

Instationäre Strömung in Rohrleitungen und Wasserschlössern

Instationäre Strömung

Strömungen, bei denen sich an einem ‚Beobachtungsort‘ die Strömungszustände mit der Zeit ändern, bezeichnet man als instationär. Ausgenommen davon sind durch Turbulenzen bedingte Änderungen. Bei Strömungen mit freier Oberfläche ist eine instationäre Strömung durch die zeitliche Veränderung des Wasserspiegels zu erkennen.

Instationäre Strömungen treten bei allen An- und Abfahrvorgängen von Turbomaschinen, in Apparaten und in Rohrleitungen sowie bei Ausflussvorgängen aus Behältern mit variablem Flüssigkeitsspiegel auf; ebenso bei Flüssigkeitsschwingungen (Wasserschloss), bei Druckstoßvorgängen in Rohrleitungen und in offenen Gerinnen (Schwall und Sunk).

In der Praxis hilft das Verständnis für instationäre Strömungszustände bei wirtschaftlichen Auslegungen von Rohrleitungen (Reserve bei Druckstoß) in Wasserverteilungssystemen, verfahrenstechnischen Anlagen sowie Wasserkraftwerken.

GUNT bietet Ihnen anschauliche Versuchsgерäte zur Untersuchung instationärer Strömungen in Rohrleitungen, Darstellung von Druckstößen, sowie zur Funktionsweise von Wasserschlössern als Sicherheitselemente in Wasserkraftwerken.

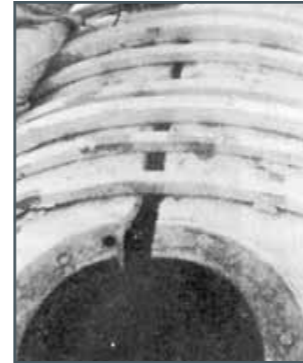
Den nutzbaren Effekt des Druckstoßes zur Förderung von Wasser zeigen wir am Wirkprinzip eines Stoßhebers.



Kollabierter Behälter infolge eines Druckstoßes



Zerstörte Rohrleitung und Rohrhalterungen infolge eines Druckstoßes



Rohrleitungsbruch, verursacht durch Druckstoß

Druckstöße in Rohrleitungen

Ein häufiges Phänomen der instationären Strömung ist das Auftreten von Druckstößen in Rohrleitungen. Schwankungen von Druck und Durchfluss können den ausgelegten Druck für eine Rohrleitung sowohl erheblich über- als auch unterschreiten.

Druckstöße werden verursacht durch:

- Schließen oder Öffnen von Absperrerelementen in der Rohrleitung
- An- und Abfahren von Pumpen oder Turbinen
- Wiederinbetriebnahme von Anlagen
- Änderungen des Zulaufwasserspiegels

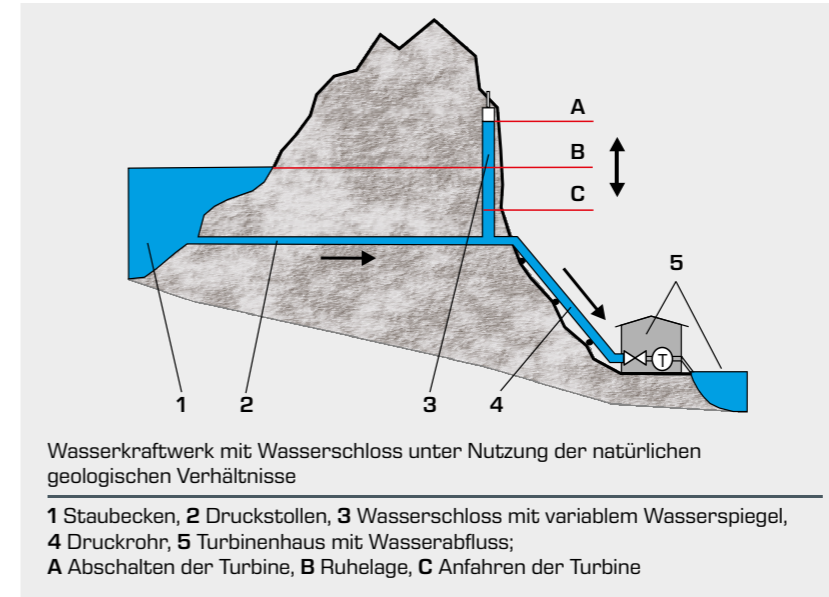
Auswirkung von Druckstößen

Druckstöße verursachen Schäden an der betroffenen Anlage. Rohrleitungen können platzen, Halterungen der Rohrleitungen können beschädigt werden. Zudem sind Armaturen, Pumpen, Fundamente und weitere Bestandteile des Rohrsystems (z.B. Wärmeübertrager) gefährdet. Bei Trinkwasserleitungen kann ein Druckstoß dazu führen, dass von außen Schmutzwasser eingesaugt wird. Da Schäden an Rohrleitungen nicht zwangsläufig sofort sichtbar sind (z.B. Beschädigung eines Flansches), ist es nötig, sich schon bei der Planung einer Rohrleitung mit dem möglichen Auftreten von Druckstößen zu beschäftigen.

Minderung von Druckstößen

Bei kleineren Nennweiten beeinflussen der Einbau eines Ausgleichbehälters oder die Wahl der Armaturen die Entstehung von Druckstößen. Ventile und Absperrschieber sind aufgrund langer Schließzeiten weniger betroffen als Absperrklappen und -hähne. Rohrleitungen können mit Sicherheitsventilen vor Beschädigungen durch einen Druckstoß geschützt werden.

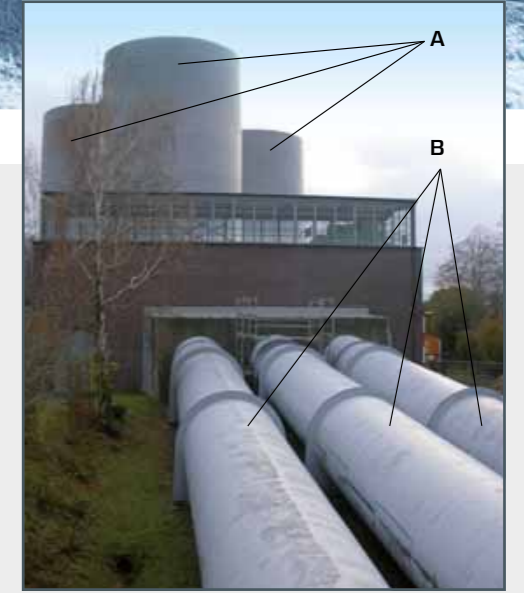
Druckstöße in Rohrleitungen mit großer Nennweite und bei großer Fallhöhe werden durch langsames Bedienen der Schieber sowie den Einsatz von Wasserschlössern am Eingang der Druckrohre (vergleichbar mit Ausgleichsbecken) gemildert oder vermieden.



Prinzip eines Wasserschlosses

Zur Minderung von Druckschwankungen setzt man in Wasserkraftwerken Wasserschlösser ein. Das Wasser, das sich durch das Druckrohr bewegt, weicht beim Schließen der Armaturen in das Wasserschloss aus. Der Wasserspiegel kann dort auf und ab

pendeln, bis er wieder zur Ruhe kommt. Die kinetische Energie des fließenden Wassers im Druckrohr wird so in die potentielle Energie des erhöhten Wasserspiegels im Wasserschloss umgewandelt und nicht in zerstörerische Druckenergie.



Pumpspeicherwerk Niederwartha in Dresden. Am Eingang der drei Druckrohre befinden sich drei Wasserschlösser, die als offene Behälter gestaltet sind.
A Wasserschlösser, B Druckrohre

Die Tabelle zeigt den Auszug eines an Hochschulen üblichen Curriculum. GUNT-Geräte decken diese Inhalte weitestgehend ab.

Lerninhalte für den Bereich instationäre Strömung	GUNT-Produkte
Ausfluss aus Behältern mit variablem Wasserspiegel: Ausflussgeschwindigkeit	HM 150.09, HM 150.12
Druckstoß: Untersuchung von Druckstößen und Druckwellen in Rohrleitungen, Schwingungen des Druckstoßes darstellen, Schallgeschwindigkeit in Wasser bestimmen, Reflexionszeit bestimmen, Druckstoß bestimmen (Joukovsky-Stoß), Einfluss des Durchflusses / der Schließgeschwindigkeit von Armaturen auf den Druckstoß	HM 155, HM 156, HM 143
Stoßheber: Nutzung von Druckstößen zur Förderung von Wasser	HM 150.15
Wasserschlossschwingung: Funktionsweise eines Wasserschlosses, Eigenfrequenz der Schwingungen	HM 143, HM 156
Schwall und Sunk: instationäres Fließverhalten, z.B. in offenen Gerinnen	HM 160 – HM 163
Instationäre Abflussvorgänge: Abfluss, verzögerte Abflussvorgänge (Retention)	HM 143
Hochwasserwelle	
Instationäre Strömungsvorgänge in hydraulischen Turbomaschinen: Kavitation	HM 380, ST 250