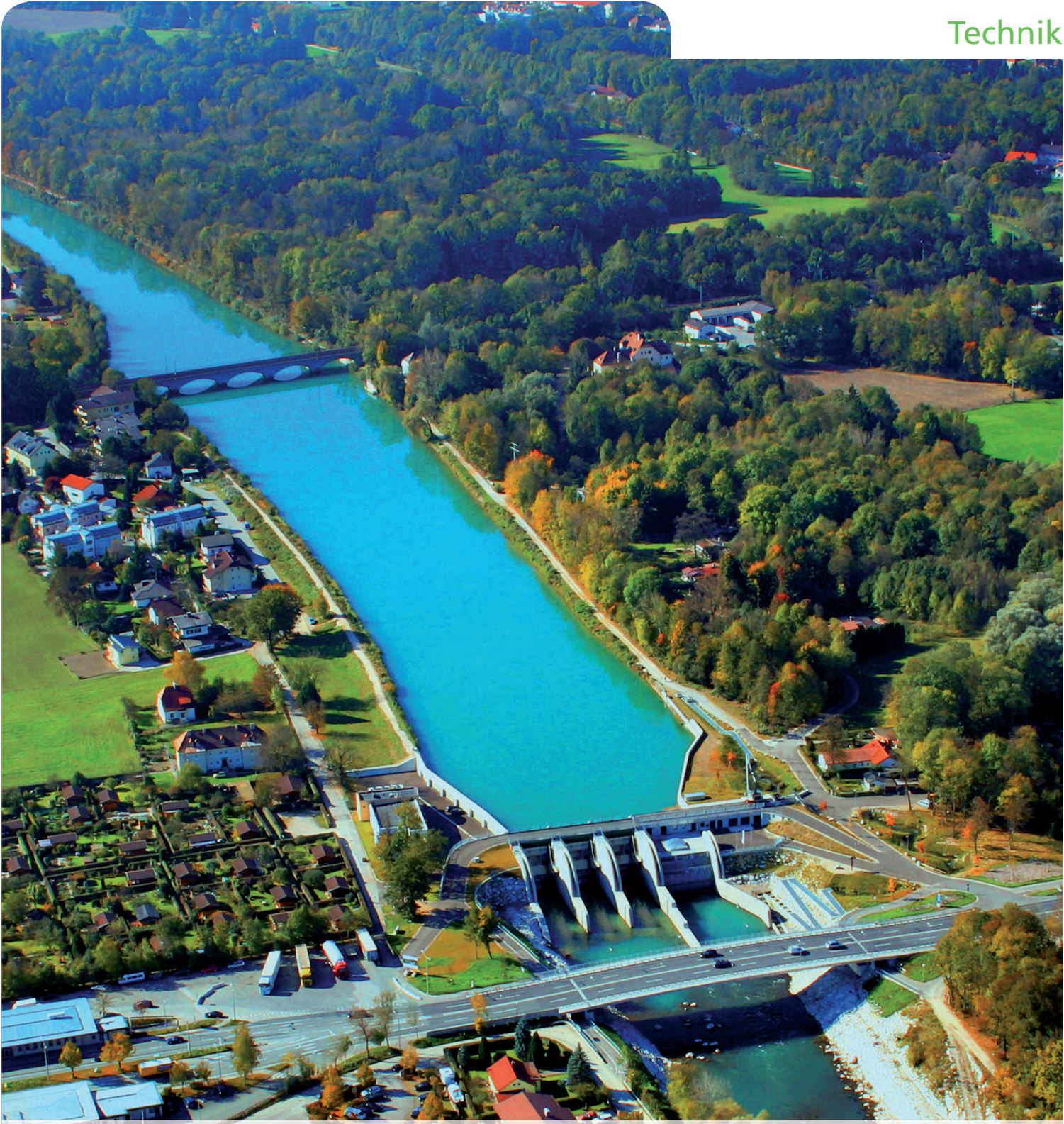


An aerial photograph of a wide river flowing through a lush, green forested area. A multi-arched bridge spans the river in the upper left. In the lower center, a large dam with multiple spillways is visible, with a road crossing over it. The surrounding landscape includes residential buildings, fields, and dense woods.

Martin Gschwandtner

Die Wasserkraftnutzung im Wandel der Zeit

Von den Wasserrädern bis zu den modernen Turbinen

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Coverbild: Wasserkraftwerk Rott-Freilassing an der Saalach. © Salzburg AG

Impressum:

Copyright © 2016 GRIN Verlag
ISBN: 9783656817536

Dieses Buch bei GRIN:

<https://www.grin.com/document/282027>

Martin Gschwandtner

Die Wasserkraftnutzung im Wandel der Zeit

Von den Wasserrädern bis zu den modernen Turbinen (2. überarbeitete Auflage)

GRIN - Your knowledge has value

Der GRIN Verlag publiziert seit 1998 wissenschaftliche Arbeiten von Studenten, Hochschullehrern und anderen Akademikern als eBook und gedrucktes Buch. Die Verlagswebsite www.grin.com ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

Besuchen Sie uns im Internet:

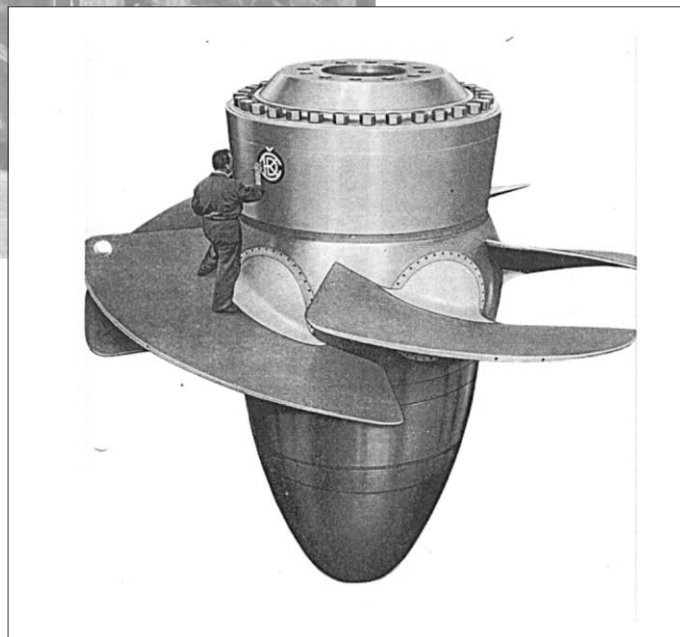
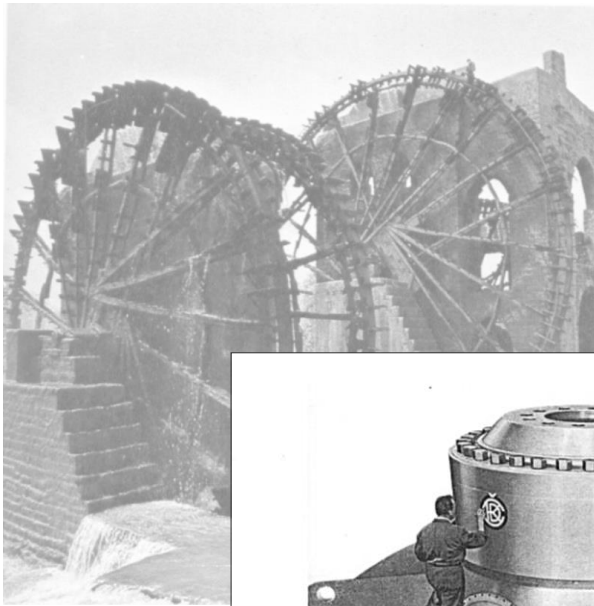
<http://www.grin.com/>

<http://www.facebook.com/grincom>

http://www.twitter.com/grin_com

Die Wasserkraftnutzung im Wandel der Zeit

Von den Wasserrädern bis zu den modernen Turbinen



Martin Gschwandtner

2. Auflage, 2016

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	4
2	Die Wasserkraftnutzung bis zur Kaplan turbine	5
	2.1 Wasser und Mythologie	5
	2.2 Vom Wasserrad zu den ersten Turbinen	8
	2.3 Die „Geburt“ der ersten Wasserturbine	11
	2.4 James Francis (1815-1892)	17
	2.5 Lester Pelton (1829-1908)	22
	2.6 Die ersten Turbinen mit drehbaren Laufschaufeln	29
	2.7 Pioniere der Wasserkrafttechnik	32
	2.8 Exkurs: Der Traum eines Wiener Hauslehrers	34
3	Viktor Kaplan	37
	3.1 Tabellarische Übersicht über seinen Lebenslauf	37
	3.2 Vorfahren	39
	3.3 Ergänzung zum tabellarischen Lebenslauf	40
	3.4 Stand der Wasserkraft-Technik am Beginn des 20.Jahrhunderts und der Weg zur Kaplan turbine	43
	3.5 Exkurs: Die spezifische Drehzahl	49
	3.6 Die erste Kaplan turbine im praktischen Einsatz	51
	3.7 Patentstreitigkeiten, Kavitation und endgültiger Durchbruch	52
	3.8 Erinnerungsorte	67
	3.8.1 Das Kaplandenkmal in Velm, Niederösterreich	67
	3.8.2 Der „blaue Tausender“	68

	3.8. 3 Das Kaplan-Mausoleum in Unterach, Oberösterreich	69
	3.8.4 Der Kaplan-Themenweg in Unterach	70
4	Historische Kraftwerke	72
	4.1 Das erste Unterwasserkraftwerk, USA 1907	72
	4.2 Das erste Unterwasserkraftwerk in Deutschland 1936	73
5	Neuere Bauarten von Flusskraftwerken	76
6	Sonderformen von Kaplan- und Propellerturbinen	81
	6.1 Die Deriaz turbine (Diagonalturbine)	81
	6.2 Kaplan turbine, System Reiffenstein	86
	6.3 Rohrturbine oder Horizontalturbine	91
	6.4 PIT-Turbine	91
	6.5 S-Turbine	92
	6.6 Getriebe-Rohrturbine	92
	6.7 Straflo-Turbine	92
7	Neuere Entwicklungen, eine Auswahl	94
	7.1 Matrix-Systeme und die Strafloturbine	94
	7.2 Die Lamellenturbine	95
	7.3 Die Wasserkraftschnecke	96
	7.4 Die Steffturbine	97
	7.5 Das KataMax-System	99
	7.6 Die DIVE-Turbine	99

8	Glossar und Allgemeines	101
	8.1 Begriffe und Kenngrößen	101
	8.2 Allgemeines (Diagramme)	104
	8.2.1 Einsatzbereiche der Francis-, Pelton- und Kaplan-turbinen	104
	8.2.2 Wirkungsgrade verschiedener Wasserkraftmaschinen	105
	8.2.3 Wirkungsgrad der Wasserkraftschnecke im Vergleich zu Turbinen und Wasserrädern	106
	8.2.4 Leistung eines unterschlächtigen Wasserrades	107
	8.2.5 Die Bauernmühle	108
	8.2.6 Der hydraulische Widder	111
9	Schluss	114
10	Quellen und Literatur	118
	10.1 Patentschriften	118
	10.2 Weitere Quellen und Literatur	118 124

1 Einleitung

Von der Antike über das Mittelalter bis in die frühe Neuzeit waren die Wasserräder die Hauptlieferanten mechanischer Energie zum Antrieb von Mühlen, Förderanlagen, Hämmern, Pumpen und vielen anderen Einrichtungen. Im 18. Jahrhundert befassten sich noch viele Techniker mit der Verbesserung von Wasserrädern. Diese konnten jedoch den steigenden Anforderungen nicht mehr genügen: Ihre Leistungen und Drehzahlen waren zu gering. Daher stieg der Druck auf die Techniker, leistungstärkere Maschinen zur Ausnutzung von Wasserkräften zu entwickeln.

Der Begriff Turbine (vom lat. Wort „turbo“ für „Kreisel“ abgeleitet) geht auf den Franzosen Claude Burdin zurück, der ihn 1822 erstmals verwendete. In Frankreich wurde damals ein Preis für die Entwicklung leistungsfähiger „Turbinen“ ausgesetzt. Ein Schüler von Burdin, Benoit Fourneyron (1802-1867) holte sich diesen Preis.

Er baute um das Jahr 1835 in St. Blasien im Schwarzwald eine Turbine von 30 KW Leistung bei einer Höhendifferenz von 108 Metern ein. St. Blasien wurde ein „Wallfahrtsort“ der Techniker und Fourneyron ein berühmter Mann.

Viele Techniker befassten sich seither mit der möglichst effizienten Nutzung der Wasserkraft und zahlreiche Erfindungen waren das Ergebnis ihrer Bemühungen. Die Krönung erfuhr die Entwicklungsreihe durch die Erfindungen der Francisturbine und der Peltonturbine im 19. Jahrhundert und der Kaplan-turbine im 20. Jahrhundert. Diese drei Turbinenarten decken erfolgreich bis zum heutigen Tage den Hauptanteil der Wasserkraftnutzung ab.

In der vorliegenden Abhandlung wird der Weg von den Wasserrädern bis zu den modernen Turbinen nachgezeichnet, wobei nicht nur auf die Sonderbauformen der Hauptturbinenarten eingegangen wird, sondern auch auf die beeindruckende Zahl von Neuentwicklungen, die insbesondere für Kleinkraftwerke in den letzten Jahren entstanden sind.

2 Die Wasserkraftentwicklung bis zur Kaplanmaschine

2.1 Wasser und Mythologie

Längst bevor das Wasser als Energiequelle genutzt wurde, spielte es in den religiösen Vorstellungen und in der Mythologie vieler Völker eine wichtige Rolle. Geister, Naturgottheiten und Dämonen verkörperten die Gewalt und Kraft des Wassers und hatten im Wasser auch ihre Wohnung. Die Hethiter kannten beispielsweise Ea, den Gott der Weisheit und der Wassertiefe. Die Griechen und auch die Römer verehrten ihre Flüsse als männliche Gottheiten, weil diese die Fruchtbarkeit des Landes erhöhten. In der Volksphantasie gab es unzählige Wassergeister, Sirenen und Nixen. Mit diesen Wassergeistern mussten sich die Techniker der Antike beim Bau von Maschinen zur Ausnutzung der Wasserkraft zwangsläufig anlegen. Kein Wunder, dass sogar die römischen Wassermüller als Zauberer galten und die Mühlen zu unheimlichen Orten wurden, immer bedroht von der schrecklichen Rache des missbrauchten Elements.¹

In der alten Eingangshalle des Salzburger Hauptbahnhofes befand sich die hier abgebildete allegorische Darstellung: Der Entwurf stammte vom Architekten Anton Wilhelm aus Frankenmarkt in Oberösterreich und zeigte einen Flussgott, sinnend am Ufer eines Flusses ruhend. Zusammen mit dem Laufrad einer Turbine und der Inschrift „Aurum ex Aquis“, also „Gold aus den Gewässern“, sollte offensichtlich das Handeln des Menschen im Einklang mit der Natur, repräsentiert durch die Gottheit, sowie Sinn und Wert der Wasserkraftnutzung im Dienste des Menschen, am Ort des Bahnhofes für den Betrieb der elektrischen Eisenbahn, symbolisiert werden.

¹ Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000. S. 78.



Bild 1: Allegorische Darstellung in der ehemaligen Eingangshalle des Salzburger Hauptbahnhofes: Wassergott mit Turbine. Muscheln als alte Symbole für Wasser, Geburt, Entdeckung und Erfindung.²

Von der Atmosphäre, die strömendes Wasser und dessen innige Verbindung mit der Landschaft ausstrahlt und die durch personifizierende Darstellungen vermittelt werden sollte, waren im Verlaufe der Jahrhunderte zahlreiche Forscher, Physiker, Mathematiker, Techniker und Handwerker besonders fasziniert.³

Wenn heute von Pionieren der Wasserkraftnutzung gesprochen wird, denken die meisten Menschen an James Francis, Lester Pelton und Viktor Kaplan, deren Turbinen es ermöglichen, weltumspannend die Kräfte des Wassers effizient zu nutzen. Insbesondere Kaplan stellte die Forderung auf, dabei immer mit der Natur und nie gegen die Natur zu arbeiten. Besonders seine Erfindung, die letzte der drei Hauptturbinenarten, hat es ermöglicht das bis dahin noch offene Feld, nämlich die Wasserkraft der Flüsse mit niedrigen Gefällen und großen Wassermengen, in besonders umweltfreundlicher und wirtschaftlicher Weise durch Umwandlung in elektrische Energie, dem Menschen nutzbar zu machen. Die Nutzung der

² Architekt Anton Wilhelm (1900-1984), Frankenmarkt 1950. Anton Wilhelm war Absolvent der Meisterklasse der Akademie der bildenden Künste in Wien bei Prof. Peter Behrens. Aufnahme: Foto Gruber, Salzburg 1992.

³ Lechner, Alfred: Viktor Kaplan. In: Österreichisches Forschungsinstitut für Geschichte der Technik in Wien (Hrg.), Sonderausgabe aus: Blätter für Geschichte der Technik, drittes Heft, (1936), Heft 3, S. 15- 73. Wien 1936, S. 11.

Wasserkraft hat eine mehrtausendjährige Geschichte. Schon vor etwa 5.000 Jahren gaben die Erfordernisse der Landwirtschaft den Anstoß, nicht nur Fische, sondern auch Energie aus dem Wasser zu ernten. Wasserschöpfräder nahmen dem Menschen in dieser Frühzeit die Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen ab. Wasserräder sind die ältesten und einfachsten Wasserkraftmaschinen, die sich in vereinzelter, praktischen Anwendungen bis heute erhalten haben. Allerdings haben Wasserräder für die wirtschaftliche Nutzung des Wasserangebotes einen zu schlechten Wirkungsgrad und für moderne Anwendung zu niedrige Leistungen und Drehzahlen.⁴ Literarische Zeugnisse der Wasserkraftnutzung haben unter anderen der griechische Dichter Antipatros von Thessaloniki (104-43 v. Chr.), der griechische Geograph Strabo (63-20 v. Chr.) und insbesondere der Ingenieur, Architekt und Schriftsteller Vitruv (Marcus Vitruvius Pollio, 55 v. Chr.- 14 n. Chr.) mit seinem großen Werk „10 Bücher über Architektur“⁵ hinterlassen. Im zehnten Buch, Kapitel 5, berichtet er über Schöpfräder, Bewässerungsanlagen und Wassermühlen.⁶ In jüngster Zeit hat Alois Brandstetter mit seinem Roman „Die Mühle“, u. a. den Kampf der Müller mit dem Wasser im Verlauf der Geschichte eindrucksvoll geschildert.⁷

Im Folgenden soll die Entwicklung der Wasserkraftnutzung bis zu den ersten Turbinen im 19. Jahrhundert, den weiteren Entwicklungsschritten bis zu jenen drei Haupt-Turbinenarten, die heute den größten Teil der Wasserkraftnutzung abdecken, die Francis-, die Pelton- und die Kaplan turbine, dargestellt werden. Der letzteren in dieser Reihe, der Kaplan turbine und ihrem Erfinder soll dabei ein besonderes Augenmerk geschenkt werden. Denn die Kaplan turbine erlaubte erstmals die effiziente Nutzung des Wassers der Flüsse, weil sie für geringe Gefälle bei großen und auch schwankenden Wassermengen besonders geeignet ist und die nötige hohe Drehzahl für den Antrieb von elektrischen Generatoren ohne Zwischenschaltung von Übersetzungsgetrieben erreicht.

⁴ König, Felix von: Bau von Wasserkraftanlagen. Karlsruhe 1985, S. 214- 218.

⁵ Vitruv: DE ARCHITECTURA LIBRI DECEM, zehn Bücher über Architektur. Übersetzt und durch Anmerkungen und Zeichnungen erläutert von Dr. Franz Reber. Wiesbaden 2004, nach der Ausgabe Berlin 1908, S. 351- 356.

⁶ Matschoß, Conrad: Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik. 2. Aufl. München, Berlin 1938, S. 22-25. Vergl. Moosleitner, Fritz: Vorwort in: Schalk, Eva Maria: Die Mühlen im Land Salzburg. Salzburg 1986.

⁷ Brandstetter, Alois: Die Mühle. München 1981, S. 64- 69.

Zusätzlich werden neue Entwicklungen von Turbinen und Kraftwerkskonzepten, insbesondere für die immer mehr an Bedeutung gewinnenden Kleinkraftwerke besprochen.

2.2 Vom Wasserrad zu den ersten Turbinen

Über viele Jahrhunderte seit der Antike dominierte das Wasserrad in seinen verschiedensten Ausführungen zum Antrieb von Mühlen, Bewässerungen, Bewetterungen (Lüftung) in Bergwerken, Sägewerken, Hämmern, Förderanlagen, Walk- und Stampfwerken u.a. Die vielen kleinen Wasserradanlagen waren der Hauptlieferant mechanischer Energie für die gewerbliche Wirtschaft des Mittelalters und der frühen Neuzeit. Von der Brückenmühle in Konstanz ist überliefert, dass sie 13 Mahlgänge, ein Sägewerk, eine Schleiferei, eine Schmiede und eine Walke besaß, die jeweils durch eigene Wasserräder angetrieben wurden.⁸ Besonders mit Georgius Agricola (1494-1555) hatte sich im 16. Jahrhundert in Verbindung mit dem Bergbau eine neue Entwicklung des Einsatzes von Wasserrädern angebahnt.⁹

Wenn die Dampfkraft meist als die Mutter der Industrialisierung bezeichnet wird, darf man nicht übersehen, dass auch die Wasserkraft eine entscheidende Rolle bei der Entstehung industrieller Betriebe, z.B. der Textilfabriken gespielt hat. So ließ Richard Arkwright seine Spinnmaschine von 1769 über Riemen von einem Wasserrad antreiben, weshalb das von ihr erzeugte Garn auch als „Wassergarn“ bezeichnet wurde.

Im 18. Jahrhundert befassten sich noch viele Techniker damit, die Leistungsfähigkeit und die Wirkungsgrade von Wasserrädern zu verbessern.

Der englische Techniker John Smeaton (1724-1792) stellte 1759 fest, dass mit einem unterschlächtigen¹⁰ Wasserrad maximal nur 22 % und mit overschlächtigen Wasserrädern jedoch etwa 60 % der im Wasser steckenden Energie ausgenutzt werden können.¹¹

Der Schweizer Physiker und Mathematiker Daniel Bernoulli schrieb 1787 sein Hauptwerk „Hydrodynamica“, in dem er die Grundlagen der Erforschung der

⁸ Ossberger Turbinenfabrik: Wasserkraft aus Weissenburg. O.J. S. 2.

⁹ König, Felix von: Bau von Wasserkraftanlagen. Karlsruhe 1985, S. 16.

¹⁰ Die Bezeichnung „schlächting“ kommt vom Aufschlagen des Wassers auf die Schaufeln.

¹¹ Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit, (wie Anm. 1), S. 102.