

Schadensrisiko Druckschlag

Dynamische Druckverhältnisse im Versorgungsnetz

Spektakulärer Schadensfall

Nehmen wir an, eine von zwei Haupttransportleitungen wird zum Zwecke von Pumpversuchen abgeschiebert. Unmittelbar nach dem Starten der Pumpen wird ein Rohrbruch in einem angrenzenden Versorgungsgebiet mit kleineren Rohrdurchmessern festgestellt. Nach vollständiger Abschieberung der Bruchstelle vergehen nur wenige Minuten, bis es auch bei der abgeschieberten Transportleitung (DN 550) zu einem spektakulären Rohrbruch mit Kraterbildung und Wasserfontäne kommt. Später ergeben materialtechnische Untersuchungen, dass wahrscheinlich kurzzeitige Druckspitzen von bis zu 50 bar für das Versagen der Transportleitung verantwortlich gewesen seien. Dieses Beispiel ist leider nicht ganz frei erfunden. Aber was ist hier wohl passiert?

Auch wenn die genaue Ursache im beschriebenen Schadensfall nie eindeutig geklärt werden konnte, so ist doch davon auszugehen, dass die Phänomene rund um den Druckstoss eine entscheidende Rolle gespielt haben.

Das Druckstossphänomen

In Wasserversorgungsnetzen entstehen immer wieder Situationen, in denen sich der Durchfluss in einzelnen Leitungen schnell ändert. Aufgrund der Trägheit des Wassers entstehen dabei sogenannte Druckstösse. Der Druckstoss bezeichnet schnelle Druckschwankungen, wobei sowohl positive als auch negative Ausschläge des Druckes gemeint sind.

Aber was passiert eigentlich in einer Leitung, wenn sich der Durchfluss abrupt ändert? Dies soll nachfolgend am Beispiel des Schliessens einer Absperrarmatur dargestellt werden (siehe Abbildung 1): Durch das Schliessen des Schiebers wird der Wasserdurchfluss bei der Absperrarmatur innert kürzester Zeit gestoppt. Aufgrund der Trägheit des Rohrleitungsinhalts fliesst aber weiterhin Wasser in Richtung geschlossener Schieber, was zu einem Druckaufbau führt. Das Wasser verdichtet sich und das Rohr wird an jener Stelle etwas ausgedehnt. Ausgehend von der Absperrarmatur pflanzt sich diese Druckänderung entgegen der Fliessrichtung mit grosser Geschwindigkeit (z.B. 1'000 m/s) fort. Der Druck in der Leitung entspannt sich nach Reflexion (Rückprall) am Reservoir wieder und das Wasser fliesst nun in die umgekehrte Richtung (also weg vom Schieber). Diese Wasserbewegung führt jetzt zu einer Druckerniedrigung beim Absperrorgan, welche sich wiederum rasend schnell im Netz ausbreitet. Im schlimmsten Fall fällt in einer solchen Situation der Druck unter den Dampfdruck (ca. -1 bar rel.), wodurch sich ein Hohlraum von Wasserdampf und ausgegaster Luft bilden kann, der erst beim Zusammenschlagen unter Ausbildung enormer Drücke wieder in sich zusammenfällt. Solche dynamischen Verhältnisse in Form von Druckschwingungen können auf beiden Seiten des geschlossenen Schiebers entstehen und klingen aufgrund von Reibungsein-

flüssen mehr oder weniger rasch wieder ab. Doch die starke Beanspruchung der Leitungsrohre während weniger Sekunden hat vielleicht bereits zum Leitungsbruch geführt.

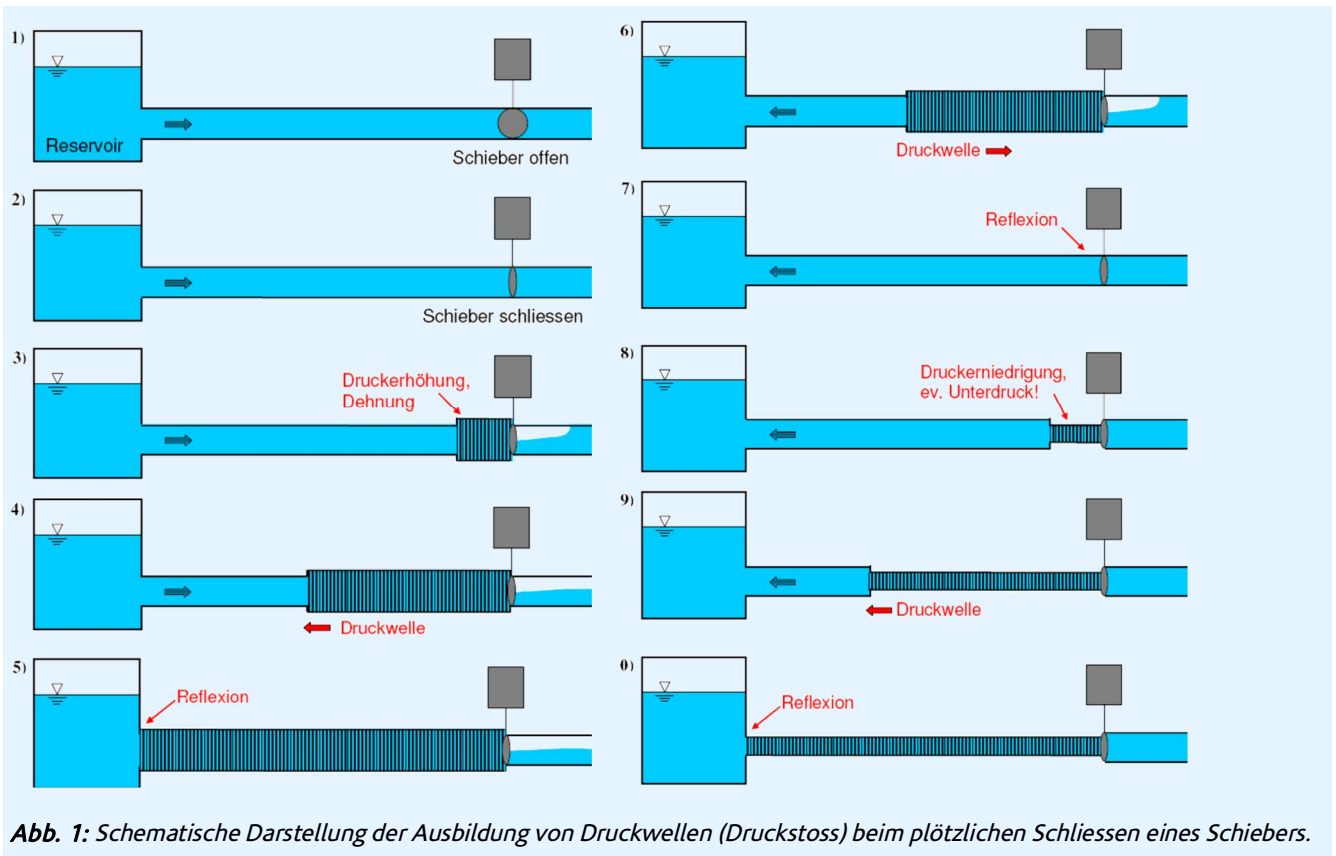


Abb. 1: Schematische Darstellung der Ausbildung von Druckwellen (Druckstoss) beim plötzlichen Schliessen eines Schiebers.

Der Joukowsky-Stoss

Der Druckstoss ist kein neues Phänomen, sondern schon seit geraumer Zeit bekannt – spätestens seit Nikolai Egorovich Joukowsky die Ergebnisse seiner ausführlichen Experimente an Trinkwasserleitungen im Jahre 1892 veröffentlichte. Die gebräuchlichste Gleichung zur Beschreibung des Druckstosses ist denn auch bekannt als Joukowsky-Stoss, obwohl der Deutsche Mediziner Johannes von Kries bereits 15 Jahre vor dem Russen Joukowsky die entsprechende Druckstoss-Theorie im Rahmen seiner Untersuchungen zum Blutfluss in Arterien veröffentlichte [Tijsseling et al., 2004].

Joukowsky-Gleichung:
$$\Delta H_{\max} = \pm \frac{a}{g} \cdot \Delta v$$

mit	ΔH_{\max}	Grösstmögliche Druckänderung [m]
	a	Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Druckwelle [m/s]
	g	Fallbeschleunigung [m/s ²]
	Δv	Änderung der Strömungsgeschwindigkeit

Der Joukowsky-Stoss gibt den schlimmsten Fall an, d.h. die maximal mögliche Druckänderung, welche durch schnelles Schliessen eines Schiebers entstehen kann (abgesehen von Kavitationsphänomenen bei Unterdruck).

Schnelles Schliessen bedeutet hierbei, dass der Schieber bereits vollständig geschlossen ist, bevor die Druckwelle nach Reflexion an Reservoir oder Armaturen wieder an ihren Ausgangspunkt zurückgekehrt ist. Umso langsamer der Schieber geschlossen wird, umso stärker wird der Druckstoss durch seine eigenen Druckwellen gedämpft. Die Joukowsky-Gleichung berücksichtigt diese Dämpfung nicht, weshalb sich bereits zeigt, dass deren Anwendbarkeit begrenzt ist.

Ursache und Auswirkungen von Druckstössen

Wie bereits angedeutet entstehen Druckstösse immer dann, wenn sich Fließgeschwindigkeiten rasch ändern und dadurch der stationäre Zustand in einem Leitungssystem gestört wird. Als wichtigste Ursachen sind deshalb die Betätigung von Armaturen (z.B. Schliessen eines Schiebers oder Wasserbezug ab Hydrant), Ein- bzw. Ausschaltvorgänge von Pumpen oder gar plötzlicher Pumpenausfall durch Stromunterbruch oder „Not-Aus“ zu nennen. Dadurch entstehen hörbare dynamische Druckverhältnisse (daher die Bezeichnung „Druckschlag“) mit erheblichen Druckanstiegen, Druckabsenkungen oder gar Unterdruck. Die Folgen von solch hohen mechanischen Belastungen brauchen nicht immer sofort sichtbar zu sein. Häufig treten Schäden an Leitungen und Armaturen erst nach längerer Zeit und mehreren Belastungstössen auf, weshalb es schwierig ist, den Schadensgrund richtig zu erkennen.

Typische Schadensereignisse durch Druckerhöhungen sind Rohrbrüche und Schäden an Rohrhalterungen, Armaturen sowie Pumpen (siehe Abbildung 2). Zudem können aufgrund von Druckabsenkungen Leitungen einbeulen, Innenbeschichtungen abplatzen, Kavitationsphänomene auftreten und Luft oder Schmutzwasser (potentielle Kontaminationsquelle) eingesaugt werden. Biofilmbablösungen und Resuspension von abgesetzten Partikeln sind weitere mögliche Begleiterscheinungen, die sich negativ auf die Wasserqualität auswirken können.

In welchem Ausmass Druckschläge für Schäden bei Trinkwasserversorgungssystemen verantwortlich sind, ist schwierig zu sagen. Da die Schadensursache nicht immer eindeutig festzustellen ist bzw. im Detail gar nicht bestimmt wird, fehlen entsprechende Statistiken. In Deutschland seien Druckstösse und ihre Folgen für etwa 10% der massgebenden Schäden an Rohrleitungen und Armaturen verantwortlich, wobei sich diese Zahl auf die meldepflichtigen Störfälle in Industrieanlagen bezieht [Kipp et al., 2005, Dudlik et al., 2004].

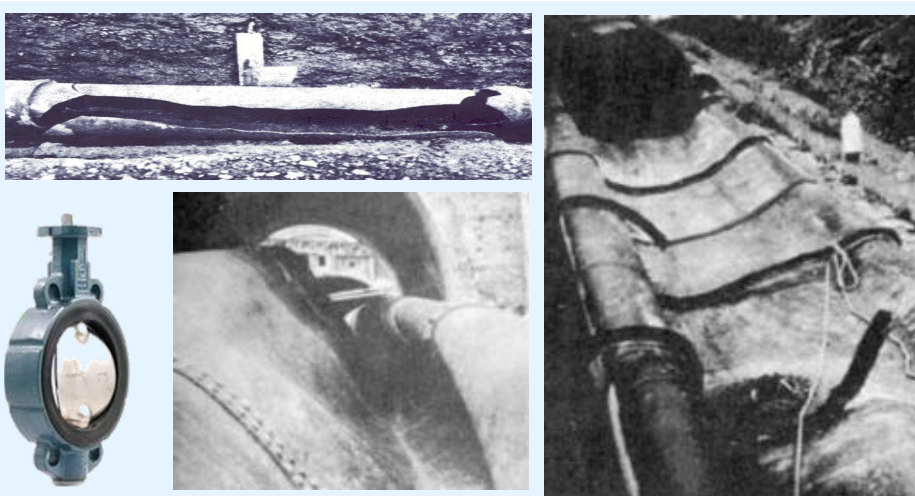


Abb. 2: Typische Schäden: Bruch einer erdverlegten Wassertransportleitung; durch Kavitation verursachter Schaden an einer Schließklappe; komplett kollabierte Druckleitungen aufgrund von Kavitationsphänomenen, Kraftwerk Okigawa, Japan.

Richtige Leitungswahl – Guss oder PE, PN 10 oder PN 16?

Die Leitungswahl hat einen direkten Einfluss auf die Ausprägung von Druckstössen und deren möglicher Folgen. Dabei spielen Durchmesser, Material und Nenndruck der verwendeten Rohre in einem Versorgungssystem eine entscheidende Rolle.

Grosszügig dimensionierte Leitungen weisen kleinere Fliessgeschwindigkeiten auf und führen damit gemäss Joukowsky-Formel tendenziell zu geringeren Druckschlägen. Allerdings sind die Nachteile überdimensionierter Leitungen auch bekannt (Kosten, Trinkwasserqualität).

Bezüglich des Leitungsmaterials scheinen elastischere Kunststoffrohre eine gute Wahl zur Verminderung von Druckstössen zu sein. Die Druckwellengeschwindigkeit ist bei ihnen mit 300 - 400 m/s deutlich geringer als bei den härteren Guss- oder Stahlleitungen, bei welchen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Bereich von 1'000 m/s liegt. Eine allgemein gültige Aussage, welcher Leitungswerkstoff geeigneter ist, kann allerdings nicht gemacht werden. Denn in Kunststoffleitungen ist zwar die maximal mögliche Druckvariation geringer, dafür ist aber die Reflexionszeit entsprechend länger, weshalb die Druckwellen langsamer abgebaut werden. Zudem ist die zulässige Belastbarkeit von Kunststoffrohren meist geringer.

In jedem Fall sind bei der Planung die Rohrleitungsteile entsprechend den SVGW-Richtlinien [SVGW W4d, 2004] so zu wählen, dass sie den vorhandenen Innendruckbelastungen standhalten können – insbesondere sind auch mögliche Druckschläge zu berücksichtigen. Dabei ist zusätzlich zum Betriebsdruck ein Druckstoss von mindestens 2 bar anzunehmen. Diese Minimalreserve ist bestimmt nicht zu gross gewählt und sollte je nach Situation auch noch erhöht werden. Denn Druckstösse können leicht das Mehrfache dieser Reserve aufweisen.

Druckstossreduzierende Massnahmen

Mit Blick auf die beschriebenen Ursachen wird klar, dass Druckstösse praktisch unvermeidbar sind. Grundsätzliche Anpassungen des Leitungssystems zur Druckstossverminderung sind zwar theoretisch möglich (z.B. Vergrösserung von Rohrdurchmessern, Verminderung von Durchflüssen oder Verhinderung von ungünstigen Leitungshochpunkten), jedoch in einem bestehenden Wasserversorgungsnetz häufig weder sinnvoll noch ausreichend wirksam. Allerdings können betriebliche und technische Massnahmen ergriffen werden, um in einem vorgegebenen System unzulässig hohe Druckstösse zu verhindern.

Die einfachste und vielfach günstigste Methode zur Verminderung von Druckstössen ist das langsame Schliessen oder Öffnen von Absperrarmaturen, wodurch die dämpfende Wirkung reflektierender Druckimpulse den ungünstigsten Fall (Joukowsky-Stoss) gar nicht erst eintreten lassen. Hierbei gilt es zu beachten, dass nicht nur die Stellzeit, sondern auch die Armaturenkennlinie (Durchfluss vs. Öffnungsgrad) von Bedeutung ist. Zum Beispiel geschieht bei Schiebern die eigentliche Durchflussdrosselung häufig erst in der letzten Phase des Schliessvorganges, weshalb ein gestuftes Schliessen (anfangs schneller, dann langsamer) sinnvoll sein kann.

Aber nicht immer ist eine genügend langsame Manipulation von Armaturen möglich oder zweckmässig und nicht in jedem Fall ist eine Absperrarmatur überhaupt der Auslöser von instationären Verhältnissen. Gerade der plötzliche Pumpenstillstand durch Stromausfall oder „Not-Aus“ ist häufig einer der wichtigsten Belastungsfälle für die Auslegung von druckstossreduzierenden Massnahmen. Deshalb müssen in der Praxis zusätzliche Vorkehrungen in Form von Druckschlagdämpfern oder Schwungrädern bei Pumpen zur Verminderung von Druckschlägen getroffen

werden. In Tabelle 1 sind die am häufigsten verwendeten Möglichkeiten zur Verminderung von Druckschlägen aufgelistet und kurz beschrieben. Keinesfalls aber soll hier eine Wertung dieser Massnahmen abgegeben werden, denn wie aus den bisherigen Ausführungen herauszulesen sein sollte, bestimmen sowohl das betrachtete System als auch das vorhandene Betriebsszenario entscheidend deren Effektivität oder gar Notwendigkeit. Dazu drei weit verbreitete (aber nicht allgemeingültige!) Axiome zur Druckschlagverminderung:

- „Maximale Fliessgeschwindigkeiten ergeben maximale Druckschläge“
- „Verzweigte und vernetzte Systeme sind besser“
- „Wenn eine druckschlagreduzierende Einrichtung gut ist, dann sind mehrere dieser Einrichtungen noch besser“

Für all diese Grundsätze gibt es Fälle, bei welchen sie nicht zutreffend oder zumindest irreführend sind [Karney et al., 1990]. Die ersten beiden Grundsätze basieren auf den Annahmen der Joukowsky-Formel, deren Gültigkeit aber stark beschränkt ist. Wird zum Beispiel ein Schieber sehr langsam geschlossen, führt dies selbst bei grosser Fliessgeschwindigkeit nur zu relativ kleinen Druckschlägen. Der dritte Grundsatz vernachlässigt, dass druckschlagreduzierende Massnahmen auch selbst dynamische Druckänderungen verursachen können. Als Beispiel sind hier Entlüftungsventile zu nennen, welche nach zu schneller Entlüftung abrupt zuschlagen und dabei selbst Druckschläge auslösen.

Die Notwendigkeit und allenfalls die richtige Wahl und Dimensionierung von Massnahmen zur Verminderung von Druckstössen setzt deshalb die Kenntnis des hydraulischen Systems und entsprechende Untersuchungen bezüglich der möglichen dynamischen Druckverhältnisse voraus.

Betriebliche Massnahmen	Beschreibung
Langsames Schliessen und Öffnen von Armaturen	Verhindert abrupte Fliessgeschwindigkeitsänderungen (Schliesszeit >> Reflexionszeit).
Sanftanlauf / FU bei Pumpen	Verhindert abrupte Fliessgeschwindigkeitsänderungen.
Technische Massnahmen	Beschreibung
Druckschlagdämpfer	Ein unter Druck stehendes Luftpolster im Wasserspeicher dämpft mögliche Druckstösse.
Schwungrad bei Pumpe	Erhöhung der Massenträgheit verhindert abruptes stoppen des Förderstromes. Ein ähnlicher Effekt wird mit einer elektrischen Bremse erreicht.
Gedämpfte Armaturen	Gedämpftes Schliessen verhindert abruptes stoppen des Förderstromes (z.B. ABS-Armatur).
Druckgesteuertes Bypass-Ventil	Pumpen-Bypass lässt bei Pumpenausfall Wasser nachströmen und verhindert abruptes stoppen des Förderstromes.
Be-/Entlüftungsventile	Kontrollierte Zu- und Abfuhr von Luft in die Druckleitung dämpft gefährliche Strömungsvorgänge. Insbesondere können Kavitationsschläge durch Luftzufuhr bei sich ausbildendem Unterdruck verhindert werden.
Entlastungsventil	Öffnet sich bei zu grossem Druck in der Leitung.

Tab. 1: Betriebliche und technische Massnahmen zur Verminderung von Druckschlägen.

Sind Druckstossuntersuchungen notwendig?

Aus den SVGW-Richtlinien geht hervor, dass Druckstösse in der Planung von Trinkwasserversorgungssystemen zu berücksichtigen sind. Es wird zum Beispiel verlangt, dass die Notwendigkeit von Einrichtungen zur Druckstossbegrenzung als Teil von Pump- und Schwerkraftsystemen zu prüfen ist. Zudem sollen Rohrleitungen unter Berücksichtigung von kurzzeitigen Durchflussänderungen bemessen und jede Rohrleitung nach ihrer Verlegung einer Wasserdruckprüfung unterzogen werden, wobei der Prüfdruck einen möglichen Druckstoss beinhaltet [SVGW W4d, 2004]. Der Druckstoss kann dabei als Pauschalwert (nicht kleiner als 2 bar) angenommen oder nach „geeigneten Verfahren“ berechnet werden. Allerdings sucht man in den Schweizer Normen oder Richtlinien vergebens nach detaillierten Angaben im Umgang mit dynamischen Druckänderungen und deren Berechnung. Der Bedarf nach einer praxistauglicheren Lösung ist erkannt; zurzeit wird die SVGW-Richtlinie W4 überarbeitet. Ein neues Themenblatt soll die Druckstossproblematik künftig detaillierter - mit Beispielen und Daumenregeln - ausführen.

Ein Blick über die Landesgrenze hinaus zeigt, dass in Deutschland bereits Regelwerke vorhanden sind, welche die Druckstossproblematik konkreter behandeln. Ein 40-seitiges Arbeitsblatt soll das Verständnis für die instationären Vorgänge erleichtern und gibt Hinweise für Planung und Betrieb von Wasserversorgungsanlagen im Hinblick auf dynamische Druckänderungen [DVGW W 303, 2005]. Daraus geht hervor, dass bei der Vorplanung von Wasserversorgungsanlagen zwar eine überschlägige Untersuchung (z.B. Joukowsky-Stoss) ausreichen kann, jedoch spätestens für die endgültige Massnahmenplanung eine genauere, rechnerbasierte Berechnung erforderlich wird.

Wann sind nun detaillierte Druckstossuntersuchungen sinnvoll? Das einleitende Beispiel eines Schadensfalls hat deutlich aufgezeigt, welch enormes Gefahrenpotential Druckstösse für Leitungen und Armaturen darstellen können. Die finanziellen Auswirkungen für die notwendigen Sanierungsarbeiten übertreffen in einem solchen Fall bei weitem die Aufwände für präventive Berechnungs- und Sicherheitsmassnahmen. Mit diesem Hintergrund sind detaillierte Druckstossuntersuchungen bei gefährdeten Anlagen und Leitungen nur zu empfehlen; d.h. insbesondere auch bei folgenden Gegebenheiten:

- Falls Stromausfall bei Pumpwerken zu erheblichem Rückfluss führen kann, d.h. besonders bei steileren Leitungen.
- Falls Leitungsprofile (von Pumpendruckleitungen) signifikante Hochpunkte aufweisen, welche unterdruckgefährdet sind.
- Falls Saugleitungen bei Pumpwerken relativ lange (d.h. einige 100 Meter) sind.
- Bei komplexen Wechselwirkungen zwischen Pumpwerk, Leitungssystem, Armaturen und Steuerung nach Stromausfall oder Pumpenstart.
- Allgemein bei Neubau oder Sanierung von Pumpanlagen.
- Falls Vorabklärungen bzw. überschlägige Abschätzungen die Notwendigkeit von druckschlagreduzierenden Massnahmen aufzeigen.

Detaillierte Druckstossuntersuchung mittels hydraulischer Modellierung

Beim einleitend beschriebenen Schadensfall wurden diverse Untersuchungen zur Klärung der Ursache durchgeführt. Unter anderem wurden die instationären Verhältnisse mit Hilfe von Modellen nachsimuliert. Das damals verwendete Programm (vor knapp 20 Jahren!) stösste aber an seine Grenzen und es mussten diverse vereinfachende Annahmen getroffen werden. Heute gibt es – dank der schnellen Entwicklung leistungsfähiger Computer – spezialisierte Softwarepakete (z.B. Bentley®Hammer®), welche eine geeignete Simulation von instationären Verhältnissen erlauben und für den Fachspezialisten bei Druckstossuntersuchungen kaum mehr wegzudenken sind. Denn aufgrund der (mathematischen) Komplexität von Druckstössen, ist eine umfassende Untersuchung nur mittels hydraulischer Modellierung möglich. Der anfangs vorgestellte Joukowsky-Stoss, welcher weder Reibungsverluste noch Druckwellenreflexionen berücksichtigt, kommt allenfalls für grobe Abschätzungen von einfachen, homogenen Leitungen zur Anwendung. Verzweigte und vernetzte Leitungssysteme mit wechselnden Querschnitten und Durchflussmengen weisen aber zusätzliche Teilreflexionen der Druckwellen auf. Diese Resonanzen können nur mittels computergestützter Berechnung berücksichtigt werden. Dabei haben moderne Simulationsprogramme den Vorteil, dass die Verhältnisse zu verschiedenen Zeiten an verschiedenen Orten im Netz bestimmt und in übersichtlichen Graphiken ersichtlich werden. Und ist ein Grundmodell erst einmal vorhanden, können verschiedene Szenarien ohne und mit Massnahmen gegen Druckschläge durchsimuliert und miteinander verglichen werden (siehe Abbildungen 3 und 4). Übrigens: Mit einer geeigneten Software erstellt, kann ein solches Grundmodell auch für weitere Fragestellungen bezüglich der Netzhydraulik verwendet werden (z.B. Erstellung Spülplan, hydraulische Netzoptimierung, Dimensionierung von anstehenden Leitungserneuerungen; siehe Abbildungen 5 und 6).

„Eine Druckschlagmodellierung ist das effektivste und brauchbarste Mittel zur Erkennung von Schwachstellen, zur Abschätzung negativer Effekte durch Druckstösse und zur Beurteilung, wie diese verhindert und kontrolliert werden können.“ (Boulos et al., 2005)

Voraussetzung für gute Ergebnisse bei Druckstossberechnungen bilden aber in erster Line möglichst genaue Eingabedaten zu Anlagen, Rohrleitungen (Höhenprofil, Längen, Durchmesser, Material, etc.), Armaturen (Kennlinien, Arbeitsweisen, etc.) und Betriebsbedingungen (Wasserstände, Drücke, Durchflüsse, etc.). Fehlende oder unzureichende Informationen müssen durch sinnvolle Schätzungen vervollständigt werden. Hierbei sind konservative Annahmen zu empfehlen. Bei der Modellierung bietet sich natürlich auch die Möglichkeit an, Simulationen für verschiedene Werte von unsicheren oder sensitiven Parametern durchzuführen. Wird ein geeignetes Berechnungsmodell verwendet, können so realitätsnahe Resultate erzielt werden, die bei korrekter Interpretation durch den Spezialisten die Grundlage zur Verhinderung von unzulässigen Druckschlägen bilden.

An dieser Stelle soll nochmals darauf aufmerksam gemacht werden, dass im Rahmen von Druckstossphänomenen auch Unterdrücke und Kavitationsschläge entstehen können, die häufig weitaus schlimmere Auswirkungen haben, als der „normale“ Druckschlag. Deshalb ist es bei Simulationsprogrammen wichtig, dass Hinweise bezüglich Dampfblasenbildung gegeben werden. Dabei ist es primär entscheidend, ob in einem bestimmten Szenario Kavitationsschläge aufgrund von Unterdruck überhaupt erst einsetzen können. Die exakte Simulation der hydraulischen Vorgänge eines solchen zweiphasigen (Wasser und Luft) Phänomens ist dabei sekundär (und auch kaum möglich),

denn die Bildung dieser Art von Kavitation sollte auf jeden Fall verhindert werden. Häufig vereinfachen bestehende Softwareprogramme die Modellierung dieser Kavitationsschläge so, dass die Simulationsergebnisse im Vergleich mit der Realität höhere Drücke liefern, womit man auf der konservativen und sicheren Seite liegt [Bentley Systems, 2009].

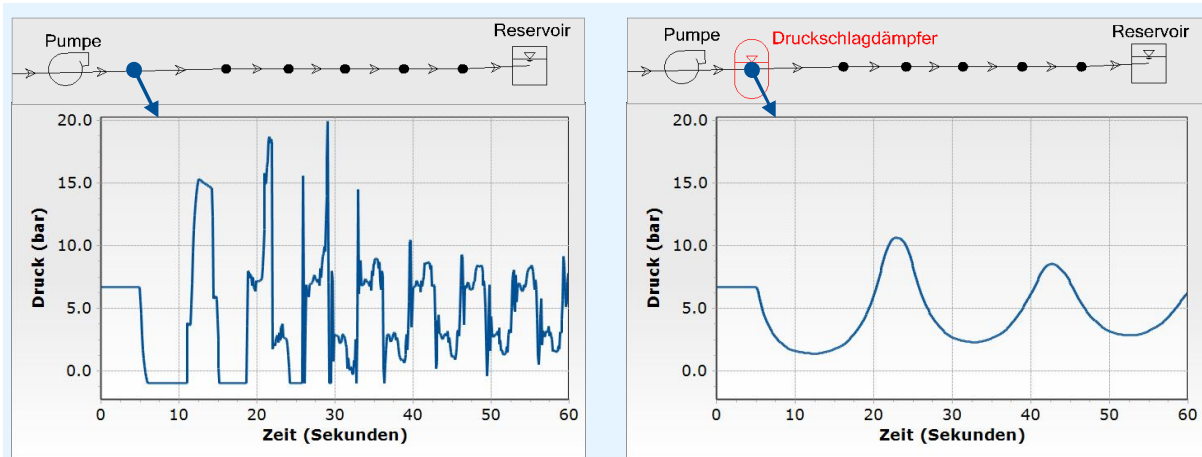


Abb. 3 (links): Bentley@Hammer® -Modell eines einfachen Systems (oben) und Druckschlagschwingung im Bereich der Pumpe nach plötzlichem Pumpenausfall zum Zeitpunkt 5 Sekunden (unten). Der Dampfdruck (-1 bar rel.) wird erreicht, was aufgrund von Kavitationsphänomenen zu unregelmässigen dynamischen Druckverhältnissen führt.

Abb. 4 (rechts): Analoges System zu Abb.3, jedoch mit druckseitigem Druckschlagdämpfer. Die Druckschlagschwingungen fallen deutlich geringer aus; es wird kein Unterdruck erreicht.

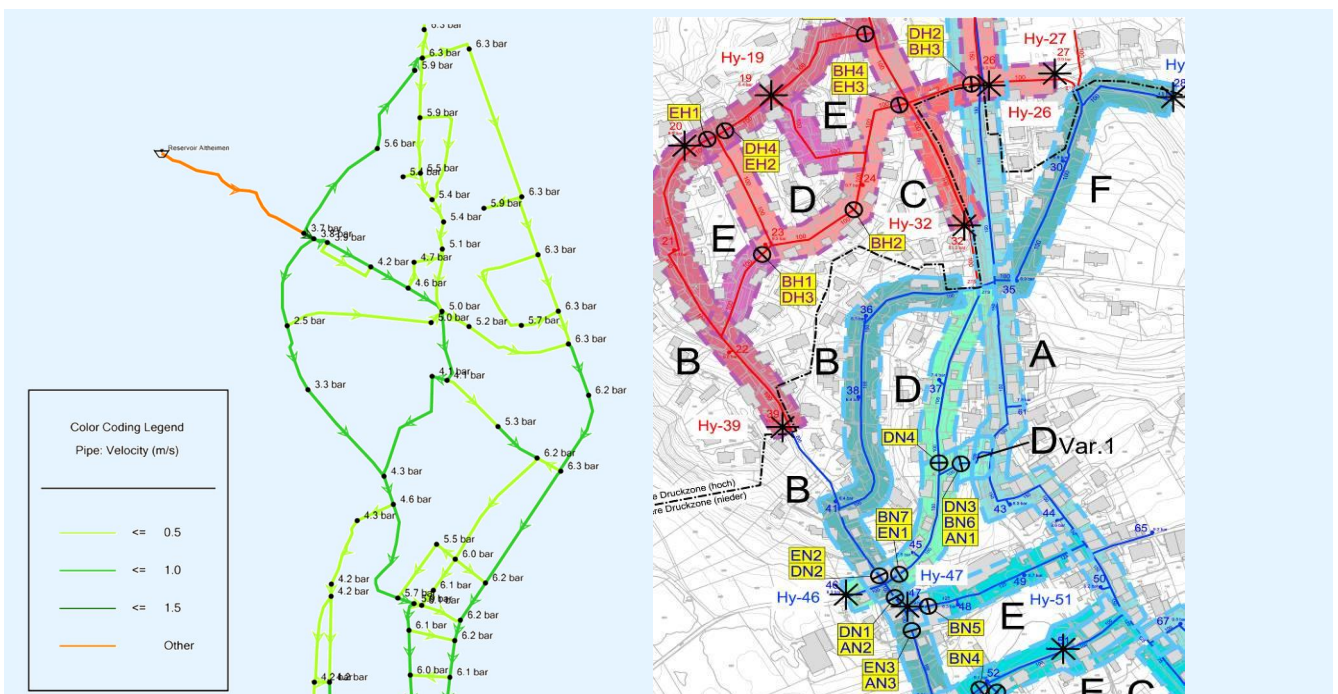


Abb. 5 (links): Hydraulisches Grundmodell eines Wasserversorgungssystems (Bentley@Hammer®) als Grundlage zur hydraulischen Netzuntersuchung; mit farblicher Markierung der Fließgeschwindigkeiten und Angabe der Wasserdrücke.

Abb. 6 (rechts): Mittels hydraulischem Modell erstellter Spülplan als Hilfsmittel bei der praktischen Durchführung wirksamer Netzspülungen.

Schlussgedanke

Über das Gebiet des Druckstosses sind umfassende Abhandlungen geschrieben worden. Daneben existiert eine Grosszahl von Spezialuntersuchungen. Das notwendige Wissen ist in der häufig sehr theoretischen Literatur vorhanden. Im Grunde ist den Verantwortlichen von Wasserversorgungen klar, dass Druckschläge ihre Leitungssysteme gefährden können. Die Brunnenmeister öffnen und schliessen die Schieber mit der nötigen Vorsicht, die Angehörigen der Feuerwehren lernen in ihrer Ausbildung die entsprechende Bedienung der Hydranten und bei Pumpwerken sind Druckschlagdämpfer keine Seltenheit, da offenbar auch die Anlagenplaner ihrer Verantwortung nachkommen.

Das Thema Druckstoss scheint bei den Wasserversorgungen also kein Problem zu sein? Und trotzdem gibt es immer wieder Schadensfälle aufgrund von Druckstossphänomenen! Dies, weil Druckschläge in Leitungsnetzen nie gänzlich verhindert werden können; aber vielleicht auch deshalb, weil das Thema für die Planung und den Betrieb von Versorgungssystemen doch nicht so leicht zugänglich ist und praxisnahe Anleitungen in Form von Richtlinien und Empfehlungen noch fehlen. Umso mehr soll dieser Beitrag die Verantwortlichen von Wasserversorgungssystemen für das Thema Druckstoss sensibilisieren – ganz im folgenden Sinne:

„Das Wasser ist ein freundliches Element für den, der damit bekannt ist und es zu behandeln weiss.“
(Johann Wolfgang von Goethe, 1749 - 1832)

Ist man sich der möglichen Gefahren bewusst, so können angepasste betriebliche und technische Sicherheitsmassnahmen getroffen werden. Dabei ist eine detaillierte Druckstossuntersuchung mittels hydr. Modells ein sinnvolles Instrument zum Verständnis des eigenen Systems, zur Erkennung möglicher Probleme und zur Auslegung allfälliger Massnahmen zur Druckstossreduktion. Denn die Berechnung von Druckstössen in der Planungsphase einer Anlage ist notwendig, um schweren und kostenintensiven Schäden über die Betriebsdauer vorzubeugen.

Quellenverweis

- Bentley Systems (2009); *User's Guide Bentley® Hammer® V8i*.
- P. F. Boulos, B. W. Karney, D. J. Wood, S. Lingireddy (2005); *Hydraulic Transient Guidelines for Protecting Water Distribution Systems, Journal AWWA 97:5*.
- A. Dudlik, A. Apostolidis, G. Wickl, G. Kipp (2004); *Betriebserfahrungen mit ABS-Armatur®, Fraunhofer UMSICHT*.
- DVGW Arbeitsblatt W 303 (2005); *Dynamische Druckänderungen in Wasserversorgungsanlagen*.
- B. W. Karney, D. McInnis (1990); *Transient Analysis of Water Distribution Systems, Journal AWWA*.
- G. Kipp, A. Apostolidis, A. Dudlik (2005); *Druckstösse und Kavitationsschläge in der Praxis, Fraunhofer UMSICHT*.
- SVGW W4d (2004); *Richtlinien für Planung, Projektierung sowie Bau, Betrieb und Unterhalt von Trinkwasserversorgungssystemen ausserhalb von Gebäuden, Zürich*.
- A. S. Tijsseling, A. Anderson (2004); *A precursor in Waterhammer analysis - rediscovering Johannes von Kries*.