Wasserkraftprojekte Band II

Stephan Heimerl
Herausgeber

Wasserkraftprojekte Band II

Ausgewählte Beiträge aus der
Fachzeitschrift WasserWirtschaft

Springer Vieweg

Herausgeber

Stephan Heimerl
Leinfelden-Echterdingen, Deutschland

ISBN 978-3-658-07728-0

ISBN 978-3-658-07729-7 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-658-07729-7

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Lektorat: Dr. Daniel Fröhlich, Pamela Frank

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Dr.-Ing. Stephan Heimerl

Chefredakteur der Fachzeitschrift WasserWirtschaft,
Stuttgart

Wasserkraft – noch immer eine innovationsfähige Technologie!

In zahlreichen aktuellen Studien zur künftigen Entwicklung in der Energieversorgung ergibt sich für die Wasserkraft vielfach folgendes Bild: Bei der Wasserkraft handelt es sich zum einen um eine ausgereifte Technologie, mit der seit langem wirtschaftlich Strom erzeugt wird. Gleichzeitig ist aber zum anderen das Potenzial dieses Energieträgers in den deutschsprachigen Ländern bereits weitestgehend ausgeschöpft. Zur Zukunft der Wasserkraft werden dabei in der Regel die derzeit genutzten Potenziale und die unter gewissen Randbedingungen noch weiter nutzbaren Wasserkräfte unter Bezugnahme auf die wesentlichen bekannten Ausarbeitungen aufgeführt.

Die Realität bei der Nutzung der Wasserkraft zur Stromerzeugung ist jedoch weitaus differenzierter, so dass ihr eine derartig vereinfachte Darstellung sicherlich nicht gerecht werden kann. Diese Anlagen haben bemerkenswerte und wichtige Vorzüge, die innerhalb des Verbundnetzes von großer Bedeutung sind. Somit ist notwendig, die derzeitige Nutzung ohne wesentliche Einschränkungen zu erhalten und die durchaus noch vorhandenen Potenziale und Entwicklungsmöglichkeiten der Wasserkraft in Deutschland, Öster-

reich und der Schweiz sowie darüber hinaus optimal zu erschließen.

Dabei gibt es sowohl beim Bau als auch dem Betrieb von Wasserkraftanlagen eine Reihe von Hemmnissen nicht zuletzt auch infolge des komplexen Rechtsrahmens: Neben den üblichen Festlegungen und wasserrechtlichen Auflagen haben Wasserkraftanlagenbetreiber vielfach noch weitere öffentlich-rechtliche Aufgaben zu erfüllen, die häufig einen spürbaren Wettbewerbsnachteil gegenüber anderen Energieträgern bedeuten und der die Wirtschaftlichkeit der Standorte belastet. Hinzu kommen zahlreiche Restriktionen aus der in nationalstaatliches Recht umgesetzten Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und der daraus abgeleiteten Maßnahmenprogramme, dem Erneuerbare-Energien-Gesetz in Deutschland und den parallelen Einspeisegesetzen in anderen Staaten sowie mannigfaltigen anderen Regularien.

Doch ist die Wasserkraft tatsächlich schon „am Ende des Machbaren“ angelangt? - Die Antwort ist eigentlich eindeutig: Sicherlich nicht!

Wenngleich die Wasserkraft eine der ältesten Techniken zur Gewinnung von mechanischer und auch elektrischer Energie in größerem Stil dar-

stellt, so waren immer wieder findige Geister zur Stelle, um diese Energieerzeugungsform mit neuen Ideen voranzubringen.

Ein Beispiel, von dem in diesem vorliegenden Buch ausgiebig mit mehreren Beiträgen berichtet wird, ist Viktor Kaplan, der 1913 sein wichtiges Patent für die nach ihm benannte Kaplan-Turbine eingereicht hat, um die Nutzung der Wasserkräfte voranzutreiben. Über sein Schaffen und Wirken auf dem Weg zur Umsetzung seiner ersten Ideen bis hin zu deren Nutzung in der Gegenwart berichten einige Beiträge in einem separaten Kapitel. Hierbei wird deutlich, welch innovativer Geist diesem Ingenieur inne wohnte, der heute mit seiner Beharrlichkeit und Standfestigkeit doch dahingehend als Vorbild dienen kann, dass man eine gute Idee trotz mancher Rückschläge weiter verfolgen sollte. Als Ansporn kann dabei auch dienen, dass man kritischen Anregungen offen bleibt und mit Gesprächspartnern das Erreichte diskutiert, um zu weiteren Entwicklungsstufen zu gelangen.

In ähnlicher Weise ist die Wasserkraft-Branche heute mit anderen Themen konfrontiert, bei denen sie Lösungen suchen muss und sicherlich auch noch weiter finden wird. Hierfür können unter anderem exemplarisch die Themenkomplexe des Fischeinfangs, des Fischschutzes und Fischabstieges sowie der Nutzung der Wasserkraft ohne durchgehende Querverbauungen genannt werden. Zu manchen Themen existieren bereits etliche Lösungen, zu anderen sind diese erst in Ansätzen vorhanden, da auch nicht immer das komplette Systemverständnis vorhanden ist und manches erst noch erforscht werden muss. Hiervon

zeugen die zahlreichen Beiträge der jüngsten Vergangenheit in diesem Buch.

Um diese und andere Fragestellungen sowie Entwicklungen voranzutreiben, waren und sind bis heute unabhängige Informations- und Wissensplattformen notwendig, über die neue Erkenntnisse an die Fachkreise in Wissenschaft und Praxis dauerhaft weitergegeben und vom Jungingenieur bis hin zum erfahrenen Senioringenieur reflektiert und aufgenommen werden.

Seit über 100 Jahren leistet dabei die Fachzeitschrift *WasserWirtschaft* einen wichtigen Beitrag zum fachlichen Austausch und Diskurs, indem seit jeher in dieser unabhängigen Fachzeitschrift innovative, zukunftsorientierte sowie qualitativ hochwertige Beiträge wiedergegeben werden, die die Fachkreise zu Diskussionen anregen sollen, mit dem Ziel, heute und morgen die jeweils beste Lösung finden zu können.

Nachdem der erste Band mit verschiedenartigen Beiträgen zum Themenkomplex der Wasserkraft aus der Fachzeitschrift *WasserWirtschaft* auf großes Interesse gestoßen ist, soll mit diesem Band II erneut ein Einblick in die Themenvielfalt in diesem Bereich gegeben werden, die in den letzten Jahren durch Veröffentlichungen angesprochen wurde. Abermals soll diese Zusammenstellung sowohl der Information dienen als auch den fachlichen Diskurs über die Wasserkraft und des zugehörigen Umfeldes anregen.

Dipl.-Ing. Peter Molinari

Vorstandsvorsitzender der Arbeitsgemeinschaft
Alpine Wasserkraft (AGAW), Zerne, Schweiz

Arbeitsgemeinschaft Alpine Wasserkraft - AGAW

Faszination Wasserkraft

Die Strommarktpreise tendieren seit geraumer Zeit nur noch nach unten. An einem durchschnittlichen Tag wird an der Strombörse in Leipzig eine Kilowattstunde noch für vier Euro-Cents oder weniger gehandelt und in Extremfällen geht der Preis in den Minusbereich. Das liegt deutlich unter den Gestehungskosten von so manchem bewährtem Wasserkraftwerk nicht nur in den Alpen. Kein Wunder, werden bereits begonnene Großprojekte, wie z. B. Lindt-Limmern oder Nant de Drance in der Schweiz, ohne viel Begeisterung und unter drastischen Sparmaßnahmen fertig gebaut und neue, baureife Projekte auf Eis gelegt. Für die Wasserkraft stehen karge Jahre bevor und die bei Wasserkraft-Sympathisanten für Besuche beliebten Großbaustellen dürften in Zukunft spärlich gestreut sein.

Dass der Marktwert und die soziale Akzeptanz der Wasserkraft sich in den vergangenen Jahrzehnten jedoch nicht linear auf dieses aktuelle Tief hin zu bewegt haben, sondern dass deren Entwicklung einer Berg- und Talfahrt gleicht, zeigt folgende Betrachtung:

Bis zur Mitte des letzten Jahrhunderts herrschte der große Wasserkraft-Boom. In dieser Periode wurden die meisten der großen Speicherkraftwer-

ke in den Alpen gebaut. Mit dem Aufkommen der Nuklearenergie geriet die Wasserkraft aus dem Fokus des Interesses, ja es wurde sogar prophezeit, dass mit der Kernenergie keine weiteren Flüsse für die Wasserkraft mehr verbaut werden müssten und viele sagten das Ende dieser Technologie voraus. Mit den ersten Reaktorunfällen kamen die Atomkraftwerke vermehrt in die Kritik und die Wasserkraft erlebte eine erneute Blütezeit. In den Neunzigerjahren des letzten Jahrhunderts ging die Angst um, dass die auf lange Sicht getätigten Investitionen in Wasserkraft wegen der bevorstehenden Strommarktöffnung nicht mehr abgeschrieben werden könnten – man sprach von „nicht abschreibbaren Investitionen“ oder NAI und kaum jemand war bereit, weiterhin in die Wasserkraft zu investieren. Mit dem Vollzug der ersten Marktöffnungen in Europa verfloß die Angst vor deren Auswirkungen und die rekordhohen Preise an den europäischen Strombörsen im ersten Jahrzehnt des laufenden Jahrhunderts verursachten einen neuen Höhepunkt für die Wasserkraft. In diese Periode fielen die Baumentscheide und z. T. Realisierungen großer Pumpspeicherwerke in den Alpen, so wie z. B. Kopswerk 2, Lindt-Limmern und Nant de Drance. Es können

mithin seit dem Bau des ersten Wasserkraftwerks vor ca. 130 Jahren bis heute mindestens je drei *Wasserkraft-Hochs und -Tiefs* gezählt werden.

Diese zyklische Entwicklung gibt Anlass zu Hoffnung: nach dem aktuellen Tief wird mit Bestimmtheit wieder einmal ein Hoch folgen.

Neben dem Feuer gehört die Wasserkraft zur ältesten vom Menschen zur Energieumwandlung angewendeten Technologie. Trotzdem wage ich die Behauptung, dass die zur Stromgewinnung aus Wasserkraft notwendigen Technologien zu jenen gehören, über welche bereits am meisten Literatur existiert und weiterhin produziert wird.

Unabhängig von wirtschaftlichen Überlegungen stimmt aber die Tatsache, dass die Wasserkraft trotz ihrer Jahrhunderte alten Tradition nach wie vor so viel ungetrübte sowohl technische als auch emotionale Faszination auszuüben vermag,

weitaus zuversichtlicher als das passive Warten auf ein nächstes Hoch.

Der vorliegende Band ist lebendiger Zeuge für diese Faszination, die auch in der AGAW besteht und gefördert wird. Es ist mir deshalb ein Anliegen, den Initianten dieses zweiten Bandes „Wasserkraftprojekte“ sowie den Autoren dafür zu danken, dass sie sich für den Erhalt und das Schüren dieser Faszination engagieren und dazu beitragen, dass das Know-how über die Wasserkraft erhalten und weiter entwickelt wird. Mit solchen Verbündeten hat die Wasserkraft noch lange nicht ihr letztes Wort gesprochen!

Inhaltsverzeichnis

Wasserkraft – noch immer eine innovationsfähige Technologie!	V
Faszination Wasserkraft	VII
Wasserkraftwerke und Architektur	1
Wasserkraftwerke und Architektur	2
Kaplan-Turbine	11
Viktor Kaplan und seine bahnbrechenden Erfindungen – Zum Andenken an das 100-jährige Jubiläum der Patenteinreichung	12
Viktor Kaplan – Höhen und Tiefen eines Erfinderlebens	22
Die Entwicklung der Kaplan-Turbine	43
Viktor Kaplan und seine Turbine bei Voith	53
Gegenwart und Zukunft der Kaplan-Turbine bei Andritz Hydro	64
Viktor Kaplan und sein in Brünn geschaffenes Werk	71
Potenziale	77
Wasserkraft in Baden-Württemberg – Stand und technische Entwicklungen	78
Simulation von Gezeitenströmungen zur Standortanalyse und Bestimmung vorhandener Potenziale	84
Die Bundeswasserstraßen als Energiespeicher – Potenzial und Herausforderungen	90
Umnutzung von Talsperren für die Energiewende	96
Ausnutzung des Wasserkraftpotenzials des Talsperrenbetriebes Sachsen-Anhalt unter Beachtung der hoheitlichen „Tätigkeit als Anstalt des öffentlichen Rechts“	102
Potenzialstudie für Pumpspeicherkraftwerke in Baden-Württemberg	109
GIS-basierte Standortsuche für Pumpspeicherwerke in Norwegen	117
Entwicklungen	123
Numerische Untersuchungen mit Telemac bei Wasserkraftanlagen – zwei Fallstudien	124
Wasserkraftpotential einfach und effizient nutzen: StreamDiver®-Technologie von Voith	134
Nutzung kleiner Fallhöhen – ein Beitrag aus Forschung und Entwicklung	141
Strömungsverhalten in wassergeschmierten Axial- und Radialgleitlagern	147
Betriebsbereiche und Wirkungsgrade der Wasserkraftschnecke	154

Betriebsarten von Wasserkraftschnecken	164
Experimentelle Untersuchungen an einem Wasserwirbel-Kraftwerk	172
Entwicklung kleiner Pumpturbinen – Vorteile eines modularen Ansatzes	182
Ride the Tide – Tidenturbinenforschung an der TU Berlin	189
Projekte	195
Die Wasserkraftanlage Leerstetten	
am Main-Donau-Kanal.....	196
Ausgangslage am neuen Wasserkraftwerk Rheinfelden	203
Neubau des Stauwehrs in Rheinfelden	211
Rohbau des Maschinenhauses Rheinfelden.....	218
Turbinen, Generatoren und Stahlwasserbau	
des neuen Wasserkraftwerks Rheinfelden	227
Elektro- und Leittechnik des neuen Wasserkraftwerks Rheinfelden	237
Nebenanlagen des neuen Wasserkraftwerks Rheinfelden.....	245
Inbetriebsetzung und Betrieb des neuen Wasserkraftwerks Rheinfelden	249
Rückbau der Altanlage Kraftwerk Rheinfelden	254
Bauperipherie beim neuen Wasserkraftwerk Rheinfelden	262
Entwurf des Pumpspeicherkraftwerks Lagobianco.....	271
Pumpspeicherkraftwerke	277
Pumpspeicherkraftwerke zwischen politischem Wunsch	
und ökonomischer Realität.....	278
Potenziale für Pumpspeicherkraftwerke: Studien für Thüringen	
und Baden-Württemberg	284
Das Rudolf-Fettweis-Werk in Forbach – Ein Pumpspeicherwerk auf dem Weg	
in die Zukunft.....	291
Ein Beitrag zur Druckstoßberechnung von Pumpspeichieranlagen	298
Alternatives Pumpspeicherkonzept in Form eines Unterflur-Lageenergiespeichers	
mit Sekundärspeicher	310
Pumpspeichieranlagen – Entwicklungsschritte im Rückblick und Ausblick	321
Chancen und Risiken untertägiger Pumpspeicherwerke in Steinkohlebergwerken	
im Ruhrrevier.....	330
Unterirdische Pumpspeicherwerke – eine Alternative?	336
Wirtschaftlichkeit von Pumpspeicherwerken am Spotmarkt	341
Tiefspeicherdimensionierung unterirdischer Pumpspeicherwerke –	
Numerische Modellierung	347

Ökologie und Rahmenbedingungen	355
Hochwasserschutz contra Wasserkraft – ein unlösbarer Konflikt?	356
Neubau der Wasserkraftanlage Willstätt mit Fischschutz und vollständiger Fischwechselanlage	362
Die fischfreundliche Turbine – ein innovativer Lösungsansatz	369
Wasserkraft und/oder Naturschutz? – Variantenuntersuchung zur Sanierung der Unteren Salzach	376
Bewirtschaftung alpiner Speicherkraftwerke unter Berücksichtigung klimatischer und wirtschaftlicher Veränderungen	385
Lenkungswirkung der Erneuerbare-Energien-Gesetze (EEG 2004 und 2009) für die ökologische Modernisierung von Wasserkraftanlagen – Ergebnisse einer Umfrage	392
Energieeffizienz in der Fernwasserversorgung am Beispiel der Landeswasserversorgung	400
Geschichte und Hintergrund des Protokolls zur Evaluierung der Nachhaltigkeit von Wasserkraftprojekten	412
Wozu ein freiwilliges Protokoll für Wasserkraft, wenn es doch Standards gibt?	421
Das Nachhaltigkeitsprotokoll für Wasserkraft aus Sicht des WWF	429
Motivation eines Lieferunternehmens zur Unterstützung und Messung von Nachhaltigkeit bei der Planung und Umsetzung von Wasserkraftprojekten	434
Anwendbarkeit des Protokolls zur Bewertung der Nachhaltigkeit von Wasserkraftwerken bei staatlichen Exportkreditgarantien	442
Erkenntnisse aus der ersten praktischen HSAP-Anwendung in Europa aus Sicht von E.ON	447
Fischschutz und Fischabstieg im Dialog – Forum „Fischschutz und Fischabstieg“	457
Fischschutz und Fischabstieg: Erfordernisse aus dem Blickwinkel eines Fischerei- und Naturschutzverbandes	465
Vorgehensweise zur Entwicklung von populationsunterstützenden Maßnahmen für die Fischarten am Inn in Oberbayern	474
Maßnahmen zur Förderung von Populationen bedrohter Fischarten am Inn (Oberbayern) im Rahmen des Gewässerunterhaltes	487
Maßnahmen zur Förderung von Fischpopulationen in Schwaben	500
Funktionskontrolle der Fischwechselanlagen am Main-Kraftwerk Kostheim	509
Durchgängigkeitskonzept Unstrut	520
Autorenverzeichnis	529