

REFURBISHMENT VON BESTANDSANLAGEN

Jürgen SCHIFFER¹, Helmut BENIGNI¹, Helmut JABERG¹

Inhalt

Der Beginn der Nutzung der Wasserkraft zur Stromerzeugung im großen Stil geht zurück bis zum Ende des 19. Jahrhunderts. Die ersten Großkraftwerke mit Leistungen von bis zu 10 MW wurden um das Jahr 1900 errichtet. Zur Erschließung der Wasserkraft wurden zu dieser Zeit überwiegend Francis- und Peltonturbinen, später auch axial durchströmte Propellerturbinen eingesetzt. Da die für verhältnismäßig kleine Fallhöhen und verhältnismäßig hohe Durchflüsse heute übliche Kaplan turbine erst später erfunden wurde, kamen zudem auch Francis-Zwillingsmaschinenätze zum Einsatz, welche heute aufgrund ihrer Baugröße und Komplexität nicht mehr verwendet werden.

Viele der im vergangenen Jahrhundert errichteten Wasserkraftanlagen haben heute das Ende ihrer Lebensdauer erreicht. Im Zuge von umfangreichen Refurbishment-Maßnahmen müssen Regler, Generatoren, Lager, Dichtungen, Leitapparate und Laufräder generalüberholt und auf den neuesten Stand der Technik gebracht werden. Die Betriebserfahrung von Wasserkraftwerken zeigt aber auch, dass Refurbishment-Tätigkeiten teilweise auch bei neueren Anlagen umgesetzt werden müssen. Die Gründe hierfür sind vielfältig. Geänderte Rahmenbedingungen im Betrieb, Kavitationsprobleme die zur Notwendigkeit laufender Aufschweißarbeiten führen, Schwingungsprobleme im Off-Design-Betrieb oder schlichtweg eine schlechte Auslegung können dazu führen, dass umfangreiche Erneuerungen schon nach einer Betriebszeit von wenigen Jahrzehnten erforderlich sind.

Das Refurbishment von Bestandsanlagen ist heute ein großes Thema. Zum einen kann dadurch der Betrieb von veralteten Wasserkraftanlagen über weitere Jahrzehnte sichergestellt werden. Zum anderen können auch Maßnahmen zur Erhöhung der Anlageneffizienz eingebracht werden. Aufgrund der steigenden Anzahl von Erfahrungswerten, den Einsatz von immer verlässlicher werdenden Auslegungswerkzeugen sowie den laufenden Weiterentwicklungen im Bereich der numerischen Strömungssimulation (auch CFD-Berechnung) und der automatisierten Optimierung gelingt es heute, Laufraddesigns zu entwerfen, die die Effizienz und das Betriebsverhalten von Wasserkraftwerken entscheidend verbessern können.

Durch den verhältnismäßig einfach zu bewerkstellenden Austausch des Laufrads und gegebenenfalls auch der Leitschaufeln können nachweislich deutliche Wirkungsgrad-steigerungen erreicht werden. Gelingt es zudem, den Wirkungsgradverlauf ideal an die tatsächliche Wasserführung anzupassen, so lässt sich das Jahresarbeitsvermögen von Bestandsanlagen sogar um mehrere Prozentpunkte erhöhen. Abhängig vom Strompreis können sich solche Vorhaben schon innerhalb weniger Jahre amortisieren, was für Investitionen im Bereich der Wasserkraft nicht alltäglich ist.

Anhand von drei Fallstudien, die im Laufe der letzten Jahre am Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen der Technischen Universität Graz bearbeitet wurden, kann die erfolgreiche Umsetzbarkeit der oben genannten Maßnahmen dokumentiert werden.

Im Bereich der Kleinwasserkraft kann vor allem die Hydraulikoptimierung für einen rumänischen Kraftwerkspark, der 2008 von der WienEnergie übernommen wurde, herausgehoben werden. Der gesamte Kraftwerkspark, der insgesamt über 31 Einzelturbinen mit einer Maximalleistung von jeweils etwa 300 kW verfügt, ist durchgängig mit nahezu baugleichen, einfach geregelten Kaplan-S-Turbinen ausgestattet, die in den 1960er-Jahren von einem lokalen Hersteller gefertigt wurden. Nach der Übernahme der Wasserkraftwerke stellte sich heraus, dass das tatsächlich erreichte Jahresarbeitsvermögen deutlich unter den Erwartungen lag. Um die Anlageneffizienz zu erhöhen, wurde am Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen eine neue Leit- und Laufschaufelhydraulik entwickelt. Am Beispiel des Kraftwerksstandorts Branesti konnte durch eine Erhöhung der Leitschaufelkrümmung sowie durch eine Anpassung der Laufschaufelgeometrie der Spitzenwirkungsgrad einer Einzelturbine von ursprünglich 80 % auf 88 % erhöht werden.

¹ Technische Universität Graz, Institut für Hydraulische Strömungsmaschinen (HFM), Kopernikusgasse 24/IV, 8010 Graz, Tel.: +43 316 873-7573, Fax: +43 316 873-7577, juergen.schiffer@tugraz.at, www.hfm.tugraz.at

Der Nachweis der Wirkungsgradsteigerung wurde nicht nur unter Zuhilfenahme der numerischen Strömungssimulation, sondern auch durch eine Anlagenmessung erbracht. Seit mittlerweile bereits einigen Jahren sind die neu entwickelten Turbinen zur Zufriedenheit des Betreibers erfolgreich in Betrieb.

Im Bereich der Modernisierung von historischen Kraftwerksanlagen kann als Beispiel die Kraftwerksanlage Meitingen in Bayern erwähnt werden. Das Kraftwerk verfügt über 3 baugleiche Zwilling-Francis-Turbinen in Schachtbauweise und wurde 1922 in Betrieb genommen. Maschinen wie diese würden heute als klassische Kaplan-Turbine ausgeführt. Im Zuge einer Modernisierung sollten aus Wirtschaftlichkeitsgründen lediglich die Laufräder getauscht werden, wobei durch ein verbessertes Laufrad-Design sowie einer Erweiterung des Betriebsbereiches in Vollast eine Leistungssteigerung von zumindest 10 % erreicht werden sollte. Durch eine CFD-basierte Optimierung des Laufrades sowie eine verbesserte Betriebsführung konnte gezeigt werden, dass die Jahresarbeit des Kraftwerks um bis zu 14% gegenüber der Ausgangssituation mit den originalen Maschinensätzen erhöht werden kann.

Im Bereich von Großwasserkraftanlagen kann eine im Jahr 2015 abgeschlossene Machbarkeitsstudie für die Kraftwerke Kadincik I und II in der Türkei mit einer Ausbauleistung von 2 x 35 MW bzw. 1 x 56 MW erwähnt werden. Ziel war es, einerseits den moderaten Spitzenwirkungsgrad der beiden Anlagen zu verbessern und andererseits den Wirkungsgradverlauf an die aktuelle Fallhöhe, welche sich aufgrund der Errichtung eines Unterwasserbeckens im Laufe der Jahre geändert hatte, anzupassen. Des Weiteren sollten durch ein neues Laufrad-Design Kavitationsprobleme der Turbinen beseitigt werden, die seit der Inbetriebnahme der Kraftwerke in den 1980er-Jahren bekannt sind, jedoch nicht in den Griff bekommen werden konnten. Unter Beibehaltung der Turbinenhauptabmessungen konnte durch eine Kombination von optimiertem Leitapparat und Laufrad eine Wirkungsgradsteigerung von mehreren Prozentpunkten erreicht, sowie ein kavitationssicheres neues Laufschaufel-Design gefunden werden.

Die im Zuge der drei Fallstudien erarbeiteten Ergebnisse zeigen, dass es unter Zuhilfenahme verbesserter Designwerkzeuge sowie der numerischen Strömungssimulation möglich ist, mit verhältnismäßig geringem Aufwand optimierte Turbinenhydrauliken für Bestandsanlagen zu entwickeln. Darüber kann durch Anlagenmessungen belegt werden, dass die prognostizierten Effizienzsteigerungen verlässlich erreichbar sind.