



Exocoetidae

w²

wind

+

wasser

VORWORT	Seite 03
----------------	----------

Evaluation of Hydropower Energy Development in Austria	Seite 05
---	----------

Der Ausbau der Wasserkraft ist zentraler Bestandteil der österreichischen Energiestrategie. Mit Hilfe eines Entscheidungsmodells wurden Einflussfaktoren von Wasserkraftinvestitionen bewertet und Wohlfahrtswirkungen von Ausbaustrategien analysiert.

Optimierung von Wasserkraftschnecken	Seite 13
---	----------

Die bereits von Archimedes dokumentierte Wasserhebeschnecke wird in energietechnischer Umkehr erst seit einem Jahrzehnt zur Stromerzeugung verwendet. Sie ist eine zukunftsweisende Technologie für den extremen Niederdruckbereich (1- 6 m).

Strom-Boje: Ein schwimmendes Kleinkraftwerk für frei fließende Gewässer	Seite 17
--	----------

Die Strom-Boje® – das umweltfreundlichste Wasserkraftwerk erntet schwimmend die kinetische Energie der freien Strömung im naturbelassenen Fluss.

Windatlas und Windpotentialstudie Österreich	Seite 21
---	----------

Im Zuge des Forschungsprojektes wurde eine hochaufgelöste Windkarte vom gesamten Bundesgebiet erstellt. Die BenutzerInnen haben die Möglichkeit, abzuschätzen, wie viele Windkraftanlagen in den einzelnen Bezirken Österreichs installiert werden können.

Elektrischer Differenzialantrieb für eine 3MW Windkraftanlage	Seite 27
--	----------

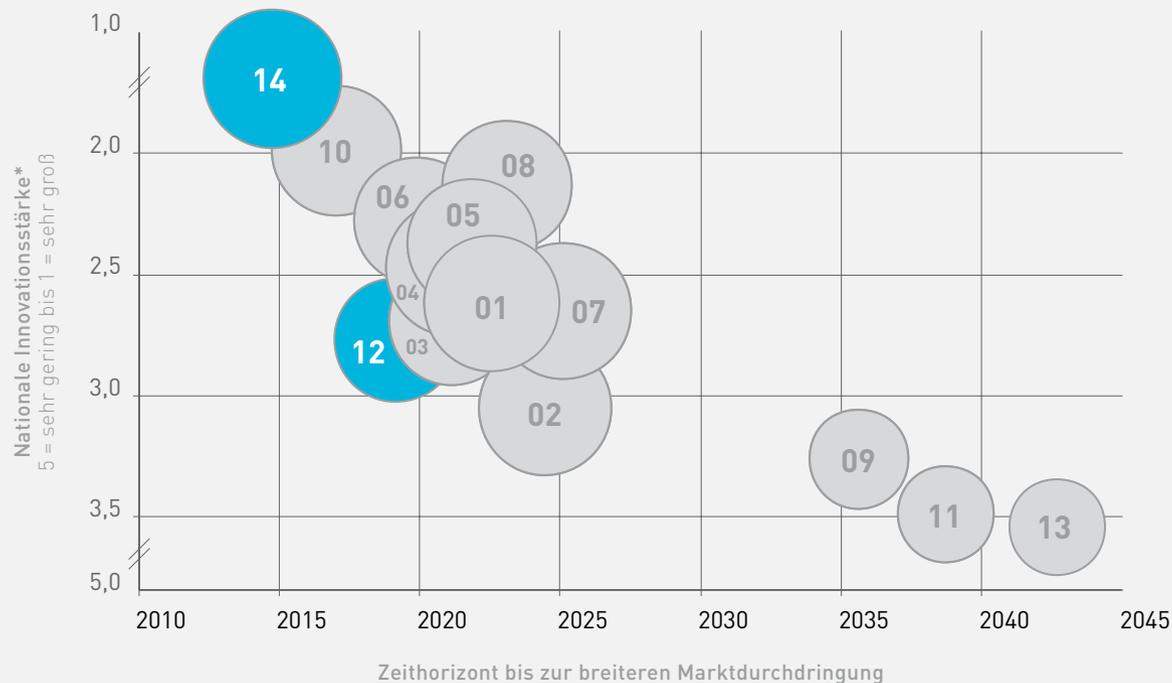
Der Artikel liefert Einblicke in die Forschungsaktivitäten zur Entwicklung, den Bau und die Betriebssimulation eines hochdynamischen, elektro-mechanischen Differenzialsystems, welches u.a. zur Effizienzsteigerung von Windkraftanlagen primär vorgesehen ist.

Kleinwindkraftanlagen: Qualitätssicherung, Netzeinbindung, Geschäftsmodelle und Information	Seite 33
--	----------

Das Interesse an Kleinwindrädern ist steigend. Der Entwicklung hin zu einer marktfähigen Technologie stehen jedoch Unsicherheiten bei der Anlagenqualität, den zu erwartenden Energieerträgen, Fragen zu Netzurückwirkungen sowie Rechtsunsicherheiten bei der Genehmigung entgegen.

Alle geförderten Projekte im Überblick	Seite 38
---	----------

Erwarteter Anteil am Energiesystem 2050 nach nationaler Innovationsstärke und Zeithorizont



01 Energiesysteme, Netze und Verbraucher	08 Bioenergie
02 elektrische Speicher	09 Geothermieranlagen
03 thermische Speicher	10 Wärmepumpen/Kälteanlagen
04 Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe	11 Brennstoffzellen
05 Fahrzeugkomponenten und -Systeme	12 Windkraftanlagen
06 Solarthermie	13 Wasserstofftechnik
07 Photovoltaik	14 Wasserkraftanlagen

ANMERKUNG: Das Kriterium „Nationale Innovationsstärke“ berechnet sich aus der wahrgenommenen Größe des Unternehmenssektors und Forschungs- und Technologieentwicklungs-expertise Österreichs. Die Größe der Kreise entspricht dem erwarteten Anteil am Energiesystem 2050, wobei die Skala um 1,5 Skalenstufen verkürzt wurde.

Mit Wind- und Wasserkraft die Welt bewegen. Das große Potenzial von Wind und Wasser.

4 + 4 TWh jährliche Ökostromerzeugung aus Wind- + Wasserkraft zusätzlich sind 75 % des österreichischen Ausbauziels für Ökostrom bis 2020. **Österreich setzt dabei auf nationale Stärkefelder.** Die Wind- und Wasserkraftbranche mit mehr als 7.800 Beschäftigten (Vollzeitäquivalente) sind bedeutende Wirtschaftsfaktoren im österreichischen Umwelttechnologiesektor.

e!Mission.at, das Energieforschungsprogramm des Klima- und Energiefonds, unterstützt durch die gezielte Förderung von Innovationen in diesen Bereichen die Absicherung der österreichischen Technologieführerschaft. Im Bereich Wasserkraftanlagen wird Österreich erwartungsgemäß die größte nationale Innovationsstärke (1,7) zugeschrieben. Die Windkraftbranche mit seinen 120 Zuliefer- und Dienstleistungsbetriebe liegt im Mittelfeld (2,78) mit Potenzial nach oben.

„Wir setzen auf die Förderung neuer Technologien, die sowohl die nationalen Klima- und Energieziele realisieren als auch neue Investitionen und neue Märkte im In- und Ausland erschließen.“ THERESIA VOGEL, GESCHÄFTSFÜHRERIN DES KLIMA- UND ENERGIEFONDS

Seit 2007 wurden in Summe 17 (12 Wind+5 Wasser) Projekte der anwendungsnahen Wind- und Wasserkraftforschung mit rund 4,8 (3,8+1,0) Mio. Euro unterstützt. Schwerpunkte der Forschungsagenda sind neue Technologien bzw. Komponenten und innovative Ansätze, die **Windenergie und Wasserkraft zu einer konkurrenzfähigen Alternative zu fossilen Brennstoffen machen** und deren Entwicklung dabei bis zur Demonstrationsanlage begleitet wird. Bei der Wasserkraft wird besonderer Wert auf die ökologische Optimierung gelegt. Österreichische ForscherInnen aus Industrie und Wirtschaft beschäftigen sich besonders intensiv mit Materialforschung, Turbinen- und Generatorentechnik, und die intelligente Integration der Technologien ins „Smart Grid“-System.

Eine aufschlussreiche Lektüre wünschen Ihnen

Ihr Klima- und Energiefonds



Projektleitung: ANDREA KLINGLMAIR
Institut für Höhere Studien Kärnten



„Der Ausbau der Wasserkraftnutzung ist ein zentraler Bestandteil der österreichischen Energiestrategie und mit weitreichenden Wirkungen verbunden. Ziel des Projektes war es mit Hilfe eines diskreten Entscheidungsmodells (Choice Experiment) die vielfältigen Einflussfaktoren von Wasserkraftinvestitionen zu bewerten und Informationen hinsichtlich der Wohlfahrtswirkung von Wasserkraft-Ausbaustrategien zu geben.“
MARKUS GILBERT BLIEM, GESCHÄFTSFÜHRER IHS KÄRNTEN

Evaluation of Hydropower Energy Development in Austria

EXPLORING THE ENERGY-WATER NEXUS USING PUBLIC CHOICE MODELS

Problemstellung

Die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen, wozu auch die Wasserkraft zählt, ist fester Bestandteil der österreichischen Energiestrategie. Insbesondere vor dem Hintergrund klima- und energiepolitischer Ziele, wie etwa der Reduktion von Treibhausgasemissionen oder der Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energiequellen am Endenergieverbrauch, spielt der Ausbau der Wasserkraft eine wichtige Rolle. Die Thematik des Wasserkraftausbaus gewinnt auch in Hinblick auf den zukünftig steigenden Strombedarf zunehmend an Bedeutung. Stromimporte aus dem Ausland auf Basis fossiler Energieträger oder Atomkraft treffen in Österreich auf zunehmend geringere Akzeptanz. Strom aus den vorhandenen erneuerbaren Energiepotenzialen hingegen hat in der Öffentlichkeit einen hohen Stellenwert. Jedoch stellt der Bau von Wasserkraftwerken auch einen Eingriff in die Gewässerökologie und die natürliche Umwelt dar. Ein Ausbau der Wasserkraft ist demnach nicht nur mit (energie-)wirtschaftlichen Vorteilen verbunden sondern steht auch in unmittelbarem Konflikt mit ökologischen Schutzziele, wie sie etwa in der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) Eingang finden.

Der Ausbau der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen, wie der Wasserkraft, gilt zwar als klares energiepolitisches Ziel, doch gibt es national als auch international nur sehr eingeschränkte Informationen hinsichtlich des gesellschaftlichen Wertes der Wasserkraftnutzung. Projektziel war es daher, den Ausbau der Wasserkraftnutzung in Österreich, unter Berücksichtigung der damit verbundenen vielschichtigen positiven und negativen Effekte, ökonomisch zu bewerten.

Obwohl die Wasserkraftnutzung bereits jetzt eine große Bedeutung in Österreich hat, besteht noch weiteres Ausbaupotenzial, insbesondere im Bereich der Kleinwasserkraft. So wurde das Ausbauziel für Wasserkraft unter anderem im Ökostromgesetz 2012 verankert.

Bis zum Jahr 2020 sollen weitere 4.000 GWh ausgebaut werden, sofern geeignete Standorte verfügbar sind.

Derzeit befinden sich von Seiten der österreichischen Elektrizitätswirtschaft 16 Wasserkraftwerke in Bau; weitere 37 Wasserkraftprojekte sind in konkreter Planung. Auch Maßnahmen zur Steigerung der Effizienz bestehender Anlagen sowie die Errichtung mehrerer Kleinstkraftwerke sind in Zukunft vorgesehen.

Der geplante Ausbau der Wasserkraft ist jedoch mit einem **Zielkonflikt bzw. „Trade-off“** verbunden. Auf der einen Seite bestehen die Ziele der Klima- und Energiepolitik, für dessen Erreichung ein verstärkter Fokus auf die Nutzung erneuerbarer Energiequellen wie der Wasserkraft gelegt werden muss. Darüber hinaus kann die Forcierung des Wasserkraftausbaus wesentlich zur Sicherung der inländischen Energieversorgung bzw. Verringerung der Abhängigkeit von Importen aus dem Ausland beitragen sowie Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekte (für die lokale Wirtschaft) induzieren. Auf der anderen Seite stellt der Bau neuer Wasserkraftwerke auch einen Eingriff in die Gewässerökologie und die natürliche Umwelt dar. Negative Effekte, die sich in Zusammenhang mit der Wasserkraftnutzung ergeben, betreffen etwa die Beeinträchtigung des natürlichen Landschaftsbildes oder die Unterbrechung der Durchgängigkeit des Gewässers sowie die damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die Tier- und Pflanzenwelt.

Bewertung der Wasserkraftnutzung

Experimentaufbau

Der beschriebene Trade-off zwischen (energie-) wirtschaftlichen Vorteilen und Eingriffen in das Ökosystem sollte bei einer verstärkten Nutzung der Wasserkraft berücksichtigt werden. Ein Hauptproblem besteht jedoch darin, dass für viele der mit einem Ausbau verbundenen Effekte die quantifizierbaren Bewertungsgrundlagen fehlen. Das heißt, für Effekte wie reduzierte Luftverschmutzung durch Emissionsvermeidung oder die Erhaltung eines Gewässerökosystems gibt es keine Märkte bzw. Marktpreise, die eine monetäre Bewertung grundsätzlich erleichtern würden. Für die Bewertung solcher Nichtmarkt-güter muss daher auf direkte Bewertungsverfahren, auch „Stated Preference“ Verfahren genannt, zurückgegriffen werden. Grundidee der direkten Bewertungsverfahren ist die Schaffung hypothetischer Märkte, auf denen die betreffenden Nichtmarkt-güter in einem hypothetischen Szenario erworben werden können. Einen möglichen direkten Bewertungsansatz zur Ermittlung der Präferenzen der Bevölkerung für die Nutzung bzw.

den Ausbau der Wasserkraft stellt die Choice Experiment (CE) Methode dar. Im Rahmen der CE Methode wurden **Wasserkraftausbaustrategien anhand der folgenden Eigenschaften** bzw. Attribute beschrieben:

- Regionale Arbeitsplätze
- Reduktion der CO₂-Emissionen
- Eingriff in die Natur und das Landschaftsbild
- Entfernung des nächsten Kraftwerks zum Wohnsitz
- Zusätzliche Stromkosten pro Monat

Jedes dieser Attribute weist wiederum mehrere Ausprägungen auf, durch dessen Kombination **hypothetische Entscheidungssituationen („Choice Cards“)** generiert wurden; eine beispielhafte Darstellung findet sich in **Abbildung 1**. Durch die Auswahl einer der angeführten Alternativen bekunden die Befragten ihre Präferenzen, woraus der monetäre Wert für einzelne Attribute einer Wasserkraftausbaustrategie abgeleitet werden kann.

Beispiel für eine Choice Card

ABBILDUNG 1

	Ausbaustrategie A	Ausbaustrategie B	
Zusätzliche Arbeitsplätze in der Region	10	100	keine der beiden Ausbaustrategien
Reduktion der CO ₂ -Emissionen	-20 %	-60 %	
Eingriff in Natur und Landschaftsbild	Gering	Stark	
Entfernung zum Wohnsitz	2 km	20 km	
Zusätzliche Stromkosten pro Monat	€ 6	€ 12	
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Einstellung zur Wasserkraftnutzung sowie zum Bau weiterer Kraftwerke

ABBILDUNG 2



Das Experiment wurde in einen **umfassenden Fragebogen zum Thema erneuerbare Energien und Wasserkraft** eingebettet. Dieser gliedert sich in drei Teile und beinhaltet neben dem CE auch allgemeine Fragen zur Wasserkraftnutzung bzw. zu erneuerbaren Energiequellen sowie soziodemografische Fragestellungen zu Alter, Geschlecht, Bildungsniveau, beruflicher Situation oder der Höhe der aktuellen Stromrechnung.

Im Juli 2011 wurden von einem externen Marktforschungsinstitut 4.892 Personen aus den Bundesländern Kärnten, Salzburg, Steiermark, Tirol, Vorarlberg und Wien eingeladen an der Befragung teilzunehmen. Bei einer Rücklaufquote von 18,5 % ergab sich eine Stichprobe von 905 Befragten. Aufgrund unvollständig ausgefüllter Fragebögen sowie Protestantworten reduzierte sich das Sample auf insgesamt 892 Beobachtungen. Die Stichprobe ist repräsentativ in Bezug auf

Geschlecht und Alter. Geringfügige Abweichungen von der Grundgesamtheit zeigen sich beim Einkommens- und Bildungsniveau.

Einstellung zur Wasserkraftnutzung

Die Auswertung der erhobenen Daten zeigte, dass die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen für die zukünftige Stromerzeugung durchwegs als sehr wichtig erachtet wird. Rund drei Viertel (75,6 %) der befragten Personen halten die intensivierete Nutzung Erneuerbarer für sehr wichtig, weitere 21,9 % für eher wichtig. Darüber hinaus konnten Präferenzen für bestimmte (erneuerbare) Technologien beobachtet werden. So ist die Sonnenenergie (Photovoltaik) die am meisten präferierte erneuerbare Energiequelle, dicht gefolgt von Wasserkraft und Windkraft. Biomasse rangiert in der Präferenzreihung hingegen an letzter Stelle.

Modellergebnisse (Error Component Modell)

TABELLE 1

Variable	Koeffizient	Variable	Koeffizient
Konstante (ASC)	4,013*** (0,000)	Viele Kraftwerke in der Umgebung	0,812* (0,056)
Arbeitsplätze	0,0003** (0,029)	Geschlecht	-0,255 (0,259)
CO ₂ -Reduktion	0,007* (0,071)	Alter	-0,031*** (0,000)
Eingriff in die Natur (stark)	-1,155*** (0,000)	Ausbildung (tertiär)	0,677** (0,049)
Entfernung	0,007* (0,053)	Std. Abw. Arbeitsplätze	0,0007 (0,102)
Preis	-0,129*** (0,000)	Std. Abw. CO ₂	0,021*** (0,000)
Zahlung Stromrechnung* Preis	0,026*** (0,001)	Std. Abw. Natur	2,139*** (0,000)
Wichtigkeit Erneuerbare* CO ₂	0,010** (0,014)	Std. Abw. Entfernung	0,031*** (0,001)
Wohnsitz nahe Fluss* Eingriff in die Natur	-0,438*** (0,006)	Std. Abw. Random Effect (error component)	2,752*** (0,000)
Log likelihood		-4.307,025	
Log likelihood		-4.307,025	
McFadden Pseudo R2		0,267	
Anzahl der Befragten		892	
Anzahl der Beobachtungen		5.352	

Signifikanz: *** 1% Niveau // ** 5% Niveau // * 10% Niveau

p-Werte in Klammern

Auch die generelle Einstellung zur Wasserkraftnutzung bzw. zum Bau weiterer Wasserkraftwerke in Österreich ist sehr positiv. So weisen insgesamt 95,7% der befragten Personen eine sehr bis eher positive Einstellung zur Wasserkraftnutzung auf. Darüber hinaus haben auch 92,1 % eine positive Einstellung zum Bau weiterer Wasserkraftwerke entlang der österreichischen Flüsse (vgl. Abbildung 2).

Ökonometrische Ergebnisse

Wesentliche Erkenntnisse zu den vielfältigen Auswirkungen der intensivierten Wasserkraftnutzung konnten mit Hilfe eines ökonometrischen Modells gewonnen werden. Die Ergebnisse der Modellschätzung sind in Tabelle 1 dargestellt. Die positive Konstante spiegelt dabei die positive Haltung der Bevölkerung gegenüber dem Ausbau der Wasserkraft wieder. Zudem steigt die Wahrscheinlichkeit ein Wasserkraftausbauszenario zu wählen mit der Anzahl an zusätzlichen Arbeitsplätzen, steigender CO₂-Reduktion sowie steigender Entfernung zum Wohnsitz. Ein starker Eingriff in die Natur und das Landschaftsbild wird von den Befragten hingegen negativ bewertet. Ein negativer Zusammenhang konnte auch in Bezug auf die zusätzlichen monatlichen Stromkosten festgestellt werden. Dies bedeutet, dass die befragten Personen billigere Wasserkraftalternativen präferieren.

Auf Basis der Modellergebnisse können implizite Preise berechnet werden, welche eine marginale Rate der Substitution darstellen und als Zahlungsbereitschaft interpretiert werden können; d.h. wie viele monetäre Einheiten ist ein Individuum bereit herzugeben, um eine Einheit des interessierenden Attributs zu erhalten. Diese monetären Werte finden sich in Tabelle 2. Die Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze wird von den befragten Personen positiv bewertet; für 100 zusätzliche Arbeitsplätze beträgt die monatliche Zahlungsbereitschaft rund € 0,2. Eine deutlich höhere Zahlungsbereitschaft zeigt sich für die Reduktion von klimaschädlichen CO₂-Emissionen. Diese liegt bei € 1,3 monatlich für eine zehnpromtente Reduktion.

Ein starker Eingriff in die Natur und das Landschaftsbild wird hingegen negativ bewertet (negative Zahlungsbereitschaft). D.h. die Befragten müssten mit monatlich € 13,5 kompensiert werden, um einen starken Eingriff in die Natur und das Landschaftsbild beim Bau neuer Wasserkraftwerke zu akzeptieren. Die negative Zahlungsbereitschaft kann jedoch auch anders interpretiert werden, wonach die Befragten € 13,5 pro Monat bereit sind zu zahlen um den Eingriff in das Ökosystem beim Bau neuer Wasserkraftanlagen gering zu halten. Schlussendlich konnte auch eine positive Zahlungsbereitschaft für die zunehmende Distanz eines Kraftwerks zum Wohnsitz des/der Befragten errechnet werden. Pro 5 km Entfernung sind die Individuen bereit € 0,3 monatlich zu bezahlen. Dieses Ergebnis bestätigt die so genannte „Not in my backyard“ (NIMBY) Theorie.

Obwohl marginale Zahlungsbereitschaften wichtige Informationen hinsichtlich des Werts einzelner Attribute liefern, so kann damit keine Aussage über den gesamtökonomischen Wert verschiedener Wasserkraftausbauszenarien getroffen werden. Aus diesem Grund wurde in einem weiteren Schritt der Wohlfahrtsgewinn von drei Wasserkraftszenarien berechnet (vgl. Tabelle 3). Der erste Fall stellt das sogenannte „Worst-Case-Szenario“ dar, das mit einem Wohlfahrtseffekt von insgesamt € 399,7 Mio. pro Jahr verbunden ist. Beim Übergang von Szenario (1) auf (2) werden alle Attributsausprägungen simultan auf ihren höchstmöglichen Wert erhöht („Best-Case-Szenario“). Dadurch kommt es zu einer deutlichen Erhöhung des Wohlfahrtsgewinnes auf € 765,9 Mio. Ausgehend vom „Best-Case-Szenario“ führt ein starker Eingriff in die Natur und das Landschaftsbild zu einem deutlichen Wohlfahrtsverlust im Ausmaß von € 240,0 Mio.

Marginale Zahlungsbereitschaften (WTP)

TABELLE 2

Variable	Maßeinheit	WTP
Arbeitsplätze	pro 100 Arbeitsplätze	€ 0,229 (0,227, 0,231)
CO ₂ -Reduktion	pro 10 % Reduktion	€ 1,312 (1,274, 1,351)
Eingriff in die Natur	von gering zu stark	-€ 13,462 (-13,805, -13,118)
Entfernung zum Wohnsitz	pro 5 km	€ 0,323 (0,320, 0,327)

95 % Konfidenzintervalle in Klammern

Wohlfahrtsökonomische Analyse

TABELLE 3

Arbeitsplätze	CO ₂ -Reduktion	Natur/Landschaft	Entfernung	Wohlfahrt pro HH und Monat	Aggregation pro Jahr
10	-10 %	Starker Eingriff	2 km	€ 14,759 (14,931, 15,192)	€ 399,7 Mio
500	- 60 %	Geringer Eingriff	20 km	€ 28,278 (27,931, 28,624)	€ 765,9 Mio
500	- 60 %	Starker Eingriff	20 km	€ 19,419 (18,867, 19,972)	€ 525,9 Mio

95 % Konfidenzintervalle in Klammern

Schlussfolgerungen

Die Wasserkraft spielt aufgrund der naturräumlichen Gegebenheiten bereits jetzt eine tragende Rolle in der österreichischen Stromerzeugung. Trotzdem besteht noch weiteres Ausbaupotenzial, das in Zukunft auch genutzt werden soll. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund klima- und energiepolitischer Ziele von Relevanz. Auch in Bezug auf die Sicherung der inländischen Energieversorgung, der reduzierten Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen bzw. von Importen aus dem Ausland sowie regionalwirtschaftlicher Effekte (Beschäftigung und Wertschöpfung) ist die Nutzung der Wasserkraft von großer Bedeutung. Neben diesen positiven Effekten, ist der Bau neuer Wasserkraftanlagen jedoch auch mit einem Eingriff in das natürliche Ökosystem sowie einer Beeinträchtigung des Landschaftsbildes verbunden. Die Nutzung der Wasserkraft steht somit in unmittelbarem Konflikt mit ökologischen Schutzziele wie etwa der EU-WRRL. Mit Hilfe einer Befragung wurde dieser Trade-off zwischen energiewirtschaftlichen Vorteilen und den negativen ökologischen Begleiterscheinungen quantifiziert.

Die Ergebnisse der Befragung liefern zunächst wichtige Erkenntnisse in Bezug auf die all-gemeine Einstellung der Bevölkerung zur Thematik. Die verstärkte Nutzung erneuerbarer Energiequellen für die zukünftige Stromerzeugung wird durchwegs als sehr wichtig erachtet, wobei hier Präferenzen für bestimmte erneuerbare Technologien (Sonnenenergie und Wasserkraft)

beobachtet werden konnten. Auch die generelle Einstellung zur Wasserkraftnutzung bzw. zum Bau weiterer Wasserkraftwerke in Österreich ist sehr positiv, bedingt durch die jahrelange Erfahrung bzw. Vertrautheit der Bevölkerung mit der Wasserkrafttechnologie. Wesentliche Erkenntnisse können aus den ökonomischen Auswertungen gewonnen werden. Der viel diskutierte Trade-off zwischen den Vorteilen eines Ausbaus der Wasserkraft und den negativen Auswirkungen auf das Ökosystem konnte sowohl identifiziert als auch quantifiziert werden. Ein starker Eingriff in die Natur ist mit einem deutlichen Wohlfahrtsverlust verbunden, während durch gesteigerte Emissionsreduktionen und der Schaffung zusätzlicher Arbeitsplätze Wohlfahrtsgewinne verzeichnet werden. Darüber hinaus konnte die „Not in my backyard“ Theorie bestätigt werden: ein Ausbau der Wasserkraft wird zur Erreichung klima- und energiepolitischer Ziele zwar gewünscht, jedoch sollten neue Wasserkraftwerke möglichst weit entfernt vom jeweiligen Wohnsitz errichtet werden.

Zusammenfassend liefert das Forschungsprojekt HYDROVAL einen detaillierten Einblick in die Präferenzen österreichischer Haushalte für die vielfachen Auswirkungen einer intensivierte Wasserkraftnutzung. Die gewonnenen Informationen stellen daher eine wesentliche Basis für politische Entscheidungsträger bzw. die Klima- und Energiepolitik dar. Für weitere Informationen sowie Auswertungen zum Projekt sei auf die Projekthomepage www.hydroval.org verwiesen.

DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT:

- Hinsichtlich des gesellschaftlichen Stellenwertes der Wasserkraftnutzung besteht ein großes Informationsdefizit.
- Welcher monetäre Wert der Erhaltung eines Gewässerökosystems beigemessen wird, wurde mit Hilfe eines innovativen Methoden-Mix im Rahmen des Forschungsprojektes beantwortet.
- Unter Beachtung bestimmter Rahmenbedingungen (ökologische Begleitmaßnahmen) stellt der Ausbau der Wasserkraft einen wohlfahrtsökonomischen Gewinn dar.





→ **Projektleitung:** ALOIS LASHOFER
Universität für Bodenkultur, Wien
Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie
und konstruktiven Wasserbau



1

2



1 Installierte Wasserkraftschnecke
2 Wasserkraftschnecke im Versuch

Verbesserung der Strömungseigenschaften sowie Planungs- und Betriebsoptimierung von Wasserkraftschnecken

Motivation

Die Energiewende braucht neben enormer Reduktion des Energieverbrauchs einen Mix aus erneuerbaren Energien und auch die Wasserkraft kann hier einen Beitrag leisten. Insbesondere die Nutzung von kleinen Potentialen an bestehenden Abstürzen – an Sohl Sicherungen und aufgelassenen Kleinwasserkraftwerken – ist auch ökologisch verträglich. Mit der Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie wurden Restwassermengen vorgeschrieben. Sie regeln, wie viel Wasser bei Ausleitungskraftwerken im Fluss bleiben muss. Für die Nutzung des Dotierwassers sind aber konventionelle Kleinwasserkraftwerke nicht kosteneffizient. Ebenso am Ablauf von Kläranlagen und Klärteichen bestehen oft noch geringe ungenutzte Potentiale. Hierfür gibt es seit 2001 eine neue, mittlerweile erprobte Option.

Die Wasserkraftschnecke ist eine Niederdrucktechnologie für Fallhöhen von 1-7 m und kann problemlos Durchflüsse bis 6 m³/s abarbeiten. Sie erlaubt zusätzlich auch eine sichere Fischmigration stromabwärts. Das Grundprinzip ist die Schneckenpumpe, eine seit der Antike bekannte Technologie die in den letzten Jahrhunderten eine Renaissance erfahren hat. Die Wasserkraftschnecke (WKS) ist dagegen erst seit dem Patent von Karl-August Radlik bekannt. Im zweiten Halbjahr 2013 kann von rund 250 Anlagen in Betrieb ausgegangen werden und nahezu dieselbe Anzahl soll bereits in Vorbereitung stehen. Durch diese vergleichsweise geringe Anzahl gilt die boomende Niederdrucktechnologie noch als Nischenprodukt.

Die Zahl der Anbieter ist aufgrund der relativen Neuheit dieser Anlagen noch gering, woraus sich eine nur geringe kostenwirksame Konkurrenz ergibt. Um grundlegende Erfahrungen mit der Schnecke zu sammeln und auch eine österreichische Produktion aufbauen zu können, wurde im März 2010 das Projekt „WKS-opt“ (Verbesserung der Strömungseigenschaften sowie Planungs- und Betriebsoptimierung von Wasserkraftschnecken) begonnen. Dabei sollten auch die Wirkungsgradangaben aus veränderlichen Prospektangaben herausgehoben und auf wissenschaftliche Basis gestellt werden.

Arbeitsablauf

Bis Oktober 2012 wurden am Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau der Universität für Bodenkultur in Wien (BOKU) drei aufeinander aufbauende Arbeitspakete durchgeführt:

- A Wirkungsgradmessungen an bestehenden Anlagen und eine Betreiberbefragung
- B Vergleichsmessungen zum neuen Konzept der Drehrohrschnecke (geschlossener, mitdrehender Trog)
- C Auswirkungen von variierten Gestaltparametern – Neigungswinkel, Steigung, Innendurchmesser und Gangzahl

Im ersten Arbeitspaket wurde eine Erhebung der Standorte, 31 Betreiberbefragungen, 36 Wirkungsgradmessungen an 14 Anlagen und eine Literaturstudie zur Fischverträglichkeit durchgeführt.



„Die bereits von Archimedes dokumentierte Wasserhebeschnecke wird in energietechnischer Umkehr erst seit einem Jahrzehnt zur Stromerzeugung verwendet. Sie ist eine zukunftsweisende Technologie für den extremen Niederdruckbereich (1- 6 m). In wissenschaftlichen Untersuchungen konnte sowohl die Qualität der Technologie bestätigt, als auch weiteres Verbesserungspotential aufgezeigt werden.“ PROJEKTLEITER ALOIS LASHOFER

Wirkungsgradmessungen an bestehenden Anlagen und Betreiberbefragung

Die Mehrzahl der befragten WKS-Betreiber äußerte sich sehr zufrieden mit der WKS. Probleme mit Vereisung und Lärmentwicklung wurden oft erst im Betrieb ernst genommen, aber bei fast allen Anlagen durch ähnliche Maßnahmen (wie Einhausung oder temporäre Abdeckung) kostengünstig gelöst. Auch die Wirkungsgradmessungen zeigten sehr gute Ergebnisse. Bei Durchflüssen unter dem Auslegungsdurchfluss wurden bei drehzahlregulierten Anlagen mit Frequenzumrichter die besten Wirkungsgrade gemessen. Die gemessenen Anlagenwirkungsgrade liegen im Mittel bei 69 %. Sechs Anlagen mit mehreren überdurchschnittlichen Wirkungsgradergebnissen erreichten Spitzenwirkungsgrade über 75 %. Die Wirkungsgrade zeigten für jede Einzelanlage gleichmäßige Verläufe.

Vergleichsmessungen zum neuen Konzept der Drehrohrschnecke

Die Labormessungen zum experimentellen Design der Drehrohrschnecke haben leider keine zufriedenstellenden Ergebnisse gezeigt. Bei sehr geringen Durchflüssen wurden gute Werte gemessen, aber nur in einem einzigen Vergleichspunkt zeigte sie geringe Vorteile gegenüber dem konventionellen Design. Damit wurde die weitere Forschung an der Drehrohrschnecke eingestellt.

Hauptversuch

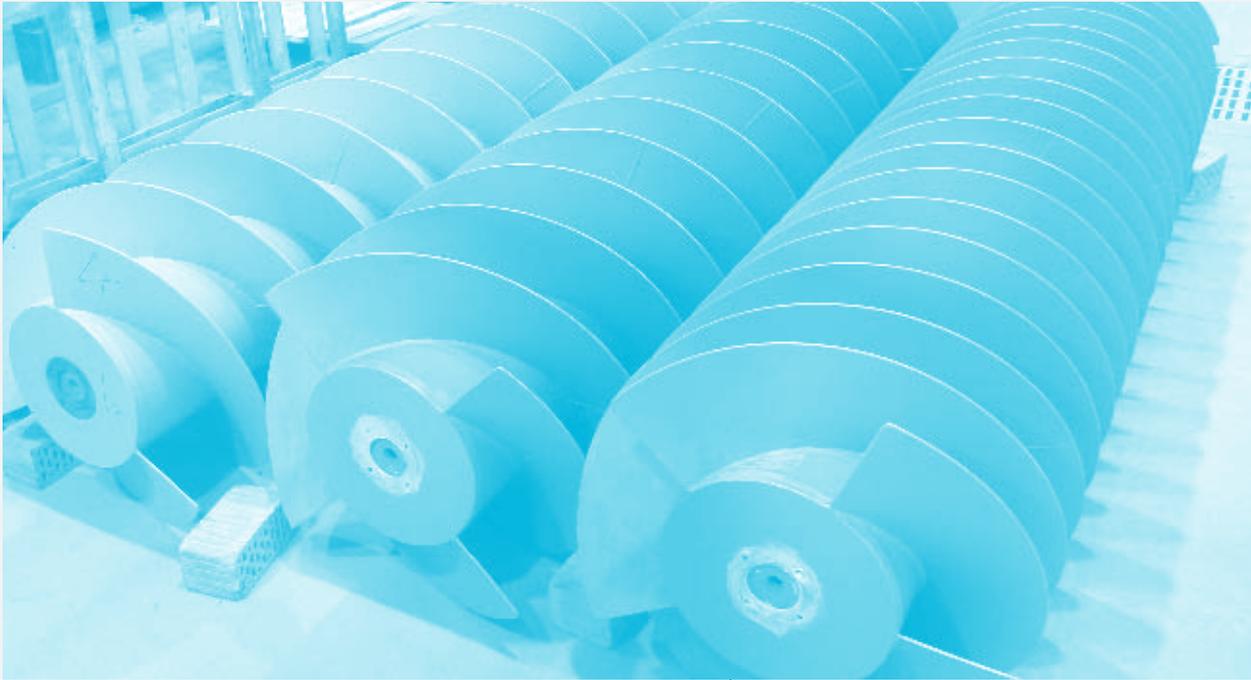
Mit den gewonnenen Ergebnissen wurde jedoch der zweite, größere Laborversuch dimensioniert, aufgebaut und durchgeführt. Getestet wurden Verbesserungen in

der Geometrie der Schneckenkörper und den Betriebsbedingungen, sowie der Ein- und Auslaufgeometrie. Das Versuchsprogramm bestand aus Messungen an 7 Schneckentypen in 8 Neigungseinstellungen. Gemessen wurden die Ober- und Unterwasserstände, die Drehzahl, das Drehmoment und der Durchfluss. Daraus ergaben sich die Wirkungsgrade bei den unterschiedlichen Betriebszuständen. Diese waren durch den Durchfluss (20-220 l/s in 20 l/s-Schritten) und die Drehzahl (20-80 U/sec in Schritten von 5 U/sec) vorgegeben. Daraus ergeben sich 8008 Betriebszustände die in einem halben Jahr Messzeit abgefahren wurden.

Ergebnisse

Die Messungen an sieben unterschiedlichen Schneckengeometrien der konventionellen Bauart (Trogsschnecke) zeigten erstaunlich hohe Wirkungsgrade (bis 94 %) und auch Verbesserungspotentiale des gegenwärtigen Stands der Technik.

Zusätzlich fanden erste Experimente mit Schallpegelmessungen und der Messung von Geschwindigkeitsprofilen im Auslaufbereich des Schneckentrogges statt. Hier wurde bei einzelnen Betriebszuständen über eine computergestützte Messanlage (wasserbauliches Experimentierfeld) der komplette Querschnitt gemessen und so die Verteilung der Fließgeschwindigkeit ermittelt. Im Anschluss an die Bewertung der unterschiedlichen Schneckenformen wurden Messreihen durchgeführt, die Veränderungen in den Ein- und Auslaufgeometrien dokumentieren. Dabei wurden die einzelnen Varianten über die Verbesserung/Verschlechterung des Wirkungsgrades bewertet.



-----> Detailansicht Wasserkraftschnecken

Es zeigte sich, dass jeder Schneckentyp seinen individuellen Anwendungsfall hat, da auch die Menge an unterschiedlichen Standortbedingungen (Durchflussganglinie, Höhe, Betriebsmöglichkeiten etc.) enorm groß ist.

Das Projekt hat wesentliche Mängel in dem bisherigen Konzept (eine Dimensionierung für alle Anwendungen) gezeigt – es muss für eine gute Auslegung hier viel stärker differenziert werden. Es gibt keine guten oder schlechten WKS per se, sondern nur passende oder unpassende für einen speziellen Standort.

Einzelne Teile der Forschungsergebnisse wurden bereits in Publikationen und auf Vorträgen präsentiert um sowohl Anlagenbetreiber als auch die Hersteller zu sensibilisieren.

Künftige Anlagenbetreiber bekommen mit diesen Ergebnissen zusätzliche Entscheidungsgrundlagen, um die für ihre Randbedingungen passendste Technologie auswählen zu können. Die Wasserkraftschnecke ist eine innovative, wartungsarme und ökologisch interessante Niederdrucktechnologie.

DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT:

- Mehr erneuerbare Energie bei gleichen ökologischen Belastungen durch höhere Wirkungsgrade
- Boomende Zukunftstechnologie wird führend in Österreich erforscht und weiterentwickelt
- Nutzung vorhandener Querbauwerke zur Energiegewinnung wird erleichtert





→ **Projektleitung:** FRITZ MONDL
Aqua Libre Energieentwicklungs GmbH



1



2

- 1 Strom-Boje
 - 2 Transport der Strom-Boje
-

STROM-BOJE: Ein schwimmendes Kleinkraftwerk für frei fließende Gewässer

Hintergrund

Österreich ist topographisch gesegnet: hohe Berge bedeuten erstens viel Niederschlag und zweitens große Gefälle bei den Flüssen, sodass fast 55 % des Strombedarfs durch Wasserkraft abgedeckt werden könnten. Um den Anteil an erneuerbaren Energien weiterhin auszubauen, wären neue Wasserkraftwerke von Nöten, dessen Neubauten oft von Bürgerinitiativen verhindert werden. Und das nicht ohne Grund, denn große Wasserkraftwerke bringen gigantische und irreversible Eingriffe in die Natur mit sich. Kraftwerke „verschandeln“ die Landschaft, das Ökosystem des Flusses wird aus dem Gleichgewicht gebracht und im Falle von Staukraftwerken wird der Wasserspiegel stark angehoben. Diese Liste könnte man ewig fortführen. Es galt daher einen Weg zu finden, erneuerbare Energie durch Wasserkraft möglichst naturschonend zu produzieren.

Aqua Libre

Dieser Weg wurde von **Aqua Libre** gefunden. Das im Dezember 2005 gegründete Unternehmen ist **in Europa führend bei der Entwicklung von Turbinen für frei strömende Flüsse**. Der Unternehmenszweck liegt in Forschung und Entwicklung von Energieerzeugungsanlagen, insbesondere schwimmender Strömungskraftwerke mit dem geschützten Namen „Strom-Boje“[®] und der Entwicklung, Planung und Errichtung von Projekten mit der Strom-Boje[®], Herstellung und Verkauf von Strom-Bojen[®], Montageschiffen und Einspeiseanlagen.

Die Strom-Boje

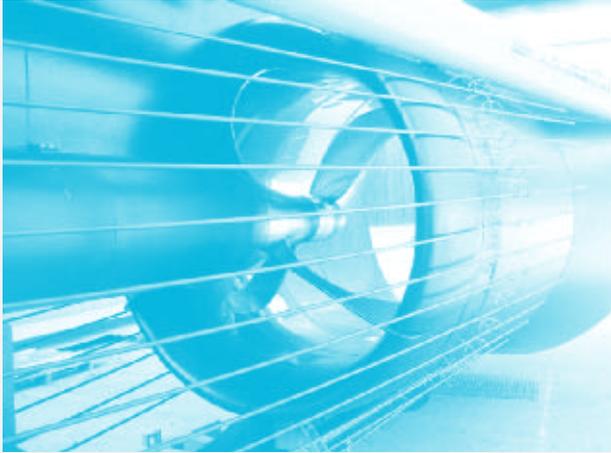
Die Strom-Boje benötigt keine großen Bauten, ist nahezu unsichtbar, erzeugt keinen Lärm und kann nahezu rückstandsfrei wieder entfernt werden. Sie nutzt die kinetische Energie des Wassers frei fließender Flüsse ohne bauliche Maßnahmen wie Staumauern, Dämme, Schleusen oder Fischaufstiegshilfen. Die Strom-Boje kann im Inselbetrieb Betriebe oder Dörfer mit Strom versorgen, oder über ein Netz ganze Regionen stromautark machen. Tag und Nacht – 8.750 Stunden im Jahr – steht Grundstrom zur Verfügung. Sowohl die Schifffahrt, als auch SchwimmerInnen, WassersportlerInnen und Tiere jeder Art werden durch die Strom-Boje nicht gefährdet.

Technischer Aufbau

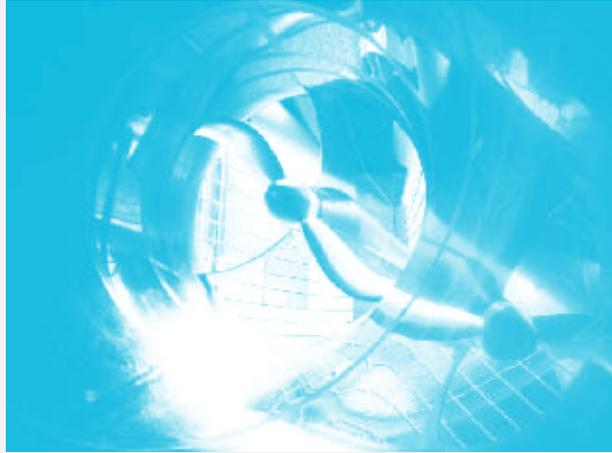
Die neueste Version der Strom-Boje, die Strom-Boje 3[®], ist für große Flüsse wie z.B. Donau, Rhein oder Inn konzipiert. Mit dem 250 cm-Rotor liefert sie 70 kW Nennleistung bei einer Strömung von 3,3 m/s. Je nach Standortqualität kann sie **bis zu 300 MWh im Jahr** liefern. Diese Größe von Strom-Bojen kann mit den in Österreich derzeit gebotenen Einspeisetarifen schon sehr wirtschaftlich betrieben werden. Angenommen Österreich würde seine Kapazitäten voll ausschöpfen, könnten bis zu 2 TWh im Jahr mit Strom-Bojen erzeugt werden – dies würde Strom für 550.000 Haushalte bedeuten.

An einem Rahmen aus hochwertigen Stahlrohren und -profilen ist ein drehzahlvariabler, getriebeloser PM-Synchron-Generator montiert. An der zweifach

3



4



„Die Strom-Boje® - das umweltfreundlichste Wasserkraftwerk erntet schwimmend die kinetische Energie der freien Strömung im naturbelassenen Fluss.“ PROJEKTLEITER FRITZ MONDL

gelagerten Welle sitzt ein zweiflügeliger, sich langsam drehender, fischfreundlicher Rotor mit höchstem Wirkungsgrad aus Aluminium oder Bronze. Ein selbstreinigender Rechen aus PE-ummantelten Stahlseilen schützt den Einlauf und den Rotor wirkungsvoll vor kleinem und großem Treibgut, sowie Schwimmer und Sportboote vor Berührung mit dem Rotor. Die Strom-Boje ist an einem in Flussgrund bündig einbetonierten Stahllankerstab fixiert. Kette und Anker bieten dabei vierfache Sicherheit bis zu max. 4 m/s Strömungsgeschwindigkeit.

Gewicht, Länge der Kette, Anhängpunkt, Auftrieb der Strom-Boje und Strömungsdruck gewährleisten bei Normalwasserständen, dass sich die Strom-Boje immer **in der stärksten Strömung knapp unter der Wasseroberfläche selbsttätig einrichtet**, und sich **bei Hochwasser gegen Treibgut durch Abtauchen schützt**. In Serienproduktion wird eine Strom-Boje ca. 300.000 Euro kosten, eine Investition, die sich schon nach ungefähr zehn Jahren rechnet und sich bei einer Lebensdauer von 25 bis 30 Jahren absolut rentiert.

Der Montagekatamaran

Der Montagekatamaran ist die zweitwichtigste Investition, ohne die das Projekt Strom-Boje nicht durchführbar ist.

Aus einem ursprünglich schlichten Transportschiff im Jahr 2006 wurde im Lauf der Jahre ein **ausgereiftes, vielseitig verwendbares, über 10 Knoten schnelles Forschungsschiff**, mit dem alle für den wirtschaftlichen Betrieb von Strom-Bojen-Parks nötigen Arbeiten sicher und rasch und mit geringstem Personal- und Kostenaufwand ausgeführt werden können.

Der neue Montagekatamaran ist konzipiert für: Transport- und Montagefahrten, für Versuchs-, Wartungs- und Messfahrten mit der Strom-Boje, aber durch entsprechendes Zubehör auch für sonstige, am Fluss anfallende Arbeiten – wie Bohrung, Verkabelung, Verheftung, Bergung und Vermessung – geeignet. Mit dem Katamaran können **jährlich bis zu 100 Strom-Bojen betreut und gewartet** werden.

Bisherige Erfolge

Der erste Prototyp mit 150 cm Rotor wurde seit Dezember 2006 in der Donau gegenüber von Weißenkirchen in der Wachau getestet. Seither wurden viele Verbesserungen erarbeitet und in von NÖ., OÖ., der EU und dem FFG geförderten Forschungsprojekten an der Optimierung der Leistung, der Form und der Herstellungsmethode gearbeitet.

Ab Herbst 2009 schwamm der zweite, schon serien-nahe Prototyp – die Strom-Boje 2 – in der Donau, und lieferte bis November 2011 unermüdlich große Mengen ins Netz. In dieser Zeit hat sie auch ihre Feuertaufen bei zwei 15-jährigen Hochwässern bravourös bestanden. In insgesamt 30 Versuchen wurden Rotor, Diffusor, Verankerung und Elektronik optimiert.

Am 11. Oktober 2011 hat die Strom-Boje 2 bei 3 m/s Fließgeschwindigkeit einen Weltrekord für Freistromturbinen mit 15,8 kW/m² Rotorfläche aufgestellt.

Im November 2011 wurde die erste große Strom-Boje 3 feierlich von der niederösterreichischen Landesrätin Frau Mag. Schwarz getauft. Sie absolviert derzeit den Langzeittest in der Donau, und erbrachte am Heiligen Abend 2012 neue Rekordergebnisse. Die Strom-Boje 3 eignet sich sowohl für einzelne Abnehmer, wie ein Weingut oder ein Hotel, als auch in Form von Strom-Bojen-Parks für ganze Gemeinden. In entsprechender Anzahl könnten sie sogar die ganze Wachau völlig energieautark machen.

Ausblick

Als nächstes Ziel haben wir uns die Herstellung einer **Kleinserie von Strom-Bojen** gesetzt. Die Hauptzielgruppe stellen Kommunen und PrivatabnehmerInnen dar. Aber die Kleinserie ist auch besonders gut geeignet für den Einsatz in entlegenen Weltregionen, die noch nicht mit Strom versorgt sind, daher streben wir auch den Export von Strom-Bojen ins Ausland an.

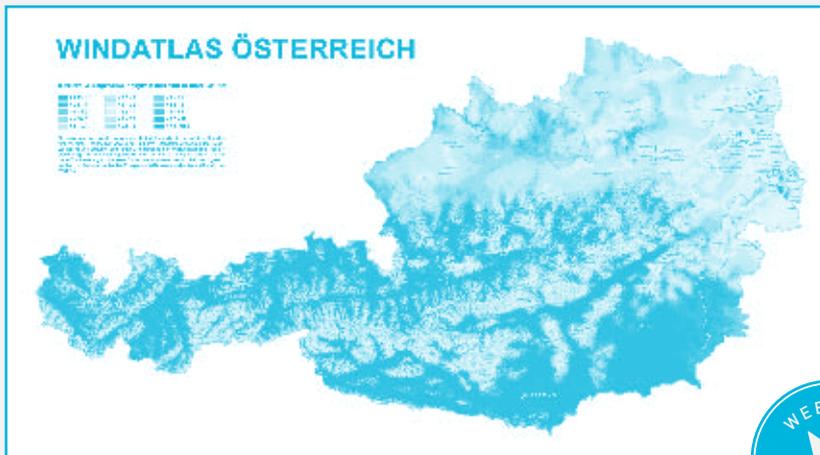
DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT:

- Die Strom-Boje stellt eine revolutionäre Innovation in der Stromerzeugung durch Wasserkraft dar.
- Die Strom-Boje schafft es, elektrische Energie in einem völlig unveränderten Fluss zu produzieren.
- Die Strom-Boje ist keine Gefahr für die Schifffahrt, SchwimmerInnen, WassersportlerInnen und Tiere jeglicher Art





→ **Projektleitung:** ANDREAS KRENN
Energiewerkstatt



Windatlas Österreich:
www.windatlas.at/disclaimer_windkarte.html

Windatlas und Windpotentialstudie Österreich

Aufgabenstellung

Insbesondere aufgrund der Vielschichtigkeit der Orographie sind die österreichischen Windressourcen gekennzeichnet durch eine Vielzahl von lokalen Winden, ‚Low Level Jets‘ und überregionalen Windströmungen. Da diese unterschiedlichen Windsysteme sich gegenseitig sehr stark überlagern, ist eine exakte Berechnung der Windverhältnisse weder durch Standalone Anwendung dynamischer Modelle noch geostatistischer Verfahren möglich.

Die Ergebnisse bisheriger Abschätzungen des realisierbaren jährlichen Windkraftpotenzials in Österreich weisen eine große Bandbreite von 3 TWh bis 20 TWh auf. Bei diesen Studien wurden in den meisten Fällen nur Kriterien der Raumordnung berücksichtigt, aber andere wesentliche Kriterien wie technische Realisierbarkeit und wirtschaftliche Rentabilität sind vernachlässigt worden. Des Weiteren wurden die Parameter (wie Anlagengröße oder einzuhaltende Bauabstände) vorab festgelegt, wodurch die Simulationen auf einzelne Szenarien limitiert waren. Dieser stark vereinfachte Ansatz in Kombination mit Windkarten unbekannter Qualität führte zu hohen Ungenauigkeiten und geringer Aussagekraft der Ergebnisse. Um diese Mängel zu überwinden wurde das Projekt **„Windatlas und Windpotenzialstudie Österreich“** (www.windatlas.at), gefördert durch den Österreichischen „Klima- und Energiefonds“, initiiert. Ziel dieser Studie war einerseits die Berechnung einer möglichst detaillierten Windkarte (Auflösung 100 m × 100 m) bekannter Fehlercharakteristik mittels eines neu

entwickelten, kombinierten Modellierungsansatzes und andererseits sollte darauf aufbauend eine Möglichkeit zur umfassenden und dynamischen Abschätzung von Windkraftpotenzialen geschaffen werden.

Schwerpunkte des Projektes

Entsprechend der oben beschriebenen Aufgabenstellung wurden **folgende Schwerpunkte** bearbeitet:

- Der erste Schwerpunkt der inhaltlichen Arbeit war die Sammlung, Evaluierung und Aufbereitung qualitativ hochwertiger Windmessdaten. Insgesamt flossen Daten von in Summe 254 Stationen ein.
- Mit dem dynamischen Modell MM5 wurden die atmosphärischen Prozesse eines klimatologisch relevanten Zeitraumes von 10 Jahren (1981 bis 1990) mit einer horizontalen Auflösung von 2 km × 2 km Gitterweite simuliert.
- Die Ergebnisse der beiden ersten Schwerpunkte flossen als Datengrundlage in die anschließende geo-statistische Modellierung ein.
- Parallel dazu wurden jene technischen und wirtschaftlichen Kriterien definiert, die für die Abschätzungen des theoretisch maximal mobilisierbaren Potentials von wesentlicher Bedeutung sind.
- Auf Basis der Ergebnisse zum theoretischen Windangebot und unter Berücksichtigung der wesentlichen Einflussgrößen wurde eine dynamische WebGIS-Applikation programmiert, die es dem User erlaubt, das in Österreich theoretisch maximal mobilisierbare Windenergiepotential zu simulieren.

- Ein zusätzlicher Schwerpunkt des Projektes war eine sehr umfangreiche Disseminations-Arbeit, die darauf abzielte, das Projekt sowohl einem möglichst breiten Publikum als auch nationalen und internationalen Fachkreisen vorzustellen. Bei einem abschließenden Dissemination-Workshop präsentierte die Energiewerkstatt gemeinsam mit den Projektpartnern die Ergebnisse des Projektes.

Verwendete Methoden

Als Berechnungsansatz für das theoretische Potential (Winddargebot) wurde im gegenständlichen Projekt erstmals die **Verschränkung einer dynamischen Modellierung mit einem geo-statistischen Interpolationsverfahren** gewählt. Durch diese Kombination ergaben sich zahlreiche Verbesserungsmöglichkeiten bei der räumlichen Strukturierung des Modells, wodurch der Variabilität der österreichischen Geländestruktur und Windressourcen besser Rechnung getragen werden konnte. Die Qualität der Ergebnisse wurde durch die Einbindung einer sehr hohen Anzahl von realen Windmessdaten und Energieerträgen von bestehenden Windkraftanlagen verbessert. Aufbauend auf den Ergebnissen der Windfeldmodellierung wurden **Windkraftpotenzialmodellierungen für Österreich** durchgeführt. Dafür wurden Geographische Informationssysteme (GIS) genutzt, wodurch verschiedenste Datensätze über deren Raumbezug verknüpft werden konnten. Im Projekt wurde ein räumliches Modell entwickelt, über das die Windkraftpotenziale in Österreich abgebildet werden können. Um möglichst breite Erfahrungen zu sammeln und um zu gewährleisten, dass die zugrunde gelegten Kriterien unparteiisch sind, wurden diese von ExpertInnen in internationalen Workshops definiert. Im Anschluss wurden diese Kriterien in eine IT basierte WebGIS-Applikation eingepflegt. Um die Ergebnisse einer möglichst breiten Öffentlichkeit zugänglich zu machen, wurde vereinbart, die Windkarte und die WebGIS Applikation auf der Website des Projekts, www.windatlas.at, zu veröffentlichen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Winddaten

Aufgrund der verhältnismäßig hohen Unsicherheiten aus dem Ergebnis der dynamischen Modellierung kam der Aufbereitung der Daten aus Windmessstationen eine sehr hohe Bedeutung zu. Dementsprechend musste viel Zeit und Erfahrung für die Bereitstellung qualitativ hochwertiger (vorwiegend privater) Messdaten aufgewendet werden. Der meiste Aufwand und das größte Know-How flossen dabei in die Evaluierung der Daten, die Rückrechnung in die Modellierungsperiode 1981 bis 1990 und die Hochrechnung in Höhen von 100 m über Grund ein. In Summe konnte infolge einer umfassenden Sammlung und Aufbereitung geeigneter Windmessdaten (in Form von Weibull-Parametern) eine ausgezeichnete Datengrundlage für die darauf aufbauende Windmodellierung geschaffen werden. Insbesondere die Verwendung von Windmessdaten aus Windenergieprojekten sowie von Ertragsdaten bestehender Windkraftanlagen brachte einen enormen Mehrwert hinsichtlich der Qualität des Ergebnisses.

Windmodellierung

Mit der Kopplung einer dynamischen Modellierung (MM5 Modell) und einem geo-statistischen Modell wurde ein neuartiger Ansatz verfolgt:

Durch die dynamische Initialisierung bei der dynamischen Modellierung, wurde das Konzept der stationären Strömung als klimatologisch relevantester Prozess bei bodennahen Luftströmungen bestätigt. Jedoch haben die beobachteten Modellfehler die Notwendigkeit einer Fehlerkorrektur deutlich gemacht. Durch die erfolgreiche Kopplung mit dem geo-statistischen Verfahren ist nicht nur eine effiziente Fehlerkorrektur erfolgt, es wurde auch ein Verfahren zur Untersuchung der Auswirkungen des Klimawandels auf bodennahe Luftströmungen geschaffen.

Das geo-statistische Downscaling zeigt eine starke Abhängigkeit von guten Messungen auf den für

„Die Projektergebnisse zeigen, dass wir in Österreich über zahlreiche Standorte verfügen, die eine ähnliche Qualität des Windes wie Gebiete an der Nordsee bieten. Des Weiteren konnte nachgewiesen werden, dass unter den derzeitigen Rahmenbedingungen Windenergieprojekte von mehr als 3.000 Megawatt realisiert werden können.“

PROJEKTLEITER ANDREAS KRENN



Ergebnisdarstellung GIS-Analyse:

ispacevm11.researchstudio.at/index_PB.html



Windpotenzial Bundeslandweise

TABELLE 1

Bundesland	Leistung [MW]	Ertrag [GWh/a]
Vorarlberg	140	203
Tirol	310	649
Salzburg	227	456
Kärnten	1240	2709
Steiermark	4692	10744
Burgenland	4206	10102
Oberösterreich	1194	2562
Niederösterreich	12310	29060
Wien	26	58
Österreich gesamt	24345	56623

die Windenergie relevanten Höhen in 100 m über Grund oder gesicherten Extrapolationen mittels eines standardisierten Windprofils für Messungen die in Bodennähe durchgeführt werden. Messungen für Windenergieprojekte werden meistens an windreichen Standorten durchgeführt. An windarmen Gebieten wie zum Beispiel in Tälern fehlen häufig die Messungen in entsprechender Höhe, um gesicherte Aussagen machen zu können. Gerade im komplexen Gelände ist es wichtig viele Messungen zu haben, da dort die Windverhältnisse sehr variabel sind.

Windkarte

Im Projekt AuWiPot wurde ein **Windatlas in 100 m × 100 m horizontaler Auflösung auf Höhenlevels zwischen 50 m und 130 m in 10 m Abständen** erstellt. Da für die Bestimmung des Energiepotenzials mit der Häufigkeitsverteilung des Windes präzisere Erträge errechnet werden können als mit der mittleren Windgeschwindigkeit, wurde als Novum nebst der mittleren Windstärke auch die A und k Parameter der Weibullverteilung bestimmt.

Durch die erstmalige Verschränkung einer numerischen Modellierung mit einem geo-statistischen Ansatz konnte eine sehr geringe Unsicherheit in den Ergebnissen der Windkarte erreicht werden. Durch Berücksichtigung der bias-korrigierten MM5-Ergebnisse konnten auch in Gebieten wo nur wenige Windmessdaten bekannt waren verhältnismäßig hohe Genauigkeiten erzielt werden. Die Unsicherheitsanalyse hat gezeigt, dass die Dichte der eingeflossenen Stationen ein ähnliches Abbild zur Unsicherheit der Windkarte ergab. Die totale Unsicherheit zeigt mit 0.8 m/s ein besseres Resultat, als dies mit bisherigen rein geo-statistischen Windkarten erreicht werden konnte. (siehe „Windatlas Österreich“).

Kriterien für die Berechnung des Windkraftpotentials

Im Nachhinein stellte sich die Entscheidung bei den beiden Expertenteamworkshops im kleinen Rahmen (< 10 TeilnehmerInnen) zu diskutieren als sehr wertvoll

heraus. Auf diese Art und Weise war gewährleistet, dass konstruktiv diskutiert und konkrete Ergebnisse erarbeitet werden konnten.

Dynamische Potentialmodellierung

Aufbauend auf den Ergebnissen zum theoretischen Windangebot (in Form der Leistungsdichte des Windes für einen Raster von 100 m × 100 m) und den vorab definierten Kriterien wurde eine WebGIS Applikation programmiert, die es dem/der UserIn erlaubt, anhand veränderbarer Einflussgrößen das in Österreich realisierbare Windenergiepotential zu simulieren. Neben der Berücksichtigung des Winddargebotes und technischer Bewertungskriterien (z.B. Anlagengröße in MW) fließen topographische Kriterien (wie maximal bebaubare Hangneigung) sowie Aspekte der Raumordnung (wie Abstände zu Siedlungen) und des Naturschutzes (u.a. Nationalparks, Natura2000-Flächen) in die Berechnung ein. Als Ergebnis wird für die jeweils gewählten Einflussparameter das auf Bezirksebene aggregierte realisierbare Windenergiepotential dargestellt.

Eine fundamentale neue Herausforderung stellte dabei die Überführung konventioneller multikriterieller GIS-Analyseansätze in ein **online basiertes integratives Softwareframework** dar. Dies erforderte ein hohes Maß an Innovation und Pionierarbeit was nun in Folge weiteren – auch thematisch abweichenden – Projekten zugutekommt. Dies bezieht sich insbesondere auf die hochperformante Prozessierung von großen Datenmengen, was eine dynamische Generierung von individuellen Szenarien ‚on-the-fly‘ überhaupt erst erlaubt. Hinsichtlich der Ergebnisse des realisierbaren Potentials ist es entscheidend festzuhalten, dass diese Werte jeweils das theoretische Maximum dieses Potentials darstellen, da zum einen Aspekte wie gesellschaftliche oder politische Akzeptanz nicht abgebildet und berücksichtigt werden können und des Weiteren der zugrunde gelegte GIS-Ansatz sämtliche errechneten Eignungszonen zur Gänze mit WKA „füllt“ (siehe ‚Ergebnisdarstellung GIS Analyse‘)

Dissemination

Die Website www.windatlas.at stellt die Ergebnisse des Projektes vor. Sie beinhaltet insbesondere die im Projekt entwickelten Web-GIS-Applikationen zur Windkarte und dem Windkraftpotenzial. Zusätzlich wurde das Projekt beim AWES 2011, bei der EGU 2010 und der DEWEK 2010 sowie beim Firmenbeirat der IGW (Interessensgemeinschaft Windenergie) und beim BMVIT präsentiert. Bei einem abschließenden Dissemination-Workshop präsentierten die Projektpartner die Ergebnisse, welche auf enormes Interesse der Windenergieszene stießen.

Ausblick und Empfehlungen

Die Stärken des Windatlas sind die Genauigkeit durch das Einfließen von vielen privaten Messungen und Ertragsdaten aus Windenergieprojekten, welche die Messung auf den interessanten Höhen durchgeführt haben.

Durch die fundierte Fehleranalyse der generierten Windkarten konnten die Stärken und Schwächen des kombinierten dynamischen/geo-statistischen Modellansatzes herausgearbeitet werden. Demnach sollten weiterführende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten vor allem bei der dynamischen Modellierung (Modellentwicklung, die eine weitere Erhöhung der Auflösung rechtfertigt), dem geo-statistischen Interpolationsverfahren (z.B. Einführung eines topographieabhängigen quantile mapping zur Reduktion von Interpolationsfehlern, ...) durchgeführt werden. Hinsichtlich der Unsicherheiten der Ergebnisse ist insbesondere das Verhalten des k-Parameters zu nennen,

bei welchem kaum Know-how bezüglich des Vertikalprofils vorhanden ist. Des Weiteren gibt es wenige Messungen in Tälern (respektive windarmen Gegenden) oder über großen Waldflächen in den windenergetisch relevanten Höhen über Grund. Aufgrund des geo-statistischen Ansatzes ist eine Aktualisierung der Windkarte (durch Berücksichtigung weiterer Messstationen) einfach durchzuführen.

Wie bereits oben erwähnt ist es entscheidend festzuhalten, dass die Ergebnisse der Potentialmodellierungen jeweils das theoretische Maximum darstellen. Bereits beim Projekt Dissemination-Workshop in St. Pölten kam es zu intensiven Diskussionen in diesem Zusammenhang. Die hohen Potentiale überraschten einen Großteil der Zuhörerschaft und insbesondere die Bezeichnung ‚realisierbares‘ Potential wurde von vielen kritisiert, da das in der Theorie realisierbare Potential in der Praxis aufgrund gesellschaftspolitischer Aspekte (Landschaftsschutz, maximal tolerierbare Dichte von WKA, ...) deutlich niedriger ausfallen wird. Als Konsequenz dieser Diskussion wurde vereinbart, die Ergebnisse der WebGIS-Applikation als ‚theoretisch maximal mobilisierbares‘ Potential zu bezeichnen. Zur Abschätzung des in der Praxis tatsächlich bis 2020 und 2030 umsetzbaren Windenergiepotentials wird derzeit von der Energiewerkstatt ein Folgeprojekt bearbeitet. Ebenfalls im Zuge dieser Aufbaustudie werden detaillierte Sensitivitätsanalysen einzelner Einflussgrößen (wie z.B. Vergütungstarif für Windenergie) in Hinblick auf das resultierende Windenergiepotential durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Anschluss auf der Projekthomepage www.windatlas.at publiziert.

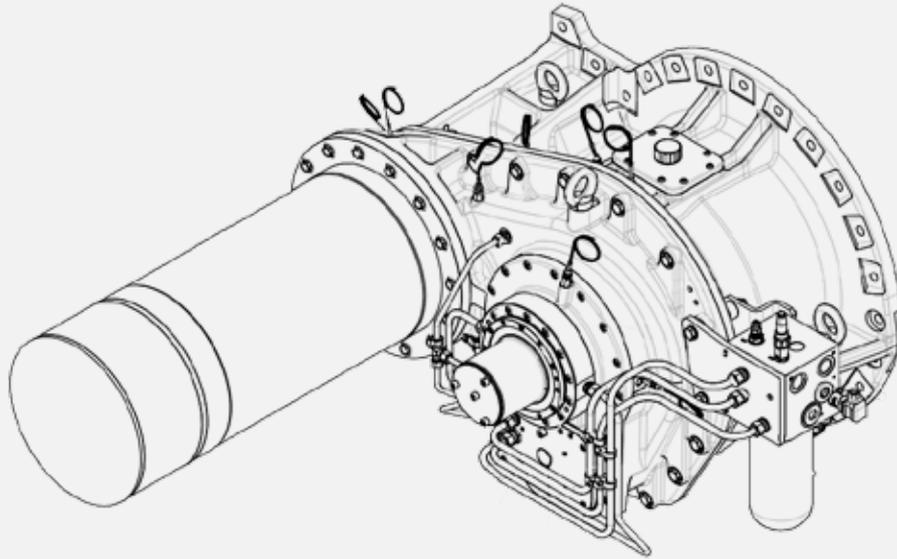
ZWEI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT:

- Als Ergebnis des Projektes steht der Allgemeinheit eine hoch aufgelöste Windkarte in zwei unterschiedlichen Höhen über Grund zur Verfügung. Diese Windkarte wird mittlerweile sehr intensiv von unterschiedlichen Interessentengruppen wie ProjektentwicklerInnen, Gebietskörperschaften, GrundbesitzerInnen u.a. verwendet.
- Das zweite zentrale Produkt des Projektes, der Szenariengenerator, wird vor allem von Forschungseinrichtungen, Gebietskörperschaften und Interessensvertretungen zur Abschätzung der vorhandenen realisierbaren Windenergiepotentiale genutzt.





→ **Projektleitung:** GERALD HEHENBERGER
SET Sustainable Energy Technologies GmbH



→ 3D-Darstellung des elektromechanischen
Teils des Differenzialsystems

ELEKTRISCHER DIFFERENZIALANTRIEB FÜR EINE 3.0 MW WINDKRAFTANLAGE

Windkraftwerke gewinnen zunehmend an Bedeutung als Elektrizitätserzeugungsanlagen. Dadurch erhöht sich kontinuierlich der prozentuale Anteil der Stromerzeugung durch Wind.

Allen Anlagen gemeinsam ist die **Notwendigkeit einer variablen Rotordrehzahl**, einerseits zur Erhöhung des aerodynamischen Wirkungsgrades im Teillastbereich und andererseits zur Regelung des Drehmomentes im Antriebsstrang der Windkraftanlage, letzteres zum Zweck der Drehzahlregelung des Rotors in Kombination mit der Rotorblattverstellung.

Derzeit sind großteils Windkraftanlagen im Einsatz, welche diese Forderung durch Einsatz von drehzahlvariablen Generator-Lösungen in der Form von sogenannten doppelt-gespeisten Drehstrommaschinen bzw. permanentmagneterregte Synchrongeneratoren in Kombination mit Niederspannungs-Frequenzumrichtern erfüllen. Diese Lösungen haben jedoch den Nachteil, dass

- A das elektrische Verhalten der Windkraftanlagen im Fall einer Netzstörung nur bedingt den Anforderungen der Elektrizitätsversorgungsunternehmen erfüllt,
- B die Windkraftanlagen nur mittels Transformatorstation an das Mittelspannungsnetz anschließbar sind und
- C die für die variable Drehzahl notwendigen Frequenzumrichter sehr leistungsstark und daher eine Quelle für Wirkungsgradverluste sind.

Diese Probleme können durch den Einsatz von fremderregten Mittelspannungs-Synchrongeneratoren gelöst werden. Hierbei bedarf es jedoch alternativer Lösungen um die Forderung nach variabler Rotordrehzahl bzw. Drehmomentregelung im Triebstrang der Windkraftanlage zu erfüllen. Eine Möglichkeit ist der Einsatz von Differentialgetrieben welche durch Veränderung des Übersetzungsverhältnisses bei konstanter Generatordrehzahl, eine variable Drehzahl des Rotors der Windkraftanlage erlauben.

Die Nachteile bekannter, am Markt verfügbarer Ausführungen von Differenzialsystemen sind einerseits hohe Verluste im Differentialantrieb bzw. andererseits bei Konzepten die dieses Problem lösen, komplexe Mechanik und damit hohe Kosten.

Aufgabenstellung im Rahmen des Projektes war daher die **Entwicklung eines hochdynamischen, elektromechanischen Differenzialsystems** (in Folge **DSgen-set[®]**) zur Realisierung der für z.B. Windkraftanlagen notwendigen variablen Rotordrehzahl.

Schwerpunkt des Forschungsprojektes war die Entwicklung, Fertigung und Tests eines hochdynamischen, elektromechanischen Differenzialsystems für Energiegewinnungsanlagen

Die wesentliche Entwicklungsarbeit lag in der Entwicklung des Differenzialgetriebes inkl. -antrieb und in der Systemsteuerung und der detaillierten Vermessung und Untersuchung des Systems am Prüfstand.

Die technischen Parameter für den 3MW-Prototyp

TABELLE 1

WKA-Rotordrehzahl	10,8 rpm ... 14,9 rpm ... 15,7 (17,5) rpm
Nennleistung Synchrongenerator	2,750 kW
Nennspannung Synchrongenerator	10 kV
Nennleistung Differenzialantrieb	390 kW (250 kW im Nennpunkt)
Nenndrehmoment Differenzialantrieb	2 kNm
Nennspannung Differenzialantrieb	690 V

Folgende wesentliche Projektergebnisse wurden erzielt:

- zertifizierbare Berechnungs- und
- ein am Prüfstand getestetes und optimiertes dynamisches Modell des Triebstranges
- ein für das Anlagenlasten-Berechnungsprogramm integrierbares Simulationsmodell
- Testanlage für Prüfstand
- integrierte Betriebssoftware des DSgen-set®
- Testergebnisse Prüfstand

Aufbau und Methodik der Arbeiten

Das Projekt bestand aus den folgenden Arbeitspaketen:

- Engineering mit folgenden Teilbereichen:
 - Systemauslegung Differenzialgetriebe
 - Detaillierte Programmierung eines dynamisch Modelles des Triebstranges
 - Systemauslegung Differenzial-Antrieb
 - Spezifikation Mittelspannungs-Synchrongenerator
 - Detailauslegung Differenzialgetriebe
 - Programmierung Software
 - Engineering Prüfstände und Feldtests
- Bau Forschungsanlage
- Prüfstandläufe
- Auswertung der Tests und Redesign

Die Forschungsanlage dient als Referenzanlage, an der man (a) Langzeiterfahrungen sammeln und (b) welche man potentiellen KundInnen vorführen kann. Die aus diesem Forschungsprojekt gewonnenen Erkenntnisse dienen zur Verifizierung der in der Vorstudie gewonnenen Ergebnisse, und werden in die Simulation und die Entwicklung eines für die Serie optimierten Differenzialsystems fließen.

Systemauslegung Differenzialgetriebe

Auslegung des Systems bestehend aus:

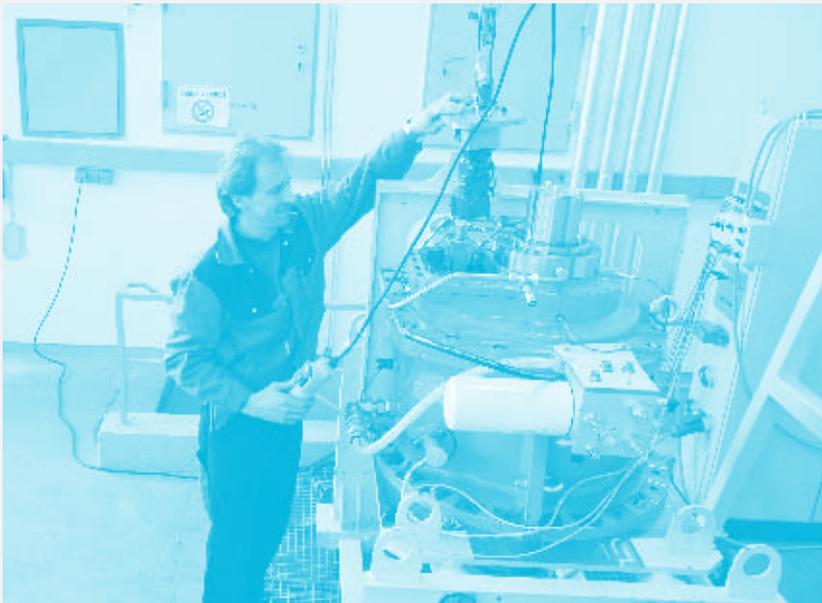
- Festlegung der Drehzahl-/Leistungsbereiche
- Vorauslegung der Lastkollektive
- Vordimensionierung von Verzahnung und Lagerung
- Definition des Schmierungs- und Lagerungskonzepts
- Festlegung Sicherheitskonzept
- Grobspezifikation des Servoantriebs

Systemauslegung Differenzialantrieb (Servoantrieb)

In Zusammenarbeit mit dem Lieferanten wurde für den Servoantrieb die Spezifikation erarbeitet. Seitens SET wurde die Konstruktion des Servomotors mittels FEM-Analyse überprüft und in das dynamische Gesamtmodell integriert.



1



2

1+2 Montage der Stirnradstufe
bzw. der Schmierölpumpe

Spezifikation Mittelspannungs-Synchrongenerator

In Zusammenarbeit mit dem Lieferanten wurde die detaillierte Spezifikation für den Generator erarbeitet. Schwerpunkt der Arbeiten war die Anbindung des Differenzialgetriebes an den Generator.

Seitens SET wurde die Konstruktion des Generators mittels FEM-Analyse überprüft und in das dynamische Gesamtmodell integriert.

Detailauslegung Differenzialgetriebe

Das Differenzialgetriebe wurde von SET vollständig berechnet und konstruiert und mittels dynamischer Simulation eine Optimierung der Schmierung/ Kühlung durchgeführt.

Engineering Prüfstände

Auf Basis des Testplanes wurde der Prüfstand konzipiert, die erforderlichen Konstruktions-, Schalt- bzw. Aufbaupläne erstellt und diese dann entsprechend den IBN-Erfahrungen ergänzt bzw. adaptiert.

Als Messdaten-Erfassungssystem wird das Messwert-erfassungs- und Analysesystem „DEWE-800“ der Fa. Dewetron eingesetzt.

Bau Forschungsanlagen

Lieferantenabstimmung und Beschaffung

Die einzelnen Bauteile wurden bei jeweils mehreren Herstellern angefragt. Gleichzeitig wurden die notwendigen fertigungsrelevanten Pläne bzw. Spezifikationen erstellt und die erforderlichen Prüfpläne festgelegt. Parallel wurde mit den potentiellen Lieferanten eine Konstruktionsoptimierung im Hinblick auf Fertigungskosten durchgeführt.

Montage (siehe Fotos)

Nach Abschluss der Werkstests von Generator und Differenzialgetriebe wurde das Differenzialgetriebe an den Synchrongenerator angebaut. Im Anschluss daran wurde die Mess-Sensorik installiert und in Betrieb genommen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Zusammenfassend wurden **folgende wesentlichen Ergebnisse/Erkenntnisse** aus dem Projekt gewonnen:

- Das Differenzialsystem ist hochdynamisch regelbar.
- Das System erfüllt jeden „grid code“.
- Die Systemwirkungsgrade sind um rund 3 % höher als Stand der Technik.
- Sehr gute Übereinstimmung von Simulation und Messung; optimale Basis für Weiterentwicklungen.
- Die ursprünglichen Kostenziele werden erreicht und Optimierungspotenzial ist noch vorhanden.

Ausblick und Empfehlungen

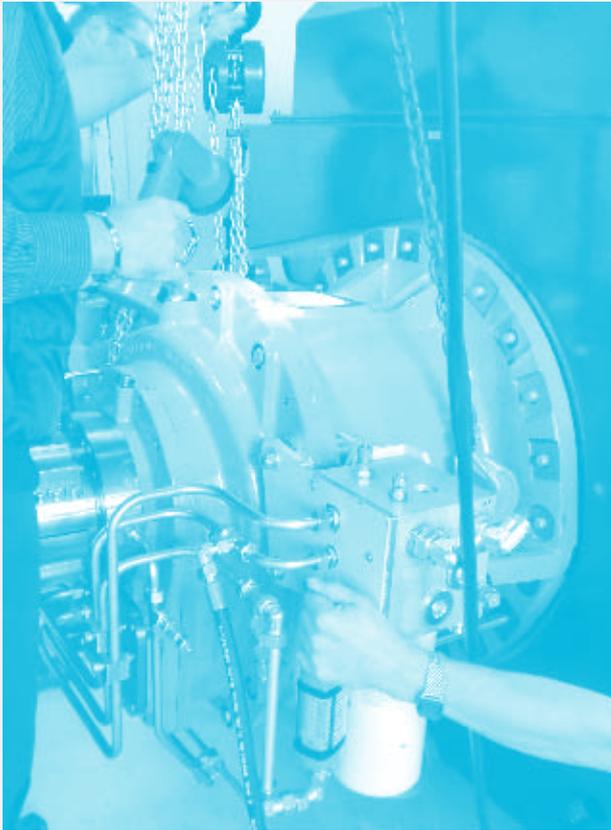
Die Forschungsanlage am Prüfstand ist die Referenz, auf denen die darauf folgende Vertriebsstrategie basiert. Nächster Schritt ist eine **Referenz-Windkraftanlage** zu errichten. Mit div. Windkraftanlagenherstellern gibt es bereits Vorgespräche.

Parallel zum Forschungsprojekt hat die SET in einem separaten **Investitions-Projekt** ein Entwicklungszentrum mit angegliederter Montagehalle für die Assemblierung und die Tests des DSgen-set® (für rd. 100Stk./Jahr, Arbeitsschicht) errichtet. Hier werden in Folge **Prototypen und Vorserien** gebaut und zur Serienreife herangeführt.

Mögliche an den Projektergebnissen interessierte andere Zielgruppen:

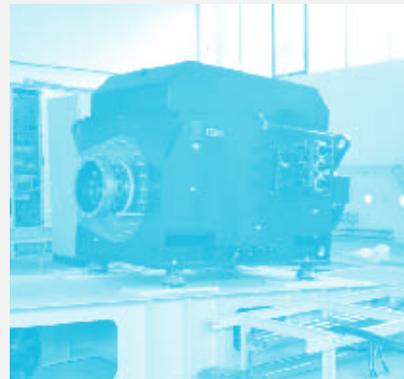
Das DSgen-set® wurde ursprünglich für Windkraftanlagen konzipiert, ist jedoch bei technisch ähnlichen Anwendungen einsetzbar. Dies betrifft v.a. Wasserturbinen bzw. Pumpen und Anlagen zur Gewinnung von Energie aus Meeresströmungen.

Darüber hinaus sind jede Art von Industrieanlagen, welche mit relativ kleinen Drehzahlbereich arbeitet, ein ideales Einsatzgebiet für das DSgen-set®.



3

3+4 Anbau des Differentialgetriebes
an den Synchrongenerator und
Installation der Mess-Sensorik.



4

DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT:

- Weltweit einzigartiges, neues Antriebskonzept mit wesentlichem Vorteil zum Stand der Technik
- Erhaltung Pionierrolle im Bereich österreichischer Windkrafttechnologie
- Schaffung hochqualifizierter Arbeitsplätze





Projektleitung:
HARALD PROKSCHY, EVN AG

„Kleinwindkraft ist eine verhältnismäßig junge Technologie, die bereits einige sehr gute technische Lösungen – auch von österreichischen Herstellern – hervorbringt, aber leider auch noch viele Anlagen anbietet, die eine geringe Betriebsfestigkeit aufweisen. Aus Kundensicht können wir nur eine intensive Marktrecherche im Vorfeld der Anschaffung empfehlen.“

PROJEKTLEITER HARALD PROKSCHY



„Aus Kundengesprächen und Kundenerfahrungen zeigt sich, dass die Standortfrage – die wirklich essentiell ist bei der Kleinwindkraft aufgrund der notwendigen Windverhältnisse – noch immer viel zu sehr vernachlässigt wird. EVN hat hier ein stufenweises Beratungskonzept entwickelt, das aus einer Windkraft-Potentialanalyse (Standortberatung) und aus einer Windmessung über die Dauer von mindestens 3 Monate besteht.“

PROJEKTLEITER HARALD PROKSCHY

KLEINWINDKRAFTANLAGEN

QUALITÄTSSICHERUNG, NETZEINBINDUNG, GESCHÄFTSMODELLE UND INFORMATION

Ausgangssituation

Kleinwindkraftanlagen (KWKA) erfreuen sich immer größerer Beliebtheit. Auch in Österreich ist die Anzahl der Nachfragen bei Interessensvertretungen und Energieversorgern stark zunehmend. Der Markt für KWKA ist jedoch verhältnismäßig noch sehr jung und weist daher die dafür typischen Probleme auf: Unsicherheiten über die Qualität und den zu erwartenden Energieertrag, offene Fragen zu Netzwirkungen und geeigneten Wechselrichtern sowie Rechtsunsicherheiten bei der Genehmigung behindern die Entwicklung der Kleinwindkraft hin zu einer marktfähigen Technologie.

Ziel des Projekts ist die Netzeinbindung, Planung, Genehmigung und den Betrieb von Kleinwindkraftanlagen zu erleichtern und zu professionalisieren, in dem eine solide Wissensbasis und Markttransparenz geschaffen wird. Dabei sollen offene technische, rechtliche und organisatorische Fragen beantwortet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt und fließen in die Entwicklung eines konkreten Geschäftsmodells ein.

Dazu wurden **folgende Arbeitspakete** geschaffen:
5 inhaltliche Arbeitspakete

- Entwicklung eines vereinfachten Zertifizierungsstandards: Der im Projekt erarbeitete Standard für eine vereinfachte, kostengünstigere Zertifizierung bietet die Voraussetzung, dass Zertifizierungen eine höhere Akzeptanz bei den Anlagenherstellern erreichen und damit künftig ein größerer Anteil der auf dem Markt angebotenen KWKA auch tatsächlich zertifiziert wird. Die Ergebnisse dienen auch als Input für eine etwaige Überarbeitung der Normen.
- Leistungsvermessung von KWKA: Für die wenigsten derzeit am Markt erhältlichen KWKA liegen vermessene Leistungskurven vor, die Lieferanten der Anlagen versprechen den KundInnen zumeist unrealistische Leistungsdaten. Ein zentrales Element des Projekts bildet daher die Langzeitmessung gängiger KWKA unter einheitlichen Bedingungen nach einer einheitlichen Messvorschrift und die Publikation der Ergebnisse zur Schaffung von Markttransparenz. Insgesamt werden im Projektverlauf 5 KWEA gemäß EN 61400-12 auf einem Prüfstand vermessen.
- Langzeitevaluierung des Betriebsverhaltens: Die Windkraftanlagen werden an unterschiedlichen Standorten innerhalb des Testfelds installiert und dort unter praxisnahen Bedingungen mit Netzeinspeisung betrieben. Der Betrieb der Anlagen soll über einen Zeitraum von mindestens 2 Jahren erfolgen und es sollen dabei die erwirtschafteten Energieerträge, die technische Verfügbarkeit, das Regelungsverhalten, die elektrischen Eigenschaften, die Störanfälligkeit und der Wartungsaufwand evaluiert werden.
- Netzqualität, Anforderungen an Wechselrichter: Die Netzqualität der installierten KWKA-Typen und den dazugehörigen Wechselrichtern wird durch Messungen am Projektstandort ermittelt. Mit einem Netzqualitätsanalysator werden

die Netzurückwirkungen gemessen

- an der Übergabestelle des Kleinwindparks und
 - durch eine mobile Messeinrichtung an den einzelnen KWKA und der PV-Anlage.
- Entwicklung eines Geschäftsmodells: Unter Einbeziehung der beschriebenen Ergebnisse wird ein Konzept für ein Geschäftsmodell erarbeitet, das in weiterer Folge am Markt mit Pilotprojekten umgesetzt werden wird. Dazu werden Kunden- und Potentialanalyse durchgeführt, die Rahmenbedingungen zusammengefasst und Preis für ein modulares „Produkt Kleinwindkraft“ festgelegt.

2 sonstige Arbeitspakete

- Erarbeitung zielgruppenspezifischer Informationsmaterialien: Aus den erzielten Projektergebnissen werden Informationsprodukte entwickelt, die an die jeweiligen Anforderungen und den unterschiedlichen Zugang einzelner Zielgruppen angepasst werden. Für EndkonsumentInnen wurde bereits ein gedruckter Leitfaden (online abrufbar unter www.ace-now.at) entwickelt, der unabhängig und umfassend über den Ablauf der Planung, Errichtung, Genehmigung, Netzeinbindung und Betrieb von KWKA informiert. Als Hilfestellung für Gemeinden, insbesondere im Genehmigungsverfahren, wird unter Einbindung der zuständigen Behörden ein Genehmigungsleitfaden erstellt und über diese verteilt.
- Arbeitspaket zur Projektkoordination und allgemeinen Öffentlichkeitsarbeit: Neben der Dissemination der Projektergebnisse, wurden regelmäßig stattfindende Führungen für die interessierte Öffentlichkeit am Standort in Lichtenegg etabliert. Anmeldungen für 2013 können über: www.energieforschungspark.at erfolgen. Der Kontakt zu Anlagen-Herstellern wird mittels vierteljährlicher Meetings aufrecht erhalten. Dabei werden sowohl organisatorische Themen behandelt, als auch Ergebnisse kommuniziert und Maßnahmen der Qualitätssicherung besprochen.

Methodik

Zur Bearbeitung der Fragestellungen wurde in Niederösterreich ein österreichweit einzigartiges Testfeld „EVN Energieforschungspark Lichtenegg“ für die Aufstellung und den Betrieb von bis zu neun Kleinwindkraftanlagen, in der Leistungsklasse von 1,5 kW bis zu 15 kW Nennleistung und Mast- bzw. Nabenhöhen von bis zu 20 m, errichtet. Das interdisziplinär zusammengesetzte Projektkonsortium führt dort seit Sommer 2011 zahlreiche Messungen und Untersuchungen durch (siehe Tabelle 1+2).

Ein zentrales Element des Projekts ist die Realisierung der Leistungsvermessung.

Für die Vermessung der Leistungskurven der Anlagen wurde am Rande des Testfeldes ein Prüfstand errichtet, welcher aus einem kippbaren Mast mit einer Höhe von 19 m für die Aufnahme der Windkraftanlagen, einem Windmessmast mit einer Höhe von 19 m und den entsprechenden Sensoren und Datenerfassungsgeräten besteht. Jede Windturbine wird auf dem Prüfstand montiert und ihr Leistungsverhalten gemäß IEC Norm 61400 -12 ed.1 vermessen. Nach der Vermessung werden die einzelnen Kleinwindkraftanlagen wieder an ihrem Standort innerhalb des Testfeldes installiert.

Gestützt auf die Windmessung wurde ein Konzept der Leistungsmessung am Standort des EVN Energieforschungsparks realisiert.

Bisher erreichte Ergebnisse

Von den insgesamt neun sich im Energieforschungspark installierten KWKA liefern **3-4 Anlagen gute Stromerträge**, jeweils in der Kategorie **über 5 kW Nennleistung**. Die restlichen Anlagen konnten die Erwartungen bislang nicht erfüllen. Es zeigt sich, dass die zertifizierten KWEA bzw. nach Norm „abgearbeitete“ KWEA deutlich bessere Erträge aufweisen und auch die Verfügbarkeit (Wartung, Instandhaltung) stark abhängig vom Engagement des Herstellers ist. Die Vermessung der Leistungskennlinien von drei

Anlagen ergab teilweise große (negative wie auch positive) Abweichungen zu den von den Herstellern publizierten Werten, was wiederum für die Notwendigkeit einer „neutralen“ bzw. „zertifizierten“ Vermessung spricht. Die Errichtung und Durchführung unabhängiger Tests im Kleinwindforschungspark in Lichtenegg liefert gute Vergleichsmöglichkeiten der derzeit am Markt vorhandenen Anlagen und fördert in diesem Zusammenhang die Markttransparenz.

Neben dem Fokus auf technische Spezifika, wurden gleichzeitig organisatorische und rechtliche Rahmenbedingungen behandelt. Im Rahmen der Veröffentlichung eines „Anforderungskatalogs für die Beurteilung für kleine Windenergieanlagen“, welcher von den Amtssachverständigen der Länder erarbeitet und publiziert wurde, lieferte das Projektkonsortium wesentliche Inputs. Auf Grundlage des Katalogs wurden einheitliche rechtliche Rahmenbedingungen für die Errichtung und den Betrieb von KWKA geschaffen.

Durch die Ausarbeitung und Veröffentlichung eines „Handbuchs für Betreiber“ wurde ein weiterer Meilenstein erreicht, der umfassend und leicht verständlich in die Thematik der Kleinwindkraft einführt und Fragen im Zusammenhang mit dem optimalen Standort, geeigneten Anlagen und der Wirtschaftlichkeit behandelt. Das Handbuch versucht ansatzweise das Thema der Qualitätssicherung anzusprechen und dient als Ausgangspunkt für die Erstellung eines Kriterienkatalogs zur Förderwürdigkeit von KWKA. Aufgrund des regen öffentlichen Interesses wird das Führungs-

angebot am Energieforschungspark in Lichtenegg 2013 ausgebaut und zweigeteilt angeboten. Öffentliche Führungen werden an 16 Führungsterminen angeboten, welche von März - Oktober 2013 geplant sind.

Ausblick

Bis zum geplanten Projektende (Anfang 2014) wird die Leistungskurvenvermessung von mindestens 5 KWKA abgeschlossen. Die Ergebnisse werden in den dazugehörigen Prüfberichten zusammengefasst und sollen Hersteller dazu veranlassen, ihre Anlagen hinsichtlich der im Projekt gewonnenen Ergebnisse zu optimieren. Die abschließende Evaluierung des Betriebsverhaltens soll Anlagenherstellern zur Verbesserung der Qualitätssicherung dienen und die Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit der Anlagen erhöhen.

Die Leitfäden werden über verschiedene Kommunikationsmedien verbreitet. Ein entwickeltes Schulungskonzept wird erstmals angewandt und soll im Rahmen der EnergieberaterInnen-Ausbildung etabliert werden. Das Geschäftsmodell „Kleinwindkraft“ wird in einer vorkommerziellen Phase getestet und soll letztendlich als konkurrenzfähiges Produkt am Markt platziert werden.

Durch die Messung der Netzzrückwirkungen (Qualität und Stabilität) am Standort Lichtenegg werden Rückschlüsse auf die spezielle Erzeugungsscharakteristik von Kleinwindkraftanlagen erwartet, welche die problemlose Integration von diesen Anlagen in das öffentliche Netz erlauben. Zusätzlich werden Kriterien für geeignete Wechselrichter identifiziert.

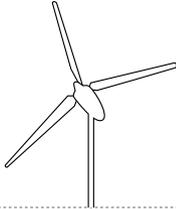
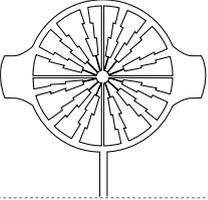
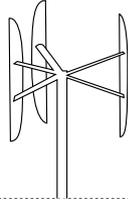
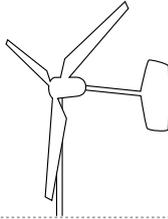
DREI GUTE GRÜNDE FÜR DAS PROJEKT:

- Grundsätzlich soll im Projekt die Frage beantwortet werden, welche KWKA hinsichtlich ihres Leistungsverhaltens (Leistungskennlinie, Energieertrag)
- und ihrer Zuverlässigkeit (Regelungsverhalten, Störanfälligkeit) zu empfehlen sind.
- Zusätzlich gilt es festzustellen, welche rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen bei der Projektierung von KWKA zu beachten sind und welche nötigen Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen eine vereinfachte und kostengünstige Zertifizierung beinhalten muss.



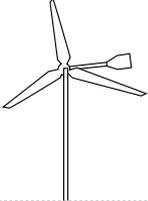
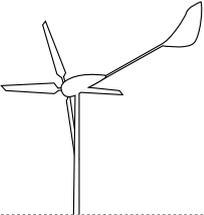
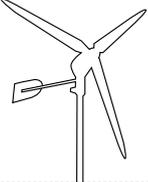
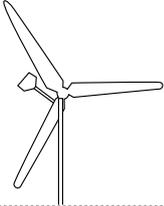
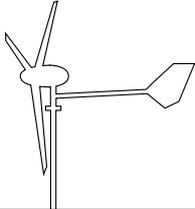
Anlagen- und Herstellerübersicht

TABELLE 1

	Anlage	Nenn- Leistung	Rotor Durch- messer	Achslage	Hersteller / Projektpartner	Weblink
	ECOVENT10	10 kW	8,4 m	horizontal	Mischtechnik Hoffmann & Partner KG	hoffmann-partner.at
	Windtronics BTPS 6500	2,2 kW	1,8 m	horizontal	Alpine Energie	sun-stream.de
	Silent Future Tec 4,2	4,2 kW	4,0 m	vertikal	Silent Future Tec GmbH	silentfuturetec.at
	DonQi 1400	1,5 kW	1,5 m	horizontal	Alpine Energie	die-dezentrale.lu
	Mistral 3K	2,0 kW	2,5 m	horizontal	Zemsauer Elektrotechnik GmbH	gavazzi.de
	Schachner SW 5	4,8 kW	5,6 m	horizontal	Schachner GmbH	kleinwind.at

Anlagen- und Herstellerübersicht

TABELLE 2

	Anlage	Nenn- Leistung	Rotor Durch- messer	Achslage	Hersteller / Projektpartner	Weblink
	MACT Bia 1,5-2,5	2,5 kW	3,2 m	horizontal	Macht srl	mact.it
	Easywind 6 AC	6,0 kW	6,0 m	horizontal	EasyWind GmbH	easywind.org
	Antaris 3,5	3,5 kW	3,5 m	horizontal	Wolfgang Söser	kleinwindkraft-pv.at
	Antaris 5,5	5,5 kW	4,4 m	horizontal	Wolfgang Söser	kleinwindkraft-pv.at
	Windsolar 1500	1,5 kW	3,0 m	horizontal	Wildberger	windsolar.at

Im Zuge der Projektentwicklungsphase wurden die Anlagen für eine kostenlose Aufstellung von mindestens 12 Monaten gewonnen werden.



Evaluation of Hydropower Energy Development in Austria Exploring the Energy-Water Nexus Using Public Choice Models

Projektnummer	825401
Koordinator	Institut für höhere Studien und wissenschaftliche Forschung Kärnten (IHS Kärnten)
Projektleitung	Andrea Klinglmair/wissenschaftliche Mitarbeiterin, a.klinglmair@carinthia.ihs.ac.at
Website	www.carinthia.ihs.ac.at
Partner	Institute for Environmental Studies, VU University Amsterdam
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Neue Energien 2020, 3. Ausschreibung
Dauer	01.03.2010 - 29.02.2012
Budget	105.000 €



Verbesserung der Strömungseigenschaften sowie Planungs- und Betriebsoptimierung von Wasserkraftschnecken

Projektnummer	825614
Koordinator	Institut für Wasserwirtschaft, Hydrologie und konstruktiven Wasserbau der Universität für Bodenkultur, Wien
Projektleitung	Alois Lashofer/Projektleiter, lashofer.alois@boku.ac.at
Partner	Firma SGW – Strasser & Gruber Wasserkraft
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Neue Energien 2020, 3. Ausschreibung
Dauer	01.03.2010 - 31.10.2012
Budget	206.883 €



Strom-Boje – ein schwimmendes Kleinkraftwerk für frei fließende Gewässer

Projektnummer	818871
Koordinator	Aqua Libre Energieentwicklungs GmbH
Projektleitung	Fritz Mondl/Geschäftsführer, f.mondl@aqualibre.at
Website	www.aqualibre.at
Partner	BILEK+SCHÜLL, BEB, Fertigungscenter – Margarethen am Moos
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Neue Energien 2020, 1. Ausschreibung
Dauer	01.10.2008 - 30.09.2011
Budget	700.000 €



Windatlas und Windpotentialstudie Österreich

Projektnummer	818903
Projektleitung	Energiewerkstatt
Koordinator	Andreas Krenn/ Bereichsleiter, andreas.krenn@energiewerkstatt.org
Website	www.energiewerkstatt.org
Partner	Meteotest (CH), Universität Graz – Wegener Center, Research Studio iSpace
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Neue Energien 2020, 1. Ausschreibung
Dauer	01.03.2009 - 30.04.2011
Budget	94.886 €



Elektrischer Differenzialantrieb für eine 3.0 MW Windkraftanlage

Projektnummer	825512
Koordinator	SET Sustainable Energy Technologies GmbH
Projektleitung	Gerald Hehenberger/ Geschäftsführer, gerald.hehenberger@ghp-set.com
Website	www.set-solutions.net
Partner	Karl E. Brinkmann GmbH
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Neue Energien 2020, 3. Ausschreibung
Dauer	08.10.2009 - 07.07.2011
Budget	1.969.444 €



Kleinwindkraftanlagen:

Qualitätssicherung, Netzeinbindung, Geschäftsmodelle und Information

Projektnummer	829731
Koordinator	Österreichische Gesellschaft für Umwelt und Technik – ÖGUT
Projektleitung	Harald Prokschy/ Teamleiter, harald.prokschy@evn.at
Website	www.energieforschungspark.at
Partner	EVN AG, AEE NÖ-Wien, Solvento GmbH, FH Technikum, Energiewerkstatt, Wicon GmbH
Förderprogramm	Klima- und Energiefonds, Neue Energien 2020, 4. Ausschreibung
Dauer	01.10.2010 - 31.03.2014
Budget	39.385 €

Medieninhaber

Klima- und Energiefonds

Gumpendorfer Straße 5/22, 1060 Wien

Tel: (+43 1) 585 03 90, Fax: (+43 1) 585 03 90-11

office@klimafonds.gv.at

www.klimafonds.gv.at

Für den Inhalt verantwortlich

Die AutorInnen tragen die alleinige Verantwortung für den Inhalt dieser Broschüre. Er spiegelt nicht notwendigerweise die Meinung des Klima- und Energiefonds wider. Weder der Klima- und Energiefonds noch das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) oder die Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) sind für die Weiter-nutzung der hier enthaltenen Informationen verantwortlich.

Gestaltung

www.angieneering.net

Druck

Druckerei Janetschek GmbH. Bei der mit Ökostrom durchgeführten Produktion wurden die Anforderungen des Österreichischen Umweltzeichens erfüllt. Sämtliche während des Herstellungsprozesses anfallenden Emissionen wurden im Sinne einer klimaneutralen Druckproduktion neutralisiert.

Verlags- und Herstellungsort: Wien

Wir haben diese Broschüre mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt und die Daten überprüft. Rundungs-, Satz- oder Druckfehler können wir dennoch nicht ausschließen.

www.klimafonds.gv.at



In Kooperation mit:

