



Seminararbeit

Thema: Das Schachtkraftwerk

Verfasser/in: Johannes Kronast

Leitfach: Physik

Seminarkürzel: 2Ph_W

Lehrkraft: Herr Grillenbeck

Abgabe der schriftlichen Arbeit am:

[Datumsstempel Sekretariat]

Präsentation mit Prüfungsgespräch am:

_____ 20____

Bewertung	Note	in Worten	Punkte		Punkte
schriftliche Arbeit				x 3	
Abschlusspräsentation				x 1	
<i>Summe</i>					
Gesamtleistung nach § 29 (7) GSO = Summe : 2 (gerundet)					

Unterschrift der Lehrkraft

Kurzfassung

Is it possible to combine hydropower with the protection of fishes in a sustainable manner?

Prof. P. Rutschmann and Albert Sepp are dealing intensively with this question. They developed an innovative concept at the TUM Munich using the technique of a shaft power plant. Here the turbine as well as the generator are housed under water in a shaft. The water intake is regulated by a horizontal rake. Besides the advantages of the structural conditions, such as a low construction volume, the concept has also significant ecological advantages. Due to the hydraulic design a convincing protection of the fishes is ensured. In addition a fish pass is integrated. For larger surrounding a multi-shaft system was designed.

Gliederung

I.	Problemstellung	2
II.	Wasserkraftkonzept Schachtkraftwerk als Lösungsansatz	3
1.	Technik und Physikalische Untersuchung	3
1.1	Funktionsbeschreibung	3
1.2	Physikalische Untersuchung am Kraftwerksmodell	4
1.3	Untersuchungsergebnisse der Prototypanlage	7
1.4	Mehrschachtsystem	7
2.	Ökologische Verträglichkeit	8
2.1	Fischschutz	8
3.	Eigene Ergebnisse	10
3.1	Modellnachbau in einem Wasserbecken	10
3.2	Modellnachbau in einem Bachlauf	14
4.	Pilotanlage in Großweil	19
4.1	Standortbeschreibung	19
4.2	Baubeschreibung	20
III.	Fazit	22
IV.	Anhang	23
1.	Literaturverzeichnis	23
2.	Abbildungsverzeichnis	23

Zudem muss die maximale Anströmungsgeschwindigkeit in der Rechenebene zum Schutz der Fische eingehalten werden. Aufgrund dieser schwierigen Rahmenbedingungen sind für Deutschland und viele andere Länder mit konventioneller Kraftwerkstechnik die oben genannten Auflagen nur schwer erfüllbar und die Wirtschaftlichkeit insbesondere mit abnehmender Fallhöhe kaum zu erreichen. Die zentrale Herausforderung einer modernen und nachhaltigen Wasserkraftnutzung ist es also eine in der Praxis taugliche, effiziente und vor allem ökologische Wasserkrafttechnik mit integriertem Fischschutz voranzutreiben.[3]

An der Technischen Universität München (TUM) wurde das innovative Konzept „Schachtkraftwerk“ von Professor Peter Rutschmann und Albert Sepp für eine kosteneffiziente und naturverträgliche Nutzung der Laufwasserkraft 2009 konzipiert und im Rahmen eines ZIM-Forschungsprojekts physikalisch untersucht. Seit 2013 steht in der Versuchsanstalt in Oberrach eine Prototypanlage mit Naturverhältnissen für Forschungszwecke zur Verfügung.[3]

In der folgenden Arbeit werde ich also das Konzept des Schachtkraftwerks näher untersuchen und erläutern, da meiner Meinung nach in einer Zeit des Klimawandels und des stetigen Strebens nach Nachhaltigkeit der Versuch einer nachhaltigen Nutzung der Wasserkraft als erneuerbarer Energie aktueller denn je ist.

II. Wasserkraftkonzept Schachtkraftwerk als Lösungsansatz

1. Technik und physikalische Untersuchung

1.1 Funktionsbeschreibung

Das Konzept beinhaltet den Grundgedanken die Kraftwerksanlage vollständig im Staubauwerk zu integrieren, um im Gegensatz zum konventionellen Buchtenkraftwerk die Triebwasserausleitung und -rückführung mit allen baulichen und ökologischen Nachteilen zu vermeiden. Dazu wird in einer Schachtkammer mit einer horizontalen Einlaufebene, die vor dem Wehrkörper in die Oberwassersohle integriert ist, eine Einheit aus Turbine und Generator installiert. Dabei kommt eine Tauchturbine zum Einsatz, die eine vollständige maschinelle Unterwasseranordnung ermöglicht. Der Kraftwerkszufluss wird durch den horizontal angeordneten Rechen der Turbine zugeführt. Eine Anbindung an

das Unterwasser erfolgt über das Saugrohr durch den Wehrkörper hindurch. In der Wehrebene ist in der Einlaufbreite ein hydraulischer Verschluss angebracht. Er dient beim Kraftwerksbetrieb durch leichte Überströmung der Wirbelvermeidung, durch weitere Möglichkeiten der Verschlussstellung, wie die Spaltstellung zur direkten Abgabe des Rechenreinigungsguts ins Unterwasser und kann im Hochwasserfall vollständig abgesenkt werden, um somit einen großen Fließquerschnitt freizugeben und die vollständige Geschiebedurchgängigkeit herzustellen. Zugleich wird mit diesen hydraulischen Einlauf-faktoren den Fischen ein direkter und breitflächiger Abwanderungsweg zum Abstieg freigegeben.[4]

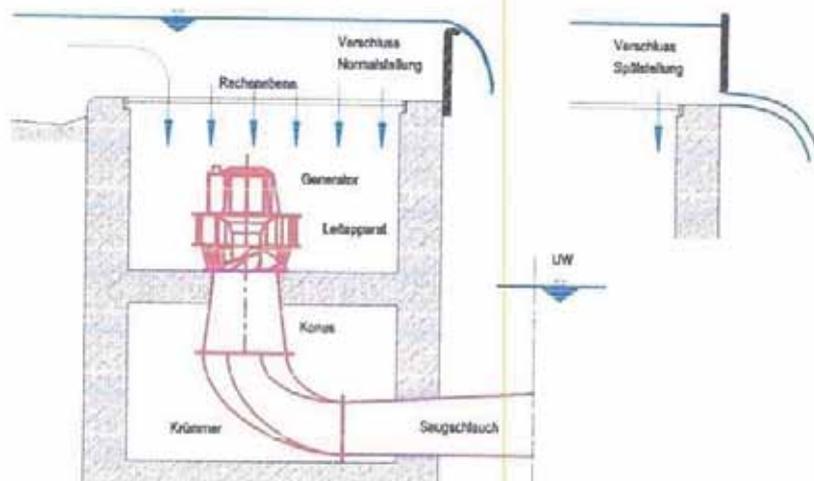


Abb. 2 Längsschnitt durch das an der TU München entwickelte Schachtkraftwerk
Bild: Albert Sepp / TU München

1.2 Physikalische Untersuchung am Kraftwerksmodell

Um die oben genannten Eigenschaften auch gewährleisten zu können wurde das Kraftwerkskonzept in der Versuchsanstalt Oberrach an einem physikalischen Vollmodell, welches komplett maschinentechnisch bestückt ist, auf seine Funktionalität hin getestet und optimiert. Das im März 2010 in Betrieb genommene Kraftwerksmodell wies einen maximalen Turbinenabfluss von 200 l/s auf. Die Leistung lag bei rund 2 kW bei einer Fallhöhe von 1,2 m.

Insbesondere wurden folgende Ergebnisse festgestellt:

Eine geringe Verschlussüberströmung unterbindet die Entwicklung kritischer Wirbel auch bei geringen Fließtiefen, welche durch die gezwungene 90°-Umlenkung des Triebwassers durch die horizontale Einlaufebene entstehen. Die Intensität dieser Wirbelbildung ist hauptsächlich von der Einlaufgeschwindigkeit und der Überdeckung

(= Höhenunterschied zwischen Wehrkrone und Schachtüberlauf) und der Rechenstäbe, welche diese grundsätzlich abschwächen, abhängig.[3]



Abb. 3 Wirbelbildung im Modellversuch



Abb. 4 Leichte Überströmung zur Wirbelvermeidung

Ebenso wurde durch eine Geschwindigkeitsmessung mit einer 3-D-ADV-Sonde (Abb. 5) bestätigt, dass in der Rechenebene ein homogenes Geschwindigkeitsprofil ($v < 0,5 \text{ m/s}$) bei entsprechender Bemessung der Einlauffläche und Überdeckung erzeugt werden kann. (Siehe Abb. 5 und 6)

Bei weiteren Untersuchungen wurde die Funktionalität der hydraulischen Verschlussanordnung bestätigt. [3]



Abb. 5 Geschwindigkeitsmesseinrichtung

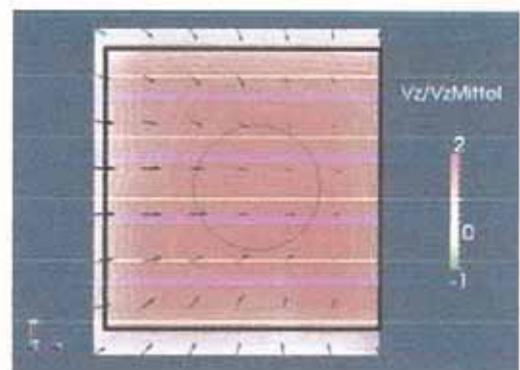


Abb. 6 Darstellung Geschwindigkeitsverteilung über dem horizontalen Rechenfeld

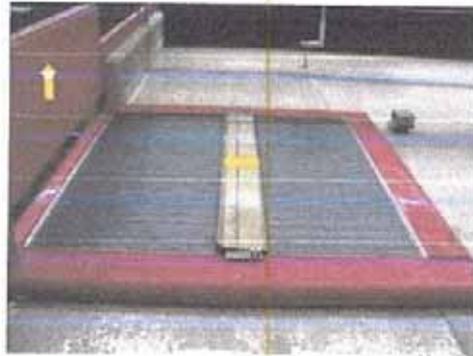


Abb. 7 Verschlussstafel und horizontales Rechenfeld mit Rechenreinigung

Da bei Hochwasser mit Treibholz und Geschiebetransport zu rechnen ist, wird bei höherer Wasserführung die Verschlussstafel bis zur Einlauffläche maximal abgesenkt, wodurch ausreichend große Schleppkräfte erzeugt werden, um die Einlaufebene geschiefbefrei zu halten. Dies wurde durch einen künstlich verlandeten Einlaufbereich und einer verfüllten Schachtkammer, welche bei Turbinenbetrieb vollständig entleert werden konnten, bestätigt.[3]



Abb. 8 Verschlussstafelstellung bei Rechenreinigung



Abb. 9 Spülstellung der Verschlussstafel

Das Rechenstabprofil wurde so gewählt, dass es sich nach unten verjüngt, um das Einklemmen von Gesteinskörnern und Holzteilen zu verhindern.[3]



Abb. 10 Rechenstabprofil

1.3 Untersuchungsergebnisse der Prototypanlage

Da der Kraftwerkstyp vollständig unter Wasser angeordnet ist, besteht für alle beweglichen Maschinenbauteile ein besonders hoher Qualitätsanspruch. Um grundsätzlich auch die Praxistauglichkeit unter naturähnlichen Bedingungen, das bedeutet verstärkter Treibholz- und Geschiebetransport testen und aufzeigen zu können, wurde auf dem Freigelände der Versuchsanstalt Oberrach eine Prototypanlage errichtet. Der Leistungsbereich dieses Prototyps lag bei rund 35 kW bei einer Fallhöhe von 2,5 m und besaß eine 2m x 2m große Rechenfläche. Dadurch konnten alle wichtigen Betriebszustände, wie Rechenreinigung, Geschiebespülung, Wirkungsgradverläufe untersucht und optimiert werden. [3]



Abb.11 Prototypanlage in Oberrach

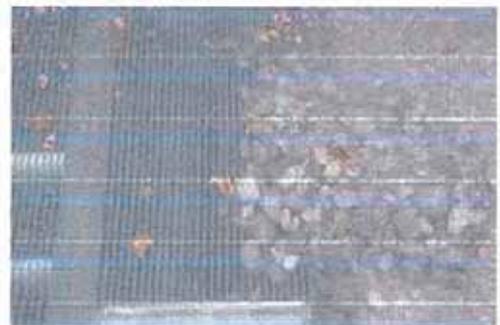


Abb. 12 verstärktes Geschiebe in der Einlaufebene

1.4 Mehrschachtsystem

Aufgrund der vollständigen Unterwasseranordnung des Schachtkraftwerkes erfordert es den Einsatz von Tauchturbinen, wodurch die Leistungsfähigkeit begrenzt ist.

Um also einen hohen Ausbaugrad an Standorten mit größeren Abflüssen zu ermöglichen, können mehrere Schächte in einer Reihenanordnung nebeneinander platziert werden, wodurch sich vorteilhafte ökologische Elemente, wie Fischaufstiegsanlagen (Fischtreppe) für die Einbeziehung der aufwärts gerichteten Migration von Fischen und allen anderen Lebewesen im Fließgewässer integrieren lassen. Das besondere wasserbauliche Element besteht in einem sogenannten ökologischen Verbindungsgerinne, das als naturähnliches Fließgerinne zwischen oder neben den Schachtblöcken integriert

werden kann. Das Mehrschachtkonzept zielt also durch spezielle Anordnung der Anlagenteile auf eine optimierte Durchgängigkeit für aquatische Organismen ab.[3]



Abb. 13 Mehrschachtanlage (2 Schächte)



Abb. 14 Fließgerinne zwischen 2 Schächten

2. Ökologische Verträglichkeit

2.1 Fischschutz

Wenn Fische flussabwärts wandern, um nahrungsreiche Lebensräume zu erreichen, sich fortzupflanzen oder sich vor Gefahren in Sicherheit zu bringen, können sie an Wehren, Schleusen oder anderen Bauwerken aufgehalten werden. Oft führt der verbleibende freie Weg stromabwärts durch eine Wasserkraftturbine. In Turbinen können Fische erheblich verletzt werden. Verletzungen könnten aber auch auftreten, wenn Wasser für die Kühlung von Kraftwerken aus dem Fluss entnommen oder in Pump- und Schöpfwerken gepumpt wird. Die Verletzungen reichen von Schuppenverlusten bis zum Tod. In Abhängigkeit von der Turbinenart, der Umdrehungsgeschwindigkeit der Turbinenschaukeln, der Fischart und anderer Faktoren können so bis zu 100 Prozent der Fische geschädigt werden. Je länger die Wanderwege einer Fischart sind, desto mehr Bauwerke müssen sie passieren. Damit steigt das Risiko, dass sich die Schädigung auf die Population auswirkt.[5]

Um einen Fischschutz zu garantieren müssen also die hydraulischen Einlaufkriterien der stromabwärts orientierten Wanderbewegung der abwandernden Fische, welche überwiegend der Hauptströmung folgen, angepasst werden. Dafür hat das Konzept des Schachtkraftwerks eine Lösung gefunden: Anders wie bei herkömmlichen

Wasserkraftwerken besitzt das Schachtkraftwerk ein horizontales Rechenfeld. Geringe Stababstände in diesem Rechenfeld wirken als Hemmbarriere für die Fische, während zugleich geringe Fließgeschwindigkeiten im Einlauf Schwimmfreiheit für die Fische garantieren. Die maximale Einlaufgeschwindigkeit kann der jeweilig vorhandenen Fischpopulation und deren Schwimmveranlagung angepasst werden. Der Wasserstrahl, der über und durch die Verschluss Tafel durch temporäres Öffnen des integrierten Reinigungsverschlusses fließt, erzeugt einen direkten Abstiegsweg nach unten. Die Fische nehmen über der Rechenebene eine Schrägstellung ein (Abb. 15) und schwimmen bewusst gegen die nach unten gerichtete Strömung, wodurch das Auffinden der Abstiegswege für die Fische ermöglicht wird. Um die Unversehrtheit der Fische beim Eintauchen ins Unterwasser zu gewährleisten, muss das sog. Wasserpolster einer Mindestdiefe von 90 cm bzw. ein Viertel der Fallhöhe entsprechen. Untersuchungen von Fischen, die kleiner der lichten Rechenstababstände sind, zeigten außerdem, dass der Rechen grundsätzlich als Verhaltensbarriere funktionieren kann und auch rechengängige Fische über den sicheren Fischabstieg ins Unterwasser gelangen.[3]

Fischverhaltensuntersuchungen an einem Großversuchsstand konnten die Funktionalität von Fischschutz und Fischabstieg überzeugend bestätigen.



Abb. 15 *Schrägstellung der Fische über der Rechenebene*



Abb. 16 *Verhalten der kleineren Fische über der Rechenebene*

3. Eigene Ergebnisse

3.1 Modellnachbau in einem Wasserbecken

Um einen besseren Einblick in das Konzept des Schachtkraftwerkes zu gewinnen, nahm ich am 06.06.2019 an dem angeleiteten Kurs „Ökostrom durch Wasserkraft - Schachtkraftwerk“, der an der Technischen Universität München angeboten wird, teil. Dieser Kurs befasst sich mit der Frage, wie man aus einem Bachlauf möglichst viel elektrische Energie gewinnen kann, wobei umweltrelevante Faktoren, wie das Wohl der Fische oder Überschwemmungen der Staustufen berücksichtigt werden müssen.

Zum Material zählte ein Becken mit strömendem Wasser, was für einen Teil eines Bachs stehen sollte. Darin sollte mit einer Turbine, bestehend aus einem Propeller und einem Generator, Strom erzeugt werden.

Auch standen verschiedene Bauteile zur Verfügung, aus denen ein Wehr in den Wasserlauf eingebaut werden konnte, in verschiedenen Höhen, mit bzw. ohne Durchlass, mit oder ohne Blende (Platte mit runder Öffnung). Des Weiteren waren Teile für einen Schacht, eine Fischtreppe, ein Fischgitter, sowie verschiedene Propeller vorhanden. Die vom Generator erzeugte Spannung wurde gemessen und ließ einen Rückschluss auf die Drehzahl zu.

Das Becken hatte die Maße (Länge x Breite x Höhe in cm) von 81,5 x 41,5 x 55.

Der Wasserstand betrug gemessen ab dem Beckenboden 30 cm.

Das entspricht in diesem Versuchsaufbau einem Wasservolumen von ca. 100 Litern.

Die erste Frage mit der ich mich beschäftigte war, auf welche Weise die Stromgewinnung aus einem Becken mit strömendem Wasser (Pumpe am Boden) am effizientesten ist. Meine Vermutung war, dass dies bei einem hohem Schacht und einem kleinem Durchfluss (B2 - Bauteil) erreicht werden kann. Ebenso bestätigte sich die Vermutung, dass mit der Erhöhung des Rotorblätter, die Spannung gleichermaßen steigt.

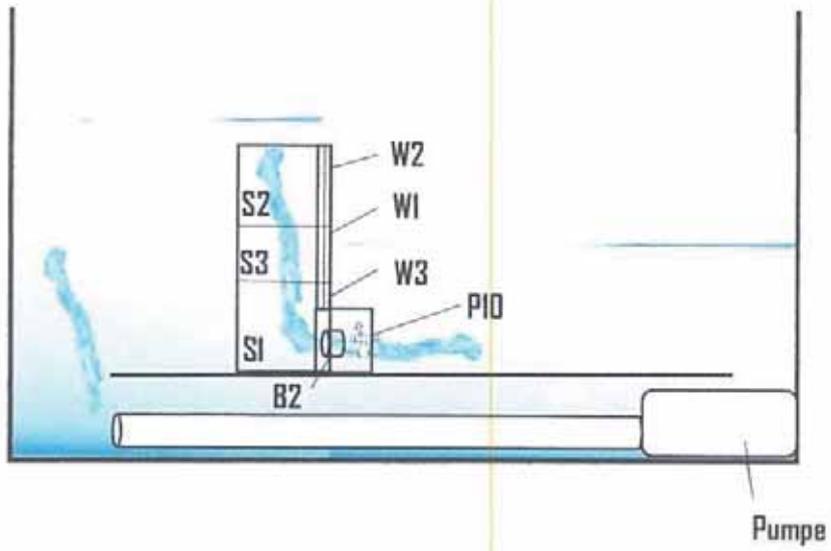


Abb. 17 Eigens erstellte Skizze des Versuchsaufbaus

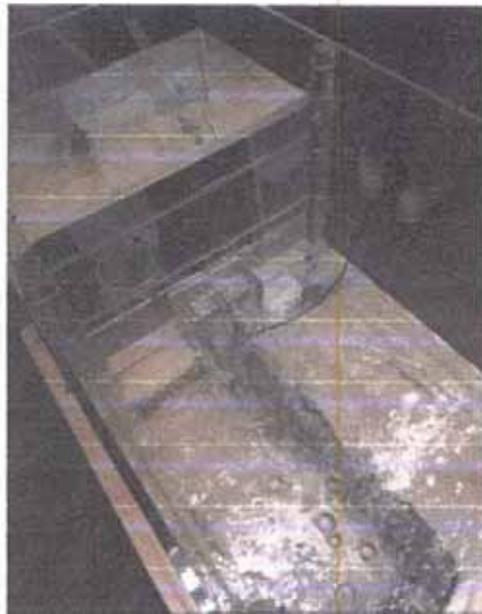


Abb. 18 Foto des Versuchsaufbaus

Da das Konzept des Schachtkraftwerkes auf eine Einbindung ökologischer Faktoren, wie das Wohl der Fische abzielt, beschäftigte ich mich im zweiten Abschnitt des Versuches damit, wie sich Wasserkraft mit dem Fischschutz vereinbaren lässt. Das Ergebnis war, dass durch die Verwendung von Bauteilen, die den Fischschutz gewährleisten die Spannung und somit die Energieausbeute sank.

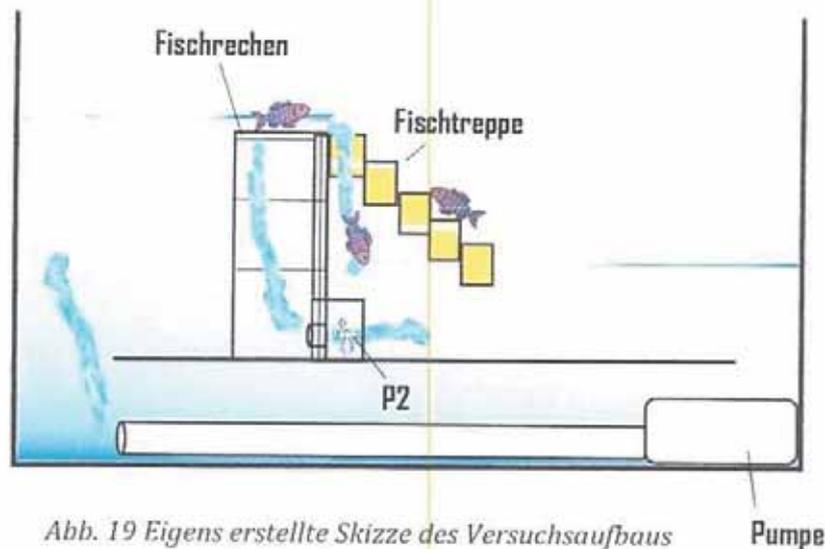


Abb. 20 Foto des Versuchsaufbaus

So dezimierte sich beispielsweise durch den Einbau eines Fischrechens die erzeugte Spannung von 5,6 V auf knapp 4 V.

Deshalb kam ich zu dem Entschluss, dass Fischschutz und Wasserkraft durchaus miteinander vereinbar sind, jedoch nur mit Verzicht auf maximale Spannungserzeugung und energieausbeute

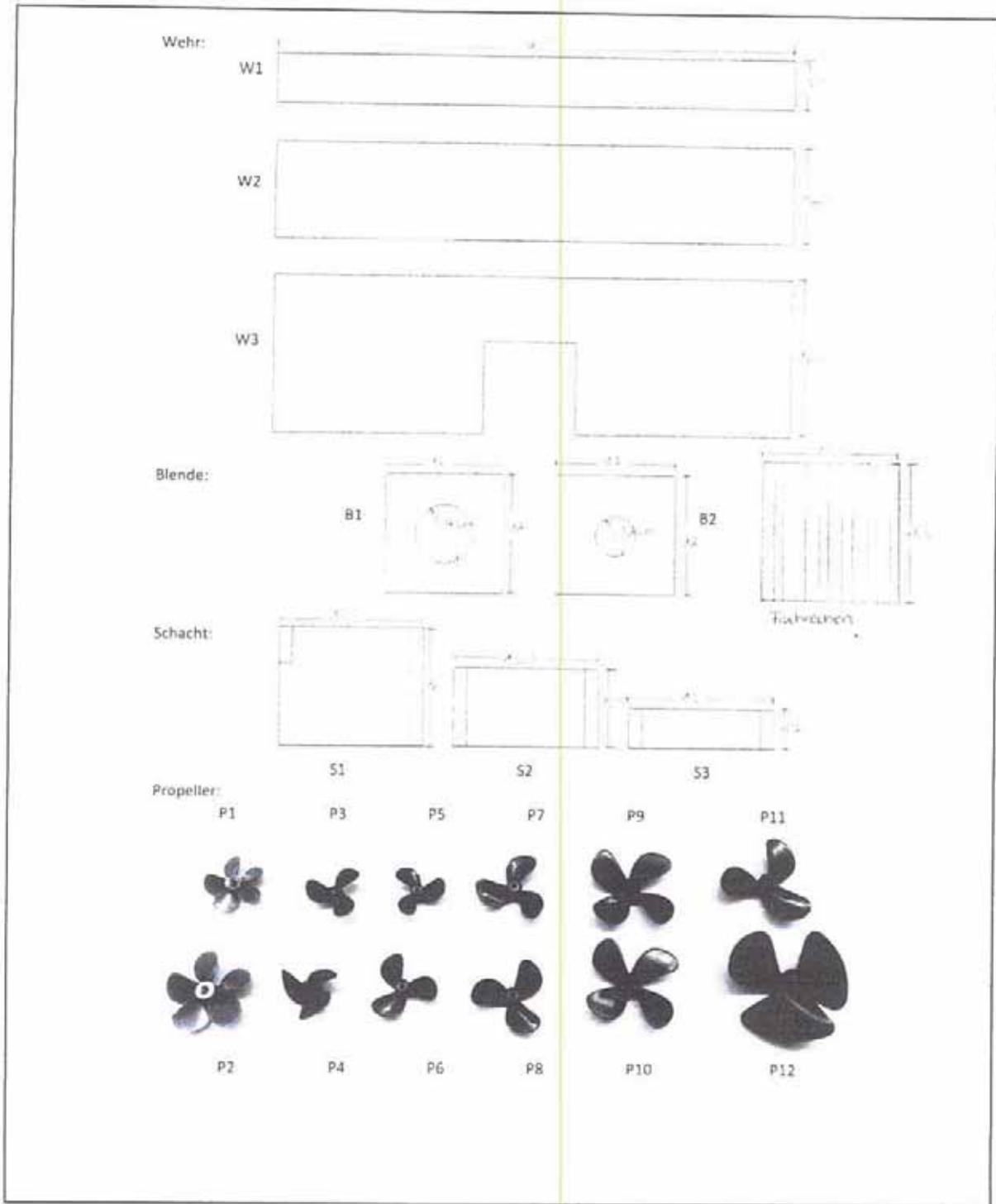


Abb. 21 Bauteile des Versuchs

3.2 Modellnachbau in einem Bachlauf

Zum Abschluss meiner Seminararbeit entschied ich mich das Schachtkraftwerk in einem Bachlauf nachzubauen, um naturähnliche Bedingungen nachzustellen.

Jedoch bereits zu Beginn stellte sich die Schwierigkeit, einen geeigneten Ort für die Durchführung zu finden. Des Weiteren war die Beschaffung einer passenden Wasserturbine nicht möglich. Somit musste ich auf einen kleinen Windgenerator mit einer maximalen Ausgangsspannung von 5,5 V, einem Durchmesser von 100 mm, 4 Flügeln und einem Gewicht von ca. 60g, den ich zu einem Wassergenerator umfunktioniert habe, zurückgreifen. Das weitere Equipment setzte sich aus einem selbstgebauten Schacht aus Holz mit den Maßen (Länge x Breite x Höhe in cm) 12 x 12 x 40 und eine Fischtreppe mit den Maßen (Länge x Breite in cm) 72,5 x 16,5 zusammen. Die erzeugte Spannung wurde mit Hilfe eines Spannungsmessgerätes nachgewiesen.



Abb. 22 Windgenerator



Abb. 24 Fischtreppe

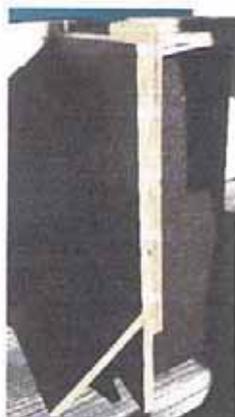


Abb. 23 Turbinenschacht



Abb. 25 Spannungsmessgerät

Zuerst fertigte ich aus Holz die Einlaufebene mit Fischrechen, einen Schacht und eine Fischtreppe an. Nach der Zusammensetzung aller einzelnen Bauteile integrierte ich, als Ersatz einer Tauchturbine den umfunktionierten Windgenerator vertikal in dem Schacht ein.

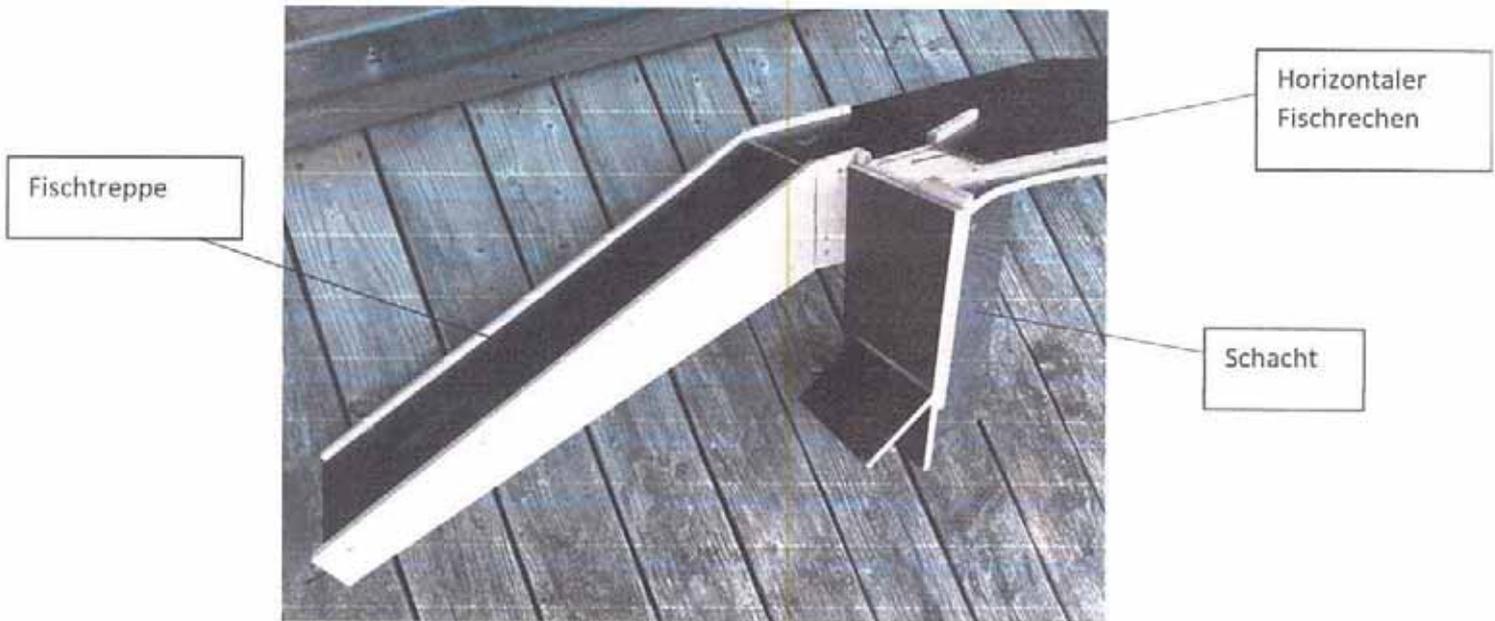
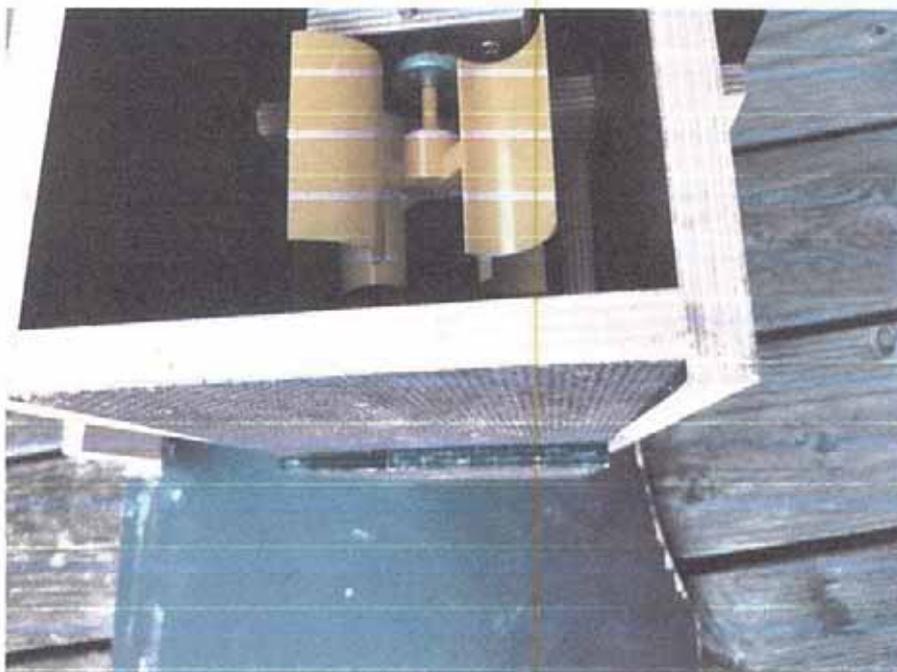


Abb. 26 Modellaufbau



*Abb. 27 Wasserrad mit Generator
innerhalb des Schachtes*

Da es jedoch schwierig war einem geeigneten Bach in der Nähe zu finden, entschied ich mich den Kraftwerksnachbau in den trocken gelegten Bachlauf, der sich in unserem Garten befindet einzubauen.



Abb. 28 Modell, eingesetzt in Bachlauf

Nach Einsetzen des selbst gebauten Modells in das Bachbett platzierte ich auf dem Einlaufbereich Steine, überströmte mit Hilfe eines Wasserschlauches den Versuchsaufbau mit Wasser und hielt mit Hilfe eines Spannungsmessgerätes die, durch den Generator erzeugte, Spannung fest.

Das Ergebnis war, dass bereits mit einer geringen Wassermenge und einer geringen Fallhöhe von 40 cm eine Spannung erzeugt werden kann.

Die gemessene Spannung schwankte zwischen 1 - 1,5 Volt.

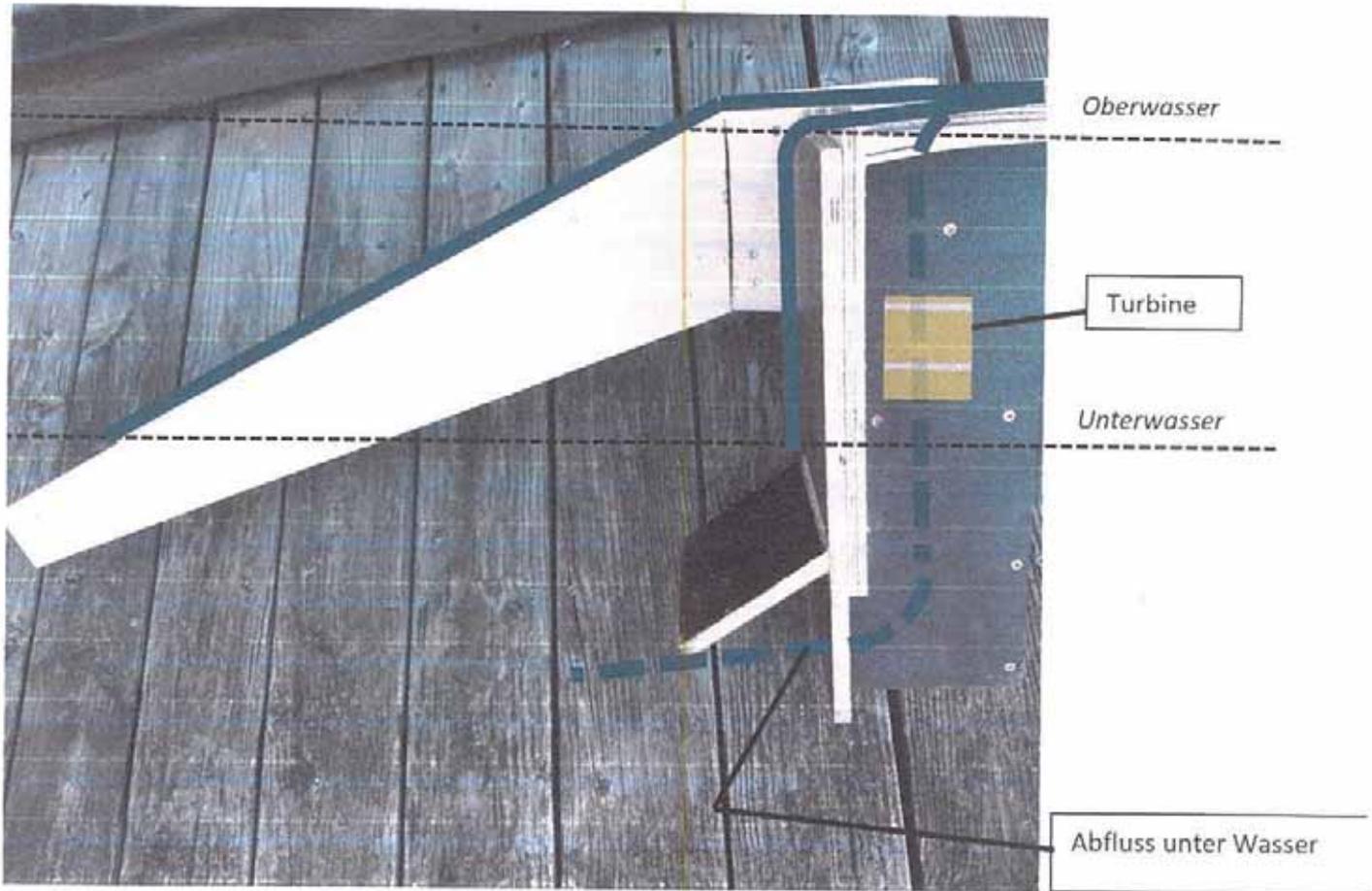


Abb. 29 Modellaufbau mit Markierung des Wasserverlaufs innerhalb des Modells

Legende:

- Wasserverlauf sichtbar
- ■ ■ Wasserverlauf durch den Wehrkörper hindurch



Abb. 30 Foto während der Überströmung des Modells

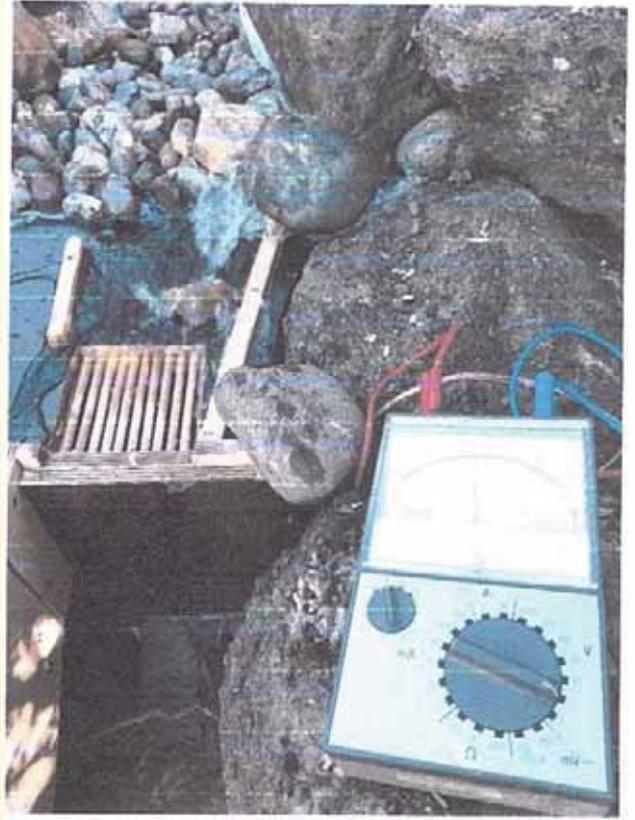


Abb. 31 Messung der erzeugten Spannung mithilfe eines Spannungsmessgerätes



Abb. 32 Foto des Modellaufbaus

4. Pilotanlage in Großweil

4.1 Standortbeschreibung



Abb. 33



Abb. 34

Standort des Schachtkraftwerkes. Luftaufnahme Wehranlage Raue Rampe bei Großweil vor Baubeginn

Eine regenerative Stromerzeugung durch ein Schachtkraftwerk ist im Landkreis Garmisch-Partenkirchen aufgrund der topografischen und hydrologischen Verhältnisse befürwortet worden, wie z.B. am Loisachwehr des Mühlbaches in Großweil. Aus absehbaren ökologischen Verschlechterungsgründen wurde an diesem Standort nämlich der wasserrechtliche Antrag für die Bewilligung eines Buchtenkraftwerkes mit konventioneller Technik abgelehnt. Um trotzdem die Ortsverhältnisse für Wasserkraft nutzen zu können, wird nun stattdessen eine Schachtkraftwerk-Pilotanlage ohne die Nachteile eines Buchtenkraftwerkes gebaut. [6]

An diesem Standort liegt eine sogenannte Raue Rampe (siehe Abb. 33 und 34), auch genannt Sohlrampe, vor. Grundsätzlich handelt es sich dabei um die Überwindung eines Höhenunterschieds im Verlauf eines Laufgewässers. Anstatt die kinetische und potentielle Energie des Oberwassers durch einen abrupten Fließwechsel von sehr schnellem zu sehr langsam fließendem Wasser in Wärme und Schall umzuwandeln, findet dies an den Rauheitselementen der Rampe, in Form von Steinsatz oder Steinschüttung statt. Bei Hochwasser wird die Rampe komplett überströmt, die Abflussleistung steigt, bis die Rampe vom Unterwasser eingestaut wird. [7]

Dieser Standort ist gerade deshalb geeignet, weil die Raue Rampe nur als eingeschränkt durchgängig gilt und den Mühlbach, der rechts in die Loisach mündet, durch Verlandung

nur mangelhaft mit Wasser versorgt. Aus heutiger Erkenntnis würde die nun 30 Jahre alte Raue Rampe nur noch halb so steil gebaut werden, um eine bessere Durchgängigkeit für Fische zu gewährleisten. Außerdem verkleist sie sich zudem über längere Zeiträume durch Treibholz. Der Kraftwerksbau verbessert die Durchgängigkeit durch zwei Fischaufstiege auf beiden Seiten und eine variable Wehrsteuerung. Der Mühlbach wird durch die optimierte Beschickung und andere Maßnahmen als Lebensraum und Rückzugsgewässer deutlich aufgewertet.

Die Ortsverhältnisse am Loisachwehr bei Großweil sind jedoch für eine Wasserkraftnutzung auch für das Schachtkonzept aus folgenden Gründen besonders herausfordernd: Wie bereits angemerkt, besteht der Staukörper aus einer Rauhen Rampe, welche jedoch konisch ist. Auch liegt das Staubauwerk schräg zur Hauptströmung am Ende einer Krümmung, weshalb die Wehranströmung durch Krümmungseffekte geprägt ist. Hinzu kommt, dass auf der Innenseite erhebliche Geschiebeablagerungen durch extreme Hochwasser-, Geschiebe- und Treibholzfrachten vorhanden sind. Eine gesicherte Mühlbachbeschickung muss gewährleistet werden.[6] Der Standort befindet sich noch dazu in einem Flora-Fauna-Habitat (FFH), dem sogenannten Natura 2000 Gebiet. Dieses ist ein zusammenhängendes Netz von Schutzgebieten innerhalb der Europäischen Union, das seit 1992 nach den Maßgaben der Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie errichtet wird.[8]

4.2 Baubeschreibung

Das Wasserkraftwerk ist als Doppelschacht mit zwei Segmentschützen konzipiert und links positioniert.

Die gesamte Wehrkrone wird dem, nach ökologischen Kriterien festgelegten, Mindestoberwasserstand angepasst. Für die Hochwassersicherheit wird im rechten Bereich die bestehende Spundwand abgeschnitten und mit einem umklappbaren Wehrständer erhöht. Die Mühlbachbeschickung geschieht über eine Druckrohrleitung aus dem oberen Bereich des rechten Wehrpfeilers mit einem Horizontalrechen, wodurch ein sedimentfreier Abfluss gewährleistet werden kann. Die linksseitige Anpassung erfolgt durch den Kraftwerkskörper mit zwei beweglichen Segmentwehren. Die horizontale Einlaufebene für die Turbinen macht einen liegenden Rechen einschließlich Reiniger in vollständiger Unterwasseranordnung erforderlich. Diese Spezialanfertigung der Firma Muhr hält Fische und Geschiebe von den Turbinen fern (Versuchsanstalt Oberrach). Aus

ökologischen und landschaftsästhetischen Kriterien erfolgt ein Basisabfluss für den Mühlbach, die beiden Fischaufstiege, Fischabstieg (Segmentwehre) sowie einer geringfügigen Permanentüberströmung des gesamten Wehrkörpers. Der Rest des Loisachabflusses wird in zwei Unterwasserturbinen der Firma Geppert bis max. 22 m³/s zur Stromerzeugung bei einer max. Fallhöhe von 2,5 m genutzt.[6]

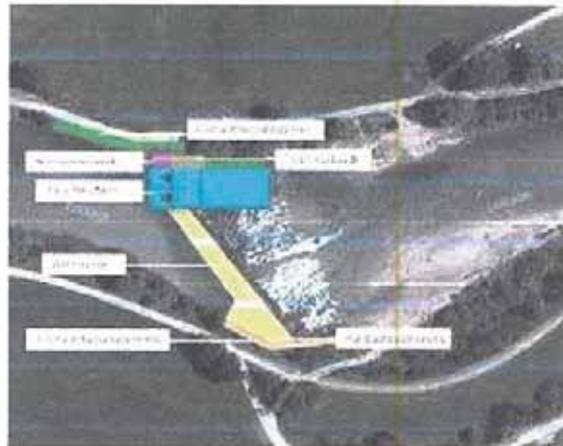


Abb. 35 Planung des Schachtkraftwerkes im Mühlbach



Abb. 36 aktueller Baustand

III. Fazit

Zusammenfassend kann man sagen, dass das Konzept des Schachtkraftwerkes viele Vorteile mit sich bringt. Dazu gehört beispielsweise, dass kein Eingriff in den Uferbereich notwendig ist, wodurch das Landschaftsbild nicht gestört wird. Ebenso gewährleistet es eine hohe Hochwassersicherheit. Auch punktet das Konzept in der Frage der Kosteneffizienz, da die robusten, standardisierten Maschinenbauteile, in großen Stückzahlen kostengünstig hergestellt werden können. Hinzu kommt, dass dieser Kraftwerkstyp an bestehenden Querbauten nachrüstbar ist, wodurch nur ein geringes Bauvolumen benötigt wird. Dieses Konzept benötigt außerdem kein Kraftwerkshäuschen, weshalb das Kraftwerk neben der Tatsache, dass das Bauwerk unter Wasser verschwindet, wodurch es zu keiner Geräuschemission kommt, kaum wahrnehmbar ist. Der größte Vorteil jedoch besteht im Nachhaltigkeitsaspekt des gesicherten Fischschutzes durch eine überzeugende Technik für den Fischabstieg.

Besondere Aktualität bekommt dieses Konzept durch die bereits zu Beginn erwähnte EU- Wasserrahmenrichtlinie, welche verlangt, auch kleinere Flüsse für Fische durchgängig zu machen. Allein in Bayern sind das mehrere Tausend Querbauwerke, wie etwa Wehre, die deshalb umgerüstet werden müssen. Viele von ihnen erfüllen gleichzeitig die Bedingungen für ein Schachtkraftwerk. Anstatt dem Bau Tausender einzelner Fischrampen, was die EU-Staaten Milliarden kosten würde und das Klima mit Tonnen von Kohlendioxid belasten würde, kann nun das Konzept Schachtkraftwerk mit Fisch-Klappe und einem zusätzlichen Fischaufstieg installiert werden.[9]

Erneuerbare Energien sind aufgrund der Endlichkeit fossiler Energieträger und der immer größeren Nachfrage nach elektrischer Energie in Zukunft unbedingt notwendig. Die Energieerzeugung durch Wasserkraft, vor allem durch Kleinwasserkraftwerke wird dabei eine wichtige Rolle spielen. Große Teile der Weltbevölkerung haben überhaupt keinen Zugang zu Energie. Ihre einzige Chance ist eine dezentrale Stromversorgung mit kostengünstigen, einfachen zu bedienenden Kraftwerken, die nicht oft gewartet werden müssen. Vor allem in Entwicklungs- und Schwellenländern könnte dies von großer Bedeutung sein, da sie große Wasserkraftpotentiale aufweisen. Abschließend kann man sagen, dass mit dem Schachtkraftwerk die Nutzung dieser Potentiale in Zukunft naturverträglicher erfolgen könnte.

IV. Anhang

1. Literaturverzeichnis

- [1] http://www.gesetze-im-internet.de/whg_2009/WHG.pdf
- [2] <http://www.wassernetz-nrw.de/wiki/images/8/81/Rdschr27-verschlechterungsverbot.pdf>
- [3] https://www.tum.de/fileadmin/user_upload/Shaft_hydro_d_Sepp_22082014.pdf
- [4] <https://vengo.navama.com/schachtkraftwerk-im-fischparadies-oder-der-sinn-von-naturschutzgebieten>
- [5] <https://www.umweltbundesamt.de/themen/wasser/fluesse/nutzung-belastungen/wasserkraft/fische-schuetzen-forum-fischschutz-fischabstieg>
- [6] http://www.wasserkraft-ja-bitte.com/fileadmin/wasserkraft/user_upload/Redakteure/Dokumente/GW_Gap/Steckbrief_SKW_Grossweil_20130626.pdf
- [7] <https://de.wikipedia.org/wiki/Sohlrampe>
- [8] https://de.wikipedia.org/wiki/Natura_2000
- [9] <https://www.br.de/themen/wissen/alternative-energie-wasserkraft-schachtkraftwerk100.html>

2. Abbildungsverzeichnis

- (1) <https://mediatum.ub.tum.de/node?id=1251858>
- (2) <https://www.br.de/themen/wissen/alternative-energie-wasserkraft-schachtkraftwerk100.html>
- (3) [file:///C:/Users/johan/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/OUB739TQ/sepp_skw_se_suedbaden_091117%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/johan/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/OUB739TQ/sepp_skw_se_suedbaden_091117%20(1).pdf)
- (4) https://www.bgu.tum.de/fileadmin/w00blj/wb/Schachtkraftwerk/pdf/Schachtkraft_de.pdf
- (5) <https://www.br.de/themen/wissen/alternative-energie-wasserkraft-schachtkraftwerk100.html>
- (6) https://www.tum.de/fileadmin/user_upload/Shaft_hydro_d_Sepp_22082014.pdf
- (7) <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-658-00996-0?page=1#toc>
- (8) https://www.bgu.tum.de/fileadmin/w00blj/wb/Schachtkraftwerk/pdf/Schachtkraft_de.pdf
- (9) https://www.bgu.tum.de/fileadmin/w00blj/wb/Schachtkraftwerk/pdf/Schachtkraft_de.pdf
- (10) [file:///C:/Users/johan/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/OUB739TQ/sepp_skw_se_suedbaden_091117%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/johan/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/OUB739TQ/sepp_skw_se_suedbaden_091117%20(1).pdf)
- (11) <https://twitter.com/hashtag/schachtkraftwerk>
- (12) [file:///C:/Users/johan/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/OUB739TQ/sepp_skw_se_suedbaden_091117%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/johan/AppData/Local/Microsoft/Windows/INetCache/IE/OUB739TQ/sepp_skw_se_suedbaden_091117%20(1).pdf)
- (13) <https://www.merkur.de/lokales/garmisch-partenkirchen/grossweil-ort377040/schachtkraftwerk-grossweil-betriebsstart-steht-fest-13035301.html>
- (14) <https://hydroshaft.com/konzept-schachtkraftwerk/>

- (15) <https://hydroshaft.com/konzept-schachtkraftwerk/>
- (16) <https://hydroshaft.com/konzept-schachtkraftwerk/>
- (17) Eigene Abbildung
- (18) Eigenes Bild
- (19) Eigene Abbildung
- (20) Eigenes Bild
- (21) Protokoll TUM, 06.06.2019
- (22) <https://www.amazon.de/Mikro-Generator-engine-Kleinwindanlage-vertikale/dp/B06Y2M6HR7>
- (23) Eigenes Bild
- (24) Eigenes Bild
- (25) Eigenes Bild
- (26) Eigenes Bild
- (27) Eigenes Bild
- (28) Eigenes Bild
- (29) Eigenes Bild
- (30) Eigenes Bild
- (31) Eigenes Bild
- (32) Eigenes Bild
- (33) <https://www.google.de/maps/place/Grossweil/@47.6814308,11.2996818,145m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x479dbacef30b6dfd:0x41e48add78b9ca0!8m2!3d47.6753765!4d11.3031961>
- (34) <https://twitter.com/hashtag/schachtkraftwerk>
- (35) http://www.wasserkraft-ja-bitte.com/fileadmin/wasserkraft/user_upload/Redakteure/Dokumente/GW_Gap/Steckbrief_SKW_Grossweil_20130626.pdf
- (36) <https://www.br.de/nachrichten/bayern/grossweil-bekommt-eines-der-modernsten-wasserkraftwerke,RTfmx2I>