

Optimieren von Industriearmaturen mit Strömungssimulationen

GERHARD FRIEDERICI, BASTIAN BAUMANN

Nicht nur in Europa wird Energie vermehrt aus Wasserkraft gewonnen. Weltweit sind unterschiedlichste Wasserkraftwerke im Einsatz. So werden allein mehr als 45.000 Talsperren gezählt. Sie dienen nicht nur der Energiegewinnung, sondern auch der Trinkwasserversorgung, dem Hochwasserschutz sowie der Betriebswasserversorgung von Industrie und Landwirtschaft. Zum Öffnen, Schließen und Regeln des Wasserabflusses sind seit Jahrzehnten die Armaturen von VAG im Einsatz: Absperrschieber, Absperrklappen und Regelarmaturen. Um Armaturen noch besser an die Bedingungen an ihrem Einsatzort anzupassen, setzt VAG auf neueste Simulationssoftware von Cadfem.

So wollte beispielsweise der Betreiber des Wasserkraftwerkes Klammstein in Österreich, das in den 1940er Jahren erbaut wurde, die Durchflussmenge

in der Triebwasserleitung von 15 auf 19 Kubikmeter pro Sekunde erhöhen. Dazu mussten der Stollen, die Steuerung und auch die Armaturen – die überwiegend noch aus den Anfangsjahren des Kraftwerks stammten – saniert werden. Innerhalb eines sehr engen Terminplans lieferte VAG eine eigens für diese Anwendung entwickelte VAG EKN® Absperrklappe DN 2400, die den speziellen Wünschen des Betreibers entsprach (**Bild 1**). Es handelt sich um eine Rohrbruchklappe in stahlgeschweißter Ausführung, wobei die Klappenscheibe mithilfe von Simulationssoftware besonders strömungsgünstig konzipiert wurde.

ANSPRUCHSVOLLE TECHNISCHE LÖSUNGEN

Dazu erklärt Bastian Baumann (M. Sc. Maschinenbau), der bei der VAG GmbH in Mannheim für die Strömungssimulation zuständig ist: „Die Simulation wird hauptsächlich bei kundenspezifischen, größeren Armaturen eingesetzt, unter anderem in Wasserkraftwerken und in der Wasserversorgung – eben da, wo sehr große Kräfte wirken.“ In Mannheim werden vor allem die anspruchsvollen technischen VAG-Lösungen entwickelt und gefertigt, zum Beispiel kundenspezifische Absperrklappen, die in Staudämmen direkt vor der Turbine, die der Stromerzeugung dient, platziert sind (**Bild 2**). Da muss jederzeit alles hundertprozentig funktionieren. „Hier werden höchste Sicherheitsanforderungen gestellt und wir entwickeln für jeden Kunden Unikate nach seinen



Bild 1: Stahlgeschweißte VAG EKN® Absperrklappe DN 2400 wird zu ihrem Bestimmungsort transportiert.

speziellen Anforderungen, wobei der Bau von Prototypen in diesen Dimensionen weder vom zeitlichen noch vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt überhaupt in Erwägung gezogen wird. Deshalb spielt die Simulation hier die entscheidende Rolle. Mit ihr wird alles bis ins Detail betrachtet, und die unterschiedlichsten Aspekte können berücksichtigt werden.“

Nachdem die VAG bereits seit einigen Jahren strukturelle Berechnungen mit ANSYS Mechanical erfolgreich durchführt, wollten die Armaturentwickler auch im Bereich der Strömungsanalyse „auf eigenen Beinen stehen“ (Bild 3). Speziell bei der Auslegung der großen Armaturen für Wasserkraftwerke sind viele Strömungssimulationen notwendig.

MEHR INTERNATIONALE AUFTRÄGE MIT GROSSEN NENNWEITEN

In den letzten zehn Jahren erhielten die Armaturenspezialisten in Mannheim zunehmend mehr internationale Aufträge für die Entwicklung und Fertigung von Armaturen mit großen Nennweiten. Deshalb entschied die VAG, in Software-Anwendungen für Strömungssimulation zu investieren. „Wir wollten das umfassende Know-how, das wir seit vielen Jahren aufgebaut hatten, auch bei den Strömungssimulationen direkt nutzen und damit neue tiefgreifendere Erfahrungen sammeln“, berichtet Bastian Baumann. „Zunächst hatten wir uns



Bild 2: Eine VAG EKN® Absperrklappe mit einem Nenndurchmesser von 3,5 Metern

für ein CAD-integriertes Produkt entschieden. Da wir den vorbildhaften Support des ANSYS-Vertriebspartners CADFEM von den strukturellen Anwendungen kannten strebten wir auch für die Strömungsanalyse eine solche Lösung an.“

Nachdem CADFEM die Funktionalität der neuartigen Software ANSYS Discovery AIM demonstriert hatte, die sowohl für strömungs- und strukturelle als auch für elektromagnetische und thermische Berechnungen geeignet ist, entschied sich die VAG Mitte 2017 für diese Lösung, hauptsächlich um damit Strömungsanalysen durchzuführen (Bild 4).

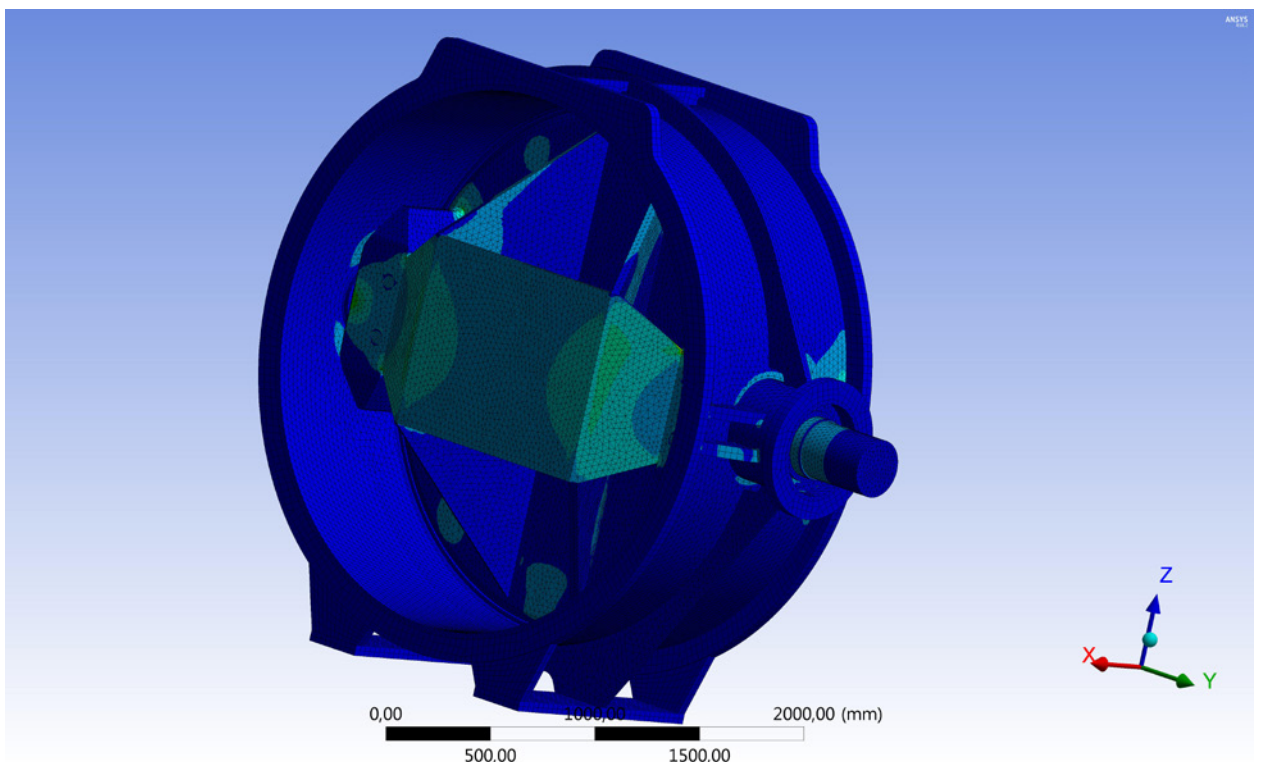


Bild 3: Strukturmechanische Berechnung einer VAG EKN® Turbineneinlaufklappe

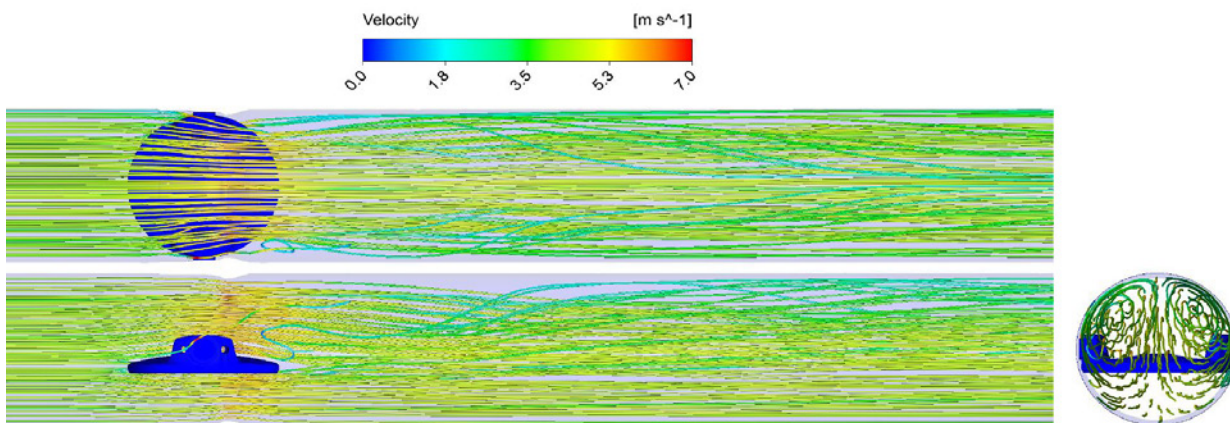


Bild 4: Mit der Strömungssimulation lässt sich die Funktion der Absperrklappe optimieren.

KUNDENINDIVIDUELLE SCHULUNG INKLUSIVE PROJEKTBEGLEITUNG

Um den Einstieg zu erleichtern, erhielten die VAG-Ingenieure von CADFEM eine umfassende Unterstützung. „Damit wir die ersten Projekte schnell und trotzdem gewissenhaft strömungstechnisch untersuchen konnten, war die Betreuung in der ersten Zeit besonders intensiv“, sagt Bastian Baumann. „Zweimal pro Woche nutzten wir eine zweistündige Telefonkonferenz, um anstehende Fragen mit CADFEM zu diskutieren. Dies war für uns genauso hilfreich wie eine kundenindividuelle Schulung inklusive Projektbegleitung. Das verschaffte uns ein hohes Selbstvertrauen bei den Strömungssimulationen, so dass wir sehr motiviert an neue Aufgaben gingen und diese bewältigen konnten. Bei auftretenden Fragen steht uns weiterhin der Support von CADFEM zu Seite.“

Als Beispiel für ein solches Simulationsprojekt nennt Bastian Baumann einen Staudamm in Nordamerika, bei dem direkt vor der Turbine eine Absperrklappe als Turbineneinlaufarmatur positioniert ist, die jetzt nach rund hundert Jahren ausgetauscht werden muss. Hierfür sind umfangreiche Kundenanforderungen zu berücksichtigen. Neben den vom Kunden gewählten Materialien und den möglichen Belastungsfällen enthält das Pflichtenheft eine Vielzahl von Anforderungen, die die Armatur erfüllen muss – von der Art der Betätigung bis zur geforderten Lebensdauer.

ITERATIVER PROZESS ZUR OPTIMIERUNG DER KONSTRUKTION

Sind alle Anforderungen definiert, ermitteln die VAG-Experten anhand von Strömungsanalysen die sogenannten Widerstandsbeiwerte. In diesem Projekt kommt es vor allem darauf an, die Druckverluste so gering wie möglich zu halten, zumal die Klappe direkt

vor der Turbine sitzt und diese möglichst viel Strom liefern soll. Durch Modifikationen an der Geometrie – wie veränderte Verrundungsradien oder zusätzliche Fasen an den Kanten – wird die Strömung durch die Armatur in einem iterativen Prozess Schritt für Schritt optimiert. Diese konstruktiven Veränderungen der Geometrie, aber auch Optimierungen im Bereich der Strukturmechanik – eine etwas dickere Welle, größere Wandstärken und veränderte Schweißnähte – führen zu neuen Strömungsbedingungen, die dann in einer erneuten Berechnung berücksichtigt werden.

Den Armaturen-Experten von VAG ist es wichtig, schon in frühen Phasen der Entwicklung die Strömungssimulation einsetzen zu können, direkt nachdem der erste Aufriss im CAD-System erstellt ist. Wie zum Beispiel in einem Wasserkraftwerkprojekt nahe der Südwestküste Kanadas, das 20.000 Haushalte

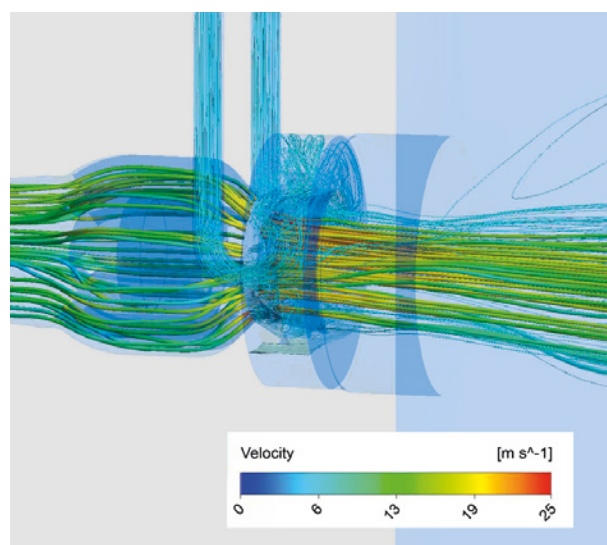


Bild 5: Strömungsanalyse an einem VAG RIKO® Ringkolbenventil mit Belüftungseinrichtung



Bild 6: VAG RIKO® Ringkolbenventile DN 1000 als Turbinenbypass

mit Energie versorgt. VAG lieferte dazu vier spezielle VAG RIKO® Ringkolbenventile DN 1000 als Turbinen-Bypass, komplett mit Belüftungseinrichtungen und VAG HYsec Hydraulischen Fallgewichtsantrieben (Bild 5). Diese öffnen die Armaturen bei Ausfall der Turbinen innerhalb von zwei Sekunden vollständig. Die Ringkolbenventile sind mit Anti-Kavitationszylindern und nachgeschalteten Belüftungseinrichtungen sowie zusätzlichen Drosselblenden in den auslaufseitigen Rohrabschnitten ausgestattet. Die Herausforderung bei diesem Projekt bestand darin, den Vordruck von 116 mWS auf nahezu null zu reduzieren. Anhand der Erkenntnisse aus der Strömungssimulation konnte die Druckreduzierung schrittweise erfolgen und dieses hochgesteckte Ziel zur vollsten Kundenzufriedenheit erreicht werden (Bild 6).

STRÖMUNGS- UND STRUKTURMECHANISCHE BERECHNUNGEN

Neben der Strömungsoptimierung geht es natürlich auch um die Belastbarkeit der einzelnen Komponenten einer Armatur, die mit strukturmechanischen Berechnungen überprüft wird. Außerdem müssen die Armaturen ihrer Funktionsweise entsprechend sicher bewegt werden können. Dazu wird analysiert, welche Kräfte und Drehmomente notwendig sind, um die Armaturen auch nach längerem Stillstand zuverlässig und sicher zu öffnen beziehungsweise zu schließen. Speziell bei den Standardprodukten ist der Antrieb ein nicht zu vernachlässigender Kostenfaktor. Simulationen zeigen, wo Schwachstellen sind und welche Änderungen zum gewünschten Ergebnis führen.

Bei Nennweiten über zwei Metern ist Simulation laut VAG die einzige zuverlässige Möglichkeit, die indi-

viduelle Sonderkonstruktion vorab zu überprüfen. Mit diesem virtuellen Modell sind umfangreiche Berechnungen und Änderungen durchführbar, bis alle Anforderungen für eine zuverlässige Funktion erfüllt sind.

LEBENSDAUER WIRD AM VIRTUELLEN MODELL BERECHNET

Die Armaturen sollen nicht nur bei der Auslieferung einwandfrei funktionieren, sondern auch noch nach 50 Jahren, wenn sie beispielsweise jeden Tag fünfmal geöffnet und geschlossen wurden und jeweils Drücke von rund 40 bar bewältigen mussten. Folglich ist die Optimierung des Widerstandsbeiwertes mittels der Strömungsanalyse nur ein Aspekt der Auslegung, die Absicherung der angestrebten Lebensdauer ein anderer. Für beide Anforderungen liefern die verschiedenen Simulationen entscheidende Informationen in Bezug auf die Funktionsweise der Armaturen und deren physikalisches Verhalten. Sowohl die Berechnung der Lebensdauer gemäß der FKM-Richtlinie als auch viele andere Vorschriften und einschlägige Richtlinien zur Bewertung werden berücksichtigt, beispielsweise der ASME-Code auf dem US-amerikanischen Markt.

Für die kleineren Nennweiten bis zu 400 Millimetern steht in Mannheim ein Prüfstand zur Verfügung. Nach der Einführung von ANSYS Discovery AIM wurden dort die Simulationsergebnisse intensiv mit den Testresultaten des Prüfstandes verglichen, wobei eine hohe Übereinstimmung festgestellt wurde. Abschließend erklärt Bastian Baumann: „Wir wissen, wir sind auf dem richtigen Weg und haben durch eine Vielzahl von Simulationen erfahren, wie die Auslegung von Armaturen am besten angepackt wird. Wir kennen die Bereiche, in denen Optimierungspotenzial steckt, und nutzen es möglichst umfassend.“

Autoren

DIPL.-ING. (FH), M. A. GERHARD FRIEDERICI

CADFEM GmbH
70771 Leinfelden-Echterdingen
Tel: +49-(0)711-990 745-0
info@cadfem.de

BASTIAN BAUMANN (M. SC. MASCHINENBAU)

VAG GmbH
68305 Mannheim
Tel: +49-(0)621-749-1914
info@vag-group.com