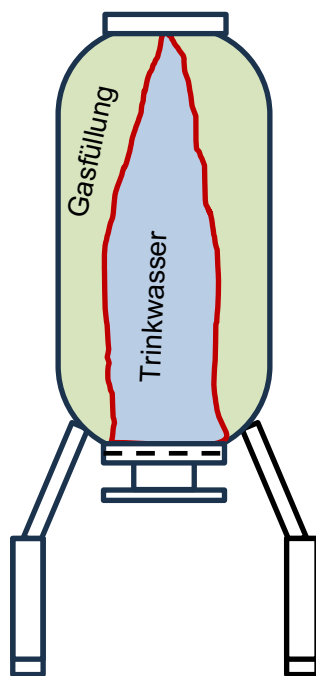
Reto Baumann

3. Technologie – Vergleich der Druckbehälter

Druckbehälter sind in den Schweizer Wasserversorgungen in zwei unterschiedlichen Bauweisen anzutreffen. Die grundsätzliche Funktionsweise hinsichtlich der Druckschlagdämpfung ist jedoch identisch. (siehe Kapitel 2.6)

3.1. Membrandruckbehälter

Der Membrandruckbehälter wird heute in vielen Anwendungen, auch neben der Druckschlagdämpfung, im Trinkwasser eingesetzt (siehe Kapitel 5.)



Aufbau und Funktion:

Das Trinkwasser (blau) strömt von unten (auch horizontale Bauweisen erhältlich) in die Membrane (rot), welche meist aus einem Kautschuk/EPDM Werkstoff besteht und am Anschlussflansch unten und der Behälteroberseite befestigt ist. Um die Membrane herum ist eine Gasfüllung (grün) mit Überdruck vorhanden (=Vorpressdruck). Diese Gasfüllung stellt einerseits sicher, dass die Membran an keiner Stelle mit der Behälterinnenseite selbst in Berührung kommt. Andererseits enthält sie die benötigte Energie (=Vorpressdruck) um im Falle eines Druckschlags Wasser in das Rohrleitungsnetz abzugeben bzw. aufzunehmen. Die Gasfüllung besteht im Idealfall aus Stickstoff, welcher gegenüber, selten auch verwendeter, „Pressluft“ Vorteile aufweist (Molekülgröße/Diffusionsgeschwindigkeit, keine Korrosion).

Abbildung 6: Membrandruckbehälter

Die hygienischen Anforderungen (Wasseraustausch und Materialspezifikation Membrane) können bei dieser Behälterbauform gewährleistet werden. Da der Anschluss bei vertikalen Behältern unterhalb des Behälters liegt, fällt die Gesamtbauhöhe häufig grösser aus als bei einem baugleichen Druckwindkessel.

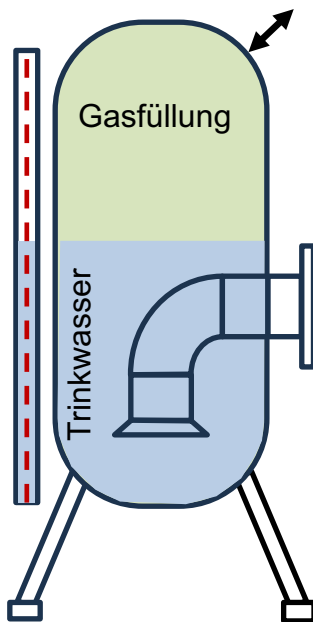
Neben dem Membrandruckbehälter selbst sind keine weiteren Installationen zwingend erforderlich, um diesen zu betreiben. Überwachungseinrichtungen zur Ermittlung der Verfügbarkeit können auf Wunsch zusätzlich installiert werden. (Plug&Play Technologie)

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

3.2. Druckwindkessel

Der Druckwindkessel wird heute fast ausschliesslich für die Funktion zur Druckschlagdämpfung oder mit einer Vakuumheberanlage, z.B. für eine See-/Flusswasserfassung, wo der Wasserspiegel unter der Achse der Pumpe liegt, eingesetzt.



Aufbau und Funktion:

Das Trinkwasser (blau) strömt meist seitlich (auch horizontale Bauweisen erhältlich) in den Behälter, welcher in heutiger Bauweise meist in rostfreiem Chrom-/Nickelstahl ausgeführt ist, analog zu vielen Rohrleitungen in Trinkwasser-Pumpwerken. Die Gasfüllung (grün) mit Überdruck (=Vorpressdruck) ist in direktem Kontakt mit dem Trinkwasser. Diese Gasfüllung enthält die benötigte Energie (=Vorpressdruck) um im Falle eines Druckschlags Wasser in das Rohrleitungsnetz abzugeben bzw. aufzunehmen. Die Gasfüllung besteht entweder aus verdichteter Umgebungsluft (ölfrei und gefiltert) oder aus Stickstoff. Da das Gasvolumen bei dieser Bauweise bewirtschaftet werden kann/muss ist eine Kompressoranlage oder Druckflaschenversorgung jeweils mit entsprechender Steuerung erforderlich.

Abbildung 7: Druckwindkessel

Die hygienischen Anforderungen (Wasseraustausch und Materialspezifikation der wasserberührten Teile) können bei dieser Behälterbauform gewährleistet werden. Da der Anschluss bei vertikalen Behältern auch seitlich angeordnet werden kann, fällt die Gesamtbauhöhe häufig kleiner aus als bei einem baugleichen Membrandruckbehälter.

Da eine Steuerung der Anlage erforderlich ist zur Bewirtschaftung des Gasvolumens sind gleichzeitig Überwachungseinrichtungen vorhanden, welche zur Ermittlung und Sicherstellung der Verfügbarkeit genutzt werden können.

Im Gegensatz zum Membrandruckbehälter ist die Gesamtinstallation aufwändiger (Steuerung, Bewirtschaftung Gas), jedoch ist genau darum auch eine aktive Überwachung und Regelung der Gasfüllung möglich, was die Verfügbarkeit erhöht.

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

4. Wichtige Normen zu Druckbehältern

Für Druckbehälter, in allen Ausführungen und für alle Anwendungen, existieren diverse Normen, welche sich einerseits auf mechanische Merkmale bzw. die Konstruktion des Behälters selbst, beziehen und somit direkt auch für die Arbeitssicherheit relevant sind. Andererseits sind weitere Vorgaben, für die Anwendung mit dem Lebensmittel Trinkwasser, zwingend zu berücksichtigen. Nachstehend werden die wichtigsten Normen und Richtlinien, sowie deren Auswirkungen auf die Wasserversorgung, betrachtet

5.1. Mechanische Merkmale / Konstruktion der Behälter

Druckbehälter unterliegen unter anderem der PED Richtlinie (Druckgeräterichtlinie). Die dabei zu berücksichtigenden relevanten Richtlinien sind 2014/68/EU und 2014/29/EU (SR 90.113). Diese regeln die Konstruktion, das Inverkehrbringen, die Installation und die Wartung/Inspektion der Behälter.

Die Behälter werden normativ als Druckgerät betrachtet und sind einer CE-Konformitätsbewertung zu unterziehen, werden also mit einem CE-Zeichen ausgeliefert.

Ab einer gewissen „Grösse“ sind die Behälter meldepflichtig. **Das bedeutet, dass der Betreiber (die Wasserversorgung) den Behälter beim Kesselinspektorat (SVTI, www.svti.ch) vor der Inbetriebnahme anmelden muss.**

Das Kesselinspektorat (SVTI) ist die von der SUVA beauftragte Fachorganisation, welche gemäss Artikel 85 Absatz 3 UVG beauftragt ist, die wiederkehrenden Inspektionen gemäss der EKAS 6516 Richtlinien durchzuführen. Die Anmeldung hat auf dem Link <http://dgvv.suva.ch> zu erfolgen.

Eine Anmeldung ist erforderlich, wenn: 1. Der Nenndruck grösser als 2 bar ist und 2. Das Produkt aus Volumen*Inhalt grösser als 3'000 barl ist.

Beispiel: 200 Liter Behälter, Nenndruck PN16 = $200 * 16 = 3200 \text{ barl}$ = Meldepflicht durch den Betreiber (die Wasserversorgung) und Inspektionspflicht durch den SVTI (Kesselinspektorat).

Rohrleitungen als Druckgerät:

Vielen ist nicht bewusst, dass auch Rohrleitungen unter gewissen Umständen in den Bereich der Druckgeräterichtlinie fallen können. Wenn $DN(\text{mm}) * PN(\text{bar}) > 5'000$ ist und Nenndruck grösser PN10, sowie eine Nennweite grösser DN 200 vorliegt.

Beispiel: DN350mm PN16 = $350 * 16 = 5'600$ = Druckgerät = CE-Konformitätsbewertung erforderlich!

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

Baugruppe von Druckgeräten:

Werden mehrere „Druckgeräte“ (z.B. mehrere Behälter, Sicherheitsventil, „betroffene“ Rohrleitungen, ...) zu einer Baugruppe zusammengefügt, kann die Pflicht zu einer Gesamtbewertung der Konformität entstehen!

In der Praxis wird diese Bewertung heute sehr häufig nicht durchgeführt, unter anderem sicher, da sich die betroffenen Parteien dessen nicht bewusst sind. (Unwissen schützt vor Strafe nicht...)

Im Extremfall bedeutet die Forderung dieser Richtlinie, dass für das „Gesamtsystem“, was bereits sehr schwierig abzugrenzen ist, z.B. das gesamte Leitungssystem mit allen Komponenten, eine CE-Konformitätsbewertung durchzuführen ist. (unter anderem Gefahren-/Risikoanalyse, übergeordnete Betriebs- und Wartungsanleitung, ...)

Es ist daher sicher sinnvoll bereits bei der Planung eines Anlageteils, bei welcher Druckgeräte (Behälter, „betroffene“ Rohrleitungen, ...) installiert werden sollen diesen Punkt mit allen am Projekt beteiligten anzusprechen und zu klären.

5.2. Hygienische Vorgaben an die Behälter

Aus Sicht der hygienischen Anforderungen an die Behälter ist in erster Linie SVGW W3/E3 und die Lebensmittelverordnung LMV SR 817.02 zu berücksichtigen. Folgenden beiden Punkten ist dabei besonderes Augenmerk zu schenken.

Sicherstellung der Hygiene, durch die Wahl der Werkstoffe:

Kautschuk/EPDM-Membranen, welche in Membrandruckbehältern zum Einsatz gelangen müssen, den Anforderungen von W270 und KTW bzw. DVGW/SGW gerecht werden. Druckwindkessel aus rostfreiem Chrom-/Nickelstahl sind hier unkritischer.

Zirkulation, keine Stagnation:

Die SVGW W3/E3 schreibt vor, dass mittels einem „Differenzdruckbauteil“ der Wasseraustausch von nicht voll durchströmten Behältern sichergestellt werden muss. Bei der Anschaffung eines Druckbehälters ist darum zu berücksichtigen und zu verlangen, dass der Anbieter eine funktionierende Lösung, zur Sicherstellung der Zirkulation des Wassers liefern kann.

Dies gilt sowohl für Membrandruckbehälter wie auch für Druckwindkessel. Für beide Technologien existieren entsprechende Lösungen auf dem Markt.

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

5. Einsatzgebiete von Druckbehältern in der Wasserversorgung

Druckbehälter ist nicht gleich Druckbehälter, es gibt neben der Druckschlagdämpfung weitere Gründe, wofür Behälter genutzt werden.

Es ist daher wichtig, dass der Betreiber weiss, wozu überhaupt, welcher Behälter im Versorgungssystem installiert ist.

Nachfolgend betrachten wir die 3 häufigsten Anwendungen:

- **Behälter zur Druckschlagdämpfung** (bereits behandelt)
- **Behälter zur Signaldämpfung eines Drucktransmitters**
- **Behälter als „Speichervolumen“**

5.1. Behälter zur Signaldämpfung eines Drucktransmitters

Wenn Pumpen mit Frequenzumformern betrieben werden, ist die Regelgrösse häufig der Druck, welcher mittels eines Drucktransmitters auf der Druckleitung gemessen wird und bei unterschiedlichen Bezügen (Volumenströmen Q) durch Drehzahlveränderung von der Pumpe konstant gehalten werden soll.



Abbildung 8: Behälter zur Signaldämpfung

Damit nun dieser Drucktransmitter ein verwertbares, stabiles und träges Signal messen kann, welches nicht durch Verformungsänderungen des Systems verfälscht wird, wird ein kleiner Behälter als „Signaldämpfer“, sozusagen als „hydraulisches Ritalin“ für den Frequenzumformer, eingesetzt (roter Pfeil). Meistens Membrandruckbehälter in der Ausführung 8 Liter 25 bar.

Dieser Behälter hat keine Speicherwirkung und auch keinerlei positiven Effekt für eine allfällige Druckschlagdämpfung.

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

5.2. Behälter als „Speichervolumen“

Um in einer Anlage, welche von einer Pumpe versorgt wird, die Schalthäufigkeit derselben (Ein- und Ausschaltvorgänge) zu reduzieren, werden ebenfalls Membrandruckbehälter eingesetzt.

Dabei wird eine Druckdifferenz im System (=Hysterese) festgelegt, welche einen Bezug von Wasser aus dem Behälter sicherstellt. Der Ablauf hierbei ist wie folgt: 1. Die Anlage steht, 2. Ein Bezüger öffnet einen Verbraucher und bezieht Wasser aus dem Behälter, 3. Der Druck im System sinkt kontinuierlich mit dem Verbrauch, bis der Einschaltdruck der Pumpe erreicht ist. 4. Die Pumpe schaltet ein (und regelt mit Frequenzumformer, falls vorhanden). 5. Der Bezüger schliesst den Verbraucher, die Pumpe läuft weiter und „lädt“ den Membrandruckbehälter bis zum Erreichen des Ausschaltdruckes und stellt dann ab.

Das Nutzvolumen des Behälters kann errechnet werden, welchem unter anderem die Differenz zwischen Ein- und Ausschaltdruck zugrunde liegt. **Das Nutzvolumen entspricht in jedem Fall nur einem Bruchteil des Nennvolumens!** (z.B. aus einem 100 Liter Behälter (Nennvolumen), werden häufig lediglich 25 Liter genutzt (Nutzvolumen))

Diese Behälter haben nur eine eingeschränkte Wirkung, um allfällige Druckschläge zu reduzieren. Einerseits, da sie nicht dafür ausgelegt wurden (Vorpressdruck) und andererseits, da deren Zuleitung häufig zu klein dafür ausgelegt ist.



Abbildung 9: Behälter als Speichervolumen

Der Druckschlag - Theorieteil

Reto Baumann

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Druckvariation in Bezug auf die Zeit.....	3
Abbildung 2: Das Leitungsprofil (Höhen-/Längenprofil).....	5
Abbildung 3: Die Druckeinhüllenden	6
Abbildung 4: Unterschiedliche Leitungsprofile.....	6
Abbildung 5: Übersicht Schutzmassnahmen	10
Abbildung 6: Membrandruckbehälter.....	11
Abbildung 7: Druckwindkessel.....	12
Abbildung 8: Behälter zur Signaldämpfung	15
Abbildung 9: Behälter als Speichervolumen.....	16