

**Zeitschrift:** bulletin.ch / Electrosuisse

**Herausgeber:** Electrosuisse

**Band:** 94 (2003)

**Heft:** 2

**Artikel:** Freistrahlerströmungen in Peltonturbinen

**Autor:** Zhang, Zhengji / Casey, Michael

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-857515>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### 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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

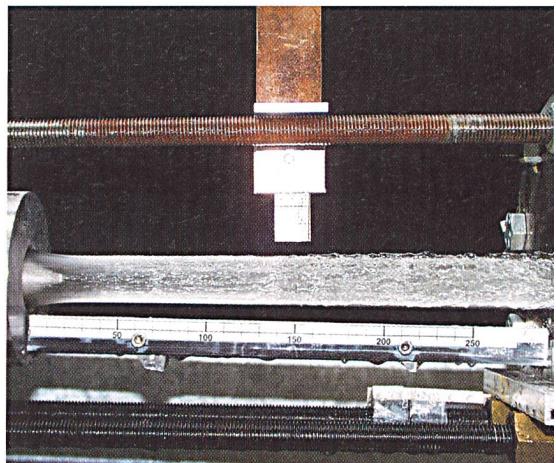
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 12.02.2026

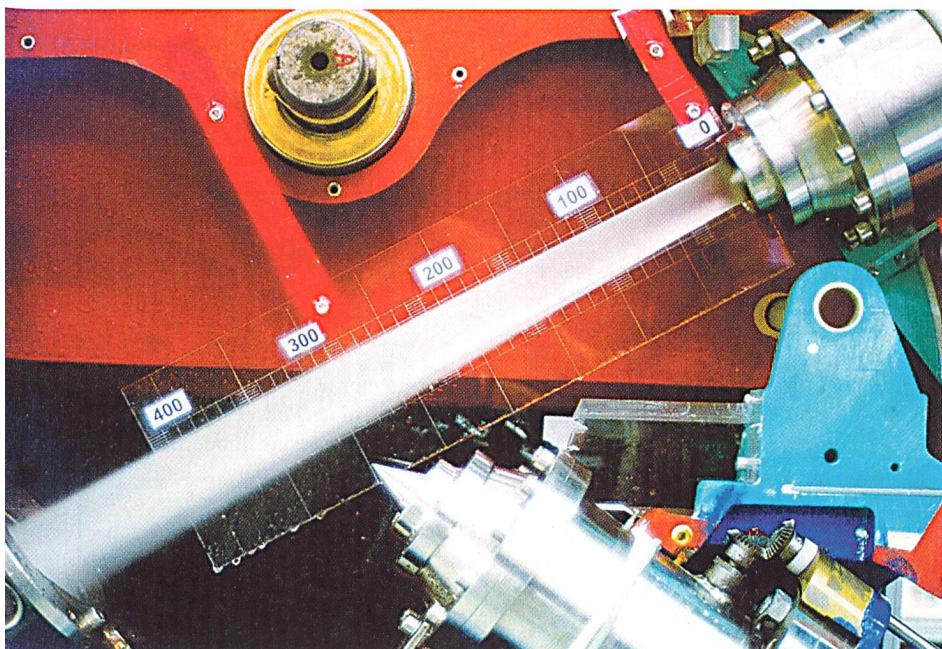
**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Freistrahlfströmungen in Peltonturbinen

Das Projekt beruht auf dem industriellen Bedürfnis an experimentellen Untersuchungen vom Freistahl in Peltonturbinen. Es dürfte das erste Mal sein, dass der Freistahl in Peltonturbinen systematisch und unter dem Einsatz der modernen Messtechnik untersucht wurde. Die aus Untersuchungen erzielten Ergebnisse werden zum grundsätzlichen Verstehen der Strömungsvorgänge im Freistahl und somit zur Verbesserung der Düsenauslegung und zur Beurteilung der Wechselwirkung zwischen Freistahl und Peltonbechern beitragen. Die Untersuchungsergebnisse sind insofern relevant, als sich die numerischen Berechnungen vom Freistahl dadurch validieren lassen. Die vorliegenden Untersuchungen im Freistahl gelten als Grundlage bzw. Ausgangspunkt für weitere Untersuchungen von kompletten Peltonanlagen. Das Endziel ist die weitere Erhöhung des Wirkungsgrades des Peltonsystems.



Peltonturbinen-Freistahl auf dem Prüfstand.



Strahlbeobachtung auf dem Prüfstand.

■ Zhengji Zhang und Michael Casey

## Allgemeines und Ziele

In Hinsicht auf das hydraulische Verhalten sind Peltonturbinen, trotz ihres Einsatzes seit über hundert Jahren, gegenüber anderen hydraulischen Maschinen noch nicht hinreichend untersucht worden. Das Potenzial zur Erhöhung des Wirkungsgrades in der Peltonturbine ist daher erwartungsgemäß hoch. Seine Ausschöpfung in der Praxis setzt jedoch

das physikalische Verständnis der komplexen Strömungen in der Peltonturbine voraus. Dies ist heutzutage insofern sehr gut möglich geworden, als in den letzten Jahren sowohl numerische als auch messtechnische Verfahren bedeutend weiterentwickelt wurden. Dementsprechend sind Untersuchungen an Peltonturbinen seit Jahren immer attraktiver geworden.

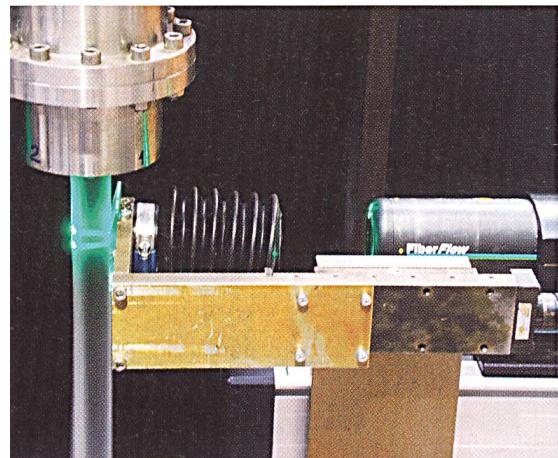
Der Freistahl von Peltonturbinen ist eine wichtige Komponente, die den Wirkungsgrad des gesamten Turbinensystems beeinflussen kann. Das ist nicht nur auf Grund des direkten Strömungsverlustes in Abhängigkeit von Düsegeometrien und von der Strömung in der Düse der Fall, sondern auch wegen der Wechselwirkung zwischen Freistahl und Peltonbecher. Dabei spielt die Strahlqualität eine übergeordnete Rolle. Ein idealer Freistahl verfügt über eine gleichmässige und drallfreie Geschwindigkeitsverteilung im Strahlquerschnitt und weist keine Strahlerweiterung auf.

Sehr viele Untersuchungen an Freistählen und an der Wechselwirkung zwischen Freistahl und Peltonbecher sind von diesen idealen Bedingungen ausgegangen. Reale Freistahlen hingegen zeigen oft eine komplexe Strömungsstruktur, die in Zusammenhang mit der drallbehafteten Zuströmung zur Düse und mit der Strömungsentwicklung in der Düse steht. Frühere Untersuchungen am Freistahl von Peltonturbinen beschränkten sich oft auf Fotografien und Messungen mit Pitot-Rohren. Die damit erreichte Qualität ist sehr niedrig und die Erkenntnisse zum Strömungsverhalten sind sehr beschränkt. Über viele Aspekte des Freistahls, wie die Querschnittsform des Strahles, die Strömungsverteilung im

### Adresse der Autoren

Dr. Zhengji Zhang  
Dr. Michael Casey  
Sulzer Innotec  
Zürcherstrasse 58  
8401 Winterthur

Auszug aus dem PSEL-Tätigkeitsbericht 2001  
Projekt Nr. 229 des Projekt- und Studienfonds  
der Elektrizitätswirtschaft (PSEL)



Einrichtung für Laser-Doppler-Anemometrie.

Freistrahler und ihre Entwicklung längs der Strahlachse, sowie die Abweichung des Freistrahls von der Düseachse und die Fallhöheeffekte, konnten keine plausiblen Aussagen gemacht werden. Zudem benötigt die numerische Berechnung von komplexen Freistrahlerströmungen Experimente zur Validierung. Aus diesen Überlegungen erweisen sich experimentelle Untersuchungen am Freistrahler als unentbehrlich. Daraus ergeben sich auch die kommerziellen und wirtschaftlichen Ziele des vorliegenden Projektes.

## Projekt und Umfeld

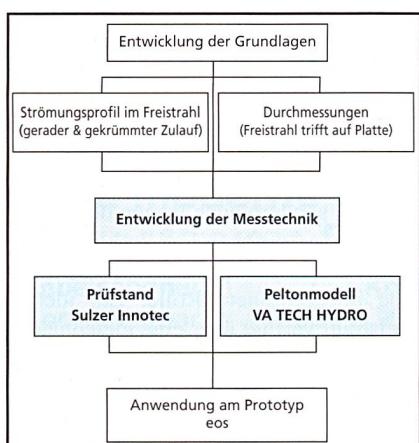
Die Leitung des vorliegenden Projektes ist bei Sulzer Innotec und die Teilnehmer sind VA Tech Hydro und EOS. Das Projekt umfasst den Einsatz bzw. die Entwicklung der relevanten Methoden zu experimentellen Untersuchungen vom Freistrahler in Peltonturbinen. Die im Labor aufgrund verschiedener Aspekte der Freistrahlerströmung entwickelten Methoden sollen auch für die Feldmessungen einsatzfähig sein.

In der Abteilung für Strömungstechnik bei Sulzer Innotec ist ein Prüfstand mit einer Modelldüse installiert worden. Die Fallhöhe kann bis 30 Meter variiert werden. Die Abteilung für Strömungstechnik verfügt seit vielen Jahren über die Theorie und Erfahrung mit laser-optischen Verfahren für Strömungsuntersuchungen. Sie ist davon überzeugt, dass das Laser-Doppler-Anemometer (LDA) in den vorliegenden Untersuchungen zur Messung der Geschwindigkeit und deren Verteilung im Freistrahler erfolgreich eingesetzt werden kann. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist, dass das Durchdringen der Laserstrahlen durch die wellige Oberfläche des Freistrahlers gewährleistet ist. Dies dürfte durch die Benutzung ei-

nes Kontaktfensters aus Plexiglas für alle Fälle einschließlich der Fallhöhe über 100 Meter möglich sein.

Der reale Freistrahler ist gekennzeichnet durch die Drehung der Strömung und Änderung des Strahlquerschnittes im Strahl sowie durch die Abweichung von der geometrischen Düsenachse und Wechselwirkung mit der Umgebungsluft. Alle diese Aspekte des Freistrahles sollen charakterisiert werden. Der Einsatz des LDA-Verfahrens kann nur einen Teil der oben erwähnten Phänomene veranschaulichen. Andere Messverfahren müssen entwickelt werden, um den Freistrahler komplett zu erfassen. Insbesondere soll die Messtechnik in der Lage sein, den Freistrahler auch bei einer Fallhöhe von 100 Metern zu messen.

Ein besonderes Merkmal der Düsenströmung bei Peltonturbinen ist bekanntlich der Fallhöhen-Effekt. Aufgrund dieses Effektes ist der dimensionlose Durchfluss bei der Düse von der Fallhöhe abhängig. Die bisherigen theoretischen Betrachtungen deuten darauf hin, dass die Grenzschichtentwicklung in der Düse dafür verantwortlich ist. Zur Bestimmung der Grenzschichtentwicklung in der Düse soll eine entsprechende Messtechnik entwickelt werden.



Mehrstufiger Projektplan.

## Le jet libre des turbines Pelton

Le projet repose sur le besoin industriel d'expérimenter le jet libre des turbines Pelton. Ce fut la première fois que le jet libre dans les turbines Pelton a été analysé systématiquement et en ayant recours à la technique de mesure moderne. Les résultats permettront de comprendre les processus d'écoulement dans le jet libre, d'améliorer l'injecteur et d'évaluer l'interaction entre le jet d'eau et les augets. Ces résultats sont significatifs dans la mesure où les calculs numériques du jet d'eau sont ainsi validés. Les enquêtes peuvent être considérées comme base ou point de départ pour procéder à de plus amples recherches sur l'installation Pelton complète. Le but final est d'augmenter le rendement du système Pelton.

# Industrial IT

das Erfolgsrezept von ABB

**ABB**