

Einlaufwirbel an Wasserfassungen

Einfluss verschiedener Einlaufgeometrien auf die kritische Überstauhöhe und den Lufteintrag im numerischen Modell

Diplomand



Lukas Schneider

Einleitung: Die Bildung von Einlaufwirbeln und der resultierende Lufteintrag in das Triebwassersystem eines Wasserkraftwerks verursachen Wirkungsgradverluste und Beschädigungen an Turbinen und Pumpen. Damit diese verhindert werden, müssen Betreiberinnen von Wasserkraftanlagen einen minimalen Überstau über der Wasserfassung einhalten. Dadurch verlieren sie nutzbares Stauvolumen und Einnahmen und die Gesellschaft verliert wertvolles Energiespeicherpotential. Diese Masterarbeit untersucht am numerischen Zweiphasenmodell mit der Opensource-Software OpenFOAM den Einfluss von fünf unterschiedlichen Einlaufgeometrien auf den Lufteintrag und den kritischen Überstau. Die Ergebnisse konnten für das Basismodell anhand der Resultate aus einem physikalischen Modell [1] validiert werden.

Vorgehen / Technologien: Anhand einer Literaturrecherche wurde der Modellierungsansatz RANS und das Turbulenzmodell $k-\omega$ SST zur Untersuchung des Phänomens bestimmt. Die fünf untersuchten horizontalachsigen Einlaufgeometrien wurden praxisnah gewählt und umfassen folgende Varianten:

- vorgelagerter Einlauf mit vertikaler Frontwand (Basismodell)
- bündiger Einlauf mit geneigter Frontwand (1:1.8)
- bündiger Einlauf mit vertikaler Frontwand
- zwei vorgelagerte Einläufe nebeneinander (offen/offen)
- zwei vorgelagerte Einläufe nebeneinander (zu/offen)

Insgesamt wurden elf Modellkonfigurationen mit zwei unterschiedlichen Überstauhöhen und Durchflüssen modelliert. Für die Simulationen wurde der Supercomputer der OST benutzt.

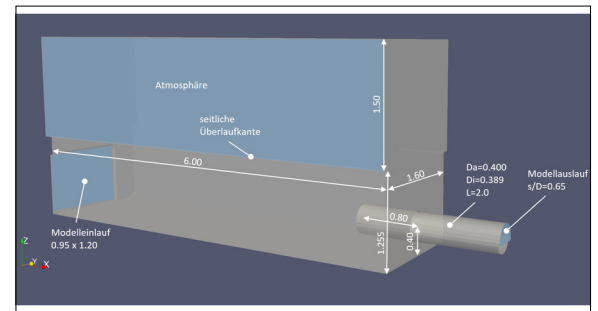
Ergebnis:

- 1) Der Abstand der Einlauföffnung von der Frontwand und die Neigung der Frontwand haben einen gewichtigen Einfluss auf den Lufteintrag und die kritische Überstauhöhe. Für eine geneigte Frontwand mit bündigem Einlauf konnte ein um 27% höherer Lufteintrag registriert werden als für eine vertikale Frontwand mit bündigem Einlauf.
- 2) Der Vergleich des Lufteintrags für zwei nebeneinanderliegende Einläufe, bei denen jeweils beide oder nur einer offen ist, zeigt keinen signifikanten Unterschied.
- 3) Mit dem RANS-Ansatz und dem Turbulenzmodell $k-\omega$ SST konnte für alle elf Modellkonstellationen kein voll ausgebildeter Einlaufwirbel mit Luftkern bis zum Einlauf festgestellt werden, obschon dies im physikalischen Modell der Fall war. Dies wird auf die geometrisch bedingte, schwache Rotation der

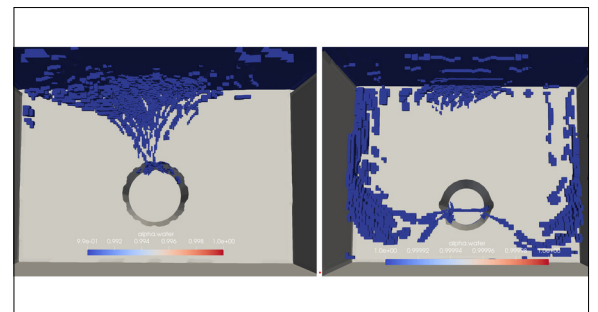
Strömung über dem Einlauf und die Tendenz des RANS-Ansatzes zur Überschätzung der Energiedissipation zurückgeführt.

4) Der Lufteintrag ist für 2/11 der Modellkonfigurationen mit einer Abweichung von einmal +29% und einmal -24% mit den Ergebnissen in [1] vergleichbar und plausibel. Die Trefferquote ist mit 2 von 11 allerdings klein. Der Modellierungsansatz erscheint für die Untersuchung des Lufteintrags bei Untersuchungsobjekten mit starker Rotation besser geeignet zu sein.

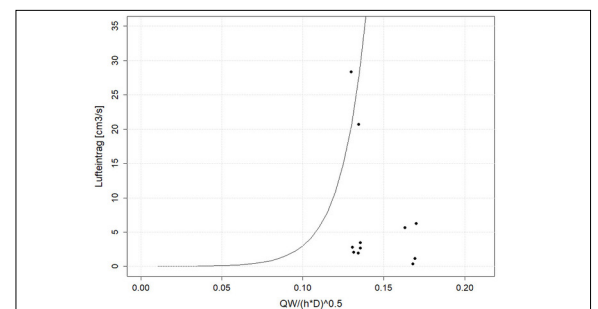
Modellaufbau des Basismodells (Masse in [m]). Eigene Darstellung



Bündiger Einlauf & vrt. Frontwand, $h/D=1.63$ (links) und $h/D=2.25$. Blau: Zellen mit 1% (links) und 0.01% Luftanteil. Eigene Darstellung



Vergleich des Lufteintrags aus der numerischen Modellierung (Punkte) mit dem physikalischen Modell (Kurve, [1]). [1] G. Möller (2013), Mitteilungen 220, VAW, ETHZ



Referent

Prof. Dr. Davood Farshi

Korreferent

Dr. Giovanni De Cesare, Laboratory of Hydraulic Constructions (LCH), Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne EPFL, Lausanne, Waadt

Themengebiet
Civil Engineering