



**Martin Gschwandtner**

# Kaplanturbinen und deren Sonderformen

Die schnellsten Energie-Erntemaschinen für Flüsse

**Fachbuch**



# BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei [www.GRIN.com](http://www.GRIN.com) hochladen  
und kostenlos publizieren



## **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 Verlegers. 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 Werfen/Pfarrwerfen an der Salzach, Pongau, Bundesland Salzburg, Österreich. Blick von der Oberwasserseite nach Norden auf die Burg Hohenwerfen. Das Kraftwerk ist mit zwei Kaplan-Rohrturbinen mit einer Nennleistung je 8.000KW und einem Durchfluss von je 100 m<sup>3</sup>/s bei 9,15m Gefälle ausgerüstet. Die Jahreserzeugung beträgt rund 76 Millionen KWh. Die Anlage wurde im Jahre 2009 in Betrieb genommen.

Copyright © SalzburgAG/Marco Riebler

## **Impressum:**

Copyright © 2019 GRIN Verlag  
ISBN: 97833346065315

## **Dieses Buch bei GRIN:**

<https://www.grin.com/document/505810>

**Martin Gschwandtner**

# **Kaplanturbinen und deren Sonderformen**

**Die schnellsten Energie-Erntemaschinen für Flüsse**

## **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](http://www.grin.com) ist die ideale Plattform zur Veröffentlichung von Hausarbeiten, Abschlussarbeiten, wissenschaftlichen Aufsätzen, Dissertationen und Fachbüchern.

### **Besuchen Sie uns im Internet:**

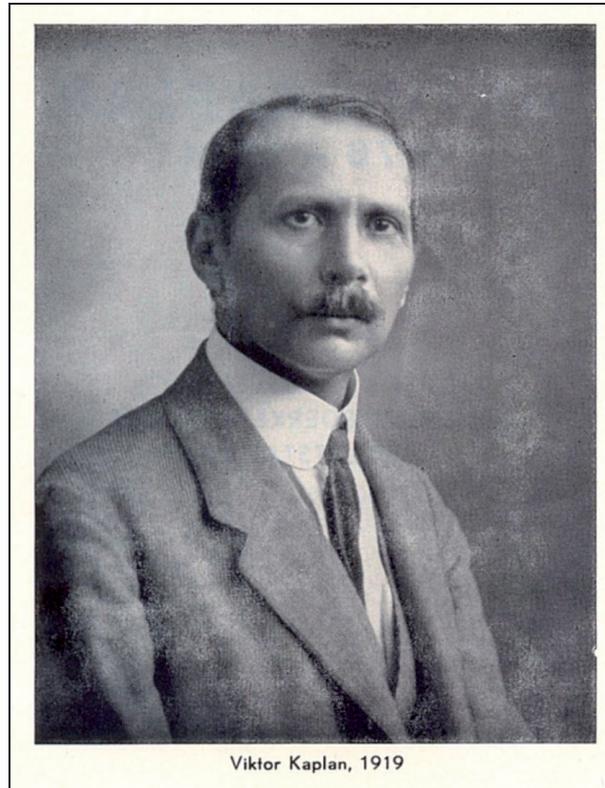
<http://www.grin.com/>

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

[http://www.twitter.com/grin\\_com](http://www.twitter.com/grin_com)

# Kaplanturbinen und deren Sonderformen

Die schnellsten Energie-Erntemaschinen für Flüsse



Viktor Kaplan  
(1876 -1934)

Martin Gschwandtner  
Hof bei Salzburg 2019

## Vorwort

Das vorliegende Buch beruht im Wesentlichen auf der Dissertation: „Aurum ex Aquis. Viktor Kaplan und die Entwicklung zur schnellen Wasserturbine“ aus dem Jahre 2006, in der die Geschichte der Wasserkraftnutzung, vor allem aber das Leben und das Lebenswerk Viktor Kaplans behandelt wurde. Erstmals veröffentlicht wurde diese Arbeit im Buch „Gold aus den Gewässern, Viktor Kaplans Weg zur schnellsten Wasserturbine“ München, Ravensburg 2007. Dort wurden die Ergebnisse der o.a. Arbeit nicht nur für Techniker, sondern auch für alle, die an der Energiegewinnung aus Wasserkraft interessiert sind zusammengefasst. Dabei konnte der technische Teil kürzer gehalten und dafür die Geschichte des Kaplanlandsitzes Rochuspoint in Unterach am Attersee zusammen mit Auszügen aus den Gästebüchern eingefügt werden. In den mit farbigen Bildern ausgestatteten Auflagen 2011 und 2015 im A4-Format konnten die Erfindungsgeschichte der Propellerturbinen und die Sammlung der Dokumente ergänzt, sowie der im Jahre 2008 in Unterach eröffnete große Kaplan-Themenweg vorgestellt werden. In der nun vorliegenden, überarbeiteten Auflage 2019 finden sich u.a. auch zusätzliche Kurzbiographien von Franz Lawaczeck, Paul Deriaz und Manfred Reiffenstein, von drei Turbinenerfindern, deren Persönlichkeiten und Arbeiten es Wert sind, aus dem Dunkel des Vergessens wieder ans Tageslicht der Technikgeschichte gebracht zu werden.

Ich bedanke mich bei allen Personen, Institutionen und Auskunftstellen, die mir bei den umfangreichen Recherchen behilflich waren. Dem Diplomica-Verlag sage ich ebenfalls besten Dank für die gute Zusammenarbeit zum Gelingen dieser Ausgabe.

Martin Gschwandtner

Oktober 2019

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort		
<b>1. Einleitung</b>		<b>6</b>
	1.1 Relevanz des Themas	6
	1.2 Technische Entwicklung	7
	1.2.1 Einzelerfindung	7
	1.2.2 Mehrfacherfindung	11
	1.2.3 Die Biographie in der Technikgeschichte	15
<b>2</b>	<b>Der Weg zur Kaplanmaschine</b>	<b>17</b>
	2.1 Einleitung	17
	2.2 Die Wasserkraftnutzung im Wandel der Zeit	18
	2.2.1 Wasser und Mythologie	18
	2.2.2 Vom Wasserrad zu den ersten Turbinen	21
	2.2.3 Die „Geburt“ der ersten Wasserturbine	24
	2.2.4 James Francis (1815- 1892)	30
	2.2.5 Die Idee der drehbaren Laufschaufeln	35
	2.2.6 Erfinden, statt Gold suchen: Lester Pelton	37
	2.2.7 Exkurs: Der Traum eines Wiener Hauslehrers	46
<b>3</b>	<b>Viktor Kaplan</b>	<b>49</b>
	3.1 Übersicht über seinen Lebenslauf	49
	3.1.1 Vorfahren von Viktor Kaplan	52
	3.1.2 Vorfahren von Margarete Kaplan	53
	3.2 Vom Kind zum Manne: Schulen, Studium, Militär	54
	3.3 Der Schritt in die Praxis	67
	3.3.1 Leobersdorf	67
	3.3.2 Brünn	69

	3.4 Von der Francisturbine zur Kaplan turbine	74
	3.4.1 Schneller, immer schneller !	74
	3.4.2 Die Geburtsstätte der Kaplan turbine	79
	3.4.3 Theorie und Praxis, mit dem Turbinenlabor zum Erfolg	82
	3.4.4 Das Turbinenlabor an der DTH Brünn	84
	3.4.5 Schnellläufigkeit und die Geburtsurkunde der Kaplan turbine	104
	3.4.6 Die ersten Kontakte mit der Industrie	107
	3.4.7 Turbulente Zeiten mit Lizenzen und Kontroversen	113
	3.4.8 Die „Turbinenvereinigung“ oder das „Anti-Kaplan-Syndikat“	115
	3.5 Die erste Kaplan turbine im praktischen Einsatz	127
	3.5.1 Der Erfolg in Velm	127
	3.5.2 Voith: Der „Canossagang“ zum neuen „Turbinenpapst“	136
<b>4</b>	<b>Das Unternehmen Ignaz Storek in Brünn</b>	143
	4.1 Die Erfolgsformel: Kaplan + Storek = Synergie	143
	4.2 Familien- und Unternehmensgeschichte im Überblick	146
<b>5</b>	<b>Patente, Patentstreitigkeiten, technische Probleme</b>	162
	5.1 Kurzer Exkurs in das Patentrecht	162
	5.2 Eine Auswahl aus den wichtigsten Patenten Kaplans	171
	5.2.1 Kreiselmaschinen, Laufschaufelregulierung, Laufräder	171
	5.2.2 Saugrohre (Düsen, Rohrkrümmer)	175
	5.3 Patentstreitigkeiten	176
	5.3.1 Die ersten Einsprüche und der Fall Hans Baudisch	176
	5.3.2 Der Fall Robert Honold	179
	5.3.3 Der Fall Oskar Poebing	185
	5.3.4 Der Patentstreit mit Franz Lawaczeck und mit der Fa. Schichau	188
	5.3.5 Der Aufbruch in der Zeit nach Velm	193

	5.3.6 Die Verträge von Kaplan mit der Firma Storek	195
	5.3.7 Die Turbinenlieferungen von Storek	196
	5.3.8 Kavitation: Das Drama begann am Isonzo	199
<b>6</b>	<b>Das größte Kaplandenkmal: Die Donaukraftwerke</b>	214
	6.1 Die Vorgeschichte der Wasserkraftnutzung der Donau	214
	6.2 der Weg nach Persenbeug	218
	6.2.1 Der Ausbau der Donau	218
	6.2.2 Arno Fischer und das „Unterwasserkraftwerk“	223
	6.2.3 Schnittbilder von Turbinenanlagen der Donaukraftwerke	232
<b>7</b>	<b>Überblick über die Stromerzeugung aus Wasserkraft</b>	237
	7.1 Energie - Verbrauchswerte der Welt und Österreichs	237
	7.2 Die Wasserkraftenergie eines Flusses	242
<b>8</b>	<b>Die Finanzen Kaplans</b>	243
	8.1 Die Einnahmen aus Patentrechten	243
	8.2 Einkommen als Hochschullehrer	245
<b>9</b>	<b>Viktor Kaplan aus verschiedenen Blickwinkeln</b>	247
	9.1. Viktor Kaplan als Wohltäter seiner Mitmenschen	247
	9.2 Geschichten und Legenden, Lustiges und Boshafes	249
<b>10</b>	<b>Viktor Kaplans letzter Wille</b>	254
<b>11</b>	<b>Kurzbiographien wichtiger Persönlichkeiten</b>	255
	11.1 Freunde und Förderer	256
	11.2 Gegner und Verhinderer	275
<b>12</b>	<b>Geschichte und Gäste des Kaplan-Landsitzes</b>	286
	12.1 Einleitung	286
	12.2 Lage des Landsitzes Rochuspoint	287
	12.3 Herkunft des Namens des Landsitzes	291

	12.4 Vom Bauerngut zum Landsitz Rochuspoint	293
	12.5 Die Villa Rosenmann	298
	12.6 Gäste auf Rochuspoint	300
<b>13</b>	<b>„Erinnerungsorte“</b>	330
<b>14</b>	<b>Sonderformen der Kaplannturbine</b>	353
<b>15</b>	<b>Schluss</b>	366
<b>16</b>	<b>Quellen und Literatur</b>	373
	16.1 Patentschriften	373
	16.2 Literatur	373
	16.2.1 Schriften von Viktor Kaplan	373
	16.2.2 Schriften anderer Verfasser	375
<b>17</b>	<b>Glossar</b>	394
	17.1 Ausführungsarten von Flusskraftwerken	394
	17.2 Begriffe und Kenngrößen	396
<b>18</b>	<b>Verzeichnis der Bilder</b>	398 -404

# 1 Einleitung

## 1.1 Relevanz des Themas

Bis zum Erscheinen des Buches „Gold aus den Gewässern -Viktor Kaplan und die Entwicklung zur schnell laufenden Wasserturbine“ im Jahre 2007, 73 Jahre nach dem Ableben des großen Erfinders, war er und sein Lebenswerk hinsichtlich einer eingehenderen wissenschaftlichen Veröffentlichung, ein brachliegendes großes Feld, das lange schon darauf wartete, beachtet zu werden. Was immer die Gründe für dieses erstaunliche Desiderat gewesen sein mochten, Viktor Kaplan und sein Lebenswerk stellen immer wieder ein faszinierendes Thema dar, das nun in der vorliegenden, ergänzten Auflage 2019 wieder einem interessierten Leserkreis angeboten werden soll. Kaplans beruflicher Lebensweg, vor allem seine Bemühungen, bereits vorhandene Turbinenkonstruktionen zu verbessern, bis zur Krönung seines Lebenswerkes, der Erfindung der Propellerturbine mit verstellbaren Schaufeln und deren Verbreitung über die ganze Erde, sind das Thema dieser Arbeit. Dieses erscheint deshalb besonders wichtig, weil gerade Kaplanturbinen für die umweltfreundliche Nutzung der Wasserkraft von Flüssen zur Gewinnung von elektrischer Energie, eine weltweit große Bedeutung gewonnen haben.

Um das Bild vollständig zu machen, ist es unerlässlich, den ganzen Menschen Kaplan in die Betrachtungen einzubeziehen: Seine Herkunft und sein jeweiliges soziales Umfeld, seinen Weg von der Kindheit über Schule und Studium bis zum Einstieg in das Berufsleben; die Tätigkeit als Konstrukteur und Lehrer an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn; die unermüdliche, erfolgreiche Laborarbeit und die theoretischen Erkenntnisse, den Kämpfer um und für seine Patente und den rührigen Kaufmann und Geschäftspartner; den peniblen Verwalter seiner Finanzen und fürsorglichen Familienvater. Nicht zuletzt auch den Helfer, Ratgeber und vielfältigen Wohltäter seiner Mitmenschen.

Es wird in dieser Arbeit die Entwicklung der Wasserkraftnutzung von den Anfängen bis zur Erfindung und weltweiten wirtschaftlichen Nutzung der Kaplanturbine in seinen wichtigsten Aspekten überblicksartig dargelegt. Die „Genesis“ der Kaplanturbine ist im Wesentlichen einem erfolgreichen Zusammenwirken mehrerer Faktoren zu verdanken, in der Sprache der

Volkswirtschaftslehre ausgedrückt, einer gelungenen „Faktorkombination“ und nicht nur mit der Biographie des Theoretikers und vor allem ungemein beharrlichen Experimentators Kaplan verflochten. Zum Gelingen der Kaplanturbine von der Erfindung bis zum Einsatz in zahlreichen Wasserkraftwerken, trugen maßgeblich auch drei andere „Erfolgsfaktoren“ bei, nämlich die Maschinenbaufirma Storek in Brünn mit Heinrich Storek und seinen Söhnen, insbesondere seinem Nachfolger als Betriebsführer, Edwin Storek. Weiters der Freund Kaplans, Dozent für Maschinenbau an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn und spätere Professor an der Technischen Hochschule und an der Universität in Wien, Dr. Alfred Lechner, sowie der langjährige „treue Diener seines Herrn“, Kaplans Schüler und späterer Assistent an der Deutschen Technischen Hochschule in Brünn, Jaroslav Slavik [deutsch: Nachtigall], von Kaplan meist mit „Slawitschek“ angesprochen. Damit soll keineswegs der Anteil anderer guter Freunde und tüchtiger Mitarbeiter geschmälert werden, die Kaplan in allen Belangen seines hürdenreichen Weges begleiteten und besonders im anstrengendem und seine Gesundheit strapazierenden „Patentkämpfen“, in fachlicher und psychischer Hinsicht immer eine große Stütze waren. Der Weg Kaplans als Techniker und Erfinder, von seinen anfänglichen emsigen Bemühungen, die Francisturbinen schneller zu machen bis zur Krönung seines Lebenswerkes mit der nach ihm benannten Turbine, ist die Geschichte eines wahrlich untypischen Erfinders, denn im Gegensatz zu anderen Erfinderkollegen konnte er das Ergebnis seines Lebenswerkes, wenn auch leider nur für eine relativ kurze Zeit, auch wirtschaftlich für sich und seine Familie vielfältig nutzen. Aber auch für seine Verwandten und Freunde, oder in Not geratene, Hilfe suchende Menschen, konnte er dank seiner vorwiegend aus Lizenzgebühren stammenden guten Vermögenslage, in vielen Fällen als mitfühlender Wohltäter mit einer finanziellen Unterstützung einspringen oder als guter Berater Hilfe leisten.

## **1.2 Technische Entwicklung und Erfindungen**

### **1.2.1 Einzelerfindung**

Eine immer wieder gestellte Frage lautet, ob es sich bei dieser oder jener Erfindung um eine Einzel- oder eine Mehrfacherfindung handelt. Diese Frage wird

auch bei der Propellerturbine mit drehbaren (verstellbaren) Schaufeln immer wieder berührt. Es sei daher in diesem Abschnitt kurz auf den Begriff der Erfindung, den Erfindungsvorgang und dessen Feingliederung eingegangen. Ehe Renaissance und Humanismus das Individuum in das Rampenlicht der Geschichte stellten, blieben Erfinder meist im Dunkeln. Bei manchen Zeugnissen über Erfindungen handelt es sich um Erstbelege, die auch ein weit früheres Auftreten einer Technik nicht ausschließen. Mit dem exponentiellen Zuwachs an technischem Wissen stößt man immer häufiger auf das Phänomen der Mehrfacherfindungen. Davon spricht man, wenn mehrere Erfinder unabhängig voneinander und ungefähr zur gleichen Zeit zu ähnlichen Ergebnissen kommen, bzw. die gleiche Erfindung machen. Für Erfindungen, wie die Schreibmaschine, die die Österreicher gerne in den Schullesebüchern dem Tiroler Peter Mitterhofer zuschreiben, können nach einem Besuch in der einschlägigen wissenschaftlichen Literatur, mehr als ein Dutzend von Erfindern aufgezählt werden, die sich allerdings alle ohne Erfolg um die Produktion und Verwertung der Erfindung bemühten. Mehrfacherfindungen gewähren dem „national gesinnten Historiographen die angenehme Möglichkeit (...), den Ursprung aller bedeutenden Erfindungen einem Landsmann zuzuschreiben.“<sup>1</sup> Mehrfacherfindungen werden in der Literatur zumeist nicht streng abgegrenzt von Mehrfachentdeckungen und im Englischen zusammenfassend als „multiple“ bezeichnet. Stellvertretend für mehrere Forscher seien die Untersuchungen von Helmut Lindner<sup>2</sup> herausgegriffen. Er beschäftigte sich mit dem Problem der Mehrfacherfindung und der Entstehung von Erfindungen. Er stellt zuerst zwei gegensätzliche Positionen der Interpretation von Erfindungen vor, um dann vor diesem Hintergrund drei Erklärungen für das Phänomen der Mehrfacherfindung zu betrachten und deren Nutzen für die Erforschung der Technikentwicklung zu untersuchen.

<sup>1</sup> Du Bois-Reymond, A.: Erfindung und Erfinder, Berlin 1906, S. 159. zitiert nach Lindner, Helmut: Technische Entwicklung und das Problem der Mehrfacherfindung. In: Jokisch, Rodrigo (Hrsg.): Techniksoziologie. Frankfurt a. Main (1982), S. 394- 408. hier S. 394.

<sup>2</sup> Ebda.

### Schema eines dreiphasigen Erfindungsprozesses <sup>3</sup>

1. Invention	2. Innovation	3. Diffusion (Imitation)
Untergliederung: Perzeption: Konzeption Konstruktion	Wirtschaftliche Umsetzung, z.B. Bau der ersten Kaplanturbine für die Praxis.	Verbreitung der Erfindung im großen Maßstabe, z.B.: Einsatz vieler Kaplanturbinen im In- und Ausland.

Der Erfindungsvorgang, die **Invention**, wird als ein Akt schöpferischer Geistestätigkeit gesehen, der sich wie in der Tabelle gezeigt, weiter untergliedern lässt und zwar in zumindest drei Vorgänge:

Unter **Perzeption** fällt die Erfassung eines Bedürfnisses, die Bestandsaufnahme und Zusammenstellung des bereits Bekannten, also die Kenntnisse, die jedermann, nicht nur der Erfinder, erfahren könnte.

Die **Konzeption** besteht in der Erkennung einer physischen Möglichkeit, ein technisches Problem zu lösen, die allein durch die Perzeption noch nicht erkannt werden kann.

Die **Konstruktion** umfasst die materielle Verwirklichung der Idee des Erfinders bis zur Funktionsfähigkeit der Erfindung. Z. B. der Bau einer funktionierenden Modellturbine. Die Wesentliche der drei genannten Phasen ist die Konzeption, die, wie sich Lindner ausdrückt „auf einer nicht rational fassbaren Inspiration beruht“.<sup>4</sup>

Die **Invention** ist als Bestandteil der technischen Entwicklung allein noch nicht „lebensfähig“. Nur wenn es auch zur wirtschaftlichen Umsetzung kommt, zur **Innovation**, beginnt die Erfindung zu leben und am Markt bekannt zu werden. Der nächste Schritt nach der **Invention** und **Innovation** ist dann die Verbreitung der Erfindung im großen Maßstabe. Diese Verbreitung wird als **Imitation** oder **Diffusion** bezeichnet.

<sup>3</sup> In der Fachliteratur findet sich jedoch auch eine Unterteilung in vier Phasen: Kognition, Invention, Innovation und Diffusion. Siehe Ropohl, Günter: Philosophie der Erfindung. In: Banse, Gerhard/Müller, Hans-Peter (Hrsg.): Johann Beckmann und die Folgen. Erfindungen- Versuch der historischen, theoretischen und empirischen Annäherung an einen vielschichtigen Begriff (Cottbuser Studien zur Geschichte von von Technik, Arbeit und Umwelt, 17). Münster u.a. 2001, S. 143- 156.

<sup>4</sup> Lindner, Helmut: Technische Entwicklung und das Problem der Mehrfacherfindung. In: Jokisch, Rodrigo (Hrsg.): Techniksoziologie. Frankfurt a. Main (1982), S. 394- 408, hier S. 395.

Der gesamte, sich in den drei Schritten Invention, Innovation und Diffusion vollziehende Prozess wird als „Innovation im weiteren Sinne“ aufgefasst.<sup>5</sup> Wie der später geschilderte Erfindungsvorgang bei der Kaplanmaschine zeigt, ist in der Fachliteratur eine wesentliche Phase jedoch nicht berücksichtigt, nämlich der Kampf um die Patentrechte, die sehr kostenaufwändig sind und unter Umständen viele Jahre dauern können. Denn nur die gesicherten Patentrechte können als Abschluss eines Erfindungsvorganges angesehen werden; außerdem sind sie die unabdingbare Voraussetzung von unbestreitbaren Lizenzverträgen.

Der in Phasen gegliederte übergreifende Vorgang des Erfindungsprozesses ist nicht nur eine innertechnische Angelegenheit, die von einer technikinternen Geschichtsschreibung erfasst werden könnte, sondern weist auch wesentliche wirtschafts- und sozialpolitische Komponenten auf. Es ist auch nicht von einer strengen Abfolge der Phasen - Invention - Innovation - Diffusion auszugehen, sondern von einer Wechselwirkung, weil beispielsweise die Aussicht auf wirtschaftliche Nutzung und gewinnbringenden Umsatz (Verbreitung) wesentliche Motivationsfaktoren für potentielle Erfinder darstellen.<sup>6</sup>

In diesem Zusammenhang ist auf die auch in der Technik- und Wirtschaftsgeschichte vereinfachend vertretenen, nachfolgend dargelegten zwei Extrempositionen, gewissermaßen als Außengrenzen der hinsichtlich der theoretischen Betrachtung des Erfindungsprozesses ineinander fließenden und vermischten Ausprägungen hinzuweisen:

#### Die Heroen- und die Akkumulationstheorie

Die Heroengeschichtsschreibung kommt insbesondere in Unternehmerbiographien zum Ausdruck. Diese betonen die Rolle des Individuums, genauer gesagt, die des Genies. Die unwiederholbare Leistung des Einzelnen wird hervorgehoben und seinen individuellen Fähigkeiten zugeschrieben. Die Triebkraft, die hinter diesen Bestrebungen steht, wird dem schöpferischen Drang des Erfinders zugeschrieben.

<sup>5</sup> Dirninger, Christian: Visionäre der Machbarkeit. Das Salzkammergut im Zeitalter von Fortschritt und Modernisierung. In: Visionäre bewegen die Welt. Ein Lesebuch durch das Salzkammergut. Salzburg, München 2005, S. 162-171.

<sup>6</sup> Lindner, Helmut: Technische Entwicklung und das Problem der Mehrfacherfindung, S. 395.

Bei der Akkumulationstheorie dagegen gilt die Erfindung als ein unpersönlicher Entwicklungsprozess. Durch ständiges Hinzufügen kleiner Einzelheiten und durch Kombination bekannter Elemente, entsteht das, was üblicherweise als Erfindung bezeichnet wird. Eine Abgrenzung in einzelne Phasen des Erfindungsprozesses scheint hier nicht möglich. Als Schubkraft hinter diesem Vorgang wird der Druck gesellschaftlicher Bedürfnisse gesehen.

### 1.2.2 Mehrfacherfindung

Da es mit einer der Fragestellungen zu dieser Arbeit zusammenhängt, sei noch kurz auf das Thema der Mehrfacherfindungen eingegangen:

Sinngemäß sagt ein Autor (Eyth 1903)<sup>7</sup>, dass es unmöglich sei, eine chronologische Ordnung in die Geschichte der Erfindungen zu bringen, ohne die Geographie derselben aufzustellen. Jedes Kulturvolk ging in dieser Beziehung zunächst seine eigenen Wege. Auch der jeweilige Wissensstand entscheidet über das Vorliegen einer Mehrfacherfindung. Bois-Reymond führte 1906 die Erfindung des Schießpulvers durch die Chinesen und unabhängig davon durch Berthold Schwarz, noch als Mehrfacherfindung an, wogegen nach heutiger Auffassung sich diese Erfindung in Europa mit großer Wahrscheinlichkeit durch Technologietransfer erklären lässt.<sup>8</sup> Auch über die Mehrfacherfindungen gibt es unterschiedliche Sichtweisen:

° Mehrfacherfindungen sind zufällig.

Diese These widerspricht beiden vorhin genannten Theorien. Die Leistung des Genies wird zum bloßen Zufall erklärt. Gegen die Zufälligkeit spricht, dass bestimmte Stufen der technischen Entwicklung erreicht sein müssen (z.B. Materialien, Verfahren u.a.). Auch ist der Erfinder nicht frei von Einflüssen der Umwelt.

<sup>7</sup> Eyth, M.: Lebendige Kräfte. Sieben Vorträge aus dem Gebiet der Technik. Berlin 1905. Darin: VII. Zur Philosophie des Erfindens (Vortrag gehalten 1903), S. 249- 284, hier S. 261 f. Zitiert nach Lindner (wie Anm. 4), S. 398.

<sup>8</sup> Du Bois-Reymond, A.: Erfindung und Erfinder, Berlin 1906, S. 55.

° Mehrfacherfindungen entspringen dem Zeitgeist.

„Die Zeit ist reif“, drückt eine gewisse Unsicherheit oder Hilflosigkeit bei den Erklärungsversuchen aus. Die großen Erfinder werden zu Erfüllungsgehilfen des Zeitgeistes. Beispielsweise unterscheidet Friedrich Dessauer zwischen Pioniererfindung (z.B. Dampfmaschine, Photographie), für die die schöpferische persönliche Leistung eines Erfinders charakteristisch ist, und der Entwicklungserfindung (z.B. Elektrolyseverfahren für Cu oder Al, Flaschenverschlüsse oder Autoreifen), wo diese Bindung an die Leistung einer einzelnen Person seiner Auffassung nach nicht gegeben ist. Die Mehrfacherfindung sei vielmehr aus den gegebenen Bedingungen der jeweiligen Zeit, dem Wissen, der Erfahrung und dem Bedürfnis der Menschen entstanden. Hätte sie dieser bestimmte Erfinder nicht gemacht, dann eben ein anderer. Mehrfacherfindungen werden häufig von verschiedenen Menschen ungefähr zur gleichen Zeit gemacht, wobei der Streit um die Priorität meist eine unausweichliche Folge ist.

Über die Priorität entscheidet der Anmeldetag. Wer ein Patent innerhalb eines Jahres nach der Erstanmeldung in einem anderen Land anmeldet, hat auch dort Anspruch auf der Priorität des Erstanmeldelandes. Früher war die kleinste Zeiteinheit für die Bestimmung der Priorität die Stunde und sogar einmal die Viertelstunde.<sup>9</sup>

1961 behauptete Merton, dass nicht Mehrfacherfindungen erklärungsbedürftig seien, sondern die Einzelerfindung, denn im Regelfall lägen stets „multiples“ vor. Interessant ist Mertons Stellungnahme zur Heroentheorie: Das geniale Individuum ist das Äquivalent zu einer größeren Anzahl von Forschern und Erfindern geringerer Begabung. Der Autor unterstellt offensichtlich einen Synergieeffekt, dessen Wirkung der Genialität einer Einzelperson gleich fruchtbar gegenübersteht.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Österreichisches Patentamt Wien, Ernst Uhlemann.[02. 03. 2006].

<sup>10</sup> Merton, R.K.: Singletons and Multiples in Scientific Discovery: A chapter in the sociology of Science. In: Proceeding of the American Philosophical Society (1961), S. 470- 486, hier S. 476 f. Zitiert nach Lindner, Technische Entwicklung und das Problem der Mehrfacherfindung; wie Anm. 3) S. 401- 402.

° Zwangsläufigkeit der Technikentwicklung.

Die Konzeption einer inneren Logik ist laut Lindner mit der Heroentheorie und mit dem Akkumulationsprinzip nicht unverträglich, allerdings stehe eine Deutung für das Zustandekommen einer inneren Determination noch aus, wenn man von Stammbäumen für bestimmte Konstruktionsprinzipien absieht.

#### Kritik am Begriff der Mehrfacherfindung

Die entscheidende Kritik stammt von Jacob Schmookler. Sinngemäß und kurzgefasst:

Auch wenn alle besagten Geräte „Elektrischer Telegraph“ heißen, so sind die Telegraphen von Morse, Cooke, Steinheil und Wheatstone doch nicht die gleichen Geräte. Lindner ist zur Erkenntnis gelangt, dass es eine kontinuierliche Skala von Vollidentitäten zu Teilidentitäten unabhängiger Entdeckungen und Erfindungen gibt, sodass bei künftigen Untersuchungen die Grade der Identitäten näher definiert und klassifiziert werden sollen.<sup>11</sup>

° Was ist der Nutzen einer an Mehrfacherfindungen orientierten Erforschung der Technikentwicklung?

Eine methodische Untersuchung der Mehrfacherfindungen kann einen Beitrag liefern zum Verhalten von Erfindern, zur technischen Kreativität des Einzelnen, aber auch zur Beziehung von Erfindern und Technikern untereinander und damit zur Erforschung des Milieus. Der Staat kann beispielsweise günstige Rahmenbedingungen schaffen für das Gedeihen von Erfindungen überhaupt (Forschungsförderung, gesetzliche Regelungen im Patentrecht u.a.). Mehrfacherfindungen bedeuten mehr Arbeitsaufwand, erhöhen jedoch die Trefferquote für marktreife Produkte.

#### Bekannte Mehrfacherfindungen

Mit dem schnell anwachsenden physikalischen und technischen Wissensschatz ab dem 18. Jahrhundert, vor allem jedoch im 19. und 20. Jahrhundert, tritt das Phänomen der Mehrfacherfindung immer häufiger auf. Erfindungen sind zunehmend nicht mehr einzelnen Personen zurechenbar, so wie z.B. der

<sup>11</sup> Lindner, Helmut: Technische Entwicklung und das Problem der Mehrfacherfindung. In: Jokisch, Rodrigo (Hrsg.): Techniksoziologie. Frankfurt a.Main (1982), S. 394- 408, hier S. 401- 402.

Buchdruck (Johann Gensfleisch, genannt Gutenberg), oder die Taschenuhr (Henlein), sondern werden von mehreren Personen bzw. Forschungsteams gemacht. Einige der bekannten Erfindungen des 19. Jahrhunderts, die mehrere namentlich bekannte „Väter“ aufzuweisen haben, sind z.B.:

- **Das dynamoelektrische Prinzip** (die Ablenkung eines stromdurchflossenen Leiters in einem Magnetfeld): Werner von Siemens (1816-1892), Samuel Alfred Varley (1832-1921), Charles Wheatstone (1802-1875).<sup>12</sup>
- **Das Telefon:** Alexander Graham Bell (1847-1922), Elisha Gray (1835-1901), Johann Philipp Reis (1834-1874); Gray hatte nur drei Stunden nach Bell das Patent eingereicht.<sup>13</sup>
- **Die Glühlampe:** Josef Wilson Swan (1828-1914), Thomas Alva Edison (1847-1931), Heinrich Göbel (1818-1893) u.a.<sup>14</sup>

Eine der bahnbrechenden Erfindungen des 20. Jhdts. war jene des Transistors im Jahre 1947 durch John Bardeen (1908-1991), Walter Brattain (1902-1987) und William Shokley (1910-1989) in den Bell Telephone Laboratories in Murray Hill (New Jersey). Beim Transistor handelt es sich nicht um eine Mehrfacherfindung, sondern um den gemeinsamen Erfolg einer Arbeitsgruppe, die hierfür 1956 den Nobelpreis bekam.

Lindner verweist auf eine Liste von R.K. Merton aus dem Jahre 1961, in der 264 Erfindungen angeführt sind, wovon 179 doppelt, 51 dreifach, 17 vierfach, sechs fünffach, acht sechsfach, eine siebenfach und zwei sogar neunfach erfunden wurden. Interessant ist noch, dass 20 % der Erfindungen innerhalb eines Jahres erfolgten, 18% innerhalb von zwei Jahren und fast unglaublich, einige innerhalb einer Woche und einige sogar am selben Tag!<sup>15</sup>

Viktor Kaplan (1876-1934) war im Dreigestirn jener Erfinder, deren Turbinen sich bis heute durchgesetzt haben, neben Lester James Bicheno Francis (1815- 1892)

<sup>12</sup> Zischka, Anton: Pioniere der Elektrizität. Gütersloh 1962, S. 115, S. 147- 150.

Vgl: URL: <http://www.google.com/search?q=Erfinder+Varley&btnG=Suche&hl=de> [23.09.2005]

<sup>13</sup> URL: [http://www.schoene-aktien.de/infobelltele\\_alte\\_aktien.html](http://www.schoene-aktien.de/infobelltele_alte_aktien.html) [23.09.2005].

<sup>14</sup> Panati, Charles: Erfindungen des Alltags. Augsburg 2000, S. 34- 35. Die amerikanische Originalausgabe erschien unter dem Titel: Panati's Origins of Everyday Things. New York 1987.

<sup>15</sup> Lindner, Helmut: Technische Entwicklung und das Problem der Mehrfacherfindung. In: Jokisch, Rodrigo (Hrsg.): Techniksoziologie. Frankfurt a. Main (1982), S. 394- 408, hier S. 401.

und Allen Pelton (1829-1908), derjenige, der mit seiner Propellerturbine mit verdrehbaren Schaufeln die Lücke unter den damals zur Verfügung stehenden Turbinen schloss, um auch große Wassermengen bei kleinen Gefällen zur Gewinnung elektrischer Energie wirtschaftlich nutzen zu können. Zusammen mit der Francisturbine für mittlere Fallhöhen und mittelgroße Wassermengen, der Peltonturbine für kleine bis mittlere Wassermengen und großen Fallhöhen, deckt die Kaplan turbine, als letzte der Erfindungen unter den drei Hauptturbinenarten, das weite Feld der Wasserkraftnutzung bis zum heutigen Tage lückenlos ab. Das Thema „Kaplan“ im zeitlichen Rahmen zwischen 1876 und 1934 berührt zwangsläufig, wenigstens am Rande, die wirtschaftlichen und politischen Umwälzungen, die sich innerhalb der Lebenszeit Viktor Kaplans von der Ausbildung an den Schulen der Österreich-Ungarischen Monarchie über seine Tätigkeit als Erfinder und Hochschullehrer im Kronland Mähren, bis zum ersten Weltkrieg und über diesen hinaus nach der Auflösung der Monarchie in den Nachfolgestaaten Tschechoslowakei und Österreich ergaben.

### **1.2.3 Die Biographie in der Technikgeschichte**

In der Technikgeschichte hat die Biographie eine lange Tradition. Manche namhaften Biographen sahen die Technikgeschichte in erster Linie als Erfolgsgeschichte, die sich am besten an herausragenden Persönlichkeiten darstellen ließ.<sup>16</sup> Ein wichtiger Vertreter dieser Richtung war Conrad Matschoß mit seiner biographischen Sammlung „Männer der Technik“ aus dem Jahr 1925 und seinen Arbeiten zu Ernst Alban, Robert Bosch, Robert Mayer und Werner Siemens.<sup>17</sup> Für Matschoß war die Technikgeschichte vorwiegend die Geschichte bedeutender Männer und ihrer Erfolge. Füßl stellt fest, dass Biographien über

<sup>16</sup> Füßl, Wilhelm/ Ittner Stefan Füßl: Einführung. In: Wilhelm/ Ittner Stefan (Hrsg.): Biographie und Technikgeschichte. In: BIOS. Zeitschrift für Biographieforschung und Oral History (1998), SH. S. 3. Vgl. Pinwinkler, Alexander: Wilhelm Winkler (1884-1984)- eine Biographie. Zur Geschichte der Statistik und Demographie in Österreich und Deutschland. Berlin 2003 (Schriften zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte. In Verbindung mit Rainer Fremdling u.a. hg. von Wolfram Fischer, Bd.75), S. 17- 20.

<sup>17</sup> Matschoß, Conrad: Werner von Siemens. Ein kurz gefasstes Lebensbild nebst einer Auswahl seiner Briefe. Berlin 1916. Vgl: Ders.: Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik. 2. Aufl. Berlin 1937. S. 234- 249.

Techniker „einem stark personenzentrierten Blickwinkel verhaftet“<sup>18</sup> sind und nur selten eine Einordnung in einen technik-, gesellschafts- und kulturhistorischen Gesamtprozess leisten.<sup>19</sup> Die einschlägigen Bibliographien nennen schwerpunktmäßig Autobiographien und Biographien von berühmten Technikern und Ingenieuren. Hinzu kommen die zahlenmäßig dominierenden belletristischen Biographien ohne wissenschaftlichen Anspruch. Diese Ausrichtung auf Personen ist vielleicht als Gegenreaktion auf Intentionen der Sozialwissenschaften in den vergangenen Jahrzehnten zu sehen, die Rolle der Persönlichkeit in der Geschichte zugunsten struktureller Untersuchungen zeitweise in den Hintergrund zu drängen. Im Rahmen der Geschichtswissenschaft wird seit Mitte der 1980er Jahre ein deutlich verstärktes Interesse an der Biographik festgestellt.

Für die von der Glorifizierung der Persönlichkeit bis in die 1960er Jahre geprägte Technikgeschichte und technikhistorische Forschung trat in den 1980er Jahren eine Trendwende ein.<sup>20</sup>

Große Einzelbiographien fußen in der Regel und in erster Linie auf archivarischem Material, was sie im Prinzip auch für wissenschaftliche Zwecke nutzbar macht. Da diese Darstellungen aber vor allem für ein breites, nicht unbedingt an fachlichen Spezialfragen interessiertes Publikum gedacht waren, enthalten sie, bis auf Ausnahmen, keinen wissenschaftlichen Apparat (...).<sup>21</sup> „Mythen verstellen dem Biographen häufig den Zugang zu seinem Untersuchungsobjekt. Eine der Hauptaufgaben des Biographen muss es demnach sein, die Wand von Klischees und Mythen zu durchbrechen, um ein Bild der historischen Persönlichkeit gewinnen zu können. Gleichzeitig sind biographische Mythen signifikant für den jeweiligen Zeitgeist.“<sup>22</sup> Sogar durch Veränderung oder sogar Fälschung historischer Tatsachen wird Kontinuität wissenschaftlicher Tradition suggeriert; Beispiel: Zusammenlegung des Todestages von Michelangelo (\* 06.03.1475, Caprese, † 18.02.1564, Rom) mit dem Geburtsdatum von Galilei. (\*15.02.1564, Pisa, †08.01.1642 Arcetri). Segre kann anhand ausgewählter Beispiele

<sup>18</sup> Füßl, Wilhelm/Ittner, Stefan: Einführung. In: Füßl, Wilhelm/Ittner, Stefan(Hrsg.): Biographie und Technikgeschichte. BIOS. Jg.11(1998), Sonderheft, S. 3.

<sup>19</sup> Ebda.

<sup>20</sup> Ebda.

<sup>21</sup> Troitsch, Technikerbiographien vor 1945, S. 33.

<sup>22</sup> Ebd. S. 63.

nachweisen, dass sich bestimmte Topoi in Mathematikerbiographien in mehreren Ländern Europas wieder finden. Dies weist auf den engen Spielraum historischer Biographie vor dem Hintergrund des Erwartungshorizonts der Leserschaft hin.<sup>23</sup>

° Orland Barbara (Historikerin, Rodgau, D) befasst sich mit dem Wert von Autobiographien für die Technikerbiographik. „Von allen den Historikern zur Verfügung stehenden Quellen, so wird gesagt, gehöre die Autobiographie zu den gefährlichsten.“<sup>24</sup> Hierbei handle es sich um eine stilisierte Nabelschau, bei der ein Autor das eigene Lebensbild retrospektiv als zusammenhängendes Ganzes erstehen lassen wolle. Was der Leser in die Hand bekommt ist abhängig von Raum, Zeit und den Umständen, unter denen der Autor die Niederschrift begonnen hat. Das gelebte Leben lässt sich nicht mehr korrigieren, aber seine Deutung und Bewertung. Die Vergangenheit wird von der Jetztzeit des Schreibenden verzerrt. Anhand von 80 Beispielen analysiert Orland Inhalt und Struktur dieser Quellen und findet dabei einige konstituierende Elemente von Technikerbiographien: die fast ausschließliche Berufsorientierung bei Minimierung des privaten und persönlichen Lebens, die Idealisierung der Herkunftsfamilie mit stark geschlechtsspezifischer Rollenzuteilung, sowie das extreme Bemühen um Sachlichkeit.<sup>25</sup>

## 2 Der Weg zur Kaplanmaschine

### 2.1 Einleitung

Nach dem vorigen, für die Konfrontation mit einer bedeutenden Persönlichkeit nützlich erscheinendem Streifzug durch die Biographik und ihrem Wesen, soll in den kommenden Abschnitten dem Weg bis zur Kaplanmaschine und ihrem Erfinder Viktor Kaplan, seinen Mitstreitern, seiner Zeit und Umwelt die ganze Aufmerksamkeit gelten. Die Kaplanmaschine ist ein „Gipfelsieg“ in der Wasserkraftnutzung nach einem mühsamen Aufstieg. Bewältigt durch einen unglaublich zähen und leidenschaftlichen Mann der Wissenschaft und Technik,

<sup>23</sup> Segre, Michael: Die frühe Biographie in der Geschichte der Mathematik. In: Füßl, Biographie und Technikgeschichte, S. 70- 77, hier S. 71- 73.

<sup>24</sup> Orland, Barbara: Autobiographien von Technikern im 19. und 20. Jahrhundert. In: Ebd. S. 78 - 91, hier S. 78.

<sup>25</sup> Ebd., S. 83.

der wie manche andere große Techniker und Wissenschaftler Probleme hatte, seine Zeit zwischen Arbeit und Familie adäquat aufzuteilen. Diese Erfindung ist bislang die letzte bedeutende Errungenschaft in der Entwicklung der Wasserkraftmaschinen. Sie entstand aus einer erfolgreichen „Faktorkombination“,<sup>26</sup> bestehend aus dem schöpferischen Geist Viktor Kaplans, der Maschinenbaufirma Storek in Brünn als wirtschaftlicher Basis, Ideenbringer und Turbinenbauer, sowie aus dem dritten Faktor im Bunde, dem erfolgreichen Techniker-Duo Dr. Alfred Lechner und Ing. Jaroslav Slavik, als unermüdete Mitarbeiter im Zuge zahlreicher Laborversuche, der Behebung technischer Schwierigkeiten und der erfolgreichen Bewältigung von Patentanmeldungs- und Durchsetzungsschwierigkeiten. In den folgenden Kapiteln soll die ganze Persönlichkeit Kaplans, seine Erfindung, seine Helfer und auch Widersacher, einer auf die wesentlichen Seiten eingehenden Betrachtung unterzogen werden. Kaplan saß nie im Elfenbeinturm der Wissenschaft, sondern suchte vielmehr von Anfang an den Kontakt zur technischen Anwendung und zur Industrie. Neben seiner Versuchs- und Konstruktionstätigkeit, ergab sich gezwungenermaßen als zweiter wesentlicher Schwerpunkt nach 1912, sein bis 1925 währender Kampf um seine Patente, dessen Intensität zusammen mit der langen Dauer seine Gesundheit zerrütteten.

## **2.2 Die Wasserkraftnutzung im Wandel der Zeit**

### **2.2.1 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

<sup>26</sup> Baßeler, Ulrich/Heinrich, Jürgen/Koch, Walter: Grundlagen und Probleme der Volkswirtschaft. 11. Aufl. Köln 1988, S. 147. Vgl.: Schmalen, Helmut: Grundlagen und Probleme der Betriebswirtschaft. 6. Aufl. Köln 1987, S. 26.

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.<sup>27</sup> In der ehemaligen Eingangshalle des Salzburger Hauptbahnhofes befand sich die hier abgebildete allegorische Darstellung, die leider beim Umbau des Bahnhofes keinen Platz mehr gefunden hat: Der Entwurf stammt vom Architekten Anton Wilhelm aus Frankenmarkt in Oberösterreich und zeigt einen Flussgott, sinnend am Ufer eines Flusses ruhend.<sup>28</sup> 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.



**Bild 1: Allegorische Darstellung in der Eingangshalle des Salzburger Hauptbahnhofes: Wassergott mit Turbine. Muscheln als alte Symbole für Wasser, Geburt, Entdeckung und Erfindung.<sup>29</sup>**

<sup>27</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000. S. 78.

<sup>28</sup> Für die Salzach, als Zubringer zum Inn, mit ihren früheren Namen Igonta und Ivarus, sind keine mythischen Darstellungen von Flussgottheiten bekannt.

<sup>29</sup> 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.

Von der Atmosphäre, die strömendes Wasser und dessen innige Verbindung mit der Landschaft ausstrahlt und die durch personifizierende Darstellungen vermittelt werden sollte, wurde auch ein Mann namens Viktor Kaplan besonders fasziniert.<sup>30</sup> Er, der immer betonte, mit der Natur und nie gegen die Natur zu arbeiten, hatte es mit seinen Erfindungen ermöglicht, gerade das 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 Wasserkraft hat eine mehrtausendjährige Geschichte. Schon vor etwa 5.000 Jahren gaben die Erfordernisse der Landwirtschaft den Anstoß für die Wasserkraftnutzung. Wasserschöpfräder nahmen dem Menschen in dieser Frühzeit die Bewässerung landwirtschaftlich genutzter Flächen ab. Wasserräder sind die ältesten und einfachsten Wasserkraftmaschinen, die sich in vereinzelt, 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.<sup>31</sup> 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“<sup>32</sup> hinterlassen. Im zehnten Buch, Kapitel 5 berichtet er über Schöpfräder, Bewässerungsanlagen und Wassermühlen.<sup>33</sup> 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.<sup>34</sup>

<sup>30</sup> 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.

<sup>31</sup> König, Felix von: Bau von Wasserkraftanlagen. Karlsruhe 1985, S. 214- 218.

<sup>32</sup> Vitruv: DE ARCHITECTURA LIBRI DECIM, 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.

<sup>33</sup> Matschoß, Conrad: Große Ingenieure. Lebensbeschreibungen aus der Geschichte der Technik. 2. Aufl. München, Berlin 1938, S. 22-25. Vgl. Moosleitner, Fritz: Vorwort in: Schalk, Eva Maria: Die Mühlen im Land Salzburg. Salzburg 1986.

<sup>34</sup> Brandstetter, Alois: Die Mühle. München 1981, S. 64- 69.

Bevor auf die Persönlichkeit Kaplans und seine große Erfindung eingegangen wird, soll zum besseren Verständnis die Entwicklung der Wasserkraftnutzung bis zu den ersten Turbinen im 19. Jahrhundert, den weiteren Entwicklungsschritten zu jenen drei Haupt-Turbinenarten, die das heutige Feld der Wasserkraftnutzung abdecken, die Francis-, die Pelton- und die Kaplan turbine, in einer gestrafften Übersicht dargestellt werden.

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.

### **2.2.2 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 in Bergwerken, Sägewerken, Hämmern, Fördereinrichtungen, 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.<sup>35</sup> Besonders mit Georgius Agricola (1494-1555) hatte sich im 16. Jahrhundert in Verbindung mit dem Bergbau eine neue Entwicklung des Einsatzes von Wasserrädern angebahnt.<sup>36</sup>

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

<sup>35</sup> Ossberger Turbinenfabrik: Wasserkraft aus Weissenburg. O.J. S. 2.

<sup>36</sup> König, Felix von: Bau von Wasserkraftanlagen. Karlsruhe 1985, S. 16.

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 unterschlächtigen<sup>37</sup> Wasserrad maximal nur 22 % und mit überschlächtigen Wasserrädern jedoch etwa 60 % der im Wasser steckenden Energie ausgenutzt werden können.<sup>38</sup>

Der Schweizer Physiker und Mathematiker Daniel Bernoulli schrieb 1787 sein Hauptwerk „Hydrodynamica“, in der er die Grundlagen der Erforschung der hydraulischen Strömung behandelte. Der mit ihm befreundete und berühmte Schweizer Mathematiker Leonhard Euler (1707-1783) entwickelte wichtige Gleichungen zur Berechnung von Wasserkraftmaschinen.

1795 erkannte der Begründer der Technischen Hochschule in Prag, der Österreicher Franz Josef Gerstner (1756-1832), nach vielen Versuchen, dass man mit unterschlächtigen Wasserrädern keinen höheren Wirkungsgrad als 30 % erreichen könne.<sup>39</sup> William Fairbairn gründete um 1818 in Manchester eine Fabrik, die führend in der Herstellung von eisernen Wasserrädern wurde. Er belieferte auch Firmen in Frankreich und in der Schweiz.<sup>40</sup> Der Höhepunkt in der Entwicklung des Wasserradbaues wurde in Frankreich erreicht, als Jean Victor Poncelet (1788-1867) gekrümmte Schaufeln verwendete und damit Wirkungsgrade bis zu 65 % erreichte. Poncelet wurde auch zum Begründer der neueren Technischen Mechanik und führte auch wichtige Untersuchungen zur Hydrodynamik und Festigkeitslehre durch.

Die Wasserräder konnten jedoch den steigenden Anforderungen nicht mehr genügen; ihre Leistungen und ihre Drehzahlen waren zu gering. Ein übliches überschlächtiges Wasserrad mit etwa 4 m Durchmesser und 50 cm Schaufel-

<sup>37</sup> Die Bezeichnung „schlächtig“ kommt vom Aufschlagen des Wassers auf die Schaufeln.

<sup>38</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000, S. 102.

<sup>39</sup> Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraftmaschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Vol.18 (1928), S. 57- 68, hier S. 58.

<sup>40</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000, S. 102- 103.

breite, erreichte je nach Wasserdarbietung kaum mehr als 4-8 KW. Auch die effektiveren Wasserräder mit löffelförmigen Schaufeln und mit vertikaler Welle, die bevorzugt in Frankreich und Skandinavien in Verwendung waren, konnten den erforderlichen Leistungsbedarf nicht mehr decken.<sup>41</sup>

Der Druck auf die Techniker, leistungsstärkere Maschinen zur Ausnutzung von Wasserkraften zu entwickeln, erhöhte sich. Schon früh gab es Anstrengungen, die Wasserräder durch effektiver arbeitende Maschinen zu verdrängen. Die ersten Versuche der Entwicklung einer echten Turbine machte zwar schon der in Pressburg geborene Arzt und Physiker Johann Andreas von Segner (1704-1777) aus Göttingen, doch blieb seiner Konstruktion, die das Rückstoßprinzip zur Drehung ausnützte, der praktische Erfolg versagt. Allerdings lebt die Idee von Segner bis heute im umlaufenden Rasensprenger weiter.<sup>42</sup>

Vielleicht hing der plötzliche Ehrgeiz, die Wasserkraftnutzung voranzutreiben, mit der Dampfmaschine zusammen, die nach dem Tode von James Watt 1819 ihren Siegeszug um die Welt begann. Die Dampfmaschine war aber nur dort befriedigend, wo die Kohle billig war. Vielleicht waren aber auch ganz einfach die Zeit und die Technik für die Verwirklichung neuer Ideen reif.

Jedenfalls hatte die „Societe d'Encouragement pour l'Industrie Nationale“ einen Preis von 6.000 Franc für die Entwicklung leistungsfähiger „Turbinen“ ausgesetzt.<sup>43</sup> Der Begriff Turbine (vom lat. „Kreisel“ oder „Strudel“) geht auf den Franzosen Claude Burdin, Lehrer an der „Ecole de Mineurs“, der Bergbauschule von Saint-Etienne<sup>44</sup> zurück, der 1822 in einer Denkschrift an die französische Akademie der Wissenschaften erstmals diesen Ausdruck verwendete.<sup>45</sup> Seit

<sup>41</sup> König, Felix von: Bau von Wasserkraftanlagen. Karlsruhe 1985, S. 209- 218.

<sup>42</sup> Sandor Palffy u.a.: Wasserkraftanlagen, Klein- und Kleinstkraftwerke. 2. Aufl. Renningen-Malmsheim 1994, S. 13. (Kontakt & Studium, Bd. 322). Vgl. Reichel: Aus der Geschichte der Wasserkraft- Maschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Vol.18 (1928), S. 57- 68, hier S. 59.

<sup>43</sup> Aubry Burgstall: Wasserturbine. In: De Bono, Edward (Hrsg.): Illustrierte Geschichte der Erfindungen. Luzern Frankfurt 1975, S. 73. Vgl. Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000, S. 113.

<sup>44</sup> Aubry Burgstall: Wasserturbine. In: De Bono, Edward (Hrsg.): Illustrierte Geschichte der Erfindungen. Luzern Frankfurt 1975, S. 73. Vgl. Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000, S. 113.

<sup>45</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000, S. 113. Vgl. Mähr, Christian: Vergessene Erfindungen. Warum fährt die Natronkugel nicht mehr? 3. Aufl. Köln 2004, S. 72. Mähr macht hier den Hinweis, dass die Dampfkugel Herons oft als erste Turbine gepriesen wurde.

Burdin unterteilt man Turbinen in Aktions- und Reaktionssturbinen, später nannte man sie Druck- und Überdruckturbinen und heute spricht man von Freistrahlturbinen und Überdruckturbinen. Kennzeichnend für Erstere, ist das vom Wasserstrom nur teilweise und völlig druckfrei durchströmte Laufrad, wogegen bei den Überdruckturbinen zwischen Oberseite und Unterseite des Laufrades, ein Druckgefälle besteht und das Laufrad zur Gänze durchströmt ist.

Burdin baute auch eine Turbine, die sich jedoch nicht bewährte. Den ausgeschriebenen Preis holte sich 1833 ein anderer französischer Erfinder unter vier Bewerbern. Sein Name war Benoit Fourneyron (1802-1867). Er war ein Schüler von Burdin und ein hervorragender Mathematiker und Techniker, der eine 50 PS-Maschine eingereicht hatte.<sup>46</sup>

### **2.2.3 Die „Geburt“ der ersten Wasserturbine**

Es ist kaum möglich, alle Forscher, die sich mit hydraulischen Maschinen und ihren Theorien beschäftigt haben, namhaft zu machen, denn zu groß ist ihre Zahl. Insbesondere waren es französische, deutsche und schweizerische Techniker, die eine maßgebliche Rolle bei der Entwicklung von Wassermotoren eingenommen hatten. Unter dem Begriff „Wassermotoren“ fasste man damals Wasserräder und Turbinen zusammen. Niemals vorher konnte jedoch ein solcher Erfolg erzielt werden, wie er Fourneyron beschieden war. Er war nach vielen Versuchen, Irrtümern, Veränderungen an Material, Konstruktionsdetails und Strömungsverhältnissen auf ein Turbinenprinzip gekommen, welches in gleicher Weise bzw. abgewandelter Form später von anderen Konstrukteuren übernommen wurde. Er hatte das bekannte „Reaktionsprinzip“ des Segnerschen Wasserrades von ca. 1750 ausgenutzt und seine Maschine mit einem innen liegenden Leitrad ausgestattet. Das Leitrad, das schon der berühmte Mathematiker Leonhard Euler (1703-1783) als sinnvoll erkannte, stand fest, das außen liegende Laufrad wurde von dem radial nach außen strömenden Wasser in Bewegung gesetzt. Diese Maschine stellte etwas völlig Neues dar, und zwar wegen ihres hohen Nutzeffektes von rund 80 %, der hohen Drehzahl und der

<sup>46</sup> Kaplan, Viktor: Die Entwicklung der Theorie und des Baues der Wasserkraftmaschinen. In: Der Mühlen- und Speicherbau. IV (1911), 14, S. 205- 213, hier S. 205.

kleinen Abmessungen. Erstmals konnte sich Fourneyron die Erfindung seines Landsmannes Gaspard Baron de Prony (1755-1839)<sup>47</sup> nutzbar machen, eines Bremsdynamometers zur Bestimmung des Drehmomentes, das später unter dem Namen „Pronyscher Zaum“ bekannt wurde. Diese Methode der Drehmomentbestimmung war noch bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts in Verwendung.

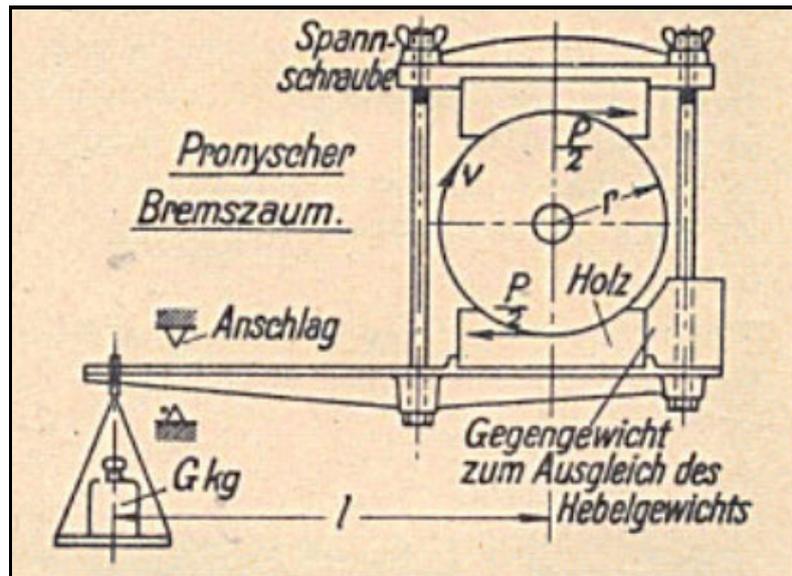


Bild 2: Pronyscher Zaum.<sup>48</sup>

Die Bremsleistung entspricht dem Produkt aus Drehmoment und Winkelgeschwindigkeit  $\omega$ . Die Leistung  $N = \text{Umfangskraft } P \text{ mal Umfangsgeschwindigkeit } v$ . Aus  $v = r \omega$  ergibt sich  $N = P r \omega = M \omega$ . Bei der gegebenen Anordnung der Bremsvorrichtung ist demnach die Leistung proportional dem Produkt: Gewicht  $G$  mal Hebelarm  $l$  mal Drehzahl  $n$ , wenn der Balken zwischen den beiden Anschlägen frei spielt.

Fourneyron konnte in seiner Versuchsstation am Ognon, einem linken Nebenfluss der Saone, bei einer Messung am 26. April 1827, an einer der ersten Versuchsturbinen einen erstaunlichen Wirkungsgrad von 83 % feststellen. Einer der Erfinder der Dampfturbine<sup>49</sup> Auguste Rateau (1862-1930), neben Carl de

<sup>47</sup> Prony war einer der Gründer der Pariser Ecole Polytechnique.

<sup>48</sup> Menge, Erich/Zimmermann Ernst: Mechanikaufgaben. Grundbegriffe Statik starrer Körper . 24. Aufl. Berlin, Hannover, Darmstadt 1954, S. 166.

<sup>49</sup> Vgl. Mähr, Christian: Vergessene Erfindungen. Warum fährt die Natronlok nicht mehr? 3. Aufl. Köln 2004, S. 72: „Die ‚Dampfkugel‘ Herons, oft als erste Turbine gepriesen, war

Laval, (1845-1913) und Charles Algernon Parson, (1854-1931), sagte später einmal, dass an diesem Tage die Wasserturbine geboren worden sei. Fourneyron erhielt 1832 ein Patent auf die erste wirklich brauchbare Wasserturbine. Zwischen 1834 und 1840 (die Angaben in der Literatur variieren), baute er in der Baumwollspinnerei des Baron von Eichthal in St. Blasien im Schwarzwald eine Turbine ein, die bei einer Höhendifferenz von 108 Metern und einer Drehzahl von 2300 Umdrehungen/Minute eine Leistung von fast 40 PS (30 KW) und einen Wirkungsgrad von nahezu 80% erreichte. Das Laufrad dieser Turbine hatte einen Durchmesser von 550 mm und das Wasser wurde über eine Leitung aus Gusseisen zugeführt. Das Echo in der Fachwelt war gewaltig. St. Blasien wurde ein „Wallfahrtsort“ der Techniker und Fourneyron ein berühmter Mann.<sup>50</sup> Die nachfolgend angestellte Berechnung ergibt eine niedrige spezifische Drehzahl:

$$n_s = n \cdot \frac{\sqrt{N}}{H \cdot \sqrt[4]{H}} = 2300 \cdot \frac{\sqrt{40}}{108 \cdot \sqrt[4]{108}} = 42 \text{ U / min}$$

Es zeigt sich daraus, dass die hohe Nenndrehzahl der o.a. Turbine nur durch das große Gefälle von 108 Metern bewirkt werden konnte. Bei großen Fallhöhen und kleinen Wassermengen, mussten die sich ergebenden großen Drehzahlen durch aufwendige Zahnraduntersetzungen auf die damals erforderlichen Gebrauchsdrehzahlen von 50 - 250 U/min reduziert werden, was natürlich neben starken Geräuschen, auch Leistungsverluste und starken Verschleiß der Zahnräder zur Folge hatte.

Die Turbine von St. Blasien befindet sich heute im Deutschen Museum in München.

1838 war Fourneyron mit seinem Betrieb nach Paris umgezogen, konstruierte und baute dort Hunderte von Turbinen. Angeblich hatte er 1843 bereits 129 Fabriken mit Wasserkraftanlagen ausgerüstet.<sup>51</sup> 1855 wurde eine Fourneyron-Turbine mit

bezeichnenderweise ein nutzloses Spielzeug, Kompromiss zwischen technischem Grundverständnis und einer psychischen Hemmung vor dem betreten „verbotener“ Bereiche.

<sup>50</sup> Vgl. Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraft- Maschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure Vol. 18 (1928), S. 57- 68, hier S. 60.

<sup>51</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000, S. 113. Vgl. auch: Quantz, Ludwig: Wasserkraftmaschinen. Eine Einführung in Wesen, Bau und Berechnung von Wasserkraftmaschinen und Wasserkraftanlagen. Berlin 1939, S. 36. Vergl. auch: König, Felix von: Bau von Wasserkraftanlagen. Karlsruhe 1985, S. 21. Vgl. auch: Quantz, Ludwig: Wasserkraftmaschinen, S. 13. Vgl. auch: Lechner, Alfred: Viktor Kaplan. In: Blätter für

einer Leistung von 800 PS bei den Pariser Wasserwerken am Pont-Neuf installiert.<sup>52</sup> Die ersten Maschinen der Niagara-Kraftwerke waren ebenfalls noch Fourneyron-Turbinen mit zusammen 24.000 KW Leistung, die später durch Francisturbinen ersetzt wurden.<sup>53</sup> Die Konstruktionen Fourneyrons haben viele Hydrauliker zu weiteren Versuchen veranlasst, wie z.B. den französischen Hydrauliker Arthur Morin (1795-1880). Praktiker mehrerer Länder haben dieses Konstruktionsprinzip aufgegriffen und es ihren Bedürfnissen nutzbar zu machen versucht. Neben anderen Firmen, baute die Fa. Nagel & Kämp in Hamburg später Turbinen nach diesem Prinzip.<sup>54</sup>

Auch die Fourneyron-Turbine hatte ihre Schwachstellen. Das Wasser strömte je nach der Beaufschlagung unkontrolliert und mit Turbulenzen ab, sodass man Energieverluste in Kauf nehmen musste. Erst als man die Wirkung des Saugrohres erkannte, gelang es, die Energie des Wassers vollständiger in der Turbine umzuwandeln.

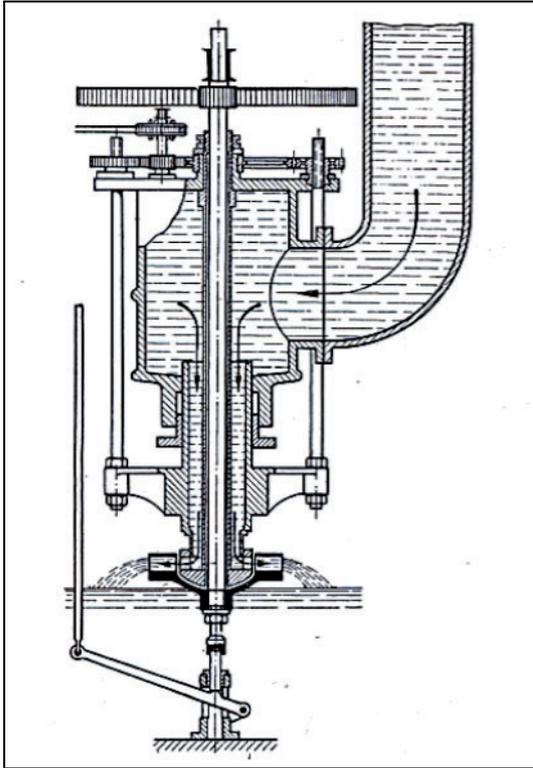
Außerdem kehrte man das System der Schaufelanordnung um. Das Leitrad kam nach außen und das Laufrad nach innen, wodurch diesem das Wasser zentripetal zuströmte.

Geschichte der Technik, (1936), 3, S. 14. Eine Fourneyron-Turbine kann man im Deutschen Museum in München besichtigen. Vgl. auch: Sandor Palffy u. a.: Wasserkraftanlagen, Klein- und Kleinstkraftwerke. 2. Aufl. Renningen-Malmsheim 1994, S. 13. (Kontakt & Studium, Bd. 322).

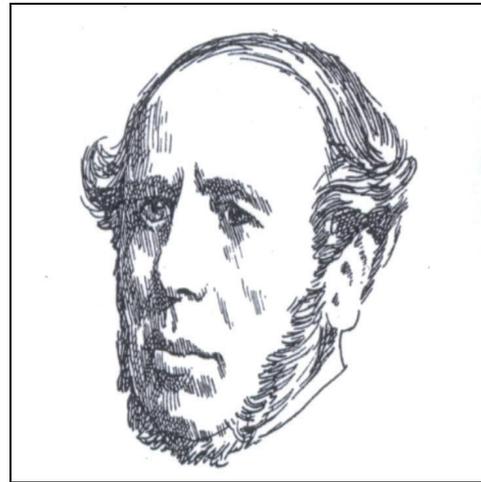
<sup>52</sup> Aubry Burgstall: Wasserturbine. In: De Bono, Edward (Hrsg.): Illustrierte Geschichte der Erfindungen. Luzern, Frankfurt 1975, S. 73.

<sup>53</sup> König, Felix von: Bau von Wasserkraftanlagen. Karlsruhe 1985, S. 23.

<sup>54</sup> Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraft-Maschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Vol.18 (1928), S. 57- 68, hier S. 60.



**Bild 3: Fourneyron -Turbine 1840, von innen beaufschlagte Radialturbine.<sup>55</sup>**



**Bild 4: Benoit Fourneyron (\*1802 in St.Etienne, †1867 in Paris).<sup>56</sup>**

Seit die erste Turbine das Laufen gelernt hatte, entfaltete sich in den nächsten Jahren eine ziemlich hektische Erfindertätigkeit rund um die Wasserkraft. Von der großen Zahl an Forschern, die an der Turbinenentwicklung arbeiteten, seien folgende Persönlichkeiten beispielhaft herausgegriffen:

Der deutsche Lokomotivbauer Carl Anton Henschel (1780-1861), der eine axiale Turbine erstmals mit einem Saugrohr ausstattete und 1841 die erste Henschel-Turbine bei einer Steinschleiferei in Holzminden in Betrieb nahm.<sup>57</sup>

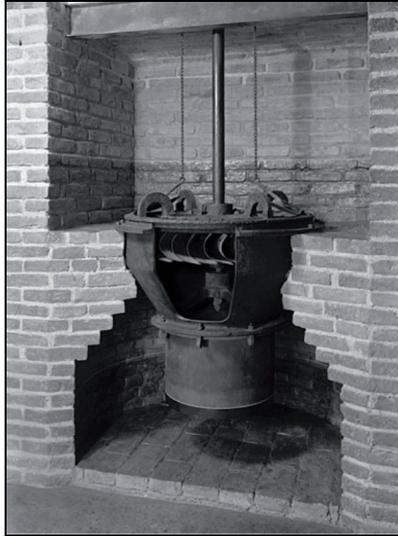
Der russische Deichmeister Ignati Safanow (1806-1857), welcher 1837 die erste Wasserturbine in Russland baute.

<sup>55</sup> Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraftmaschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Vol.18 (1928), S. 57- 68, hier S. 60.

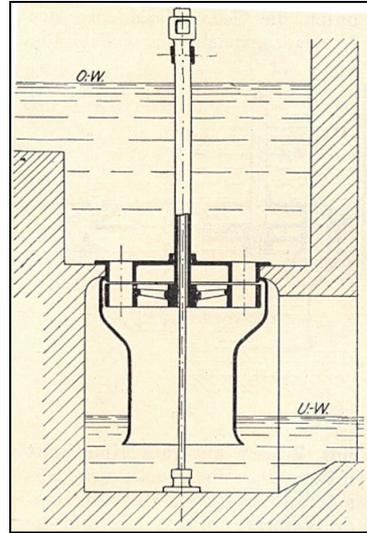
<sup>56</sup> Ebda.

<sup>57</sup> König, Felix von: Bau von Wasserkraftanlagen. Karlsruhe 1985, S. 118. Vergl. auch: Quantz, Ludwig: Wasserkraftmaschinen. Eine Einführung in Wesen, Bau und Berechnung von Wasserkraftmaschinen und Wasserkraftanlagen. Berlin 1939, S. 36. Vgl. auch: Lechner, Alfred: Viktor Kaplan. In: Blätter für Geschichte der Technik, (1936), S. 14.

Jacob Ferdinand Rettenbacher aus Steyr in Oberösterreich (1809-1863), der als Professor für Maschinenbau an das Polytechnikum in Karlsruhe berufen wurde. Seine bedeutende Arbeit, „Bau der hydraulischen Kraftmaschinen“, erschien 1841.



**Bild 5: Henschel-Jonval-Turbine.**<sup>58</sup>  
Quelle: Deutsches Museum, München

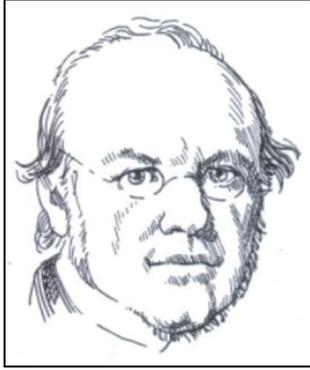


**Bild 6: Henschel-Jonval-Turbine  
Schnitt.**<sup>59</sup>

Julius Ludwig Weisbach (1806-1871), aus Annaberg im Erzgebirge stammend, war Lehrer für Mathematik und Bergmaschinenlehre an der Bergakademie Freiberg, wo er Apparaturen für Strömungsversuche entwickelte und aus den Versuchsergebnissen Formeln für Druckverluste an Wasserkraftwerks-Bauteilen (Krümmer, Rohrleitungen, Ventilen, Klappen, Kniestücken u.a.) ableitete.

<sup>58</sup> Henschel(Jonval)-Turbine aus 1841, gebaut von Henschel & Sohn, Kassel. Erste Turbine mit Saugrohr, in Betrieb bis 1880.

<sup>59</sup> Quantz, Ludwig: Wasserkraftmaschinen (wie Anm. 57), S. 36.(Springer-Verlag AG.) J. Jonval war Werkmeister bei der Maschinenbaufirma Andre Koechlin in Mühlhausen im Elsass. Er baute ähnliche Turbinen wie Henschel. Vgl. Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraftmaschinen. S. 62. (wie in Anm. 54). Vergl.: Ruckdeschel, Wilhelm: das Untere Brunnenwerk zu Augsburg durch vier Jahrhunderte. Von der Archimedischen Schraube zur Jonvalturbine. In: Zeitschrift für Technikgeschichte, Bd. 47 (1980), S. 345- 364, hier S. 358. Vgl. Kaplan, Viktor: Die Entwicklung der Theorie und des Baues der Wasserkraftmaschinen. In: Der Mühlen- und Speicherbau. IV (1911), 14, S. 205- 213, hier S. 206.



**Bild 7: Julius Ludwig Weißbach**  
\* 1806 in Mittelschmiedeberg bei  
Annaberg, † 1871 in Freiberg/Sa.<sup>61</sup>



**Bild 8: Ferdinand Redtenbacher**  
\*809 in Steyr, † 1863 in Karlsruhe.<sup>60</sup>

Die grundlegenden Werke von Redtenbacher: „Theorie und Bau der Turbinen“ und Weisbach: „Ingenieurmechanik“, stellten erstmals eine zufriedenstellende Kombination von Theorie und Praxis der Wasserturbinen dar und wurden in den folgenden 50 Jahren zur Grundlage der Neuentwicklungen. Ihre Arbeiten wurden bald nach ihrem Erscheinen ins Englische übersetzt und fanden damit auch den Weg in die Vereinigten Staaten von Amerika.<sup>62</sup> In Deutschland wurden trotz aller Erfindungsleistungen die Wasserturbinen zunächst äußerst misstrauisch betrachtet. Beispielsweise hielt die Regierung des Herzogtums Braunschweig nicht einmal einen Patentschutz für notwendig, weil sie für Wasserturbinen ohnehin keine Zukunftschancen sah.<sup>63</sup>

#### **2.2.4 James Francis (1815-1892)**

Auf dem Weg der Weiterentwicklung der Turbinen beginnt nun die Erfindungs- und Entwicklungszeit jener drei Haupttypen von Turbinen, die bis zum heutigen Tage und voraussichtlich auch in Zukunft den großen Bereich der Wasserkraftnutzung in wirtschaftlicher Weise ermöglichen und abdecken werden.

<sup>60</sup> Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraftmaschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Vol.18 (1928), S. 57- 68, hier S. 61.

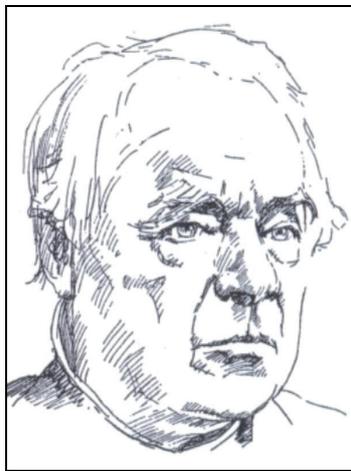
<sup>61</sup> Ebda., S. 60.

<sup>62</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000, S.120. Vgl. Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraftmaschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Vol.18 (1928), S. 57- 68, hier S. 61. Vgl. Meerwarth, Karl: Wasserkraftmaschinen. 11. Aufl. Berlin 1974, S. 46- 49.

<sup>63</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit, S. 119.

### Die Francisturbine

Im Jahre 1855 erschien in Boston, USA, eine umfangreiche Druckschrift „The Lowell Hydraulic Experiments“ (Lowell ist eine Stadt im US-Bundesstaat Massachusetts). Bis 1883 war diese bedeutende Schrift bereits in vierter Auflage erschienen und setzte die technische Welt von einem neuen Turbinensystem in Kenntnis. Autor war Ingenieur James Bicheno Francis (1815-1892), in Southleigh in der Grafschaft Oxfordshire in England geboren und meist als amerikanischer Ingenieur apostrophiert. Die in seiner Schrift erwähnte Wasserkraftmaschine wurde ein großer Erfolg und führt bis heute den Namen seines Erfinders.



**Bild 9: James Francis, \*18. 05. 1815  
in Southleigh (GB), † 18. 09. 1892 in Lowell, Mass. (USA).<sup>64</sup>**

Über die Priorität seiner Erfindung wurde viel gestritten. Doch den Anteil des Gedankengutes anderer Techniker und Erfinder, vor allem von französischen und deutschen Wegbereitern, stellte Francis in seinem Buch keineswegs in Abrede. Unter diesen Pionieren war der Franzose Arthur Morin (1795-1880), der Amerikaner Ellwood Morris und der Deutsche Gustav Anton Zeuner (1828-1907). Francis kam mit 18 Jahren nach Amerika und erwarb sich durch Selbststudium ein umfangreiches Wissen in Mathematik und Mechanik. Er wurde Betriebsleiter einer zu einer Kanalgesellschaft gehörigen Werkstätte für Eisenbahnbedarf. Er interessierte sich aber auch für die Verwertung der Wasserkräfte am Merrimack-River in New Hampshire und plante Kanalsysteme zum Schutz der Stadt Lowell

<sup>64</sup> Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraftmaschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Vol.18 (1928), S. 57- 68, hier S. 62.

vor Hochwasser, die tatsächlich gebaut wurden und sich bei einem Jahrhunderthochwasser im Frühling des Jahres 1852 als Rettung der Stadt erwiesen.<sup>65</sup>

1849 baute er zwei Ausführungen seiner Turbine bei der Boot-Baumwollspinnerei ein, weswegen seine Turbinen in der Anfangszeit auch Booträder hießen. Mit einer Leistung von 136 PS (100 KW) und einem Wirkungsgrad von 80 % bei voller Beaufschlagung übertrafen sie alle bisherigen Maschinen. Allerdings sank der Wirkungsgrad bei Teilbeaufschlagung rapide ab. Francisturbinen waren ursprünglich reine Radialturbinen; eine Reihe von Verbesserungen, an denen mehrere amerikanische Techniker beteiligt waren, führten 1869 zu einer Konstruktion, bei der das Wasser in den Schaufeln in die axiale Richtung umgelenkt wurde. Das Wasser trat nun radial ein und axial in Richtung des Saugrohres vertikal aus. Damit wurde die heutige Form des Francis-Laufrades geschaffen. Die von den USA ausgehenden konstruktiven Anregungen hinsichtlich schnellläufiger Turbinen sind in Europa bald aufgegriffen worden.

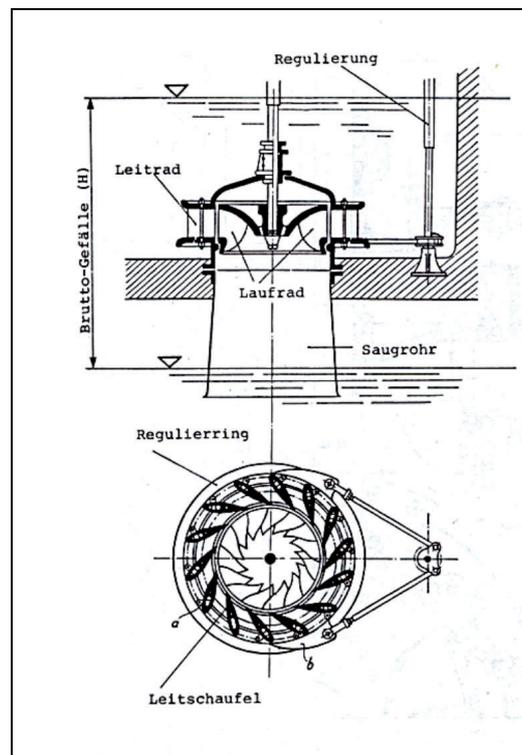
Zu erwähnen ist hier Professor Wilhelm Kankelwitz in Dresden, der später an die Technische Hochschule in Stuttgart berufen wurde und dort in der Fa. Voith in Heidenheim eine große Unterstützung fand.<sup>66</sup> Bevor die Francisturbine ihre große Leistungsfähigkeit entfalten konnte, musste noch das Problem der Regelung gelöst werden. Eine Turbine wird für eine bestimmte Nenndrehzahl und eine bestimmte Schluckfähigkeit gebaut; ändert sich die Größe des Wasserzuflusses, oder ändert sich die Belastung der Turbine, weil sich die Abnahme der elektrischen Energie aus dem von der Turbine angetriebenen Generator ändert, dann muss man den Wasserzufluss zur Turbine so einstellen können, dass die Drehzahl möglichst konstant bleibt.

Das geschieht mit dem so genannten „Leitapparat“. Es handelt sich dabei um einen fest angeordneten Schaufelkranz mit beweglichen Schaufeln, durch die der Wasserzufluss zum Laufrad erfolgt und durch welche der Zuflussquerschnitt geändert werden kann. Als Erfinder des Leitapparates gelten der Engländer

<sup>65</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit, S. 121.

<sup>66</sup> Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraftmaschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Vol.18 (1928), S. 57- 68, hier S. 63.

James Thomson <sup>67</sup> (1822-1892), der ältere Bruder von Sir William Thomson (Lord Kelvin of Largs, 1824-1907) und der Deutsche Prof. Carl Ludwig Fink (1821-1888).<sup>68</sup> Fink hatte darauf hingewiesen, dass man mit drehbaren Leitschaufeln bei Radialturbinen, die von außen beaufschlagt werden, alle Leitkanäle durch einen gemeinsamen Antrieb gleichmäßig verengen bzw. vergrößern und damit die Regulierung des Wasserzuflusses der Turbine sehr gut vornehmen könne. Die Konstruktion der drehbaren Leitschaufeln setzte sich sehr bald durch und wurde erstmals durch die Firma Voith 1873 bei Francisturbinen eingesetzt.<sup>69</sup>



**Bild 10: Prinzip-Anordnung einer Francisturbine mit Leitrad, Laufrad und Saugrohr. Quelle: Expert-Verlag.<sup>70</sup>**

Die Schaufeln des Leitrades werden gemeinsam über einen Regulerring verstellt, welcher über eine vertikale Welle und einem Gestänge verdreht werden kann.

<sup>67</sup> URL: [http://www.bbc.co.uk/history/historic\\_figures/thomson\\_james.shtml](http://www.bbc.co.uk/history/historic_figures/thomson_james.shtml) [25.10.2005].

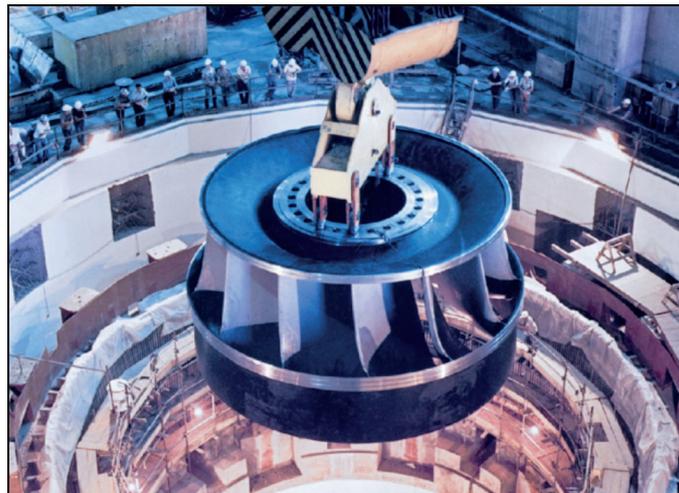
<sup>68</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000, S. 122. Vgl. Schweickert, Hermann: Der Wasserturbinenbau bei Voith zwischen 1913 und 1939 und Geschichte der Eingliederung neuer Strömungsmaschinen. Phil. Diss. Stuttgart 2002, S. 20. Vgl. Meerwarth, Karl: Wasserkraftmaschinen. 11. Aufl. Berlin 1974, S. 135- 143.

<sup>69</sup> Fink, Carl: Theorie und Konstruktionen der Brunnen-Anlagen, Kolben- und Zentrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhaustoren. 2. Aufl. Berlin 1878. S. 224-225. Vgl. Schweickert, Hermann (wie Anm. 68), S. 20.

<sup>70</sup> Quelle: Sandor Palffy u.a.: Wasserkraftanlagen, Klein - und Kleinstkraftwerke. 2. Aufl. Renningen Malsheim: Expert-Verlag, 1994, S. 11. (Kontakt & Studium, Bd. 322: Energietechnik)..

Wegen der notwendigen großen Verstellkräfte, erfolgt der Antrieb der vertikalen Welle von einem Servomotor (Hydraulikantrieb), welcher seine Befehle von einem Regler bekommt, der eine konstante Drehzahl und die Erhaltung des Niveaus des Oberwasserspiegels gewährleisten soll.

Die Turbine von Francis wurde weiterentwickelt, vor allem in Deutschland durch die Firma Voith in Heidenheim, die ihr Produktionsprogramm von Papiermaschinen um Wasserturbinen erweiterte.<sup>71</sup> Mit dem Aufschwung der Elektrotechnik kamen auch zahlreiche Turbinenaufträge. Bereits 1905 lieferte Voith die damals größten Francis-Turbinen der Welt mit je 8835 KW für das Kraftwerk an den Niagarafällen. An einem der größten Kraftwerke der Welt, Itaipu („singer Stein“), am Rio Parana an der Grenze zwischen Brasilien und Paraguay, das 1984 in Betrieb ging, wurden 18 Francisturbinen Fabrikat Voith mit einer gigantischen Leistung von je max. 800 MW eingebaut.<sup>72</sup> Das Kraftwerk weist eine Fallhöhe von rund 118 m auf.



**Bild 11: Laufblad einer Francis-Turbine max. 800 MW des Kraftwerkes Itaipu.<sup>73</sup>  
Bildquelle: Voith Siemens Hydro Power.**

Die Leistung dieser 18 Turbinen entsprechen ungefähr dem 1,8 fachen des derzeitigen durchschnittlichen Leistungsbedarfs Österreichs.<sup>74</sup>

<sup>71</sup> Kaplan, Viktor: Die Entwicklung der Theorie und des Baues der Wasserkraftmaschinen. In: Der Mühlen- und Speicherbau. IV (1911), 14, S. 205- 213, hier S. 207.

<sup>72</sup> Gööck, Roland: Erfindungen der Menschheit. Wind, Wasser, Sonne, Kohle, Öl. Blaufelden 2000, S. 119. Vgl. Meerwarth, Karl: Wasserkraftmaschinen. 11. Aufl. Berlin 1974, S. 46- 49. Vgl. König, Felix von Bau von Wasserkraftanlagen. Karlsruhe 1985, S. 71. Die Leistung einer Turbine beträgt nach Voith Siemens bis 800 MW; Prospekt 13178e03.04.3000 MSW, S. 7.

<sup>73</sup> Voith Siemens Hydro Power, Prospekt 13178e03.04.3000 MSW, S. 7.

### 2.2.5 Die Idee der drehbaren Laufradschaufeln

Besonders interessant ist, dass Professor Carl Ludwig Fink schon im Jahre 1878 erwähnte, dass auch drehbare Laufradschaufeln zur Erreichung eines günstigen Wirkungsgrades beitragen würden.<sup>75</sup>



**Bild 12: Carl Ludwig Fink,\* 24. 02. 1821 in Potsdam, † 15. 02.1888 in Berlin.<sup>76</sup>**

Da die Elektrotechnik jedoch zu dieser Zeit noch nicht so weit fortgeschritten war – die Wechselstrom-Synchronmaschinen und Induktionsmotoren wurden erst ab 1887 durch Haselwander, Bradley, Tesla und Dolivo-Dobrowolsky entwickelt<sup>77</sup> – bestand noch kein Bedürfnis für derart komplizierte Konstruktionen. Die Erwähnung drehbarer Laufradschaufeln durch Carl Fink sollte im Zuge der in einem der folgenden Kapitel ausführlich beschriebenen Patentstreitigkeiten Kaplans, noch zu einer heftigen Auseinandersetzung mit einem seiner Gegner führen,

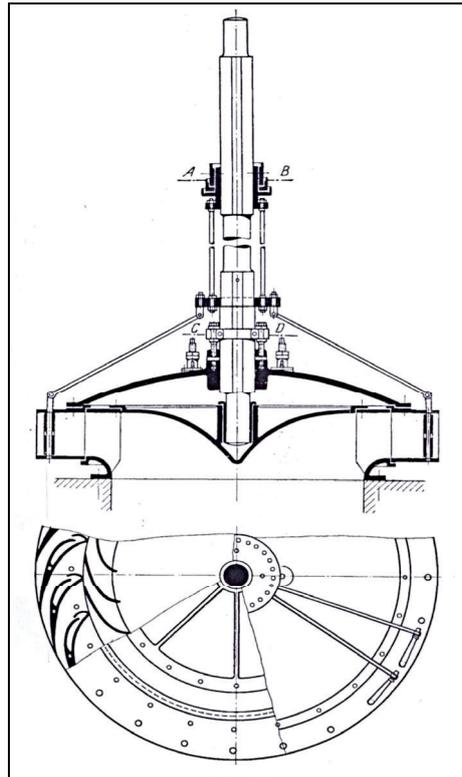
<sup>74</sup> Jede dieser Turbinen leistet rund ein Zehntel des durchschnittlichen Leistungsbedarfs Österreichs. Der Jahresverbrauch Österreichs an elektrischer Energie beträgt derzeit rund 65 Millionen MWh, davon kommen rund 67 % aus Wasserkraftanlagen. Die durchschnittliche Leistung beträgt  $65 \cdot 10^6$  MWh: 8760 Std.= ca. 6.800 MW. URL: <http://www.eva.ac.at/enz/res-dat.htm> [04.06.2005].

<sup>75</sup> Fink, Carl: Theorie und Konstruktion der Brunnenanlagen, Kolben- und Zentrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhaustoren. Berlin 1878, S. 225.  
Vgl. Reichel, Ernst: Aus der Geschichte der Wasserkraftmaschinen. In: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure, Vol.18 (1928), S. 57-68, Hier S. 62.

<sup>76</sup> Ebda.

<sup>77</sup> Sequenz, Heinrich: Elektrische Maschinen. Eine Einführung in die Grundlagen. 8. Aufl. Wien, New York 1971, S. 788.

nämlich dem Professor für Maschinenbau an der Technischen Hochschule in Graz, Robert Honold. Doch in der Geschichte der beweglichen Laufschaufeln war Carl Fink nicht der Einzige, der schon an eine solche Konstruktion dachte. Nachstehendes Bild zeigt eine von innen beaufschlagte Turbine mit 24 beweglichen Laufradschaufeln, bei der mittels einer Schiebemuffe auf der Turbinenwelle und dem Gestänge über die im Grundriss des folgenden Bildes sichtbaren Hebel, die Schaufeln verdreht werden können.



**Bild 13: Turbine mit drehbaren Laufschaufeln aus Finnland 1881, Konstrukteur: Max Wigren.<sup>78</sup>**

Für eine axial durchströmte, so genannte Stromturbine mit horizontaler Welle und drehbaren Laufschaufeln wurde vom 6. Mai 1886 den Erfindern Heinrich Hutter und Wilhelm Nossian aus Wien ein deutsches Patent mit der Nr. 38414 erteilt. Am 21.02. 1887 erhielt die Erfindung das österreichische Privilegium 37/279. Der nachfolgende Zeichnungsausschnitt (Bild 14), aus dem österreichischen

<sup>78</sup> Quelle: Korn, H. in: Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure 71 (1927), 6, S. 195. In der dargestellten Konstruktion vom 6. Mai 1881, wäre die Turbine für horizontalen Einbau vorgesehen.