

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 78 (1986)
Heft: 11-12

Artikel: Zustandsbeurteilung von Druckleitungen : Erfahrungen und Konsequenzen
Autor: Roth, Werner
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940890>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 29.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Zustandsbeurteilung von Druckleitungen

Erfahrungen und Konsequenzen

Beat von Rickenbach und Werner Roth

Vorab eine bemerkenswerte Tatsache: Bei Staudämmen und -mauern einerseits, bei Druckbehältern (sogenannten Kesseln) andererseits wird eine periodische Überprüfung des Zustandes behördlich verlangt. Die Überprüfung von Druckleitungen, gleichgültig unter welchem Druck sie stehen und welches Wasservolumen im Havariefall auslaufen könnte – und wohin es sich ergiessen würde – ist der Eigenverantwortung des Betreibers überlassen, der somit auch allein oder doch an erster Stelle für die Folgen haftet.

Damit ist erst ein Kriterium – allerdings das wichtigste – angeschnitten. Ebenso sind für die Betreiber jedoch auch die Zuverlässigkeit, die Verfügbarkeit und der Wirkungsgrad der Anlage – alles die Wirtschaftlichkeit direkt beeinflussende Faktoren – von wesentlicher Bedeutung. Ferner sind die Kosten für Unterhalt und Reparatur über die gesamte Nutzungsdauer in die Rentabilitätsrechnung einzubeziehen.

Woraus setzt sich nun der Zustand einer Druckleitung im Hinblick auf diese Kriterien – *Sicherheit, Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Wirkungsgrad, minimale Unterhalts- und Reparaturkosten* – zusammen?

Korrosion: Die Druckleitung selbst ist der Korrosion von innen wie von aussen ausgesetzt, wenn der Anstrich nicht mehr intakt ist. Auch wenn dadurch die Sicherheit (noch) nicht gefährdet ist, kann ein frühzeitiges Feststellen von Korrosionsschäden doch oftmals erhebliche Kosten sparen, indem entsprechende Sanierungsarbeiten im technisch, betrieblich und finanziell günstigsten Zeitpunkt durchgeführt werden können. Auch können allgemein die Kosten für Reparaturen zumeist tiefer gehalten werden, wenn ohne Zeitdruck aufgrund einer Planung entsprechende Angebote eingeholt und evaluiert werden können.

Ablagerungen in der Druckleitung, oft auch von Korrosion begleitet, erhöhen die Reibungsverluste und reduzieren dadurch den Wirkungsgrad der Anlage. Insbesondere bei langen Druckleitungen mit kleineren Durchmessern kann dieser Einfluss erheblich sein, das heisst, ganze Prozente betragen. Zudem betrifft dies zumeist Speicheranlagen, die vorwiegend wertvolle Spitzen- beziehungsweise Winterenergie erzeugen. Es wurden schon Fälle festgestellt, wo durch ablagerungsbedingte erhöhte Rohrreibungsverluste auch die Turbine infolge reduzierter Nettofallhöhe – bei bereits tiefem Speicherseenniveau – in einem Punkt wesentlich tieferen Wirkungsgrades betrieben wurde. Dadurch entstanden gesamthaft Wirkungsgrad- beziehungsweise Energieverluste in der Grössenordnung von mehreren Prozenten.

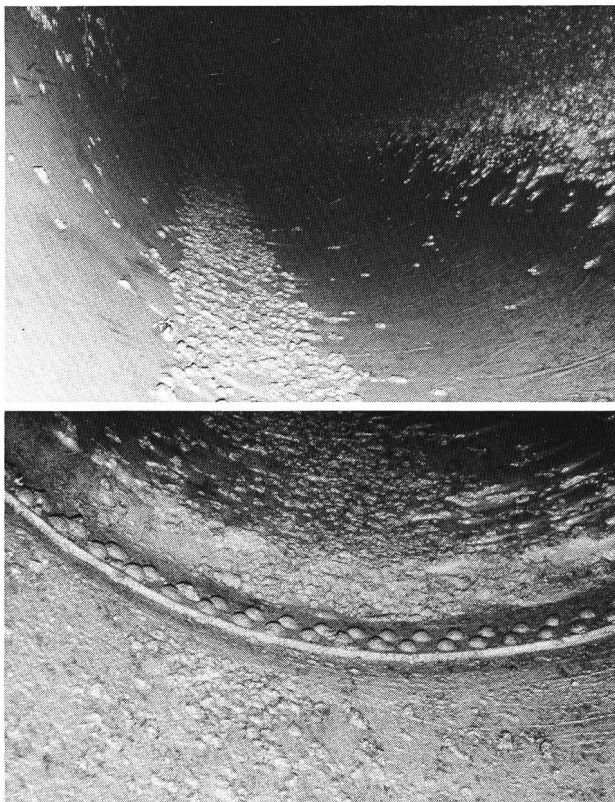
Materialermüdung insbesondere an exponierten Stellen der Druckleitung kann die Sicherheit, selbstredend auch die Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit der Anlage in Frage stellen. Exponierte Stellen können durch die Formgebung, aber auch von der Hydraulik her gegeben sein, zum Beispiel dort, wo bei einer Abschaltung sich Druckwellen überlagern. In verschiedenen älteren Anlagen sind «Schwachstellen» bekannt, die durch das Zusammenwirken verschiedener – zum Teil bei der seinerzeitigen Projektierung noch nicht erkannter – ungünstiger Effekte gegeben sind. Solche Schwachstellen können durch die bei einer noch grosszügigen Dimensionierung eingebauten Festigkeitsreserven

während Jahrzehnten verkräftet werden; indessen nehmen die Festigkeitsreserven infolge Materialermüdung, Korrosion und anderer Alterungseffekte ab. In einem Fall kam noch eine – ebenfalls zustandsbedingte – Verschlechterung im Regulierverhalten der Turbine hinzu, was die Beanspruchung der Druckleitung ein wenig erhöhte – genügend, um anlässlich von Revisionsarbeiten an Druckleitung und Maschinen eine Havarie mit katastrophalen Folgen auszulösen.

Bei der Zustandsbeurteilung einer Druckleitung ist es daher wichtig, nicht nur den sich bei der Inspektion präsentierenden Zustand, sondern auch die «Geschichte» der Leitung und anderer relevanter Anlageteile im Hinblick auf mögliche Schwachstellen zu untersuchen.

Erhöhte Anforderungen an die Druckleitung haben wir im vorausgehenden Abschnitt bereits angedeutet – im erwähnten Fall war es das veränderte Regulierverhalten der Turbine. Auch andere Anlageteile und -daten können im Lauf der Zeit geändert haben, was sich entsprechend auch auf die Druckleitung auswirkt. Zu den am häufigsten anzutreffenden Änderungen zählen Erhöhung des Stauziels oder des maximalen Durchflusses und Einbau anderer oder zusätzlicher Maschinen. Die sich daraus oft ergebenden erhöhten Anforderungen an die Druckleitung werden, wie die Erfahrung zeigt, nicht immer ganz erfasst. In einigen Fällen bot erst eine Zustandsbeurteilung Gelegenheit, auch die Beanspruchung der Druckleitung der Wirklichkeit entsprechend zu definieren.

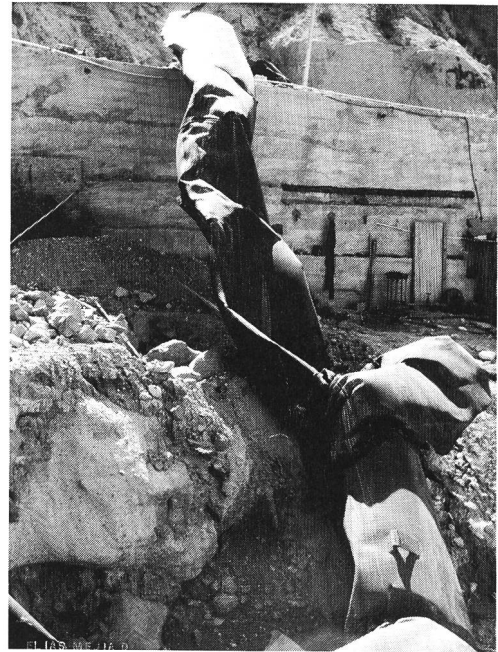
Technisch besonders interessant ist ein zeitlich allerdings weit zurückliegender Fall: Mehrere Druckleitungsstränge einer Hochdruckanlage wurden am Eintritt zum Maschinenhaus durch einen Kollektor verbunden, um bei Betrieb einer reduzierten Anzahl Turbinen die Geschwindigkeit und damit den Druckverlust in den Leitungen zu verringern. Die



Bilder 1 und 2. Korrosion in einer 50jährigen Druckleitung. In diesem Ausmass bewirkt die Korrosion eine spürbare Erhöhung der Energieverluste und auch bereits eine Reduktion der Festigkeit. Eine kurzfristige Sanierung erwies sich in diesem Fall als notwendig.



Bilder 3 und 4. Schwere Havarie einer zweisträngigen Druckleitung infolge eines unzulässig hohen Druckstosses, verursacht durch einen unkorrekt schliessenden Kugelschieber. Eine Zustandsbeurteilung, die auch die Beanspruchung von seiten der übrigen Systemkomponenten erfasst, kann solche Ereignisse verhindern.



dabei übersehene Änderung im Druckstossverhalten des Systems führte zum Platzen eines Leitungsstranges mit erheblichen Folgeschäden.

Äussere Einwirkungen auf eine Druckleitung können schon während des Baus, aber auch erst nach Jahrzehnten auftreten. Mögliche Verschiebungen des Baugrundes, von Verankerungen oder anderer mit der Druckleitung verbundener Bauten wurden zwar bei der Projektierung berücksichtigt, können aber nicht immer über Jahrzehnte voraus abgeschätzt werden.

Auch Bergdruckwasser wird oft erst nach sehr langer Zeit auf Stollen- und Schachtpanzerungen wirksam.

Erdrutsche und Steinschlag können eine Druckleitung empfindlich gefährden – in manchen Fällen ermöglichte eine Zustandsbeurteilung, auch dagegen rechtzeitig geeignete, wirtschaftlich vertretbare Massnahmen zu treffen.

Auch menschliche Einwirkungen, wie zum Beispiel die Veränderung des elektrischen Potentials in der Umgebung eingegrabener Leitungen, die Anlage von Strassen mit Erschütterungen sowie das Einleiten chemisch aggressiven Wassers, können bei einer Zustandsbeurteilung als Ursache von Schäden erkannt werden.

Auswirkungen: Unter dem Gesichtspunkt der Sicherheit stellen wir fest, dass in einem längeren Zeitraum nicht nur neue Einwirkungen auf eine Druckleitung entstehen; die

möglichen Auswirkungen einer allfälligen Druckleithavarie können sich ebenfalls verändern. Mehr als eine Druckleitung, ursprünglich durch abgelegenes Gelände gebaut, liegt heute inmitten oder oberhalb von Gebäuden, Strassen oder touristischen Installationen.

Baustellen im Bereich der Druckleitung sind durch die mögliche Wechselwirkung – Gefährdung der Druckleitung und Gefährdung durch die Druckleitung – ganz besonders exponiert, ebenso Personal, das mit Revisionsarbeiten an oder im Bereich der Druckleitung (Maschinen und Abschlussorgane) beschäftigt ist.

Im Vergleich zu andern Anlageteilen ist es für die Druckleitung charakteristisch, dass die meisten Zustandsveränderungen sich spät, oft erst durch die Folgen überraschend bemerkbar machen. Die Sanierung ist zumeist mit einem längeren Betriebsunterbruch verbunden, der auf einen geeigneten Zeitraum eingeplant werden sollte. Aus Gründen sowohl der Sicherheit wie auch der Wirtschaftlichkeit empfiehlt sich daher eine frühzeitige umfassende Zustandsbeurteilung.

Adressen der Verfasser: *Beat von Rickenbach*, dipl. Masch.-Ing. ETHZ, Chef Abteilung Hydraulischer Maschinenbau, Motor-Columbus Ingenieurunternehmung AG, Parkstrasse 27, CH-5401 Baden.

Werner Roth, dipl. Stahlbau-Ing., Leitender Ingenieur Gruppe Stahlwasserbau, Motor-Columbus Ingenieurberatung AG, Parkstrasse 27, CH-5401 Baden.

Bilder 5 und 6. Steinschlagschäden an einer Druckleitung. Im Fall von Bild 5 wurde eine 40jährige Druckleitung betroffen; im relativ spröden Material erfolgten Risse. Die Druckleitung Bild 6 aus zähem Material überstand vergleichbaren Steinschlag soweit, dass sie bis zum Auswechseln des Rohrstückes weiterbetrieben werden konnte.

