

Gutachten über die Havarie einer PVC- Wasserleitung Teil (2) – Materialgutachten und Optimie- rung

Erstellt von:

Dipl. – Ing. Ralf Müller
Dr. – Ing. Andreas Dudlik

März 2006

Oberhausen

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Zusammenfassung	3
2. Grundlagen der Betrachtung	4
3. Ergebnisse der Berechnung / Optimierung	7
4. Anhang: Armaturenkennlinien	11

Zusammenfassung

Gesamtbewertung und Optimierung des Systems

Die Berechnung mittels kommerzieller Software zeigt, dass der zulässige Betriebsdruck der untersuchten PVC-Wasserleitung während des Schließvorgangs der Absperrarmatur in diesem konkreten Fall überschritten wird.

Der rechnerische maximale Druck in der Rohrleitung beträgt 20 bar und liegt somit deutlich über dem zulässigen Betriebsdruck der Rohrleitung von 10 bar (PN10).

Die Auslegung der Wandstärke einer Rohrleitung erfolgt in der Regel konservativ, d.h. dass die Leitung erheblich höhere statische oder langsam ansteigende Druckniveaus schadensfrei übersteht.

In diesem Fall handelt es sich jedoch um eine *stoßartig* auftretende Last, d.h. dass u. a. Trägheitskräfte mit berücksichtigt werden müssen, die zur Bewegung des gesamten Systems führen und es - im Vergleich zu langsam ansteigenden Lasten - erheblich stärker belasten.

Das Materialgutachten deutet auf eine leichte Verhärtung des Materials hin, sei es alterungs- oder produktionsbedingt (s. beiliegendes Dokument 3264 „Umsicht PVC Rohre.pdf“).

Hinzu kommen die Verlegeverhältnisse. Es ist durchaus möglich, dass bei der Bettung des Rohres eine nicht ideale Druckverteilung auftreten kann (z.B. infolge Temperaturschwankungen, Bodenlastwechsel oder ungleicher Kornverteilung in der Bettung).

Aufgrund all dieser „Unwägbarkeiten“ sind Leitungswandstärken üblicherweise mit 2-3-facher Sicherheit dimensioniert. *Garantiert* werden jedoch nur der Auslegungsdruck als maximaler Betriebsdruck (hier 10bar) und kurzzeitig für Druckprüfungen der 1,5 fache statische Auslegungsdruck, in diesem Fall 15 bar.

Der maximal zulässige Betriebsdruck wurde durch den Schließvorgang um ca. 10 bar stoßartig übertreten und ist damit hinreichend Ursache für das Versagen der Leitung.

Optimierung

Es wurden drei Simulationen durchgeführt, um in Zukunft die Leitung gegen Überdruck zu schützen. Die günstigste Lösung ist, den Schieber gestaffelt zu schließen: Innerhalb ca. 1 Min von 100 auf 20 %, dann in 1 Min von 20 % auf 0%. Dies erfolgt am einfachsten mit einem elektrischen Antrieb und Positioner (als Aufsatz für die vorhandene Armatur erhältlich).

Ggf. empfiehlt sich der Wechsel auf eine andere Armatur (Stellventil) mit einer günstigeren Regelkennlinie. In diesem Fall können deutlich kleinere Schließzeiten gefahren werden.

Der Betrieb mit einem Blasenspeicher o. ä. ist unwirtschaftlich, da selbst bei einem Behälter von 5 cbm Inhalt immer noch Druckspitzen bis zu 15 bar erreicht werden.

Grundlagen der Betrachtung

Das untersuchte Rohrleitungssystem ist in Abbildung 1 dargestellt.

Es besteht aus einem etwa 3.500 Meter langen Bereich aus dem Werkstoff Stahl mit einer Nennweite von DN 250.

Im Anschluss an die Übergabestation findet ein Wechsel der Rohrklasse auf den Werkstoff PVC mit einer Nennweite von ebenfalls DN 250 und einer Nenndruckstufe von PN10 statt. Dieser Teil des Rohrleitungssystems hat eine Länge von ungefähr 200 Meter.

Vor dem Absperrschieber wechselt die Rohrklasse wieder von PVC auf Stahl, die Nennweite wird von DN 250 auf DN 150 reduziert.

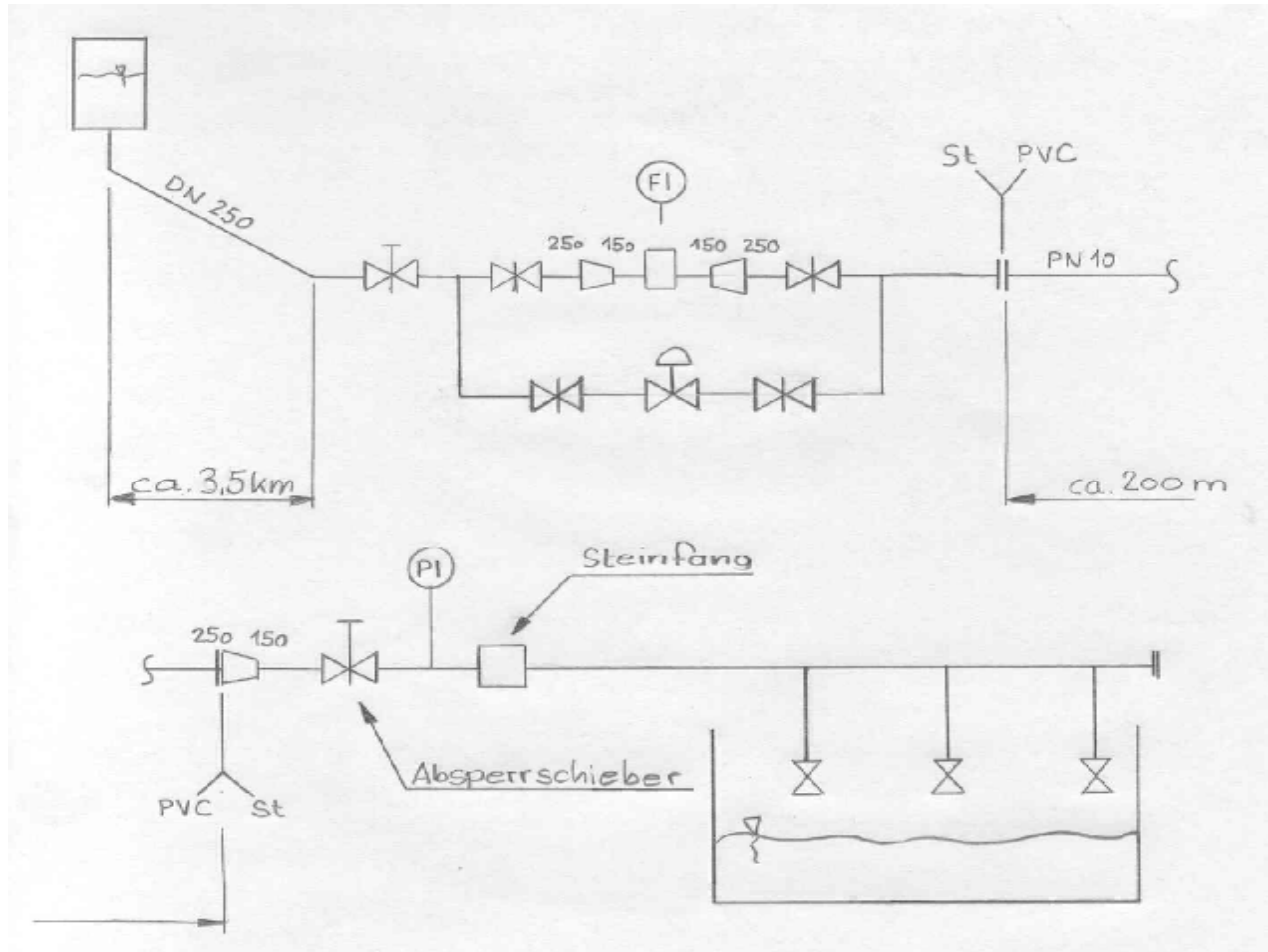


Abb. 1: Skizze des untersuchten Rohrleitungssystems

Simulationsparameter

Rohrleitungssegment 1

Rohrleitungslänge 3.500 m

Nennweite DN 250

Werkstoff Stahl

Rohrleitungssegment 2

Rohrleitungslänge 200 m

Nennweite DN 250

Werkstoff PVC

Absperrarmatur

Bauart Schieber

Schließzeit 1 Minute

Physikalische Randbedingungen

P_s 8 bar

P_w 1,7 bar

Q 491 m³/h

Ergebnisse der Berechnung / Optimierung

In Diagramm 1 ist der zeitliche Verlauf des Drucks im Rohrleitungssegment 2 (blaue Kurve) sowie der zeitliche Verlauf der Stellung des Schiebers (rote Linie) dargestellt.

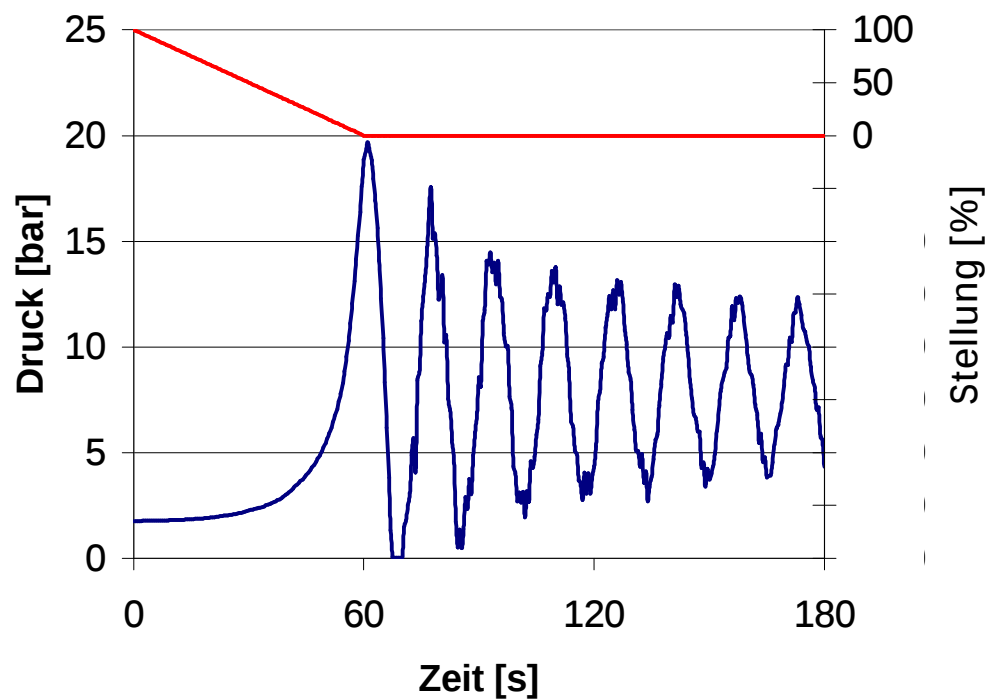


Diagramm 1: Druck-Zeit-Verlauf am Absperrschieber

Es ist ersichtlich, dass es während des Schließvorgangs zu einer Erhöhung des Drucks über den stationären Druck von 8 bar in dem betrachteten Rohrleitungssegment kommt. Der maximale Druck erreicht am Ende des Schließvorgangs etwa 20 bar. Dies entspricht ungefähr dem 2-fachen des zulässigen Betriebsdrucks der PVC-Rohrleitung.

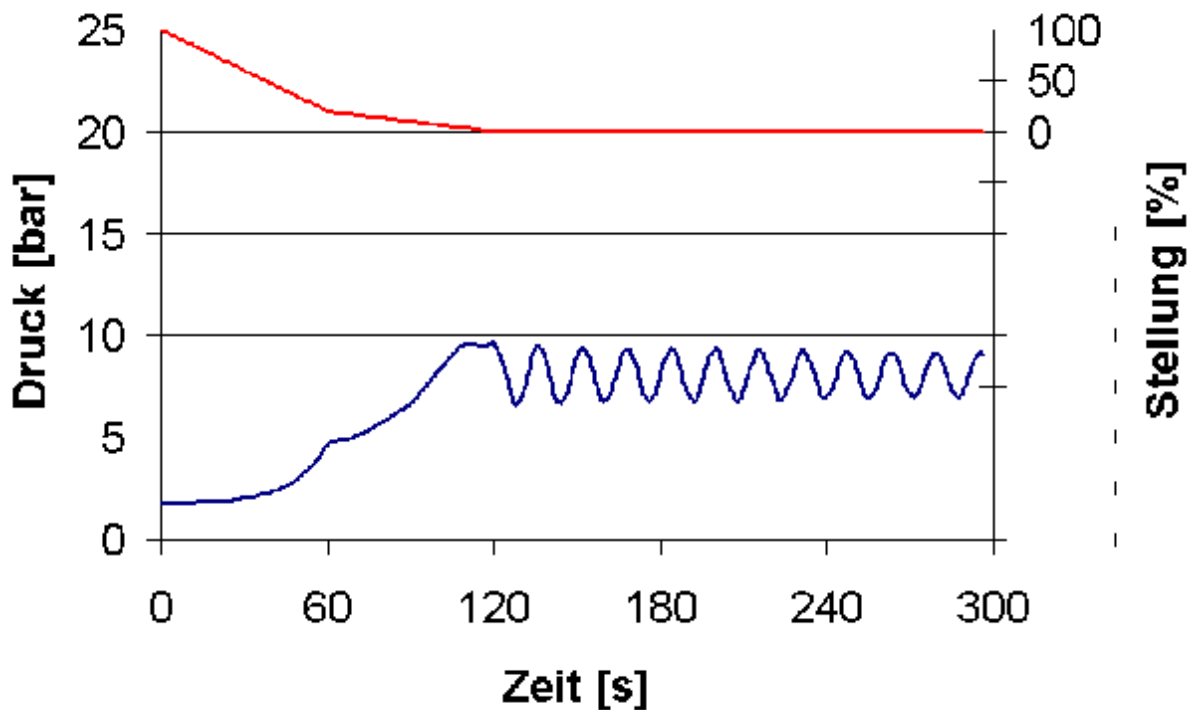


Diagramm 2: Druck-Zeit-Verlauf am Absperrschieber, gestuftes Schließen

Diagramm 2 zeigt den analogen Kurvenverlauf, wenn der Schieber gestuft geschlossen wird (In 1 Min von 100 auf 20 %, dann in 1 Min von 20 % auf 0%).

Man erkennt, dass der zulässige Betriebsdruck von 10 bar nicht überschritten wird.

Die beiden folgenden Diagramme 3 und vier zeigen die Ergebnisse unter Einsatz eines Blasenspeichers (5cbm bzw. 10 cbm Inhalt).

Man erkennt, dass erst ein Blasenspeicher von 10 cbm Inhalt in der Lage ist, den Druckanstieg beim Schließen hinreichend zu dämpfen. Ein solcher Behälter ist jedoch viel zu teuer im Vergleich zur Variante mit gestuftem Schließen.

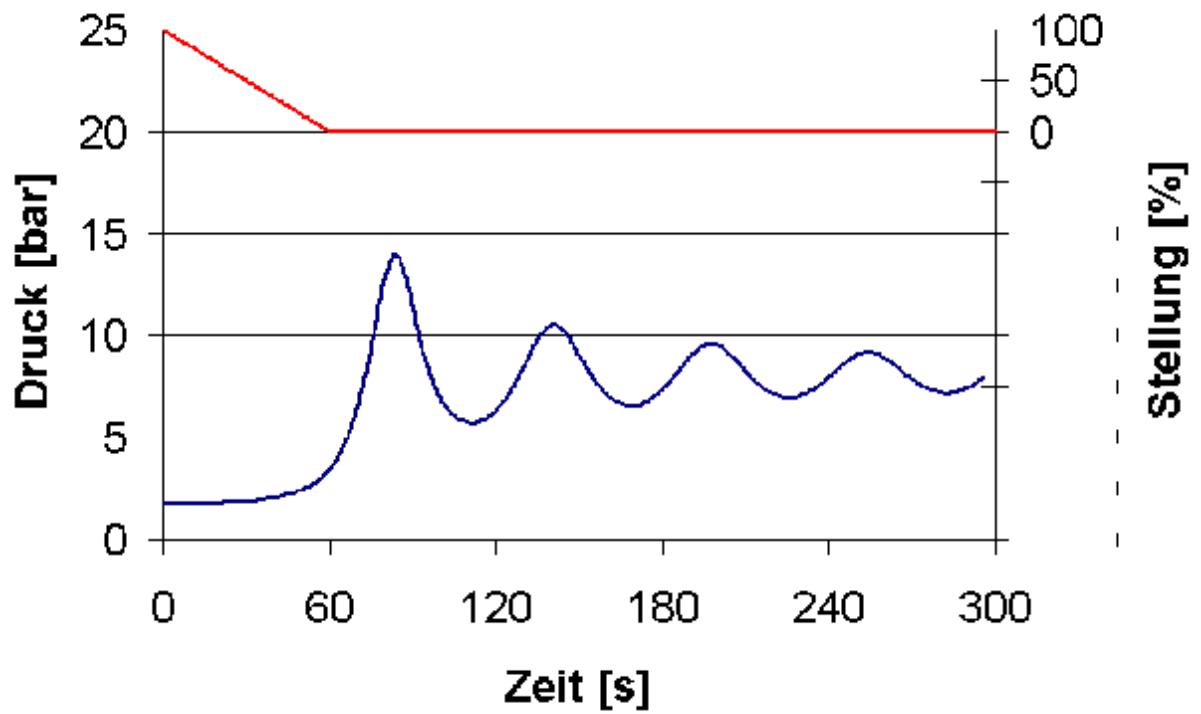


Diagramm 3: Druck-Zeit-Verlauf am Absperrschieber, Blasenspeicher 5 cbm

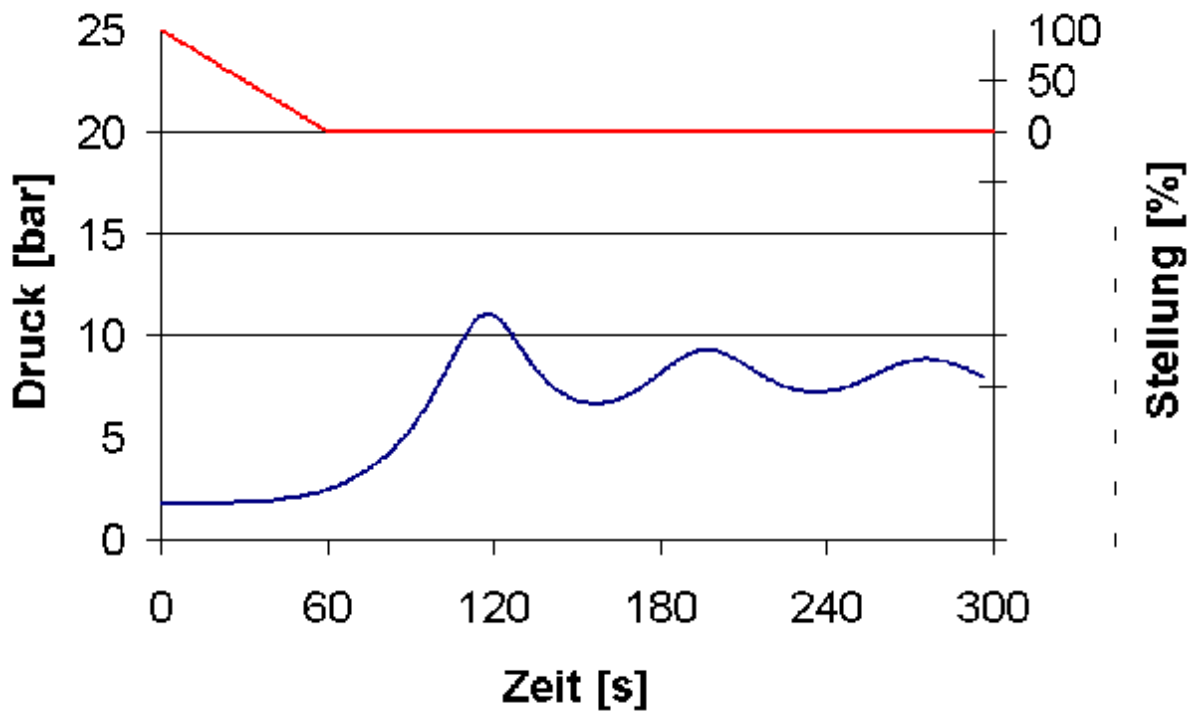


Diagramm 4: Druck-Zeit-Verlauf am Absperrschieber, Blasenspeicher 10cbm

Anhang: Armaturenkennlinien

Einfluss der Armaturenkennlinie auf den Druckverlauf

Für den Druckanstieg ist nicht nur die Stellzeit der Armatur maßgebend, sondern auch der größte Gradient in der Armaturenkennlinie. Je größer die Änderung der Durchflusscharakteristik in diesem Bereich ist, desto größer werden die Drosselwirkung und folglich auch die Druckstoßentwicklung (s. Abb. 2). So kann ein Schieber in einer langen Rohrleitung bis zu 80% des vorhandenen Leitungsquerschnittes rasch geschlossen werden, ohne dass eine bemerkenswerte Durchflussverminderung zu verzeichnen ist. Erst in der restlichen Schließphase stellt sich die eigentliche Drosselung ein, die in Betracht der hier größten Durchflussänderung von entscheidender Bedeutung ist.

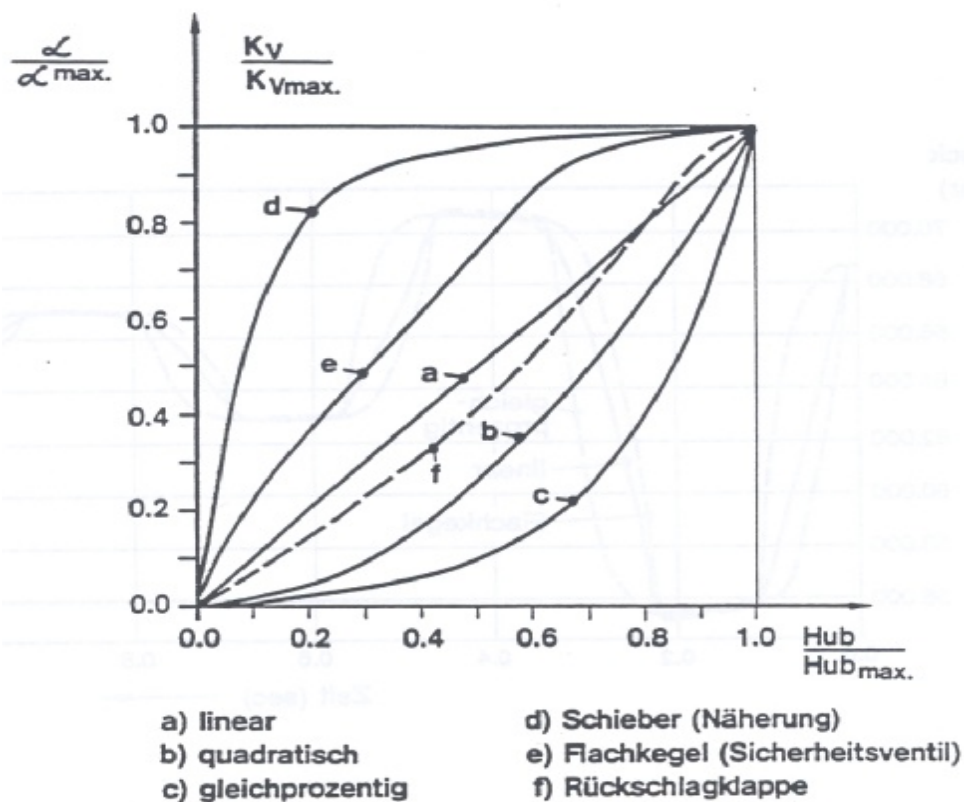


Abb. 2: Kennlinien unterschiedlicher Armaturen

Eine lineare Armaturen-Kennlinie liefert bei konstanter Stellzeit kleinstmögliche Fluidkräfte. Sie wird daher bei schnellschaltenden Armaturen bevorzugt eingesetzt.

Ein günstiges Preis-Leistungsverhältnis erhält man durch den Einsatz von Stellventilen, mit denen in der Industrie üblicherweise Durchflussregelstrecken ausgelegt werden.