



Schweizerischer  
Brunnenmeister-  
Verband

# Der Druckschlag



# Der Druckschlag

- Druckschlag – Theorie
- Schutzmassnahmen gegen Druckschläge
- Technologie - Vergleich der Druckbehälter
- Wichtige Normen zu Druckbehältern
- Weitere Anwendungsgebiete von Druckbehältern in der Wasserversorgung

# Vorstellung

**Reto Baumann,**

Häny AG – Leiter Unternehmensentwicklung und Produktmanagement

Seit über 30 Jahren im Bereich von Pumpsystemen, in der Siedlungswasserwirtschaft, als Maschinenbauer und Fluid-Dynamiker unterwegs. Ursprünglich beheimatet im Bereich: Konstruktion von Kreiselpumpen für Trink- und Abwasser.

[reto.baumann@haeny.com](mailto:reto.baumann@haeny.com), [www.haeny.com](http://www.haeny.com)



Schweizerischer  
Brunnenmeister-  
Verband



# Druckschlag - Theorie

Was ist ein Druckschlag und wie entsteht er?

**Der Druckschlag entsteht, wenn die Bewegungsenergie der Flüssigkeit (Massenträgheit des bewegten Trinkwassers) in Verformungsarbeit umgewandelt wird.** Dies geschieht bei schnellen Änderungen der Strömungsgeschwindigkeit wie zum Beispiel:

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

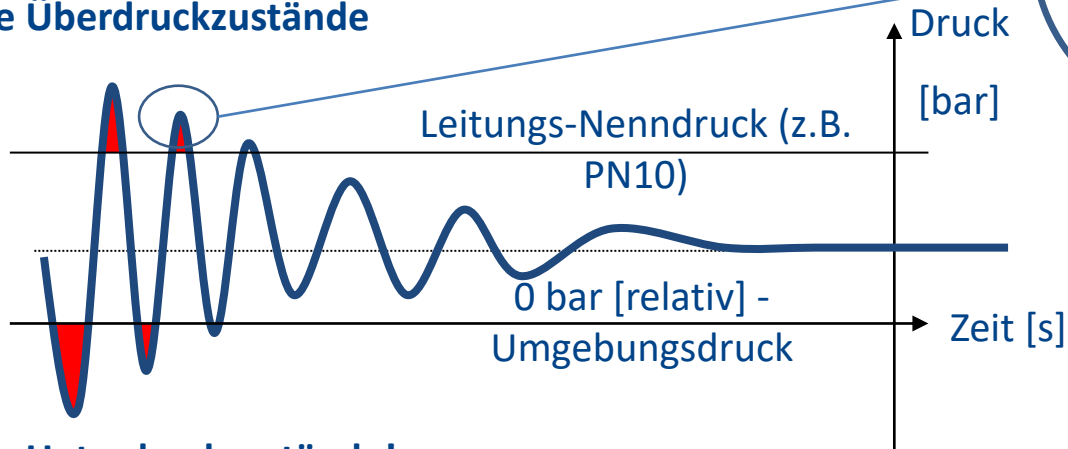
Durch die Massenträgheit des bewegten Trinkwassers entstehen dabei dynamische Druckänderungen, welche sich sehr schnell (mit bis über 1000 m/s) im gesamten Rohrleitungssystem ausbreiten und reflektiert werden. Die Druckschwankungen können während Minuten anhalten (abklingend) je nach «Länge» des Rohrleitungsnetzes.



# Druckschlag - Theorie

Was für Schäden können durch Druckschläge entstehen?

**Unzulässige Überdruckzustände**



**Unzulässige Unterdruckzustände!**

# Druckschlag - Theorie

Was für Schäden können zum Beispiel durch Druckschläge entstehen?

## Unzulässige Überdruckzustände:

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

## Unzulässige Unterdruckzustände:

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

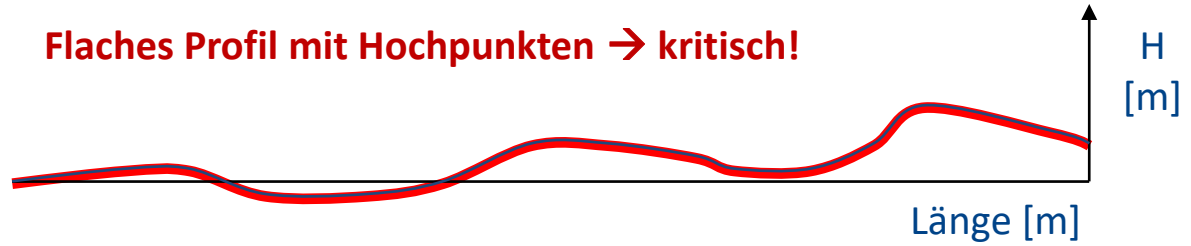
# Druckschlag - Theorie

Gibt es verlässliche «Faustformeln» zur Beurteilung der Druckschlaggefährdung?

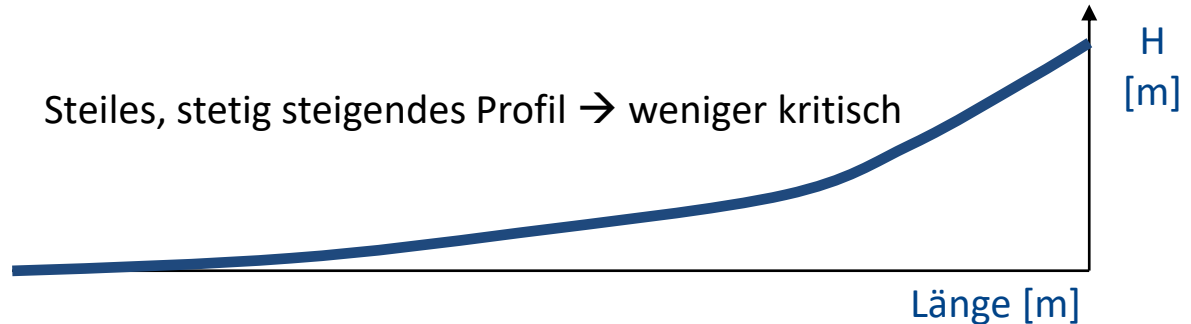
**Nein, gibt es nicht!**



**Flaches Profil mit Hochpunkten → kritisch!**



Steiles, stetig steigendes Profil → weniger kritisch





# Druckschlag - Theorie

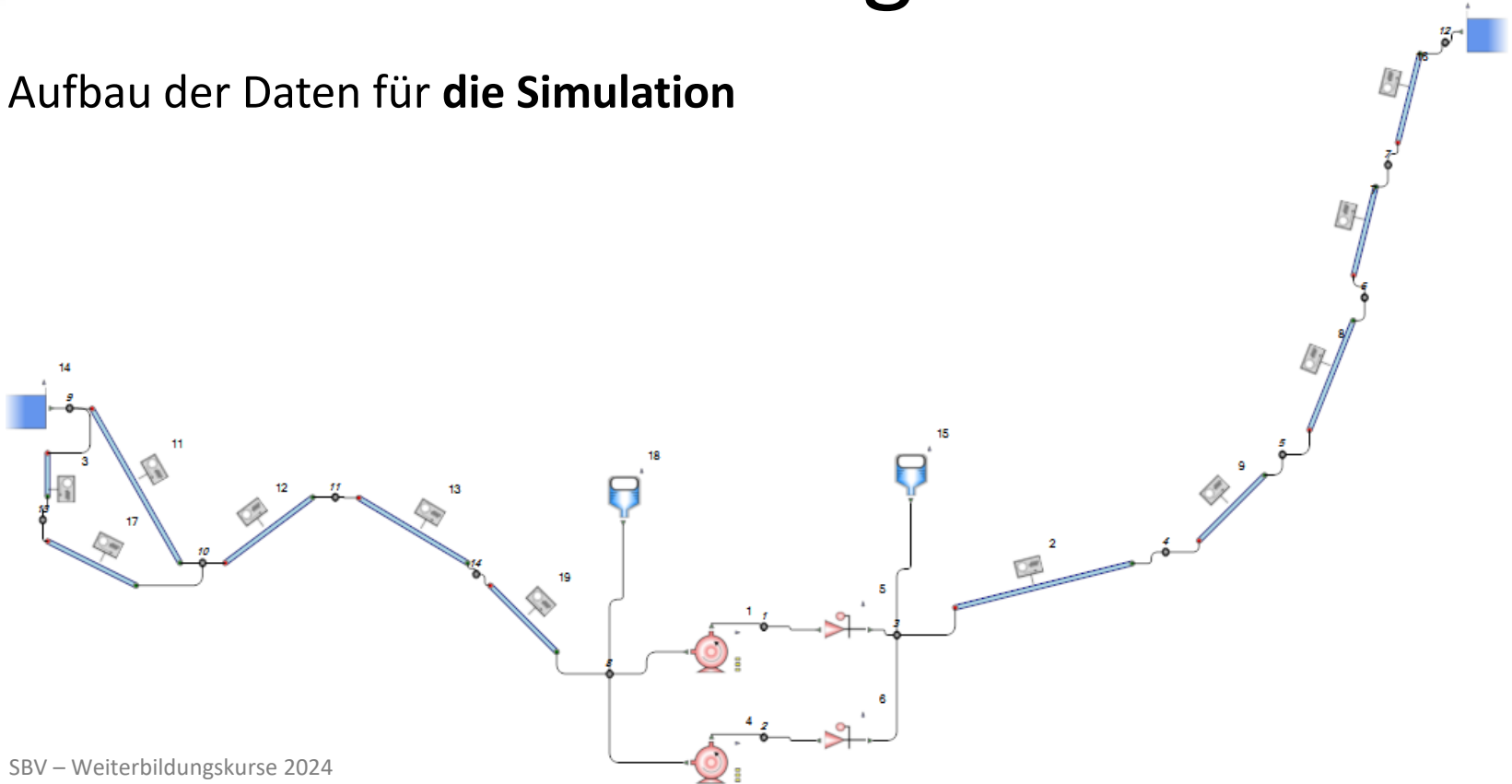
Wie beurteilt man zuverlässig, ob und was für eine Druckschlaggefährdung vorliegt und was für Schutzmassnahmen sinnvoll vorzusehen sind?

- **Nur eine Simulation (am Computer) gibt verlässlich Aufschluss über die Situation und die erforderlichen Massnahmen. (Druckschlagberechnung)**
- Das Leitungsprofil (Höhen-/Längenprofil, mit Material, Durchmesser, ...) sowie Daten der eingesetzten Pumpe(n), muss dazu abgebildet werden.
- Die Simulation (**des Nullspannungsfalles = WorstCase**) zeigt, mit den «Druckeinhüllenden» wie gross die maximalen und minimalen Drücke im Leitungssystem sein werden.



# Druckschlag - Theorie

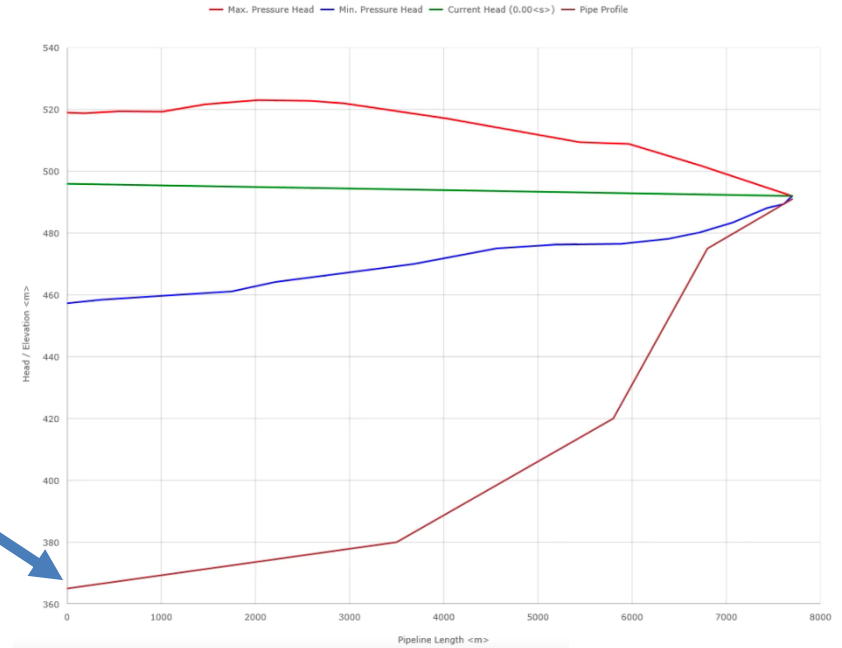
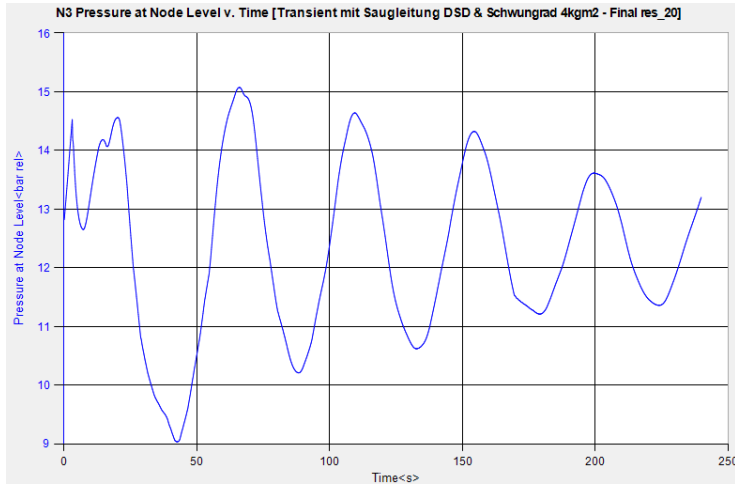
## Aufbau der Daten für die Simulation





# Druckschlag - Theorie

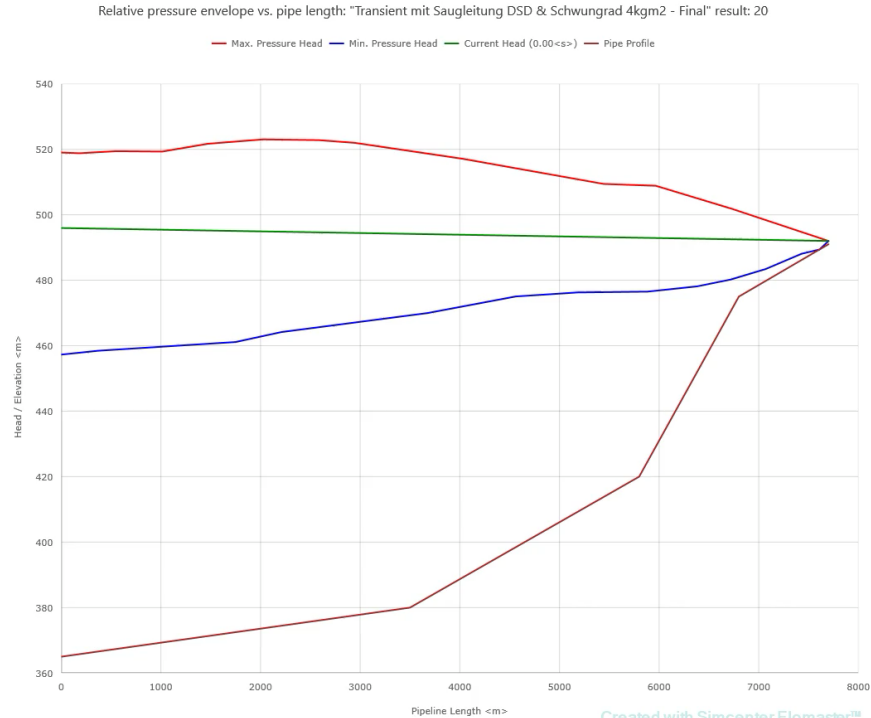
## Iteratives Vorgehen zur Festlegung der korrekten Schutzmassnahmen





# Druckschlag - Theorie

Ergebnis: zu erwartende Druckschwankungen bei Nullspannungsfall mit Schutzmassnahmen.



# Druckschlag - Theorie

Zusammenfassung und wichtige Erkenntnis:

- 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 «im Idealfall» vor der Festlegung von Massnahmen von der Wasserversorgung festgelegt bzw. vorgegeben werden. = **SCHUTZZIEL !****



# Schutzmassnahmen

Folgende Schutzmassnahmen gegen Druckschläge werden betrachtet:



Be-(Ent)lüftungsventile



Düsenrückschlagventile



An-/Abfahrklappen



Membrandruckbehälter/  
Druckwindkessel



Schwungräder



Frequenzumformer

# Schutzmassnahmen

Folgende Schutzmassnahmen gegen Druckschläge werden betrachtet:



## 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).

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



# Schutzmassnahmen

Folgende Schutzmassnahmen gegen Druckschläge werden betrachtet:



## Düsenrückschlagventile

Düsenrückschlagventile können, korrekt ausgelegt (Schliesszeit-/Charakteristik), Pumpen vor den Auswirkungen von Druckschlägen schützen und den Druckstoss positiv beeinflussen. «Pumpenschutz-Ventil»

Sie bieten einen (situativ begrenzten) Schutz gegen Druckschläge.



# Schutzmassnahmen

Folgende Schutzmassnahmen gegen Druckschläge werden betrachtet:



## 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.

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

# Schutzmassnahmen

Folgende Schutzmassnahmen gegen Druckschläge werden betrachtet:



Frequenzumformer (FU)

**!** Frequenzumformer nie «nur» für  
das Ein-/Ausschalten von Pumpen  
installieren -> Energieeffizienz!



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.

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



# Schutzmassnahmen

Folgende Schutzmassnahmen gegen Druckschläge werden betrachtet:



## Schwungräder

Schwungräder auf dem Rotor der Pumpe aufgebaut erhöhen deren Massenträgheit. In gewissen Situationen kann damit ein Schutz gegen den Druckschlag im Nullspannungsfall realisiert werden. (Motor hat «beschränkt» Freude)

Sie bieten (korrekt ausgelegt) einen Schutz gegen Druckschläge im Nullspannungsfall. **Jedoch NICHT bei schnell schliessenden Armaturen im Netz.**

# Schutzmassnahmen

Folgende Schutzmassnahmen gegen Druckschläge werden betrachtet:



## 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.

Sie bieten (korrekt ausgelegt) einen Schutz gegen Druckschläge im Nullspannungsfall. Im Idealfall auch gegen schnell schliessende Armaturen.

# Schutzmassnahmen

Zusammenfassung und wichtige Erkenntnis:



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 in Kombination mit Druckbehältern möglich.



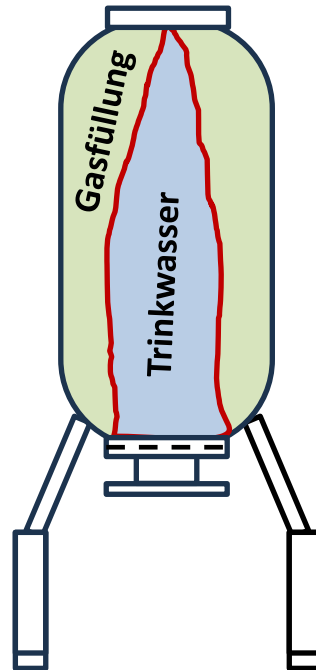
**Alle anderen «Schutzmassnahmen» sind keine vollwertige Lösung!**



# Technologie - Vergleich

## Membrandruckbehälter:

- Trinkwasser in Kautschuk-Membrane (rot) getrennt von Gasfüllung
- «Plug & Play» Technologie
- Hygieneanforderungen können erfüllt werden
- Anschluss unterhalb

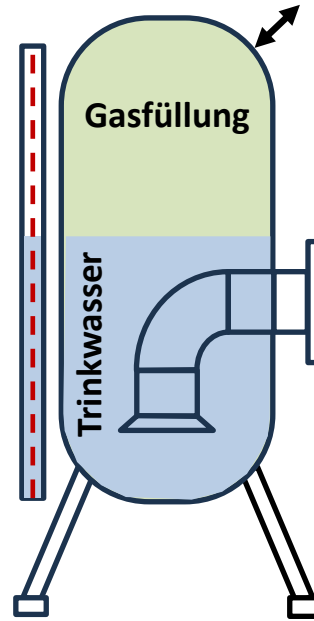




# Technologie - Vergleich

## Druckwindkessel:

- Trinkwasser in Chromstahlbehälter im Kontakt mit «Gas»
- Bewirtschaftung Gasfüllung erf.
- Hygieneanforderungen können erfüllt werden
- Anschluss seitlich (Bauhöhe)



# Normen zu Druckbehältern

## Druckbehälter nach: 2014/68/EU und 2014/29/EU (SR 930.113)

- Druckbehälter unterliegen unter anderem der PED Richtlinie
- Entsprechend sind diese Bauteile einer Konformitätsbewertung (CE) und gegebenenfalls einer periodischen Prüfung (Inspektion) zu unterziehen.
- **ACHTUNG 1:** Auch eine Rohrleitung für Trinkwasser kann in den Bereich der Druckgeräterichtlinie fallen! (**DN (mm) \* PN (bar) > 5'000**, >10bar, >DN200)
- **ACHTUNG 2:** Werden mehrere «Druckgeräte» zu einer Baugruppe zusammengefügt, **kann** die Pflicht zu einer «Gesamtbewertung der Konformität» entstehen! **(Von Beginn weg zu klären, wer ist zuständig!)**



# Normen zu Druckbehältern

SVTI  
ASIT

## Welche Druckgeräte sind meldepflichtig?

nicht überhitzungsgefährdete Druckbehälter mit gasförmigem Inhalt mit einem Konzessionsdruck (PC) grösser als 2 bar und dem Produkt aus Druck und Inhalt (bar x Liter) grösser als 3000;

- PC grösser 2 bar
- und Druck x Inhalt grösser 3000 barl

Beispiel: 200 Liter Behälter, Nenndruck PN 16 =  $200 * 16 = 3200$  = Meldepflicht!

**Meldepflicht des Betreibers um die Inspektion durch SVTI sicherzustellen**

# Normen zu Druckbehältern



The screenshot shows a web browser window with the URL `svti.ch/kesselinspektorat/aufgaben-taetigkeiten/inspektion-druckgeraeten`. The page header includes the SVTI ASIT logo and navigation links for 'Kesselinspektorat', 'Marktüberwachung Druckgeräte', and 'Eidg. Inspektorat für Aufzüge'. The main content area features the title 'Inspektion an Druckgeräten nach EKAS 6516' and a paragraph explaining that the Kesselinspektorat is the expert organization commissioned by Suva to perform inspections according to EKAS 6516 guidelines.

← → ↻ 🔍 svti.ch/kesselinspektorat/aufgaben-taetigkeiten/inspektion-druckgeraeten

**SVTI ASIT** Kesselinspektorat Marktüberwachung Druckgeräte Eidg. Inspektorat für Aufzüge

## Inspektion an Druckgeräten nach EKAS 6516

Das Kesselinspektorat 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. (Artikel 14, DGVV 832.312.12)

Link zur entsprechenden SUVA Seite: <http://dgvv.suva.ch>

# Normen zu Druckbehältern

## Druckbehälter nach: SVGW W3/E3 und LMV SR 817.02

- Sicherstellung der Hygiene, durch der **Wahl der Werkstoffe**:
  - Kautschuk/EPDM (W270, KTW -> DVGW/ SVGW Zertifikat der Membrane) -> **Membrandruckbehälter**
  - Chromstahl (Material analog zum Rohrleitungsbau, Lebensmittelgesetzgebung) -> **Druckwindkessel**
- Zirkulation, **keine Stagnation!** Differenzdruckbauteil – Passus
  - Sicherstellung des Austausches des Wassers innerhalb des Behälters

# Verschiedene Anwendungen

## **Druckbehälter ist nicht gleich Druckbehälter**

- Behälter zur Druckschlagdämpfung
- Behälter zur Signaldämpfung eines Drucktransmitters (für FU-Betrieb)
- Behälter als Speicher zur Reduktion der Schalthäufigkeit der Pumpe

**Daher ist es wichtig, zu wissen, welcher Behälter wozu im Versorgungssystem installiert ist!**

# Verschiedene Anwendungen

## Membran-Druckbehälter als «Signaldämpfer»

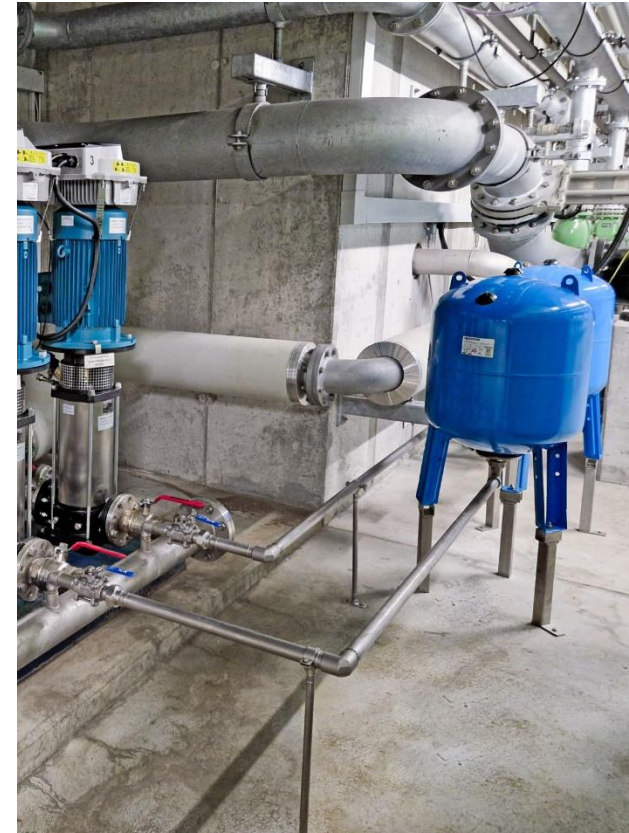
- Meistens werden hierzu 8 Liter 25 bar – Behälter eingesetzt.
- Kompensation der Temperatur- und Verformungsänderungen des Systems, damit der Drucktransmitter eine Chance hat für den FU einen stabilen, trägen Druck zu messen. («hydraulisches Ritalin» für den Frequenzumformer)
- **Keine Speicherwirkung oder Druckschlagreduzierung vorhanden.**



# Verschiedene Anwendungen

## Membran-Druckbehälter als «Speichervolumen»

- Ein «Kleinverbrauch» wird direkt aus dem Behälter versorgt, ohne dass z.B. die Pumpe dazu startet (**Schalhäufigkeit minimieren**).
- Nur ein kleiner Teil des «Nennvolumens» wird effektiv als NUTZVOLUMEN auch benützt!
- NUTZVOLUMEN = Speichervolumen ist direkt abhängig von der Differenz vom Einschaltdruck zum Ausschalt- bzw. Regeldruck (bei FU)
- **Keine/ingeschränkte Druckschlagreduzierung!**





# Abschluss

## Wichtige Erkenntnisse aus diesem Referat:

- Die Wasserversorgung selbst muss festlegen, welche maximalen Amplituden (Druckschwankungen) sie für ihr System tolerieren kann.
- Druckbehälter (Membrandruckbehälter/Druckwindkessel) sind die Beste Lösung zur Reduzierung der Druckschwankungen.
- Druckbehälter unterliegen Normen und sind teilweise meldepflichtig zur Sicherstellung der Inspektion.
- Druckbehälter in Wasserversorgungen müssen spezielle Kriterien erfüllen, um auch den hygienischen Anforderungen zu genügen.

# Abschluss

**Nicht immer wenn's «chlöpft» ist es ein Druckschlag, aber meistens...**



Hier Makrokavitation durch ein undichtes Rückschlagventil auf der Unterwassermotorpumpe (UWP).



# Abschluss

## Fragen?

**Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit.**

Gerne stehen wir an der Ausstellung für weitere Details zu diesem wichtigen Thema zur Verfügung. Am 2ten Tag werden anhand des «praktischen Teils» weitere wichtige Informationen zum Thema erläutert.

En schöne Aabig!