# Numerische Berechnung von Einbauten zur Entsandung von Triebwasser

#### G. Holzmann<sup>1</sup>

Forschungsbereich Strömungsmaschinen Institut für Energietechnik und Thermodynamik

20. Januar 2011

### 1 Einleitung

Die Energiesituation gleicht in den vergangenen Jahrzehnten einer sich öffnenden Schere. Einerseits nimmt der Verbrauch stetig zu, andererseits ist das Vorkommen von fossilen Brennstoffen bzw. die Unrentabilität von festen, flüssigen und gasförmigen Energieträgern nur noch eine Frage der Zeit.

Dadurch rücken die erneuerbaren Energien immer mehr in den Mittelpunkt der wirtschaftlichen und nachhaltigen Energieerzeugung. In Österreich deckte die Wasserkraft im Jahr 2008 rund 60% des benötigten Energieverbrauches ab und ist damit der quantitativ bedeutenste erneuerbare Energieträger, auch da die Kraftwerke Wirkungsgrade von bis zu 95% erreichen. Die häufigsten Turbinenarten sind die Kaplan-, Francis- und Peltonturbine. Um die Lebensdauer der Turbinen, die durch Kavitation und Erosion Verschleißerscheinungen aufweisen, zu steigern und den Wirkungsgrad über die eingesetzten Jahre möglichst konstant zu halten, müssen verschleißarme Materialien und schonende Anströmung gewährleistet werden. Diese Arbeit [3] beschäftigt sich speziell mit der sinkenden Lebensdauer der Wasserkraftturbinen durch Partikel im Triebwasser. Es soll ein Axialzyklon am Beginn der Druckrohrleitung [2],[1] eingebaut werden, welcher die Partikel Mithilfe der Zentrifugalkraft abscheidet. Dabei wurde eine numerische Simulation mit Partikelstudie mit dem CFD Programm ANSYS CFX durchgeführt und die Ergebnisse mit dem Labormodell der Konstruktion verglichen.

 $<sup>^{1}</sup>$ georg.holzmann@tuwien.ac.at

# 2 Numerisches Modell

#### 2.1 Geometrie der Zyklonkonstruktion

Die Geometrie der Zyklonkonstruktion, welche den Maßen des Labormodells entspricht, ist mit dem 3D CAD - Zeichenprogramm SolidWorks 2008 erstellt worden. Die untersuchte Strecke des numerischen Modells wurde auf 1 m vor dem Zyklon und 1,5 m hinter der Abscheidung begrenzt.

Es wurde auch die gesamte Laborstrecke modelliert, da aber bei den Reynoldszahlen eine konstante Strömung vor dem Zyklon herrscht, konnte diese Zuleitung vernachlässigt werden um die Rechenzeit zu verkürzen. In den Abb. 1 und 2 ist die Simulation des gesamten Laborbetriebes und der Geschwindigkeitsvektorverlauf direkt vor dem Axialzyklon dargestellt, wobei eine vor dem Zyklon konstante und drallfreie Zuströmung, durch die 4 m lange Zuleitung erreicht wurde.



Abbildung 1: Stromlinienverlauf der gesamten Laborkonstruktion. A ist die Zuleitung im labor, B der Axialzyklon und C beschreibt einen der beiden Abscheider



Abbildung 2: Geschwindigkeitsvektoren direkt vor dem Axialzyklon

#### 2.2 Diskretisierung des Modells

Die numerische Lösung erfolgt mit einem strukturierten bzw. blockstrukturierten Rechennetz. Diese Variante besteht aus mehreren, strukturierten Netzblöcken.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Strömungsgrößen an den Blockgrenzen richtig übergeben werden. Falls die Netzpunkte der beiden zu verbindenden Blöcke an den Rändern identisch sind, können die Rechengrößen einfach übergeben werden. Sind die Netzpunkte nicht identisch, müssen die Werte des ersten Blockrandes auf die Netzpunkte des zweiten Blockrandes interpoliert werden. Das blockstrukturierte Verfahren wird bei komplexen Geometrien mit mehreren Bauteilen verwendet. Da in dieser Arbeit die Vernetzung der Konstruktion in einem Strukturblock nicht möglich war, wurden Interfaces bzw. Netzverbindungen in die Blockstruktur eingeführt. Als Bsp. für einen Rechennetzbereich ist eine Umlenkschaufel in Abb. 3 dargestellt. Ist das Rechennetz erzeugt, wird es solange verfeinert bis die optimale Genauigkeit erreicht wird. Dies geschah durch eine Netzunabhängigkeitsstudie. Aufgrund der starken Drallströmung durch die Umlenkschaufeln konnte mit dem k -  $\epsilon$  - und dem k -  $\omega$  Turbulenzmodellen kein brauchbares Ergebnis bezüglich der Konvergenz der Simulation erzielt werden. Es wurde daraufhin das SST - Modell gewählt, da es sich für dieses numerische Problem als am Besten herausstellte. Das Rechennetz ist mit der LOW - Re Wandfunktion so auszulegen, dass die dimensionslose Wandabstandsgröße  $y^+$ , beim



Abbildung 3: Blockstrukturiertes Rechennetz um eine Umlenkschaufel

SST - Turbulenzmodell, einen Wert zwischen 0 und 1 annimmt.

#### 3 Ergebnisse

Die Hauptaufgabe dieser Arbeit war die numerische Überprüfung der Effektivität der Axialzyklonkonstruktion anhand einer Partikelabscheidung und der Vergleich der numerischen Ergebnisse mit den Laborwerten. Am physikalischen Modell wurde für die untersuchten Reynoldszahlen an den Umlenkschaufeln die statischen Drücke an der Druck- und der Saugseite, der Druckunterschied zwischen der Eintrittsfläche am Beginn des Zyklons und der Austrittsfläche nach der Partikelabscheidung gemessen. Im Anschluss wurde mit dem CFD Programm ANSYS - CFX eine Partikelstudie mit verschiedenen Partikeldurchmessern durchgeführt, um die jeweiligen Abscheidegrade pro Durchmesser zu bestimmen.

Zur Messung der Druckdifferenz zwischen Zykloneintritt und dem Druck nach Abführen der Partikel, wurden im Labor an beiden Stellen Druckaufnehmer am Umfang der Rohre platziert, um den statischen Druck messen zu können.

Um die Effizienz der Anlage zu untersuchen wurde mit dem CFD Programm ANSYS - CFX eine Partikelstudie durchgeführt. Die zu untersuchenden Partikeldurchmesser sind in einer Größe von 0,001 mm bis 1 mm gestreut. Partikel mit größerem Durchmesser werden von Entsandungsbecken ausgeschieden.



Abbildung 4: Druckdifferenz des Axialzyklons

Der Massenstrom und die Dichte der Partikel wurden aus bestehenden Unterlagen eines Energieerzeugungsunternehmens angesetzt, wobei der Massenstrom linear auf die 10 untersuchten Durchmesser aufgeteilt wurde. In ANSYS - CFX wird die EULER - LAGRANGE -Methode zur Berechnung des Partikelverlaufes verwendet. Es musste eine Verhältniszahl im Preprocessing für jeden Partikeldurchmesser angegeben werden, welche das Programm mit dem angegeben Massenstrom der Partikel auf die Gesamtanzahl der Partikel aufrechnete und somit der abgeschiedene Partikelmassenstrom pro Austrittsfläche ausgegeben werden konnte.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Da das Problem von Erosion von Wasserturbinen und anderen Einbauten in der Druckrohrleitung in jeder Wasserkraftanlage in verschiedenen Formen auftreten sind neue Ideen zum Vermindern bzw. Verhindern von diesen Schäden gefragt. Diese Arbeit hat gezeigt, dass Partikel durch eine Axialzyklonkonstruktion abgeschieden werden und dadurch weniger Partikel auf die wichtigen Bauteile der Wasserkraftanlage treffen. Speziell an den Abscheidern könnte durch eine fließtechnisch günstigere Konstruktion ein besseres Abführen der Partikel erreicht werden.

Auch die Ablösungen am Ende des Axialzyklons könnten durch eine strömungstechnisch

bessere Auslegung vermindert werden. Ebenfalls sollten die numerischen Ergebnisse der Partikelabscheidung mit einem Laboraufbau überprüft werden. Dafür sind Konstruktionen zum Zählen der abgeschiedenen Partikel bzw. ein Partikeleinführsystem notwendig. Diese Idee der Partikelabscheidung verfügt über Optimierungspotenzial und ist mit diesen numerischen Ergebnissen ein guter Ansatz für die Erhöhung der Lebensdauer einer Wasserkraftturbine.

## Literatur

- DOUJAK, Götsch: Entwicklung eines Axialzyklons zur Triebwasserentsandung Ein erster Ansatz, Vortrag: 13. Internationales Anwenderforum Kleinwasserkraftwerke, Kempten, Diplomarbeit, 2010.
- [2] DOUJAK, Götsch: Usage of an Axial Hydro Cyclone as Sediment Separator, Vortrag:
  16. Internationales Seminar Wasserkraftanlagen, Laxenburg, Diplomarbeit, 2010.
- [3] HOLZMANN, G.: Numerische Berechnung von Einbauten zur Entsandung von Triebwasser, TU Wien, Institute for Energy Systems and Thermodynamics, Diplomarbeit, 2010.