



## Drosselklappen und andere Absperrorgane bei starker Kavitation

### *Butterfly valves and other valves under strong cavitation conditions.*

#### Widmung

Bei der Modellmessung für eine große Drosselklappe ist die Frage aufgetaucht, wie sich die Durchfluss-, Momenten- und Kraftbeiwerte bei sehr starker Kavitation verhalten. O.Univ.-Prof. Dr. G. Ziegler, damaliger Vorstand des Institutes für Hydraulische Strömungsmaschinen an der Technischen Universität Graz, hatte die Idee zu einem analytischen Ansatz und legte in einem nicht veröffentlichten Bericht seine Vorstellungen dar. Im Gedenken an den verstorbenen Prof. Ziegler und seine Idee ist diese Arbeit entstanden.

#### Problemstellung

Die Auslegung von Drosselklappen und die Berechnung ihres hydraulischen Verhaltens erfordert die Kenntnis des Zusammenhanges Druckdifferenz – Durchfluss in Abhängigkeit von der Öffnung des Absperrorgans. Hersteller von Absperrorganen geben zumeist eine Kennlinie für kavitationsfreien Betrieb an. Für genauere Berechnungen von Absperr- und Sicherheitsorganen, ist jedoch zusätzlich noch der Einfluss der Kavitation zu berücksichtigen.

Mit dem Begriff Kavitation (lat. cavitas: Höhle, Hohlraum, Abb. 1) bezeichnet man in der Strömungstechnik Hohlraumbildungen in ruhenden oder bewegten Flüssigkeiten. Wenn in der Flüssigkeit der Druck durch äußere Aufprägung oder strömungsbedingt unter den Sättigungsdampfdruck fällt, bilden sich Hohlräume oder Kavitäten, die mit Flüssigkeitsdampf gefüllt sind (die Flüssigkeit kocht ohne Zufuhr von Wärme!). Die Kavitationsblasen werden von der Strömung mitgenommen – auch wenn die Kavitationszone dem Beobachter stationär und unbewegt erscheint. Sie implodieren schlagartig an jener Stelle, wo der Druck den Sättigungsdruck wieder übersteigt. Bei der Implosion der Kavitationsblasen treten enorm hohe Drücke von bis zu 10.000 bar auf. Implodieren die Blasen an oder in der Nähe einer Berandung (Absperrklappe, Gehäuse), so hämmern sie ununterbrochen mit enormer Kraft auf die Wand ein und zerstören das Material. Daher ist es verständlich, dass man Kavitation vermeiden will. Aus wirtschaftlichen Gründen nimmt man aber zumeist ein gewisses Ausmaß an Kavitation in Kauf.

Die Kennlinien großer Absperrorgane im Wasserkraftwerksbau (Durchmesser ca. 2 – 5 m, Abb. 2; weltgrößte Klappe

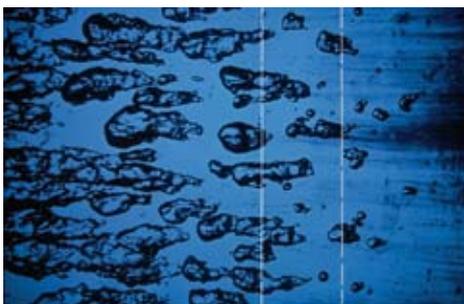


Abb. 1: Dampfblasen in einer Kavitationszone  
Aufnahme Professor Ziegler, Belichtungszeit ca 0,000001 sec.

ca.  $\varnothing 10\text{m!}$ ) werden im Modellversuch ermittelt. Oft stellt sich dabei heraus, dass in der Anlage kleinere  $\sigma$  Werte (stärkere Kavitation) als im Modellversuch gemessen, auftreten. Daraus ergibt sich die Frage nach dem Verlauf der Kennlinien bei starker Kavitation, um eine Extrapolation zu sehr kleinen  $\sigma$  Werten nicht nur gefühlsmäßig, sondern theoretisch fundiert vornehmen zu können. Ackeret hat schon 1930 bei Untersuchungen an einer Venturidüse erkannt, dass unter starker Kavitation und bei konstantem Eintrittsdruck der Durchfluss durch Absinken des Austrittsdruckes nicht erhöht wird. Man spricht auch von einem „blockierten“ Zustand, da Druckänderungen auf der Austrittsseite ohne Wirkung auf den Durchfluss bleiben. Diese Vorstellung kann man auch auf die Drosselklappe bzw. andere Absperrorgane übertragen.

Durchflussbeiwert  $K_Q$  bei starker Kavitation, Abb. 3

Aus dem ähnlichen Verhalten der Strömung im Venturirohr und in der



Abb. 2.: Doppeldecker Drosselklappe, Durchmesser 4m, Maschinenfabrik Andritz

Absperrklappe kann ein Zusammenhang zwischen dem Durchflussbeiwert  $K_Q$  (eine dimensionslose Maßzahl für den Durchfluss) und dem Kavitationsbeiwert  $\sigma$  abgeleitet werden.

Es wurde gezeigt, dass sich Drosselklappen bei starker Kavitation wie die Venturidüse bei blockierter Strömung verhalten. Mit Hilfe der gefundenen und durch unsere Messungen bestätigte analytische Funktion können aus wenigen Messwerten weitere Durchflussbeiwerte mit sehr guter Näherung interpoliert bzw. bis zu  $\sigma = 0$  extrapoliert werden. Weiters können Messwerte im Bereich starker Kavitation auf ihre Plausibilität geprüft werden.

Ein ausführlicher Bericht über diese Forschungsarbeit erscheint demnächst in „Forschung im Ingenieurwesen“, Springer Verlag.

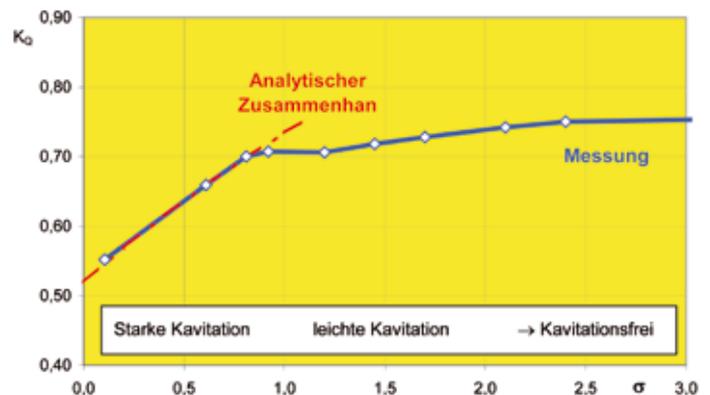


Abb. 3.: Durchflussbeiwert  $K_Q$ , Näherung und Messergebnisse für eine linsenförmige Klappe

### *Butterfly valves and other valves under strong cavitation conditions.*

*This article was written to commemorate my doctoral thesis supervisor, O.Univ.-Prof. Dr. Gerhard Ziegler, on whose ideas this work is based. Cavitation is a well-known phenomenon in waterpower and other hydraulic flow applications. In analogy to the behaviour of "choked flow" in a venturi tube –the flow characteristic of valves under strong cavitation conditions is analytically expressed. This analytical law agrees very well with our experimental results. A more detailed description of this law and the phenomenon will be published soon in: "Fortschritte im Ingenieurwesen", Springer Verlag.*