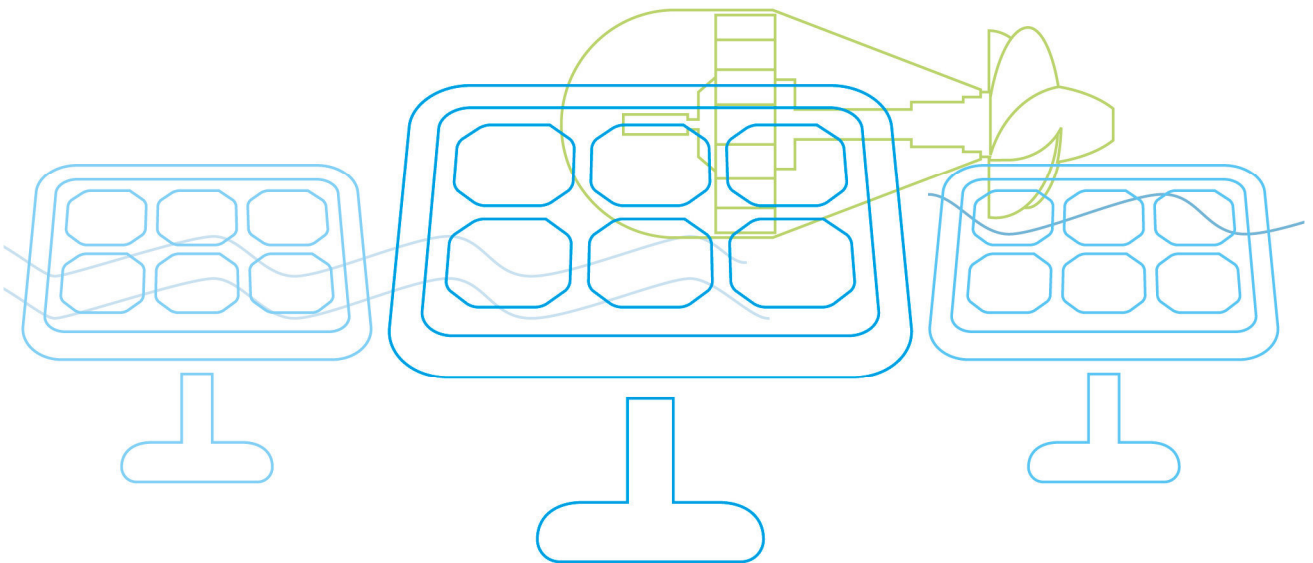




Strom-Boje

2. Entwicklung und Erprobung eines schwimmenden Kleinkraftwerkes für frei fließende Gewässer



VORWORT

Die Publikationsreihe **BLUE GLOBE REPORT** macht die Kompetenz und Vielfalt, mit der die österreichische Industrie und Forschung für die Lösung der zentralen Zukunftsaufgaben arbeiten, sichtbar. Strategie des Klima- und Energiefonds ist, mit langfristig ausgerichteten Förderprogrammen gezielt Impulse zu setzen. Impulse, die heimischen Unternehmen und Institutionen im internationalen Wettbewerb eine ausgezeichnete Ausgangsposition verschaffen.

Jährlich stehen dem Klima- und Energiefonds bis zu 150 Mio. Euro für die Förderung von nachhaltigen Energie- und Verkehrsprojekten im Sinne des Klimaschutzes zur Verfügung. Mit diesem Geld unterstützt der Klima- und Energiefonds Ideen, Konzepte und Projekte in den Bereichen Forschung, Mobilität und Marktdurchdringung.

Mit dem **BLUE GLOBE REPORT** informiert der Klima- und Energiefonds über Projektergebnisse und unterstützt so die Anwendungen von Innovation in der Praxis. Neben technologischen Innovationen im Energie- und Verkehrsbereich werden gesellschaftliche Fragestellung und wissenschaftliche Grundlagen für politische Planungsprozesse präsentiert. Der **BLUE GLOBE REPORT** wird der interessierten Öffentlichkeit über die Homepage www.klimafonds.gv.at zugänglich gemacht und lädt zur kritischen Diskussion ein.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm „Neue Energien 2020“. Mit diesem Programm verfolgt der Klima- und Energiefonds das Ziel, durch Innovationen und technischen Fortschritt den Übergang zu einem nachhaltigen Energiesystem voranzutreiben.

Wer die nachhaltige Zukunft mitgestalten will, ist bei uns richtig: Der Klima- und Energiefonds fördert innovative Lösungen für die Zukunft!

A handwritten signature in black ink, reading 'Theresia Vogel'.

Theresia Vogel
Geschäftsführerin, Klima- und Energiefonds

A handwritten signature in black ink, reading 'Ingmar Höbarth'.

Ingmar Höbarth
Geschäftsführer, Klima- und Energiefonds

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	3
1 Einleitung	5
1.1 Einordnung in das Programm	5
1.1.1 Energiestrategische Ziele	5
1.1.2 Technologiestrategische Ziele	7
1.2 Verwendete Methoden	8
1.3 Aufbau der Arbeit	9
1.3.1 Grundsätzlicher Aufbau	9
1.3.2 Grundlagenarbeit durch wissenschaftliche Arbeit (AP2 Analyse und Planung, AP3 Modellversuche)	11
1.3.3 Umsetzung der Grundlagenarbeit durch industrielle Entwicklung & Konstruktion (AP4 Prototypenbau)	11
1.3.4 Prototypenverifikation der Entwicklungsarbeiten in einen Testfeld (AP5 Testvorbereitung, AP6 Test Prototyp)	12
1.3.5 Dokumentation (AP7 Auswertung und Dokumentation)	12
1.3.6 Begleitende Aktivitäten (AP1 Projektmanagement)	12
2 Inhaltliche Darstellung	13
2.1 Arbeiten des Arbeitspakets 2 Analyse und Planung	13
2.1.1 Ziele des Arbeitspaketes	13
2.1.2 Methoden des Arbeitspaketes	13
2.1.3 Durchführung und Ergebnisse des Arbeitspaketes	13
2.2 Arbeiten des Arbeitspakets 3 Modellversuche	17
2.2.1 Ziele des Arbeitspaketes	17
2.2.2 Durchführung und Ergebnisse des Arbeitspaketes	17
2.3 Arbeiten des Arbeitspakets 4 Prototypenbau	19
2.3.1 Ziele des Arbeitspaketes	19
2.3.2 Durchführung und Ergebnisse des Arbeitspaketes	19
2.4 Arbeiten des Arbeitspakets 7 Auswertung und Dokumentation	24
2.4.1 Ziele des Arbeitspaketes	24
2.4.2 Durchführung und Ergebnisse des Arbeitspaketes	24
3 Ergebnisse und Schlussfolgerungen	27
3.1 Ergebnisse	27
3.2 Schlussfolgerungen	29
3.2.1 Wissenschaftliche Schlussfolgerungen	29
3.2.2 Wirtschaftliche Schlussfolgerungen	29
3.2.3 Politische Schlussfolgerungen	30
3.2.4 Systembezogene Schlussfolgerungen	31
4 Ausblick und Empfehlungen	32

4.1	Ausblick.....	32
4.2	Technischer Ausblick	32
4.3	Wissenschaftlicher Ausblick	32
4.4	Wirtschaftlicher Ausblick.....	32
4.5	Empfehlungen	33

Kurzfassung

Der mit der Erderwärmung und der Verknappung von fossilen Energieträgern verbundene vermehrte Einsatz erneuerbarer Energieträger macht die rasche Nutzung aller unter Einhaltung ökonomischer, sozialer und ökologischer Rahmenbedingungen verfügbarer Ressourcen notwendig.

Mit der **Strom-Boje** wird **elektrische Energie aus Wasserkraft** erzeugt. Die Strom-Boje macht die Nutzung der Wasserkraft in Flüssen auch dort möglich, wo dies bisher aus ökologischen oder wirtschaftlichen Gründen nicht möglich war.

Die Strom-Boje nutzt die Strömungsenergie des Wassers. Durch eine **spezielle Form des Strömungskanals** wird dabei die Fließgeschwindigkeit am Rotor erhöht. Die Strom-Boje wird knapp unter der Wasseroberfläche **schwimmend im Fluss verankert**. Sichtbar sind bis hohes Mittelwasser nur der Bugdom und Signalbojen, bei Hochwasser nur noch Letztere. Bei Hochwasser wird die Strom-Boje durch die Verankerung unter die Wasseroberfläche gezogen, damit großes Treibgut sie nicht beschädigen kann. Der Einlaufrechen ist so ausgebildet, dass er sich selbst reinigt. Die Strom-Boje ist damit eine Ergänzung zur bisher üblichen Art der Stromerzeugung in Flusskraftwerken.

Das **Ziel des Projekts** ist die Entwicklung eines Prototypen der Strom-Boje. Damit wird ein wesentlicher Schritt in Richtung eines marktreifen Produkts gemacht. Nachdem ein erstes Modell (1:1) über ein Jahr in der Donau getestet wurde und Modellversuche in einem Strömungskanal durchgeführt wurden, werden die ermutigenden Ergebnisse in diesen verbesserten Prototypen einfließen.

Für die **Entwicklung dieses Prototypen** werden:

- auf Basis der **detaillierten Analyse** der Ergebnisse der bisherigen Versuche die einzelnen Komponenten neu berechnet und geplant;
- weitere **Modellversuche** im Strömungskanal durchgeführt;
- Ein **Prototyp gebaut** und ein **Testprogramm entwickelt**.
- Der **Test** des Prototyps erfolgt in der Donau. Dabei steht die **Leistungsentwicklung** im Zentrum der Aufmerksamkeit, andererseits werden auch **weitere Aspekte**, die Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit haben, wie Wartungsaufwand, Materialhaltbarkeit, Verhalten bei Hochwasser, mögliche Verankerungsvarianten und Stromableitungen untersucht.

Dabei sollen – soweit technisch möglich – einzelne Komponenten des Prototyps während der Erprobungszeit in vielen Varianten probiert werden.

Die **Auswertung** des Messprogramms, bestehend aus vielen, teils selbst entwickelten Messsystemen und –vorrichtungen, daher unterschiedlicher Parameter, sowie die Analyse durch universitäres Personal stehen am Abschluss des Projektes.

Die Ergebnisse aller Leistungs- und Strömungsaufzeichnungen im Fluss und an den verschiedenen Punkten des Strömungskanals vor und hinter dem Rotor sind tatsächlich

schwer einzuordnen, und haben durch ihre teils widersprechenden Daten viel mehr Fragen aufgeworfen, als beantwortet.

Aktueller Stand nach Ende des Projektes ist:

Es gibt kein gesichertes Wissen der Fachleute – nicht nur in Wien, sondern auch in Deutschland oder der Schweiz – auf dem wir die Gestaltung der Strom-Boje als Energieaggregat einerseits, und als im Fluss überlebensfähiges, schwimmendes Kraftwerk andererseits, aufbauen konnten.

Keine der im Laufe dieses Projektes und auch seither in Auftrag gegebenen Arbeiten universitärer Einrichtungen Stuttgarts, Potsdams, Wiens, Graz's hat uns den entscheidenden Schritt vorwärts gebracht – im Gegenteil – genau diese Vorschläge waren in Summe immer Rückschläge, haben nur Zeit und viel Geld gekostet, und hätten beinahe Resignation verursacht.

Die Fortschritte bei der Leistung resultieren einerseits aus der Arbeit eines Kärntner Ingenieurs, der bei Elektrik und Elektronik und Netzeinspeisung bis zu 30% Leistung (genauer ausgedrückt bei der Minimierung der Verluste) gefunden hat, und andererseits aus vielen Versuchen im Schleppkanal von Potsdam und in Naturversuchen am 1:1 Modell in der Donau mit vielen von uns selbst entwickelten Varianten des Strömungskanals und des Rotors.

Die heute möglichen Erträge haben wir unserer eigenen Arbeit, unserem Durchhaltevermögen und dem Einsatz großer finanzieller Eigenmittel zu verdanken, und natürlich nicht zu vergessen, der Förderung durch die FFG.

Weil wir nun wissen, dass wir in diesem speziellen, bisher offensichtlich unerforschten Gebiet der frei umströmten, ummantelten Turbine noch lange nicht am Ende der Entwicklung angekommen sind, vor allem auch bei der Rotorgeometrie, sind viele weitere Versuche mit weiteren, an den bisherigen Ergebnissen sich anlehnenden Varianten notwendig.

Und es wäre mindestens so wichtig, ein geeignetes Rechenprogramm zu entwickeln, das auch in diesem Bereich schon Planungen möglich macht.

Leider wird das ohne entsprechende Förderung nicht möglich sein.

Ausblick: Aus einfachen, wirtschaftlichen Überlegungen der drei im Projekt engagierten Partner ist es jetzt an der Zeit, das nun bestehende Wissen in den Bau einer ersten Kleinserie einfließen zu lassen, weitere Erfahrungen zu sammeln, und damit zu versuchen, die bisher angelaufenen hohen Ausgaben wenigstens zum Teil herein zu bekommen.

1 Einleitung

1.1 Einordnung in das Programm

Das Programm Neue Energien 2020 gibt als Leitlinie für alle darin abgewickelten Projekte folgende Ziele vor:

- Energiestrategische Ziele
- Technologiestrategische Ziele

Das Projekt Strom-Boje 2 ressortiert gemäß Leitfaden. in den Themenbereich 3.6.10 Wasserkraftanlagen

Die energiestrategischen Ziele sind: Erzeugung von Strom aus erneuerbarer Energie in Flüssen im Übergang aus dem alpinen Gelände in das Flachland, überall dort, wo noch keine Nutzung durch Stau und Laufwasserkraftwerk stattfindet oder verboten ist. Geeignet sind Flüsse ab 50m³ Durchfluss und 200 bis 300cm Tiefe bei Niederwasser, und Strömung $v > 2\text{m/s}$.

Technologiestrategische Ziele sind:

Aufbau einer durch internationale Patente abgesicherte Produktion von unverwechselbaren und für längere Zeit konkurrenzlosen Kernkomponenten für die Strom-Boje – z.B. Generator, Rotor, Elektronik, Einspeisung hier in NÖ und Win

Herstellung und Assembling der großen statisch- und strömungsrelevanten Teile aus Kunststoff und Stahl in der Nähe jeweils vorgesehener Standorte weltweit.

1.1.1 Energiestrategische Ziele

Sicherstellung der Kriterien der Nachhaltigkeit: ökonomisch, ökologisch und sozial dauerhaft

Im Falle einer Serienproduktion der Strom-Boje, deren Grundlage die beantragte Entwicklung des Prototypen darstellt, wird eine äußerst kosteneffiziente Form der Erneuerbaren Energie gefunden. Grobe Schätzungen für die Kosten einer Strom-Boje, die in Serie erzeugt werden kann, weisen darauf hin, dass bei einem prognostizierten Anstieg der Energiepreise die Erträge in ca. 10 Jahren die Kosten decken können. Da keine baulichen Maßnahmen wie Staudämme, Abdichtungen zum Grundwasser, zusätzliche Kläranlagen oder Schleusen notwendig sind, ist die Strom-Boje zudem rasch und ohne große Vorarbeiten einsetzbar.

Hinsichtlich der ökologischen Kriterien für Nachhaltigkeit ist die Strom-Boje jeder anderen Form der Stromerzeugung aus Wasserkraft deutlich überlegen. Es sind keine Eingriffe in das Ökosystem der Flüsse notwendig. Dammbauten, Abdichtungen oder sonstige bauliche Maßnahmen sind, bis auf die Verankerung im Flussbett, nicht notwendig. Aufstiegshilfen oder ähnliche bauliche Maßnahmen für Fische sind nicht notwendig. Die

Selbstreinigungskraft der Flüsse bleibt erhalten. Wie ein erstes fischökologisches Gutachten zeigt, kommt es zu keinen Beeinträchtigungen des Fischbestandes. Als zusätzliches Argument kann angeführt werden, dass alle technischen Einbauten in kurzer Zeit und ohne Aufwand rückgebaut werden können. Bei den zum Einsatz kommenden Materialien wird darauf geachtet, dass sie leicht wieder verwertbar sind und keine erhebliche Belastung für die Umwelt darstellen (z.B.: PE-Kunststoffe, Metalle). Auch bei einem Defekt können durch die Mengen und Beschaffenheit der Mittel keine Umweltschäden entstehen.

Erhöhung der Ressourcen- und Energieeffizienz des Wirtschaftssystems

Die Umstellung des Wirtschaftssystems auf Erneuerbare Ressourcen und auf Energieeffizienz ist ein Vorhaben, das an verschiedenen Stellen ansetzen muss. Die Entwicklung der Strom-Boje leistet dazu von verschiedenen Seiten einen Beitrag: Erstens liefert die Strom-Boje einen Beitrag zur CO₂-neutralen Stromproduktion. Dabei können durch die Strom-Boje auch Flussabschnitte für die Energieproduktion in Wert gesetzt werden, die aufgrund sonstiger (regulatorischer, ökologischer, ökonomischer und sozialer) Gründe nicht für eine Nutzung zur Verfügung stünden.

Zweitens liefert die Strom-Boje Energie bei einem minimalen Ressourceneinsatz.

Berechnungen ergeben, dass die für die Herstellung der Strom-Boje eingesetzte Energie in einem Jahr produziert werden kann. Durch Erhöhung der Wirksamkeit, entsprechende Materialwahl, Standardisierung und Serienfertigung können noch weitere erhebliche Potentiale gehoben werden, z.B. kann eine Strom Boje mit 1,5 m Rotordurchmesser bei einem Ertrag von 86.100 kWh pro Jahr ca. 33,4 t CO₂ einsparen.

Aufbau und Sicherung langfristig klimaschützender Raum- und Wirtschaftsstrukturen

Die Sicherstellung der Ressourcenverfügbarkeit ist, allen Voraussagen nach, eng mit dem Klimaschutz verknüpft. Langfristig stabile Wirtschaftsstrukturen sind nur auf der Basis ausreichender Energieverfügbarkeit zu erreichen (Lissabon-Ziele der EU) – langfristig stabile Raumstrukturen nur durch die Berücksichtigung der Prinzipien der Nachhaltigkeit (Göteborg-Ziele). Mit dem Einsatz der Strom-Boje wird nicht nur ein Beitrag dazu geleistet, in den schon gut versorgten Industriestaaten eventuell vorhandene Potentiale an großen, noch nicht verstauten Flüssen naturschonend zu nutzen, oder so auf ein bedeutendes Prinzip bei der Herstellung Erneuerbarer Energie umzusteigen, und billigen Grundlaststrom herzustellen, sondern auch in abgelegenen Regionen z.B. in Ländern der Dritten Welt überhaupt erst eine Grundversorgung mit günstigem elektrischen Strom zu ermöglichen, und damit z.B. diese unsäglichen, und letztlich auch teuren Dieselaggregate zu ersetzen.

Die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen kann dadurch reduziert und eine auf autochthoner Ressourcenverfügbarkeit beruhende Wirtschaftsstruktur aufgebaut werden. Durch die Strom-Boje werden – im Fall eines breiten Einsatzes dieser Technologie – erkennbare Effekte auf die Wirtschaftsstruktur erwartet. Entwicklung, Produktion und Distribution dieser umweltfreundlichen Technologie können einen Beitrag zur Entwicklung eines umweltfreundlichen Wirtschaftssystems leisten.

Letztendlich ist durch den Einsatz der Strom-Boje auch mittelfristig eine Stabilisierung der Strompreise zu erwarten.

1.1.2 Technologiestrategische Ziele

Stärkung der Technologiekompetenz österreichischer Unternehmungen

Die Firma AquaLibre Energieentwicklungs GmbH ist ein Ende 2005 gegründetes Unternehmen, das es sich zum Ziel gesetzt hat, das Konzept der Strom-Boje von der Idee bis zur Serienfertigung umzusetzen. Die Erfahrungen mit dem ersten Prototypen der Strom – Boje lassen erwarten, dass bei entsprechendem Einsatz in Forschung und Entwicklung ein weltweiter Technologievorsprung realisiert werden kann.

Derzeit gibt es nach den Recherchen der Antragstellerin ein paar vergleichbare Entwicklungen weltweit im Fluss, aber auch – nicht vergleichbar – als Gezeitenkraftwerk im Meer. Es gibt das Revival des guten alten Wasserrades, viele Versuche – alle ehrenwert – aber ungeeignet, einem Hochwasser zu trotzen, und auch ohne einen entsprechenden Wirkungsgrad.

Durch die von der Antragstellerin gehaltenen Patente in Europa, USA und CAN kann dieser Technologievorsprung bei entsprechend intensiver Entwicklungstätigkeit gehalten werden.

Die Patente der Strom-Boje betreffen in erster Linie die Form der Einhängung im Fluss, und das dadurch erreichte Verhalten beim Hochwasser – das heißt: bei allen normalen Wasserständen schwimmt die Strom-Boje in der Nähe der Wasseroberfläche – dort, wo die stärkste Strömung herrscht. Bei Hochwasser hingegen steigt die Strom-Boje nur so lange mit dem Pegel mit, bis es gefährlich wird. Dann verschwindet sie von der Oberfläche, großes Treibgut schwimmt einfach drüber hinweg, ohne Schaden anzurichten, oder die Turbine zu verklausen.

Genau das können alle anderen Ideen nicht, abgesehen davon, dass noch keine wirtschaftliche Leistung nachgewiesen wurde.

Die Idee, in einem ungestauten Fluss mit Turbinen Strom zu erzeugen, ist relativ neu. Die wichtigsten Innovationen der Strom-Boje sind:

- Die Neukonstruktion der höhenflexiblen Einhängung
- Die leistungssteigernde Diffusor/Repeller Kombination
- Der überlebensnotwendigen Schutz vor Treibgut bei Hochwasser

Im Fall einer Serienfertigung kann die gesamte Produktion in Österreich erfolgen.

Generierung von Sekundärnutzen bzw. Spin Offs durch eine Technologie

Der Sekundärnutzen der Technologie liegt in der Möglichkeit, die Produktion der Anlagen durch österreichische Unternehmen durchführen zu lassen. Für die weitere und umfassende Anwendung dieser neuen Technologie zeichnen sich bereits jetzt eine Reihe von Forschungs- und Entwicklungsfragestellungen ab, die folgende Punkte umfassen:

- Entwicklung von spezifischen Typen für unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten
- Entwicklung verschiedener Größenklassen für verschiedene Flussgrößen
- Standardisierung und Typisierung und der Flussgrößen
- Optimierung der Verankerungen und der Netzeinspeiseeinrichtungen

1.2 Verwendete Methoden

Generell wurde das Projekt nach den Grundlagen, Vorgaben und Methoden der Richtlinie ISO 9000:2008 durchgeführt, dabei wurde das V-Modell xt als Vorgehensmodell gewählt und an das Projekt angepasst. Die folgende Tabelle zeigt die arbeitspaketspezifischen Methoden auf:

Arbeitspaket	Angewandte Methoden
1 - Projektmanagement	Einsatz des V-Modell xt in getailorter Form mit: • Erstellung und Pflege eines Projekthandbuchs nach V-Modell xT • Erstellung und Pflege eines Projekttagebuches nach V-Modell xT • Erstellung und Pflege eines detail- und projektmanagementtechnikangepassten Projektplans • Erstellung eines Zwischenberichtes gemäß Vorgaben der FFG • Erstellung eines Endberichtes gemäß Vorgaben FFG
2 – Analyse und Planung	Erstellung einer Informationsbasis als Grundlage bestehend aus: • Auswertung der Ergebnisse des Vorprojekts • Literaturrecherche • Patentrecherche • Marktrecherche für Materialien und Firmen • Modellberechnungen & Simulationen
3 - Modellversuche	Modellbau im Maßstab 1:5 Modellversuche im Strömungskanal
4 – Prototypenbau	Bau des Prototypen nach den Richtlinien ISO 9000:2001 unter Einsatz des projektgetailorten V-Modell xT
5 - Testvorbereitung	Einsatz des V-Modell xt in getailorter Form mit: • QS – Handbuch nach V – Modell xT • Testspezifikation nach V-Modell xT • Prüfprotokoll nach V-Modell xT
6 - Test Prototyp	Gemäß den Vorgaben aus AP5 wurde durchgeführt: • Datensammlung, Auswertung der Messdaten aus Normalbetrieb • Durchführung von Tests
7 - Auswertung und Dokumentation	Analyse Mess- und Testergebnisse Dokumentation

1.3 Aufbau der Arbeit

1.3.1 Grundsätzlicher Aufbau

Die Entwicklung und Konstruktion der Strom-Boje 2 wurde nach dem Vorgehen von sequenziellen Modellen in der Ausprägung von Schleifenmodellen durchgeführt. Dies bedeutet, dass jede Phase der Entwicklung abgeschlossen sein muss und dessen Ergebnisse die Grundlage der folgenden Phase ist. Diese Projektergebnisse können auch dazu führen, dass nach jeder Phase ein Rücksprung an den Anfang der vorherigen Phase durchgeführt werden muss, da sich entweder die Anforderungen geändert haben oder die Randbedingungen in den einzelnen Phasen, z.B. Umweltbedingungen, ein wiederholtes Durchlaufen einer Phase, also eine Schleife, notwendig machen (siehe nachfolgende Graphik).

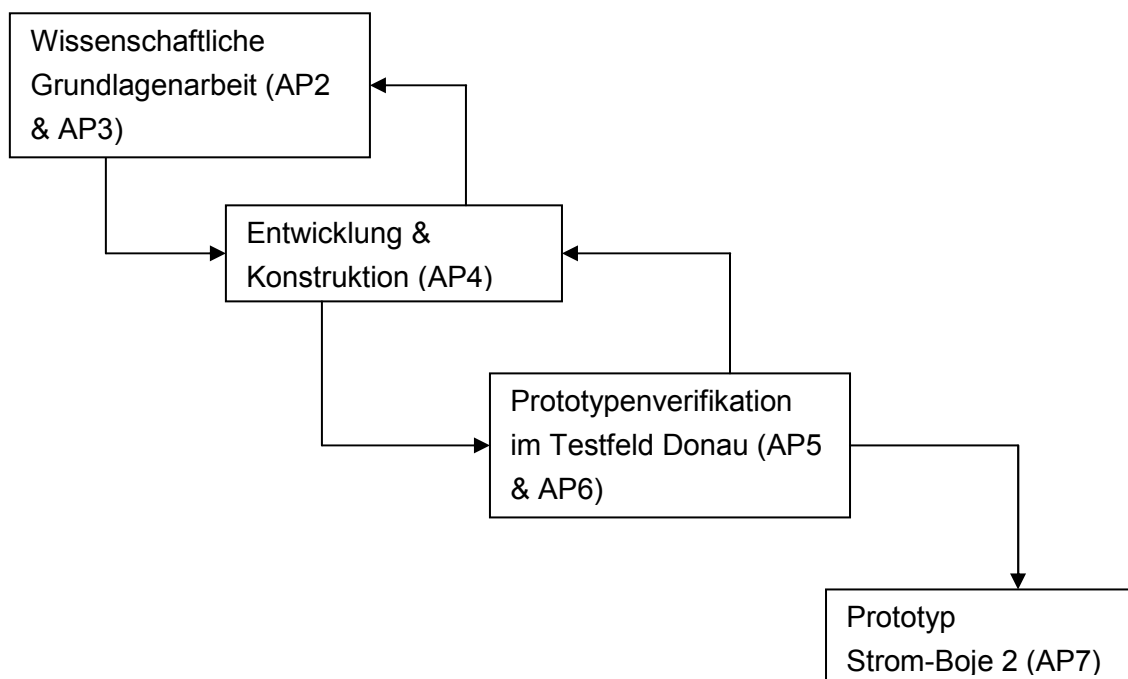


Bild 1

Den zeitlichen Ablauf des Projektes stellt der folgende Projektplan dar:

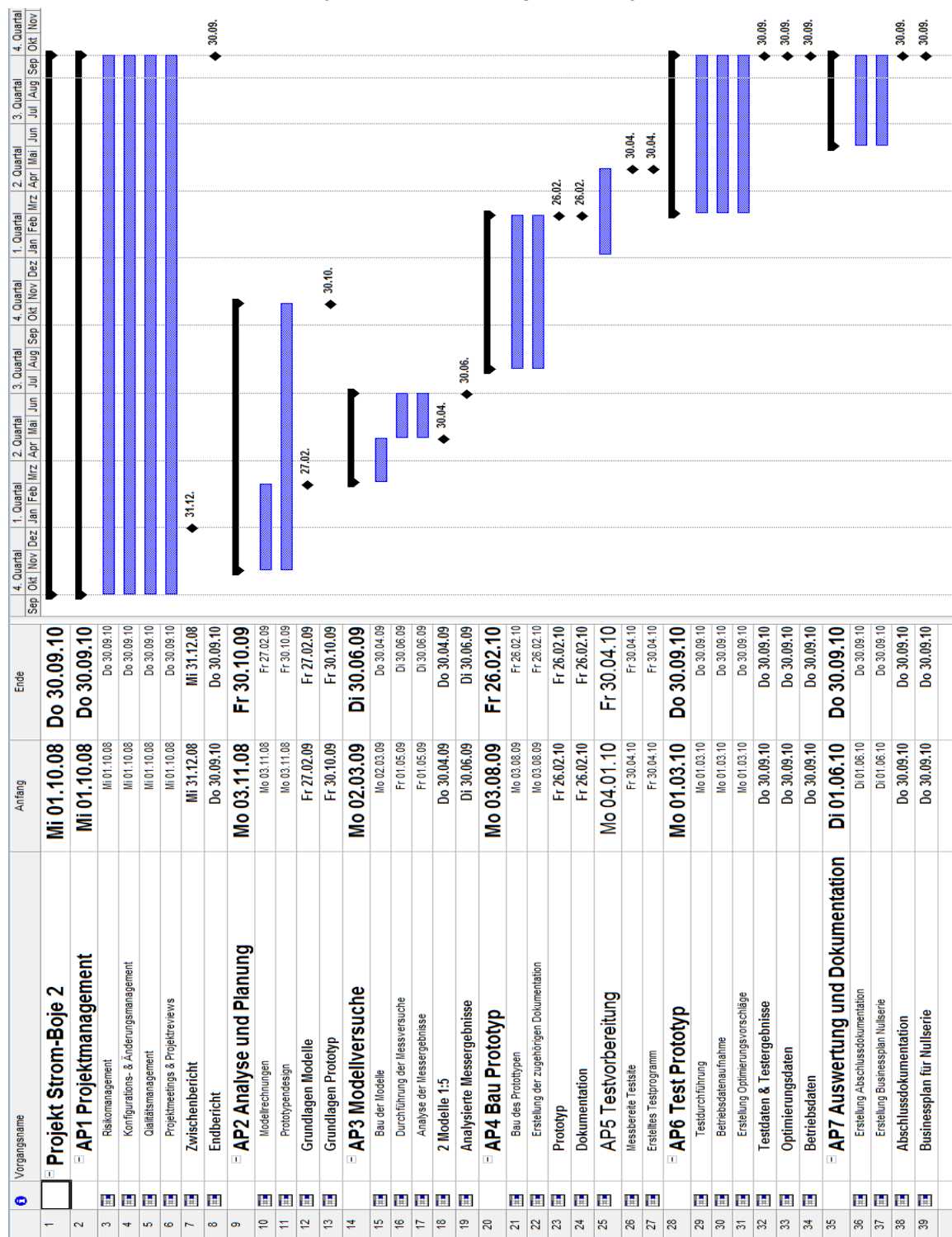


Bild 2

1.3.2 Grundlagenerarbeitung durch wissenschaftliche Arbeit (AP2 Analyse und Planung, AP3 Modellversuche)

Die wissenschaftliche Grundlagenerarbeit bei der Entwicklung der Strom-Boje 2 soll auf vier verschiedenen Ebenen erfolgen:

1. Erfassung und Analyse
Erfassung und Analyse gesammelten geologischer Messdaten zur Bestimmung von Entwicklungsdaten und –kriterien für das System Strom-Boje in den folgenden Simulationen inklusive Plausibilitätsprüfung
2. Simulation
Wirklichkeitsgetreue Konstruktion von Systemkomponenten (Rotor, Diffusor, Rechen) aufgrund der im ersten Schritt ermittelten Daten mit deren Überprüfung auf Wirksamkeit in CFD- Simulationen
3. Modellierung und Strömungskanaltests
Überprüfung dieser neuen Komponenten und Kombinationen im Schleppkanal mithilfe von mehreren Modellen im 1:5 Format,
4. Modellierung und Realtests
Eingehende Analyse und Festlegung eines 1:1-Modells, aufgrund der Daten und Erfahrungen der vorangegangenen Schritte, dessen Bau und Durchführung von ausgedehnten Versuchen in der Natur in der Donau der Wachau bei allen möglichen Pegelständen und Flussbedingungen im Jahresverlauf

1.3.3 Umsetzung der Grundlagenerarbeit durch industrielle Entwicklung & Konstruktion (AP4 Prototypenbau)

Gemäß der Qualitätsnorm ISO 9000:2008 wurde im Rahmen des Projektes das klassische Systementwicklungsverfahren mit Lastenheft, Pflichtenheft, Systemdesign & Konstruktion, Prototypenteilebau und Gesamtsystemintegration der Strom-Boje 2 durchgeführt. Dabei wurde bei jedem Entwicklungsschritt penibel darauf geachtet, den Kriterien - lange Haltbarkeit, geringe Verschmutzungsgefahr, einfache Reinigung, einfache Produktionsmöglichkeit, einfache, gefahrlose und kostengünstige Wartung, Einbau und Austausch möglichst am Schiff, kein Öl, Vermeidung von reibenden Konstruktionsteilen, möglichst geringe Teileanzahl, möglichst geringe Gefährdung anderer Flussbewohner, gutes Design - zu entsprechen

Sollte es aufgrund der aktuellen Änderungen notwendig sein, wird ein iterativer Entwicklungsschritt auf der Vorstufe durchgeführt, um die Änderungen an der richtigen Stelle im Entwicklungsprozess einfließen zu lassen.

1.3.4 Prototypenverifikation der Entwicklungsarbeiten in einen Testfeld (AP5 Testvorbereitung, AP6 Test Prototyp)

Im Rahmen der Testvorbereitung wurde ein Testplan mit entsprechenden Einzeltests, Langlauf-tests und Testspezifikationen entwickelt, der auf den Anforderungen aus dem Lastenheft und den vom interessierten Beobachter aus der Energieversorgerbranche eingebrachten Anregungen basiert.

Dabei wurde dieser Testplan zyklisch aktualisiert und den Erkenntnissen der praktischen Feldmessungen angepasst.

Diese Erkenntnisse wurden über eine lokale Auswertung und Interpretation der Testergebnisse gewonnen und unter der Prämisse einer einfachen Optimierung vor Ort durchgeführt.

So wurden durch Wiederholung der Tests und Messungen unter jeweils möglichst gleichen Voraussetzungen alle Mutationen und Veränderungen des Strömungskanal und der Rotoren vermessen.

1.3.5 Dokumentation (AP7 Auswertung und Dokumentation)

Die übergreifende Auswertung und Interpretation der Messergebnisse aus dem Arbeitspaket 6 für systemweite Optimierung der Strom-Boje war der Hauptarbeitspunkt. Die Grundlagen der Auswertung waren dabei die Anforderungen aus Lastenheft, Pflichtenheft und den Anforderungen aus der Testfeldumgebung und dem Expertenwissen des Beirates.

Alle Messergebnisse drücken sich in Messkurven aus, die mit Hilfe des Entwicklungswissens der Firma die Grundlage für weitere Veränderungen -und hoffentlich -Verbesserungen sind.

Die Dokumentation umfasst einen Businessplan für die wirtschaftliche Betrachtung und die Erfolgchancen der Strom-Boje 2 auf dem nationalen, europäischen und globalen Markt.

Dazu kommen noch die Projektberichte Zwischenbericht (Projektstatus) und Endbericht (Projektabschlussbericht).

1.3.6 Begleitende Aktivitäten (AP1 Projektmanagement)

Im Rahmen des Projektmanagement wurden folgende Tätigkeiten schwerpunktmäßig durchgeführt:

- Projekttagebuch
- Regelmäßige Projektmeetings und Telefonkonferenzen für den Informationsaustausch
- Projektreviews zur Lenkung des Projektes
- Regelmäßige Besuche des Testfeldes

Im Rahmen des Qualitätsmanagement wurden folgende Tätigkeiten schwerpunktmäßig durchgeführt:

- Ausgereifter Testplan mit umfassenden Testspezifikationen
- regelmäßiger Überprüfung durch Vergleich mit den Anforderungen
- Begleitende Qualitätssicherungsreviews

Inhaltliche Darstellung

Die geleistete Projektarbeit lässt sich am besten an den geplanten und durchgeführten Arbeitspaketen illustrieren, wie sie lt. Projektplan des Förderantrages realisiert worden sind. Hier werden die wichtigsten Arbeitspakete 2,3,4 und 7 dargestellt, die die Essenz der wissenschaftlichen Arbeit und der Prototypenentwicklung enthalten.

1.4 Arbeiten des Arbeitspakets 2 Analyse und Planung

Das Arbeitspaket 2 dient dazu, die wissenschaftliche, theoretische Grundlagenarbeit des Projektes vollständig zu erfassen und abzuwickeln. Dabei sollen die Ideen zur Projektverwirklichung mit Hilfe von wissenschaftlichen Methoden geprüft, gefiltert und bewertet werden. Aus dieser wissenschaftlichen Arbeit entsteht dann ein erster theoretischer Prototyp der im folgenden Arbeitspaket auf Praxistauglichkeit untersucht wird.

1.4.1 Ziele des Arbeitspaketes

Die Ziele des Arbeitspaketes lassen sich wie folgt darstellen:

- Auswertung der Ergebnisse des Vorprojekts im Kontext einer Literaturrecherche
- Funktionsfähiges Gesamtkonzept als Grundlage für Modellbau und –versuche
- Berechnung und Design der einzelnen Komponenten der Strom-Boje

1.4.2 Methoden des Arbeitspaketes

Um die beschriebenen Ziele zu erreichen wurden folgende Methoden eingesetzt:

- Auswertung der Ergebnisse des Vorprojekts
- Literaturrecherche
- Modellberechnungen

1.4.3 Durchführung und Ergebnisse des Arbeitspaketes

Der erste Schritt in diesem Arbeitspaket und dem Projekt war die Herstellung einer Informationsbasis basierend auf folgenden Hauptmerkmalen:

Patent von F. Mondl, Wasserkleinkraftwerke, Rotorentchnik, Venturi – Effekt und Geologische und Schifffahrtsrechtliche Bedingungen in Flüssen.

Diese Informationsbasis wurde noch durch Literaturrecherchen zu den Themen Wasserkleinkraftwerksprodukte am Markt oder in Ankündigung, Simulationstechnik für Strömungsflüsse, Materialkunde soweit als Firmenknowhow nicht vorhanden, Elektrik & Elektronikmaterial - Marktrecherchen und zutreffende Standards für Sicherheit, Interoperabilität, Ökologie und Geologie erweitert.

Basierend auf dieser Informationsbasis und insbesondere auf dem Patent wurden an der FH Oberösterreich rechnergestützte Simulationsmodelle von Diffusoren und Rotoren entworfen und getestet, um die beste, das heißt die leistungsfähigste Kombination für die Erzeugung von elektrischer Spannung, zu ermitteln. Die Simulationen wurden in 2 Phasen unterteilt um

die ersten Ergebnisse einem Qualitätsreview zu unterziehen und entsprechende neue Ideen bzw. Korrekturen einbringen zu können.

Ergebnisse der 1. Phase

Hier ein kurzer Einblick in die Simulationen mit der entscheidenden Simulationskurve und eine Zusammenfassung der Ergebnisse:

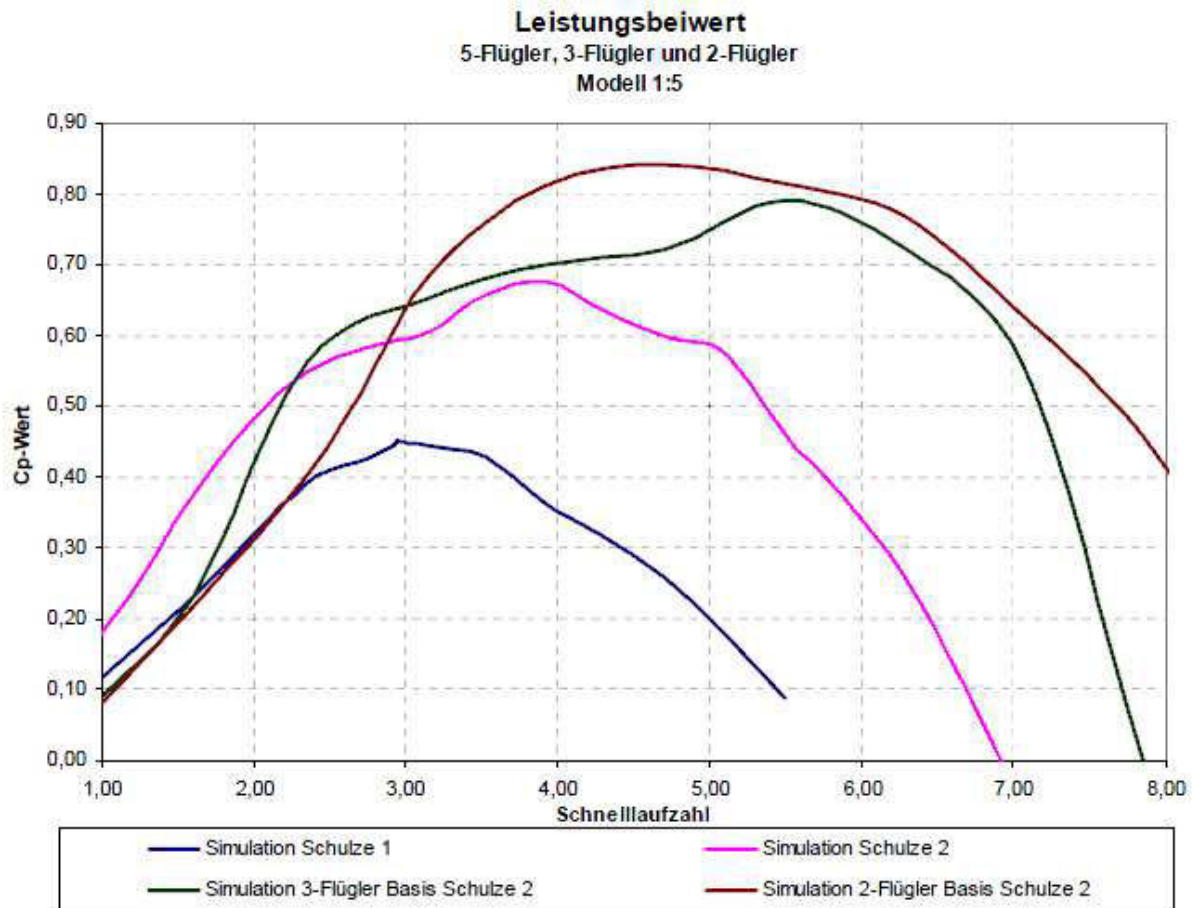


Bild 3

Die Simulationen wurden in erster Linie zur Feststellung der Leistungsbeiwerte von verschiedenen Rotoren bei gleichbleibender Diffusorform durchgeführt. Ziel war es, verschiedene Rotorformen mit verschiedenen Flächenverhältnissen und Schnellaufzahlen zu simulieren und dabei die beste Rotorform herauszufiltern. Die Simulationen spiegeln die Theorie wieder, dass das Verhältnis der Rotorblattfläche zur überstrichenen Rotorkreisfläche im Zusammenhang zur Schnellaufzahl gut abgestimmt sein sollte. Die in Bild 3 dargestellte Grafik stellt diesen Zusammenhang sehr schön dar. Bei den Simulationen war der 2-flügelige Rotor auf Basis von „Schulze 2“ mit dem erreichten Cp-Wert von 0,84 bei einer Schnellaufzahl von 4,7 der Beste. Dieser Rotor hat ein Flächenverhältnis von 14% die ausgelegte Schnellaufzahl liegt bei 2,5.

Es ist zu beachten, dass die durchgeführten Simulationen nur für einen qualitativen Rotorvergleich dienen. Es ist leider nicht möglich quantitative Leistungsbeiwerte mit diesem Modell zu errechnen.

Auch werden die Ergebnisse bei höheren Drehzahlen immer ungenauer. Der Vergleich der Simulation mit den Versuchen zeigt aber, dass die berechneten mit den gemessenen Werten qualitativ gut übereinstimmen.

Erarbeitete Verbesserungsvorschläge für die 2. Phase

Die bei diesen Simulationen erreichten C_p -Werte sind noch nicht die maximal erreichbaren Werte. Durch weitere Verbesserung des Rotors in Abstimmung des Diffusors und durch Veränderung des Diffusors selbst, sind noch einige Verbesserungen zu erwarten. Durch weitere Simulationen kann eine Optimierung der Strom-Boje relativ rasch und kostengünstig realisiert werden. Durch Verwendung von einem genaueren CFD-Modell kann auch das Verhalten des Rotors bei höheren Drehzahlen besser berechnet werden: damit werden genauere Aussagen über die Leistungsabgabe des Rotors sowie Drücke und Geschwindigkeiten möglich.

Ergebnisse der 2. Phase

Hier ein kurzer Einblick in die Simulationen mit einer charakteristischen Simulationskurve zur Ermittlung der optimalen Konfiguration der strömungsabhängigen Komponenten und eine Zusammenfassung der Ergebnisse:

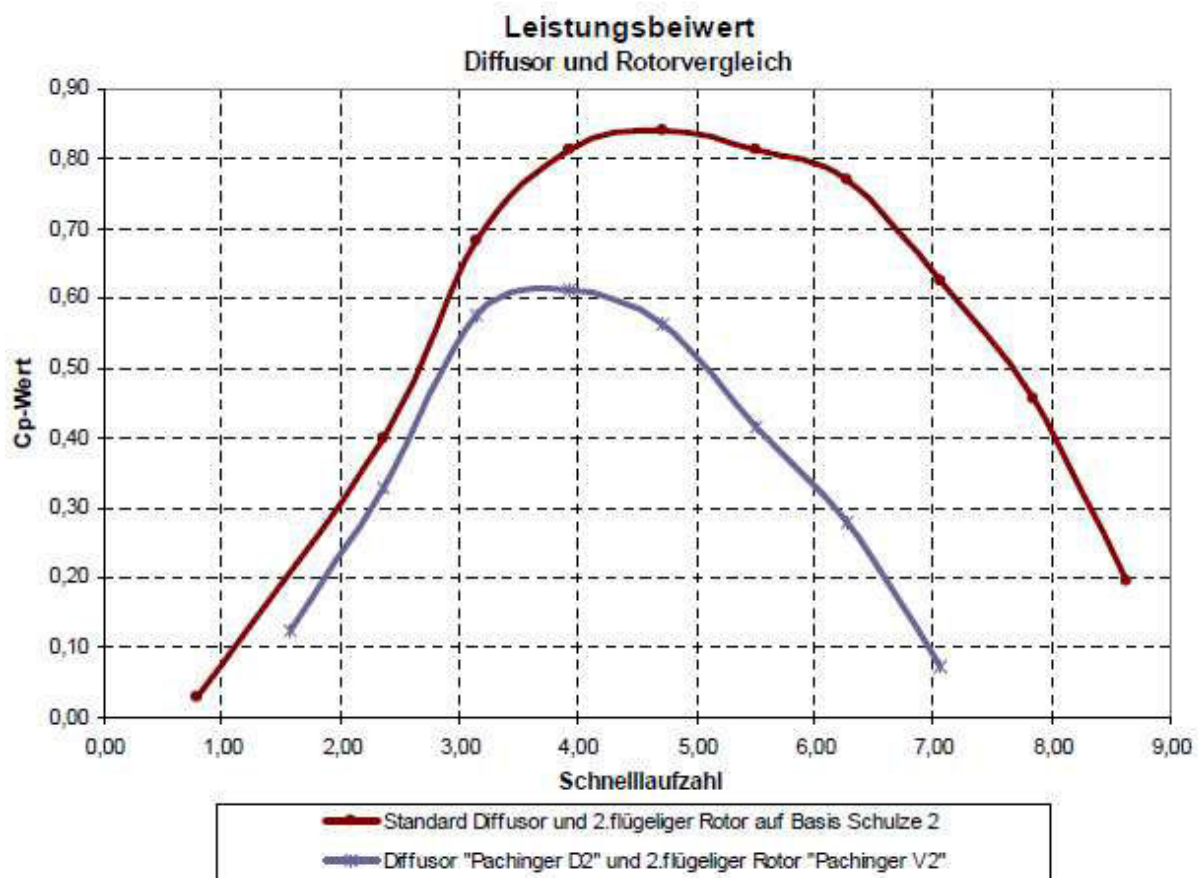


Bild 4

Durch die Simulationen können gute Vorhersagen über die Qualität der eingesetzten Diffusoren und Rotoren getroffen werden. Die Entwicklung einer sehr gut funktionierenden Strom-Boje ist dadurch gewährleistet. Nur durch Veränderungen der Geometrie des Rotors

oder des Diffusors wurden höhere Leistungsbeiwerte erreicht. Um ein perfektes Zusammenspiel zwischen einem optimal ausgelegten Diffusor und einem optimalen Rotor zu erreichen wären noch einige Strömungssimulationen nötig. Dadurch würde sich eine Leistungssteigerung von mind. 40% gegenüber des zurzeit besten Diffusors mit dem besten Rotor ergeben.

Für eine rasche und konstruktive Weiterentwicklung würden noch einige Monate Strömungssimulationen von enormer Wichtigkeit sein, da nun die Früchte der langwierigen Vorarbeit geerntet werden könnten.

1.5 Arbeiten des Arbeitspakets 3 Modellversuche

Dieses Arbeitspaket dient dazu die theoretischen Ergebnisse aus Arbeitspaket 2 auf ihre Einsatzfähigkeit, Realisierbarkeit und ihr Ergebnispotential hin zu analysieren und zu bewerten.

1.5.1 Ziele des Arbeitspaketes

Die Ziele des Arbeitspaketes lassen sich wie folgt darstellen:

- Bau von Modellen im Maßstab 1:5
- Durchführung von Modellversuchen in einem Strömungskanal
- Auswertung der Ergebnisse und Übertragung in die Planung des Prototypen

1.5.2 Durchführung und Ergebnisse des Arbeitspaketes

Die Simulation im Strömungskanal wurde anhand von verschiedenen von Aqua Libre entwickelten Modellen durch die SVA Potsdam durchgeführt. Die SVA Potsdam erhielt den Auftrag, vier verschiedenen Varianten von Rotor/Diffusoren Kombinationen, basierend auf den Ergebnissen von AP2 für die Strom-Boje zu vermessen und mit dem optimierten Turbinenrad der SVA zu vergleichen. Die Diffusoren wurden dabei von der Aqua Libre gefertigt und gestellt.

Die nächste Abbildung zeigt ein Modell von Rotor und Diffusor für die praktischen Simulationen im Strömungskanal:



Bild 5

Die beiden nächsten Abbildungen 6 und 7 zeigen die Leistungsbeiwerte „cp“ der untersuchten Konfiguration und der Vergleichskonfiguration als Ergebnis der Simulationen.

Das Diagramm der Leistungsfaktorwerte für den opaken Diffusor mit unterschiedlichen Rotoren:

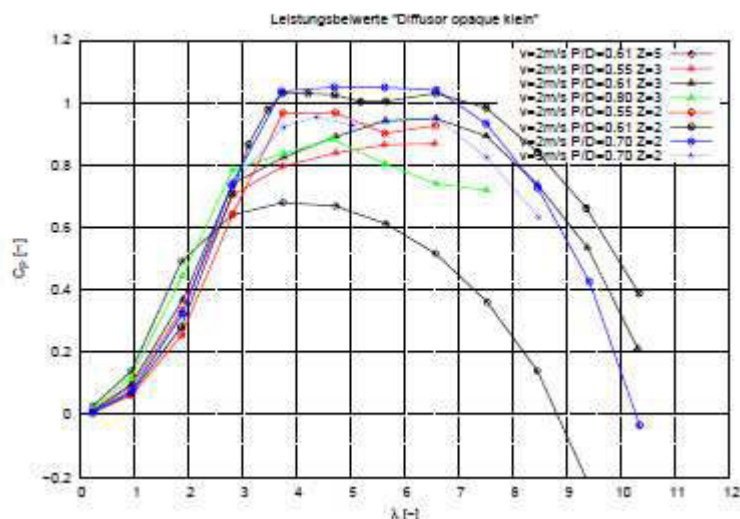


Bild 6

Das Diagramm der Leistungsbeiwerte für den transparenten Diffusor mit unterschiedlichen Rotoren:

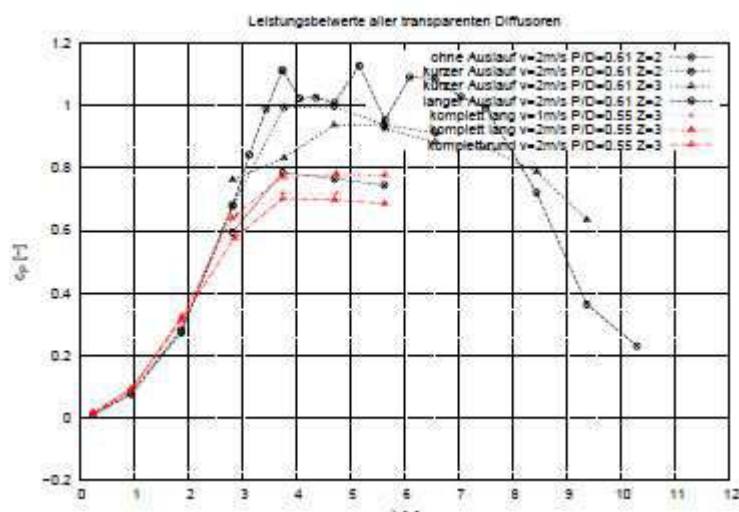


Bild 7

Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse der Simulationen:

Der beste Leistungsbeiwert C_p von 1,16 wurde mit dem langen transparenten, der zweitbeste mit dem kurzen opaken Diffusor bei einer Anströmgeschwindigkeit von 2 m/s mit dem zweiflügeligen Rotor erzielt.

Die folgende Tabelle zeigt die nach den Versuchen mit einem Rotor 230cm zu erwartende elektrische Leistung und den Strömungswiderstand, bzw. die Zugbelastung an der Kette bei verschiedenen Temperaturen und Fließgeschwindigkeiten:

Anströmgeschwindigkeit $V =$			2 m/s	3 m/s	4 m/s
Leistung bei $T_w = 25^\circ\text{C}$	P	[W]	7 400	24 974	59 198
Leistung bei $T_w = 4^\circ\text{C}$	P	[W]	7 422	25 049	59 376
Widerstand bei $T_w = 4^\circ\text{C}$	W	[N]	11 592	26 083	46 370

Bild 8

1.6 Arbeiten des Arbeitspakets 4 Prototypenbau

1.6.1 Ziele des Arbeitspaketes

Die Ziele des Arbeitspaketes lassen sich wie folgt darstellen:

- Bau eines funktionsfähigen Prototypen auf der Basis der Berechnungen und Modellversuche

1.6.2 Durchführung und Ergebnisse des Arbeitspaketes

Die Durchführung einer Systementwicklung zu beschreiben ist am leichtesten, wenn man die einzelnen Ergebnisse aus der Konstruktionsphase, also die einzelnen Konstruktionspläne darstellt. Sie geben eine plastische Darstellung der durchgeführten einzelnen Arbeitsschritte und Arbeitsprozesse, die zur Planung und Fertigung der Strom-Boje geführt haben.

Die folgenden Abbildungen zeigen die wichtigsten Bestandteile der Stromboje:

Die Positionen der Strom-Boje bei unterschiedlichen Pegelständen

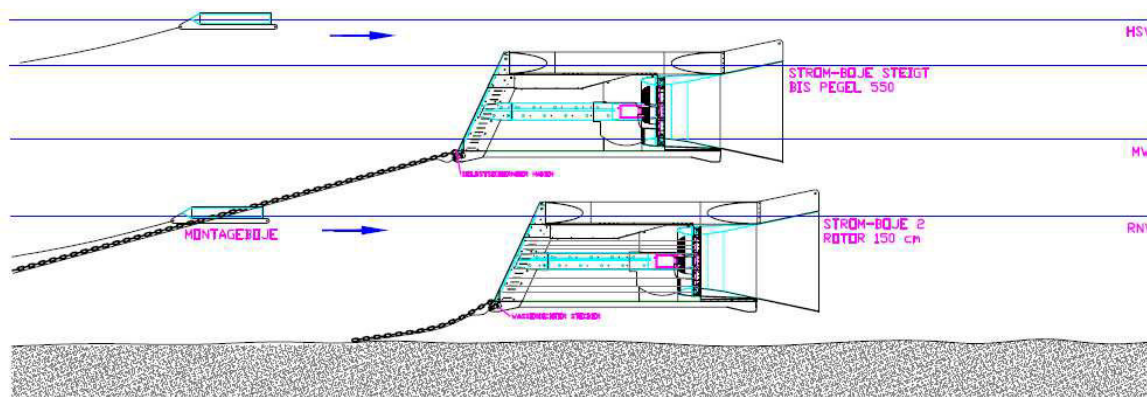


Bild 9

Der Generator der Strom-Boje

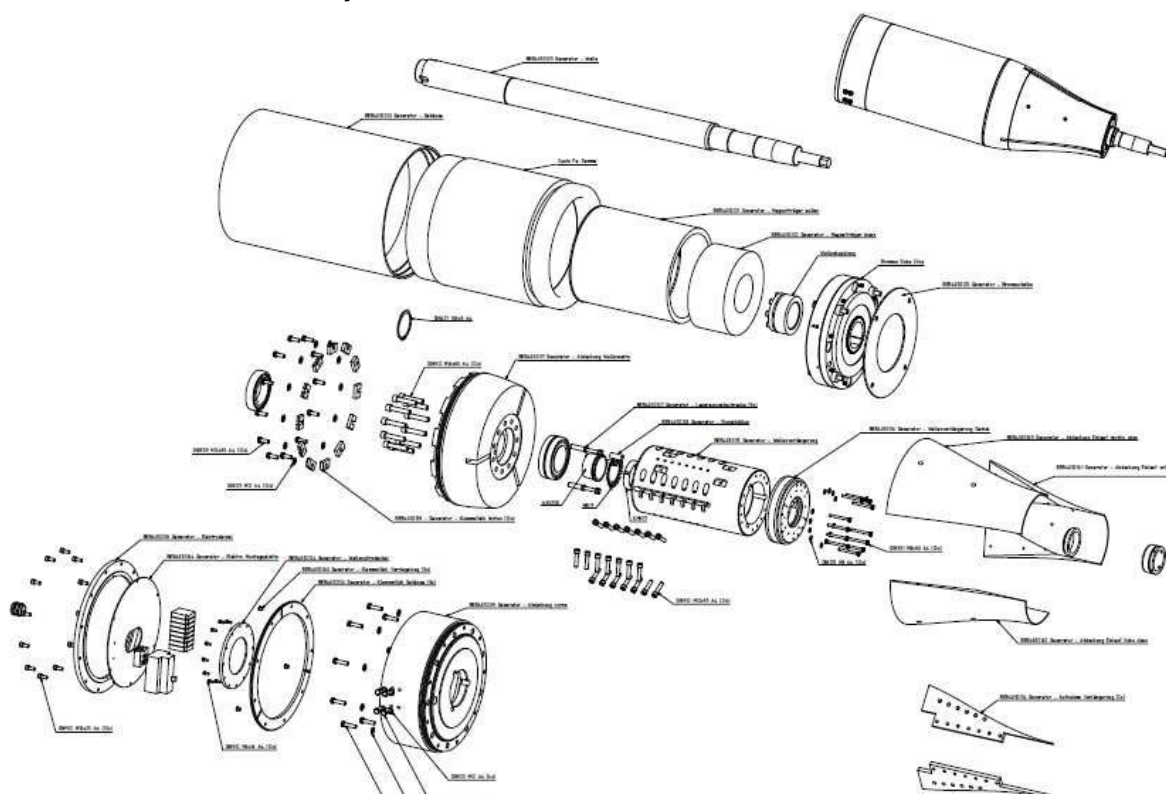


Bild 10

Der Turm der Strom-Boje

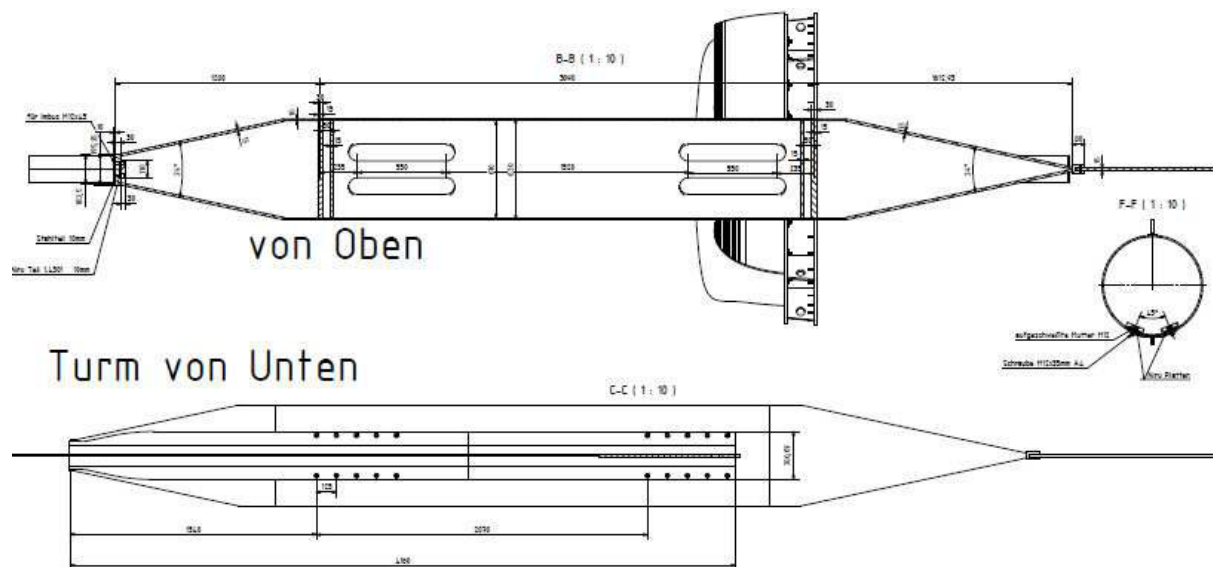


Bild 12

Und die Strom-Boje selbst

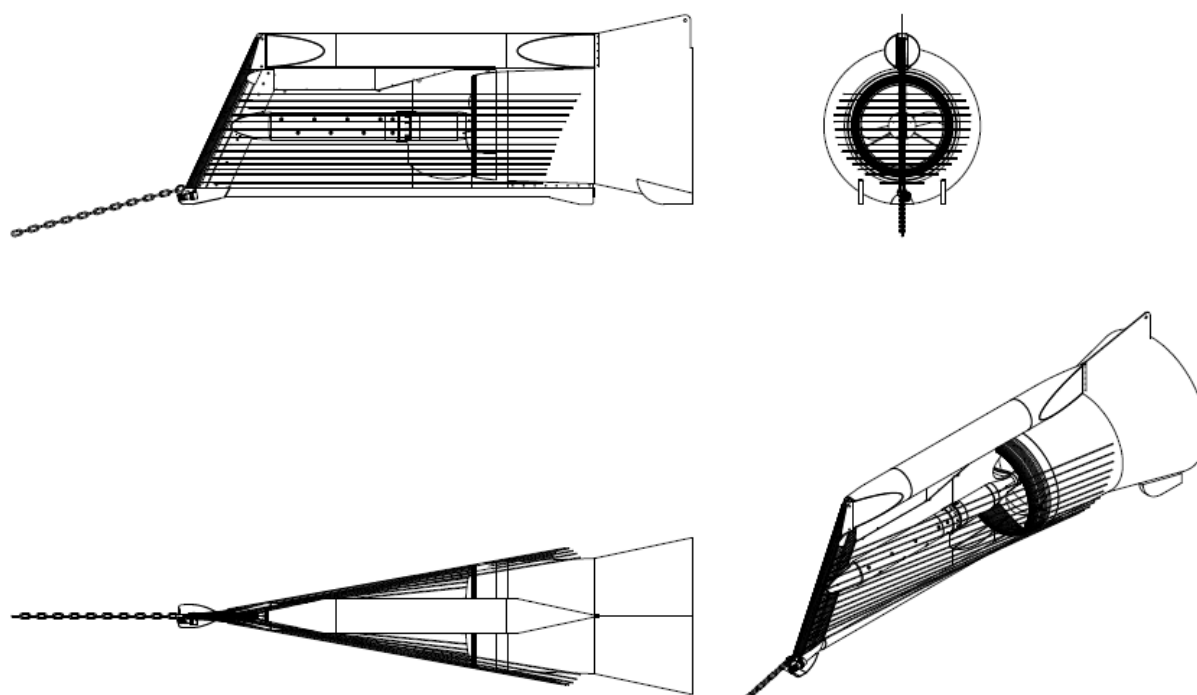


Bild 13

Um sich ein besseres Bild zu machen, hier ein Farbbild von der Strom-Boje im Einsatz:



Bild 14

Hier ist die Strom-Boje im Wasser bei der Arbeit zu sehen. Einzig der Turm ragt bei Normalpegelständen über die Wasseroberfläche.

Aufgrund der Konstruktion der Strom-Boje mit den realen Fertigungsprozessen und Materialien die auch später für eine Serienfertigung herangezogen werden sollen, wurde die Dimension der Strom-Boje, genauer ihr Gewicht, höher als es die Simulationen prognostiziert hatten. Um das höhere Gewicht wieder zu kompensieren und damit die Fixierung der Strom-Boje bei verschiedenen Pegelständen für die optimale Stromproduktion zu gewährleisten, wurde eine Neukonstruktion der Auftriebskörper durchgeführt, da eine Vergrößerung des existierenden Designs nicht möglich war.

Darüber hinaus hat sich der neue Turm wie erhofft als wesentlich strömungsgünstiger erwiesen.

1.7 Arbeiten des Arbeitspakets 7 Auswertung und Dokumentation

1.7.1 Ziele des Arbeitspaketes

Die Ziele des Arbeitspaketes lassen sich wie folgt darstellen:

- Auswertung der Mess- und Testergebnisse
- Optimierung der Anlage
- Dokumentation der Ergebnisse

1.7.2 Durchführung und Ergebnisse des Arbeitspaketes

Die grundlegenden Arbeiten des Arbeitspakets waren die Analyse der Messergebnisse und die Erstellung des Businessplans der Nullserie der Stromboje.

Analyse der Messergebnisse

Die Ergebnisse des Projektes Strom-Boje 2 lassen sich wie folgt schlagwortartig zusammenfassend darstellen:

- Das Prinzip stimmt
- Die Strömungserhöhung vor dem Rotor durch den Diffusor ist bei Leerlauf des Rotors sogar höher als erwartet.
- Die Selbstreinigung des Rechens funktioniert zufrieden stellend.
- Das Verhalten der Anlage in der Strömung und bei Hochwasser ist ebenfalls zufrieden stellend.
- Die Energieerzeugung liegt noch 20-30% hinter den Erwartungen und ist bei sehr geringen Fließgeschwindigkeiten marginal.
- Gewicht und Erzeugungskosten für den Schwimmkörper sind noch zu hoch.
- Die Verbindung Rotor – Generator und Generator – Netzanbindung bedarf der Vereinfachung und Optimierung.
- Die elektrische Leistungsausbeute muss noch gesteigert werden, um eine ausreichende Versorgung lokaler Bedarfsträger, z.B. Gemeinde, Städte, sicherstellen zu können:
- Die Anforderungen von Energieversorgern müssen noch integriert werden, z.B. virtuelle Kraftwerkssteuerung, Einzelsystemsteuerung, Lastspitzenverhalten

Die grundsätzlichen Seriengerätekosten sind noch zu hoch, da bei der Strom-Boje die Gewichtung mehr auf der Funktion und nicht auf der Produktion lag.

Zusammenfassung des Businessplans Strom-Boje

Der Unternehmenszweck und die Grundlagen des Businessplans:

- Die 2005 gegründete, und seit 6/2006 eingetragene Aqua Libre Energieentwicklungs GmbH, im Folgenden kurz Aqua Libre genannt, entwickelt das schwimmende Strömungskraftwerk „Strom-Boje“.
- Erfinder ist Fritz Mondl, es gibt das Österreichische Patent seit 2006, Europäische, US-Amerikanische und Kanadische Patente seit 2009. Patentinhaber ist Aqua Libre.
- Im Dezember 2006 wurde die Strom-Boje 1 in der Wachau eingehängt, und bis 2008 einem intensiven Testprogramm unterzogen. Dabei sind Strömungs- und Leistungsmessungen und laufend Verbesserungen und Ergänzungen gemacht worden.
- Die erarbeiteten Daten wurden dann 08 und 09 als Grundlage für aufwändige Modelle und Modellversuche in der Schifffahrtstechnischen Versuchsanstalt genommen, und Generator, Strömungskanal, Rotor und Schwimmkörper völlig neu konzipiert, entwickelt und vermessen.
- Die dort gesammelten Ergebnisse haben uns ein Konzept die für Strom-Boje 2 gebracht, die wir als 1:1-Prototyp seit Oktober 2009 in der Wachau am Versuchsstandort Kienstock eingehängt haben, und die seither unvergleichlich bessere Ergebnisse als die Strom-Boje 1 liefert.
- Wir werden diesen Typ mit Rotor 150cm, und weitere mit Rotor bis 400cm und größer entwickeln, damit vorerst in den Europäischen, später auch weltweit in Flüssen, aber auch im Meer ausführen.

Das Produkt und seine Vorteile

Die Strom-Boje ist das bisher erste, auch in langjährigen Versuchen den vielen Gefahren und Beeinträchtigungen frei strömender Flüsse. Sie schützt sich selbst vor Verklausung und Treibgut, und schützt Fische und Schwimmer durch den selbst reinigenden Rechen und langsame Rotor-Drehzahlen. Sie nutzt allein die freie Strömungsenergie von Flüssen und des Meeres. Sie braucht keine baulichen sichtbaren und den Fluss beeinträchtigenden Maßnahmen im Fluss. Sie hängt an einer am Grund eingepöhlten Kette an einem Punkt und richtet sich selbständig in der günstigsten Strömung in der idealen Position ein.

Um den in Flüssen durch die relativ geringe Tiefe eingeschränkten Querschnitt bestmöglich nutzen zu können, wird die Strömung am Rotor durch den Einbau eines von uns entwickelten Strömungskanals wesentlich erhöht. Dadurch gelingt uns ein bisher in freier Strömung weltweit unerreichter Wirkungsgrad, und damit Ertrag kW/m² Rotorfläche.

Wirtschaftlich einsetzbar ist mit heutigem technischen Standard die Strom-Boje in Strömungen von durchschnittlich 2,2m/s. Sie kann einzeln oder in Serie eingehängt werden, kann autark oder netzgebunden betrieben werden.

Der Markt- und Kundennutzen

Genau diese Eigenschaften prädestinieren die Strom-Boje, überall, wo noch unverbaute, in der Regel geschützte Fließstrecken an großen Flüssen bestehen, und die daher nicht für die klassische Wasserkraft mit ihren zerstörerischen Eingriffen in die Natur in Frage kommen, trotzdem große Mengen Strom zu erzeugen, ohne das Landschaftsbild oder die Ökologie zu stören.

In den meisten Europäischen Ländern gibt es das Ziel, künftig fossilen Energien durch zunehmende Nutzung Erneuerbarer Energie zurück zu drängen. Einerseits, weil es gilt, unser Klima und unsere Atemluft zu schützen, andererseits, um uns aus der Abhängigkeit von Importen aus teilweise recht unzuverlässigen Ländern zu lösen, gleichzeitig Geld zu sparen und Arbeitsplätze im eigenen Land zu schaffen.

Das haben manche Länder früh, andere später, und in unterschiedlicher Ernsthaftigkeit erkannt, die Dynamik der Entwicklung hat sich jedenfalls beschleunigt, und wird noch stärker werden. Jedes Land hat andere Voraussetzungen und Möglichkeiten, nutzbare Flüsse gibt es fast überall, aber auch das Meer bietet große Chancen, z.B. die Gezeitenströmung. Genügend Marktpotential für viel Jahrzehnte.

Viel höheres ungenutztes Potential gibt es aber auf allen anderen Kontinenten. Nach Berechnungen einer Deutschen Universität viele Tausend Terawattstunden/Jahr. Wasserkraft wird wie Wind kostenlos geliefert, Strom daraus ist daher keinen Risiken unterworfen. Der Strom aus der Strom-Boje fließt Tag und Nacht, jahraus und jahrein, ist daher klassischer Grundlaststrom. Er ist berechenbar, und im Vergleich mit anderen Erneuerbaren einer der billigsten.

Die Ertragsquellen

Die ersten Erträge der Strom-Boje sind ab 2011 geplant, und werden erzielt durch:

- Entwicklung von Projekten an geeigneten Standorten vorerst in Ö, D, CH.,
- Einreichung von Projekten zur behördlichen Genehmigung,
- Verkauf, sowie Errichtung von Strom-Bojen-Parks,
- Verkauf von Wartungsschiffen (Katamaran),
- Wartung und Pflege, bzw. Schulung fremden Personals,
- Technische Betreuung von Kunden in der Projektierungsphase
- Später und außerhalb Europas Vergabe von Lizenzen für Produktion und/oder Vertrieb

Die Erträge basieren auf folgenden Annahmen und sind in nachfolgender Tabelle dargestellt:

- Der Nettoverkaufspreis für vorerst zwei Größen von Strom-Bojen incl. Verankerung, Einhängung, Stromableitung und Netzeinspeisung beträgt:
 - Strom-Boje 2 – Rotordurchmesser 150cm, Nennleistung 15 – 30kW, € 150.000,--
 - Strom-Boje 3 – Rotordurchmesser 250cm, Nennleistung 42 – 75kW, € 250.000,--
- Bei Serienfertigung ab 30 Stk. jährlich sollten die Kosten schrittweise um 10% sinken.
- Für die Vergabe von Lizenzen werden 10% berechnet.

2 Ergebnisse und Schlussfolgerungen

2.1 Ergebnisse

Die Ergebnisse des Projektes Strom-Boje 2 lassen sich wie folgt schlagwortartig zusammenfassend darstellen:

- Das Konzept ist realisierbar,
- die Erwartungen wurden, wenn auch durch sehr großen Entwicklungsaufwand und gegen erhebliche Widerstände erfüllt.
- die signifikante Steigerung der Leistung der Anlage wurde erreicht durch:
- Strömungserhöhung am Rotor mithilfe des von uns entwickelten Diffusor
- durch neue Rotorkonfigurationen
- durch Veränderung des Generatorprinzips
- durch Wegfall eines Getriebes
- durch Optimierung der Netzeinspeisung
- trotzdem steckt noch erhebliches Entwicklungspotential im Zusammenspiel von Rotor und Diffusor
- Die Selbstreinigung des Rechens funktioniert sehr zufrieden stellend.
- Das Verhalten der Anlage in der Strömung und bei Hochwasser ist vorbildlich.
- Die Verkabelung ist jetzt im Fluss nicht nur überlebensfähig, sondern dauerhaft.
- Die Verheftung im Fluss (Kette, Anker) ist mehr als stark genug (4-fache Sicherheit), bisher zwei große Hochwasser ohne Wimpernzucken zu überleben
- Die Wartungsfreundlichkeit hat sich im Verlauf des Projektes durch die Optimierung des Wartungsschiffes sehr verbessert.
- Die Erzeugungskosten in Kleinserie sind noch zu hoch.
- Die Anforderungen von Energieversorgern müssen noch integriert werden, z.B. virtuelle Kraftwerkssteuerung, Einzelsystemsteuerung, Lastspitzenverhalten
- Die grundsätzlichen Seriengerätekosten sind noch zu hoch, da beim Prototypen der Fokus ausschließlich auf Funktion und noch nicht auf Kosten lag

Das Ergebnis der 2 - jährigen Arbeit lässt sich am besten graphisch darstellen:

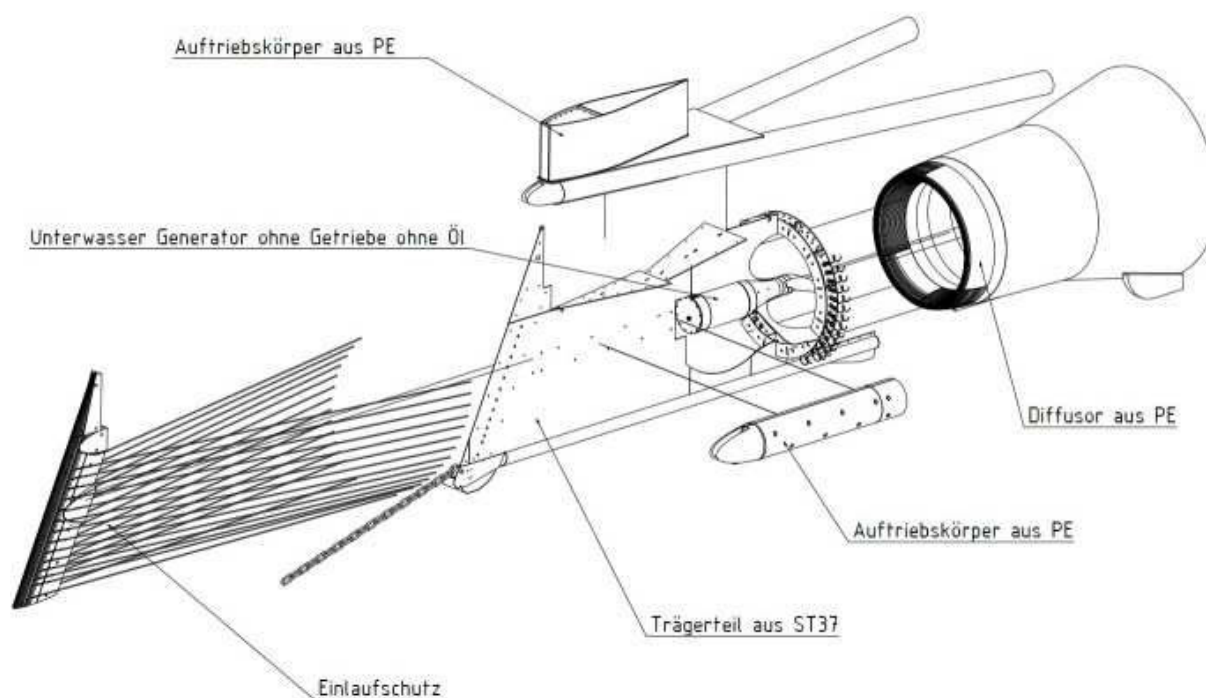


Bild 15

Zusammenfassend lässt sich auf Basis der zugrunde liegenden Daten und Erfahrungen aus den Feldtests, dem Businessplan und den Anforderungen, dem Engagement der beteiligten Partner und Experten, und dem bisherigen nationalen und internationalen Echo sagen, dass die Realisierung der Strom-Boje aus wirtschaftlicher, ökologischer, sowie politischer Sicht erstrebenswert ist, da sie als ein Beitrag innovativer österreichischer Unternehmer Österreichs internationale Darstellung bei den neuen Energien unterstützt.

Der nächste Schritt ist die Weiterentwicklung zur Erfüllung aller internationalen Normen, um die Strom-Boje damit in ein serienreifes, marktgängiges und einsatzfähiges Produkt zu überführen.

2.2 Schlussfolgerungen

Im Rahmen des Projektes konnten verschiedene Aspekte der Strom-Boje 2 untersucht und realisiert werden. Diese Aspekte lassen sich in verschiedene Kategorien von Schlussfolgerungen einteilen:

- Wissenschaftliche Schlussfolgerungen
- Wirtschaftliche Schlussfolgerungen
- Politische Schlussfolgerungen
- Systembezogene Schlussfolgerungen

2.2.1 Wissenschaftliche Schlussfolgerungen

Aus dem Projektverlauf lassen sich für die wissenschaftlichen Arbeiten folgende Schlussfolgerungen darstellen:

- Bei jedem neuen Standort muss eine Adaption an die gegebenen geologischen Randbedingungen stattfinden
- Viele wissenschaftliche Erkenntnisse im Bereich Venturi – Effekt bei frei umströmten Körpern müssen für die Leistungssteigerung noch erarbeitet werden, weil es sie offensichtlich nicht, nicht in ausreichender Form, oder nur unveröffentlicht gibt.

Zusammenfassend lässt sich zu diesem Projekt sagen, dass großes Potential für Verbesserungen und Optimierungen vorhanden ist, dessen Nutzung auch vom wissenschaftlichen Standpunkt aus weitere Forschungstätigkeiten nach sich ziehen muss:

- Optimierung der Simulationsprogramme für Strömungsverhalten von Flüssen abhängig von geologischen Randbedingungen
- Weitere Forschung im Bereich Venturi – Effekt bei frei umströmten Körpern
- Forschung bzw. Entwicklung von Materialien oder Beschichtungen für dynamische Bewegung und Kräftebelastung unter Berücksichtigung des Venturi – Effektes in umströmten Körpern.

2.2.2 Wirtschaftliche Schlussfolgerungen

Die ersten wirtschaftlichen Betrachtungen aus den Arbeiten für den Businessplan der Nullserie lassen klar erkennen, dass ein nationales, europäisches und außereuropäisches Marktpotential vorhanden ist. Entscheidend für den Markterfolg sind die Faktoren:

- Rentabilität
- Kosten

2.2.2.1 Rentabilität

Jeder Energieversorger also Kunde der Firma hat in diesem umkämpften Segment der Energieversorgung die Rentabilität als wirtschaftlichen Hauptfaktor im Fokus. Rentabilität bedeutet im Einzelnen:

- Laufzeit der Strom-Boje
- Förderungen für die ökologische Energie als Starthilfe.

Da die Strom-Boje an sich, auch bei Serienfertigung, kein Produkt von der Stange sein kann (wegen der Adaptierungen an die örtlichen geologischen Gegebenheiten), können die je nach Projekt unterschiedlichen Anschaffungskosten über die Laufzeit der Strom-Boje und über die Standortgüte (Strömungsverhältnisse) in verschieden lange Zeiträumen amortisiert werden. Die Amortisationszeit hängt in den Entwicklungsjahren (etwa 10 bei allen neuen Energieformen) natürlich auch von allfälligen Förderungen für den Strom aus erneuerbaren Energien ab, die – wie in Österreich als Investitionszuschüsse gewährt werden, anderswo in Form höherer Einspeisetarife.

2.2.2.2 Kosten

Ein klares wirtschaftliches Argument für jedes System sind seine Anschaffungskosten, seine Wartungskosten und der Wartungsaufwand. Das Projekt hat hier den Grundstein für eine Serienfertigung der Nullserie gelegt, zeigt aber auf, dass ein großes Optimierungspotential besteht. Das KliEn – Projekt hat über seine experimentelle Entwicklung das Funktionsprinzip nachgewiesen, aber die Fertigungsmethoden der beteiligten Subfirmen waren hier auf Einzelfertigung des Prototypen und nicht auf die automatisierte Massenproduktion von verschiedenen Systemkomponenten der Stromboje und von Kleinserienfertigung von mehr örtlich abhängigen Systemelementen ausgerichtet. Dies gilt ebenso für die Materialwahl der einzelnen Teile.

2.2.3 Politische Schlussfolgerungen

Das Projekt Strom-Boje 2 zeigt das Potential von Österreich im Bereich Technologie, Innovation und IPR für Neue Energien in Europa auf.

Der Firma Aqua Libre Energieentwicklungs GmbH ist auf dem Weg ein zukunftsträchtiges, rentables, in seiner Konfiguration einmaliges und marktnischenschließendes Produkt zu entwickeln und zu vermarkten.

Dieses Produkt ist somit ein Vorbild für die ganze österreichische Firmenlandschaft und Innovationskultur, die vor allem bei den Neuen Energien der Politik erlaubt, eine Vorreiterrolle, bzw. eine gestalterische Rolle in dem weiteren europäischen Prozess bei Neuen Energien glaubhaft zu machen.

Das Produkt „Strom-Boje 2“ erlaubt auch der lokalen Politik sich im europäischen Wettstreit für Ökologie und Umweltbewusstsein und den damit zusammenhängenden Förderungen weit vorne zu positionieren und auch andererseits das ökologische Bewusstsein bei ihren Wählern zu wecken und weiter zu stärken.

2.2.4 Systembezogene Schlussfolgerungen

Generell lässt sich aus Systemsicht eine wichtige Schlussfolgerung ziehen:

- Das System funktioniert und produziert ökologischen Strom

Wie in jedem System dessen Funktionsprinzip nachgewiesen ist, gibt es noch einigen Optimierungsbedarf in den Bereichen:

- Elektrische Leistungsabgabe
- Interface zu bestehenden Energieversorgernetzen
- Anpassungsfähigkeit an geologische Randbedingungen

3 Ausblick und Empfehlungen

3.1 Ausblick

Die wirtschaftliche Betrachtung der erhobenen Marktzahlen und die Ergebnisse des Projektes Strom-Boje 2 lassen einen Ausblick in folgenden Gebieten zu:

- Technischer Ausblick
- Wissenschaftlicher Ausblick
- Wirtschaftlicher Ausblick

3.2 Technischer Ausblick

Das System Strom-Boje 2 hat sich in den praktischen Tests bewährt und seine Leistungsfähigkeit bewiesen. Während des Projektverlaufes sind aber Anforderungen erarbeitet und erhoben worden, die eine Weiterwicklung der Strom-Boje in eine leistungstärkere und extern steuerbare Leistungseinheit erfordern. Daraus folgt als nächster logischer Schritt, die Strom-Boje 2 in einen Vorserienprototyp in mehreren verschiedenen Größen zu überführen (als nächstes Strom-Boje 3 mit 250cm Rotor), der die Anforderungen der Energieversorger, aus regionaler und globaler Sicht, im Bereich der durchschnittlichen Leistungsabgabe, Spitzenleistungsabgabe und Steuerbarkeit erfüllt und dabei an die aktuellen geologischen Randbedingungen leicht adaptierbar bleibt.

3.3 Wissenschaftlicher Ausblick

Aus der wissenschaftlichen Sichtweise heraus bietet der Venturi – Effekt bei frei umströmten Körpern und die Verbesserung der Simulationen für die Abbildung der geologischen Randbedingungen in technische Systeme genug Potential für weitere Forschung, vor allem da europaweit momentan nur ein anerkannter Experte für den Venturi – Effekt bei frei umflossenen Körpern existiert.

Es geht schlicht um die anscheinend ganz einfache Frage:

In welcher Form (innen und außen) des Diffusors ergibt sich im Fluss die beste Leistung am Rotor?

Wie kann man die Umströmung dazu am besten nutzen?

3.4 Wirtschaftlicher Ausblick

Das erarbeitete theoretische Ertragspotential (Österreich 6 TWh und Europa 151 TWh) lässt klar erkennen, dass die Strom-Boje ein großes Marktpotential hat, ja sogar ein Marktalleinstellungsmerkmal hat, aufgrund der eingesetzten Technologie, Flexibilität, Schutzmassnahmen für Flussökologie und Einsetzbarkeit.

Die Analysen zeigt aber auch auf, dass die Rentabilität klar von den Kosten der Strom-Boje für Erzeugung und Wartung und, im direkten Zusammenhang dazu, der staatlichen Förderung der Neue Energien stehen, da die Kostenstruktur der Strom-Boje aufgrund der Adaptierung an die geologischen Randbedingungen nie jene eines Großserienproduktes erreichen kann, und somit die Laufzeit, die produzierte Energie, und der jeweilige Einspeisetarif zu entscheidenden wirtschaftlichen Faktoren werden.

3.5 Empfehlungen

Die Projektergebnisse zeigen deutlich auf, dass die Strom-Boje 2 ein innovatives Systemkonzept ist. Die Strom-Boje 2 muss jetzt im nächsten Schritt an die Anforderungen der Energieversorger in Bezug auf durchschnittliche und lastspitzenorientierter elektrische Leistungsabgabe, Steuerbarkeit des Kleinkraftwerk mit virtueller Kraftwerkssteuerung und Stückzahlkosten hin optimiert werden.

Das Ergebnis aus dieser Optimierung wird nach einer Überführung in die Serienproduktion in der Lage sein, den Markt der Kleinkraftwerke im Bereich erneuerbare Energien durch Wasserkraft in Flüssen zu betreten, Marktanteile zu sichern und Österreich als innovative Kraft bei den Erneuerbaren Energien darzustellen.

Weiters müssen ein oder mehrere Demonstratoren aufgebaut werden, wenn möglich schon mit dem Nachfolger der Strom-Boje 2 um das bisher erwiesene Vertrauen der zukünftigen Kunden weiter zu festigen bzw. neue Kunden zu überzeugen.

IMPRESSUM

Verfasser

Aqua Libre Energieentwicklungs GmbH

Bäckerstraße 1, 2433 Margarethen am Moos

Tel: +43 (0) 664 465 77 92

Fax: +43 (0)1/865 42 62

E-Mail: f.mondl@aqualibre.at

Web: www.aqualibre.at

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22

1060 Wien

office@klimafonds.gv.at

www.klimafonds.gv.at

Disclaimer

Die Autoren tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieses Berichts. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider.

Der Klima- und Energiefonds ist nicht für die Weiternutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung des Deckblattes

ZS communication + art GmbH