



## LABORVERSUCH „WASSERFREISTRAHL“

### Einleitung - Technische Bedeutung

Ein Freistrahler ist ein Fluidstrom, der aus einer Öffnung austritt. Oftmals findet eine Verengung des Fließquerschnittes und damit eine Erhöhung der Fließgeschwindigkeit an der Öffnung in Form einer Düse statt. Der Wasserfreistrahler tritt im alltäglichen Leben immer wieder zum Vorschein wie beispielsweise am Gartenschlauch, am Wasserhahn oder bei Springbrunnen. Aber auch die technische Anwendung beim Wasserstrahlschneiden oder bei Hochwasserentlastungsanlagen ist von Bedeutung.



Bild 1: Freistrahler am Grundablass des Argyle-Damm, Australien.

### Ziel und Methodik

Bei der Dimensionierung von Auslässen in Form eines Freistrahlers können die Kräfteverhältnisse an der Abschlussblende, die Geometrie des Strahls, dessen Verlauf sowie die Kraft beim Auftreffen von Bedeutung sein. Hierüber kann mittels des Modellversuches eine Aussage gemacht werden, wobei die Kräfteverhältnisse durch dimensionslose Kenngrößen auf andere Geometrien übertragbar sind.

### Versuchsaufbau

Die Versuchsanlage besteht aus einem horizontalen Rohr mit einem Durchmesser von  $D = 100$  mm an dessen Ende sich eine Abschlussblende mit einer scharfkantigen von  $d = 50$  mm befindet.

Über einen Hochbehälter wird das Rohr mit einem konstanten Durchfluss gespeist. Der Freistrahler fällt in einen Vorratsbehälter aus dem das Wasser mit einer Pumpe in den Hochbehälter gefördert wird. In dem Rohr befinden sich neben einem Pitotrohr noch Druckanbohrungen an der Sohle sowie Druckanbohrungen an der Abschlussblende um die Kräfteverhältnisse bestimmen zu können. Ebenso

lassen sich daraus unter der Annahme einer gleichförmigen Rohrströmung die Geschwindigkeit und der Durchfluss ermitteln. Weiterhin besteht die Möglichkeit den Verlauf des Strahls zu messen sowie die horizontale Kraft des Strahls mittels einer Pendelwaage zu bestimmen.



Bild 2: Foto des Versuchsaufbaus

### Aufgabenstellung

- Bestimmung des Durchflusses mit einem Pitotrohr.
- Messung des Drucks an der Rohrsohle und der Abschlussblende, um daraus die Kraft auf die Blende zu ermitteln.
- Bestimmung der Lage der vena contracta.
- Vermessung des Strahlverlaufs.
- Messung der horizontalen Kraft des Strahls.

### Beobachtungen und Folgerungen

Aus den Druckmessungen lässt sich die Kraft, welche auf die Abschlussblende wirkt, ermitteln und mit Berechnungen mittels des Impulssatzes vergleichen. Der dimensionslose Einschnürungsparameter  $C_c$  lässt sich aufgrund der Bestimmung der vena contracta ermitteln. Der Strahlverlauf wird durch die Wurfparabel beschrieben.

### Weitere Informationen zum Thema

Skript Hydromechanik

Naudascher E. (1992): *Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke*. Springer Wien/NewYork.

## Detaillierte Aufgabenstellung

- 1) Überprüfung der Messeinrichtungen
- 2) Messungen für jeweils zwei verschiedene Durchflüsse:  
 $Q_1 = Q_{\max}$  (systembedingt, Wasserspiegel B im Hochbehälter etwa 63 cm über der Rohrachse).  
 $Q_2$  für Wasserspiegel B im Hochbehälter 60 cm > B > 40 cm über der Rohrachse.
  - a) Ermittlung der Horizontalkraft des Strahles in zwei Abständen vom Rohr (55 cm und 95 cm für  $Q_1$ ; 55 cm und 70 cm für  $Q_2$  mit Hilfe der Federwaage)
  - b) Ermittlung des Koordinatenursprungs  $x'$  in der vena contracta sowie des Verlaufs des oberen und unteren Strahlrandes.
  - c) Ermittlung der Druckverteilung im Rohr und an der Blende.
  - d) Ermittlung von  $\frac{P_D}{\gamma}$  und  $(\frac{P_D}{\gamma} + a)$  am Pitotrohr.

### Auswertung der Messungen

- 3) Berechnung der Kenngrößen
  - a) Berechnung der Durchflüsse  $Q_1$  und  $Q_2$  mit Hilfe der Berücksichtigung des Geschwindigkeitsmaximums in Rohrmitte am Pitotrohr (vgl. Bild 3) und Bestimmung der mittleren Geschwindigkeitshöhen  $V_D^2 / 2g$
  - b) Berechnung der  $C_C$ -Werte über einen Bernoulli-Vergleich zwischen den Querschnitten am Pitotrohr und an der Strahleinschnürung. Vergleich mit  $C_C$ -Werten ermittelt aus der Messung mit dem Doppelhaken-Spizentaster.
  - c) Ermittlung der  $C_q$ -Werte für  $Q_1$  und  $Q_2$  mit Hilfe der errechneten  $C_C$ -Werte (vgl. auch Bild 2 oben).
  - d) Berechnung der Froude-Zahlen  $Fr_d = \frac{v}{\sqrt{gd}}$
- 4) Darstellung der Strahlachse aus den gemessenen Strahlrändern und Vergleich mit dem theoretischen ermittelten Verlauf.
- 5) Bestimmung der Druckkraft auf die Abschlussblende des Rohres
  - a. aus den Druckmessungen,
  - b. durch Anwendung des Impulssatzes.
- 6) Bestimmung der vom Strahl auf die Pendelwaage ausgeübten horizontalen Kraftkomponente und Vergleich mit dem über den Impulssatz ermittelten Wert.
- 7) Darstellung des Druckverlaufs an der Rohrunterseite in den letzten 15 cm.
- 8) Diskussion der Ergebnisse im Hinblick auf
  - a) Übereinstimmung der experimentell und theoretisch ermittelten Ergebnisse in Bezug auf den Strahlverlauf und die Kraft auf die Prallplatte (prozentuale Abweichung, Fehlerbetrachtung),
  - b) Einfluss der Schwerkraft,
  - c) Aussagewert der Versuche für andere Abmessungen und Durchflüsse.

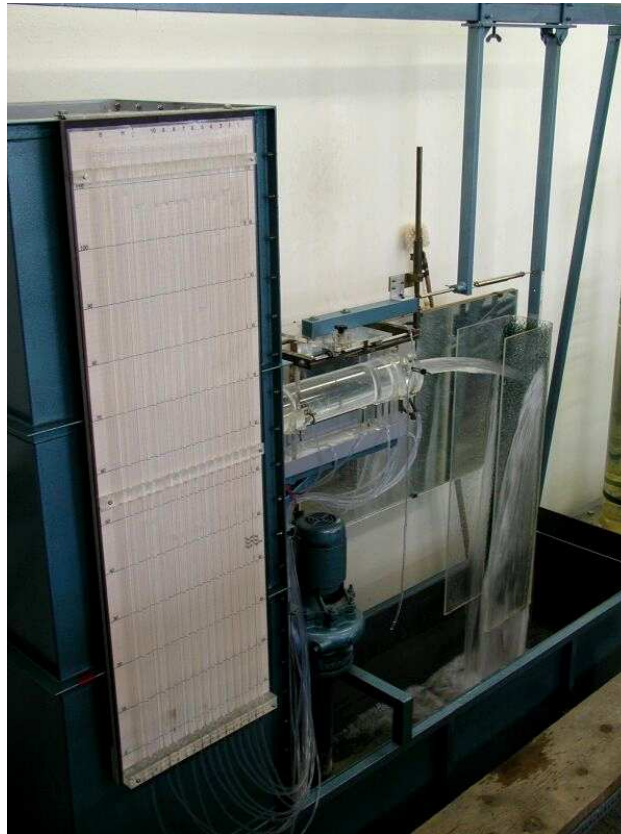
### Linkliste

[www.fh-muenster.de/fb3/labore/stroem/wasserst.htm](http://www.fh-muenster.de/fb3/labore/stroem/wasserst.htm)  
<http://www1.physik.tu-muenchen.de/~kressier/Versuche/ver1060.html>  
[www.ifh.uni-karlsruhe.de](http://www.ifh.uni-karlsruhe.de) -> Lehre -> Übungslabor  
<http://www.hirnwindungen.de/java/parabel/parabelaufgabe.html>

### Literaturliste

- Skript Hydromechanik
- Naudascher E. (1992): *Hydraulik der Gerinne und Gerinnebauwerke*. Springer Wien/NewYork.
- Schneider W. (1981): Flow induced by jets and plumes. *Journal of Fluid Mechanics* 108, S.55-65.

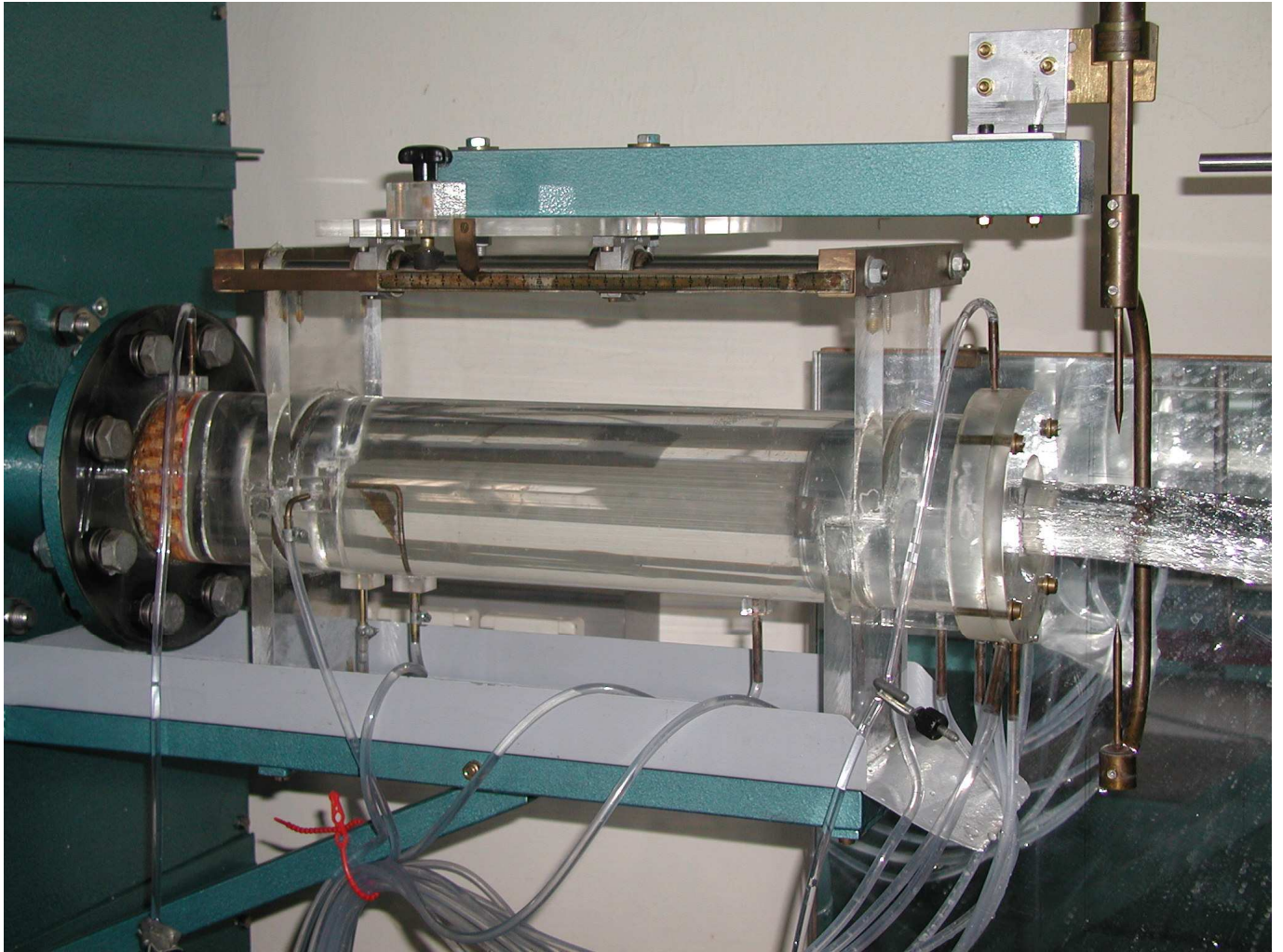
### Bildergalerie



Demonstrationsversuch mit Hochbehälter, Freistrahл und Pendelwaage



Freistrahлverlauf in Form einer Wurfparabel nach einer scharfkantigen Abschlussblende



Horizontales Rohr mit scharfkantiger Abschlussblende, Druckanbohrungen an der Sohle, Pitotrohr und Haken-Doppel-Spitzentaster



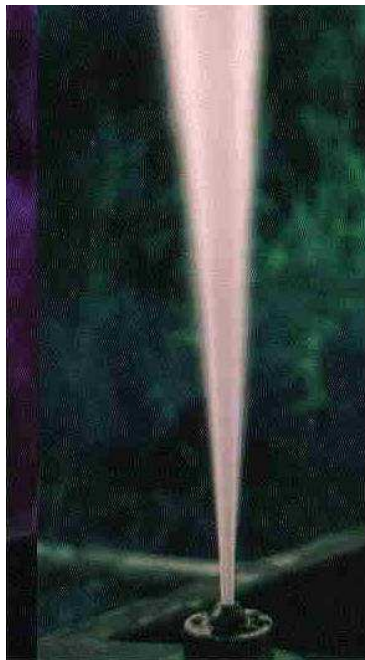
Auslass des Argyle-Damm, Australien



Grundablass der Ekerttalsperre, Harz



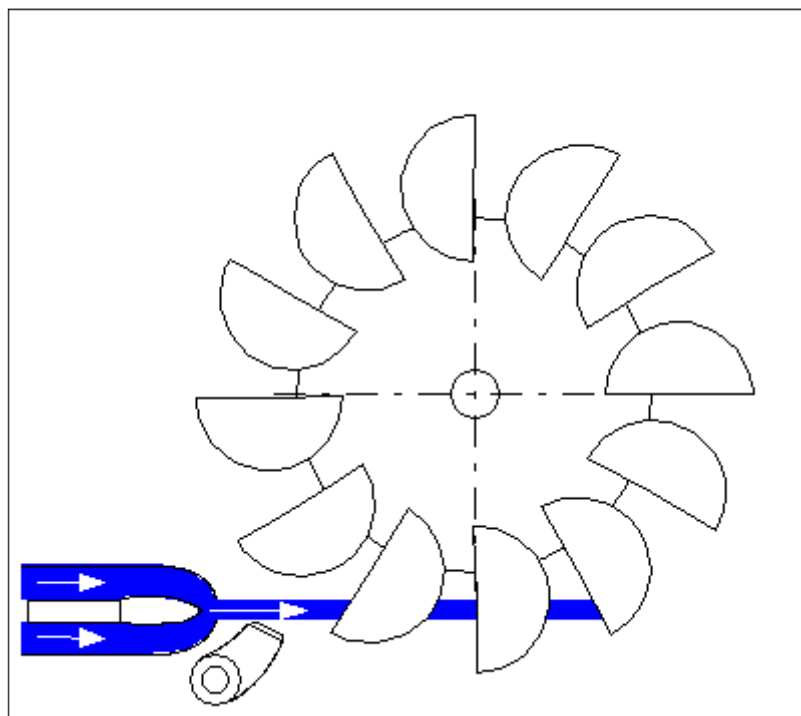
Grundablass einer Talsperre



Wasserstrahl einer Wasserstrahlschneidanlage



Springbrunnen mit Wasserstrahlen



Prinzip einer Pelton turbine



natürlichste Form des Wasserfreistrahls

**Video**  
In Arbeit !

**Vorbereitung / Demonstration**

Pumpe anstellen (Achtung! Pumpe ist nicht selbstansaugend, eventuell 2 Eimer Wasser in Hochbehälter füllen),

Druckmessstellen entlüften  
Vorbelastung der Pendelwaage bestimmen  
Abstand des Doppelhakenspitzentasters bestimmen