

Ausgabe 01/19

# ► **EUM-JOURNAL**

Energie- und Umweltmanagement

Zusammenstellung ausgewählter Abschlussarbeiten von Studierenden des Studienganges Energie- und Umweltmanagement der Hochschule und der Europa-Universität Flensburg

# Vorwort

Dieses Journal erschien erstmals im März 2013 und soll der Verknüpfung der Studierenden und Alumni des Studiengangs Energie- und Umweltmanagement (EUM) dienen. Durch eine Zusammenstellung interessanter Abschlussarbeiten und ihrer Themen möchten wir das schon fast traditionell sehr breite Themenspektrum sichtbar machen. Wir hoffen, dass sich durch die Lektüre dieses Journals in Zukunft noch mehr Verbindungen, sowohl thematisch als auch personell, ergeben.

Für jede Ausgabe bitten wir die jeweils letzten Abschlussjahrgänge des Bachelor- und Masterstudien- ganges, kurze Abstracts einzureichen. Wir freuen uns sehr, dass wir auf diese Weise insgesamt 25 Arbeiten zusammentragen konnten! Großer Dank gilt an dieser Stelle den Autoren! Je nach Institut oder Unternehmen, in dem die Abschlussarbeit verfasst wurde, liegen zum Teil Sperrvermerke vor. Deshalb können z. T. nur die Titel veröffentlicht werden. Über die angegebenen Kontaktdaten der Autoren ist es trotzdem möglich, mit diesen in Kontakt zu treten und sich zu Praktikum, Themen und den eigentlichen Abschlussarbeiten zu informieren. Zum bereits dritten Mal wurden in dieser Ausgabe auch Doktorarbeiten veröffentlicht.

Wir hoffen, durch dieses Journal zur Vernetzung der aktuellen und ehemaligen EUM-Studenten beizutragen. Deshalb rufen wir an dieser Stelle dazu auf, uns Kurzzusammenfassungen von Abschlussarbeiten auch gerne unaufgefordert zuzusenden. Diese werden wir dann in der nächsten Ausgabe veröffentlichen.

Wir freuen uns über jede Rückmeldung!

Herzliche Grüße,

der Vorstand des Fördervereins Energie- und Umweltmanagement e.V.

Marina Blohm  
Thomas Breitenstein  
Catharina Kapp  
Jona Welle  
Martin Jahn

Förderverein Energie- und Umweltmanagement e.V.  
Postfach 27  
Munketoft 3b  
24937 Flensburg  
info@foerdereverein-eum.de  
www.foerdereverein-eum.de

# Inhalt

Vorwort .....	2
Inhalt .....	3
Doktorarbeiten .....	5
Wirtschaftlichkeit von zukunftsfähigen Geschäftsmodellen dezentraler Stromspeicher.....	6
Integration sozial-ökologischer Faktoren in die Energiesystemmodellierung am Beispiel von Entwicklungspfaden für den Windenergieausbau in Deutschland .....	8
Masterarbeiten .....	10
Standortbewertung für einen elektro-thermischen Energiespeicher im schleswig-holsteinischen Verteilnetz .....	11
Klimaschutzpotenziale der Gemeinwohl-Ökonomie.....	11
Future Marine Fuels – A Danish Case-Study on Climate Compatible Energy Pathways .....	12
Entwicklung und Bewertung von energiewendefähigen Betriebskonzepten für Power-to-Gas Anlagen anhand ökologischer und ökonomischer Kriterien .....	12
Voluntary Balancing Energy Bids and Their Impact on the Competitiveness of Balancing Service Providers.....	13
Ausarbeitung von Bewertungskriterien zur Eignung von Kurzzeitwindmessungen zwecks der Ermittlung des Langzeitwindklimas.....	13
Grundlegende Bewertung ausgewählter Geschäftsmodelle anhand von technischen und wirtschaftlichen Parametern für Photovoltaik-Batteriespeicher und Elektromobilitätsinfrastruktur in gewerblichen Unternehmen .....	13
Bewertung bedeutender Entscheidungskriterien für den Einsatz alternativer Antriebe im Schienenpersonennahverkehr .....	14
Impact of Green Entrepreneurship on Economic Welfare - a conceptual approach.....	15
Modellbasierte techno-ökonomische Analyse von Betriebsführungsstrategien und Degradationsmechanismen für ein brennstoffzellenbasiertes Kraft-Wärme-Kopplungs-System.....	16
100 % Renewable Electricity for the Republic of Fiji – Impacts of intermittent energy sources and energy storage opportunities on the electricity generation costs.....	16
Inter-voltage-level correlations of congestions in the German electricity network – Spannungsebenenübergreifende Korrelation von Engpässen im deutschen Stromnetz .....	16
Net Metering in Zambia – A Techno-Economic Feasibility Study of Net Metering by Using Distributed Photovoltaic-Battery Applications Meant for Agricultural and Manufacturing Businesses .....	17
Modellierung von Redispatch-Maßnahmen im deutschen Hoch- und Höchstspannungsnetz .....	18
Potentials for cost reductions of technologies for nearly zero-energy buildings .....	18
Sektorkopplung der Bereiche Energie, Abfall und Ernährung auf Basis biogener Abfall- und Reststoffe am Fallbeispiel der AWR in Borgstedt - Kreislaufwirtschaft im Sinne der Bioökonomie.....	19

100 % Renewable Energies for Cuba - A techno-economic assessment and a possible pathway of a transited energy system in Cuba based on an hourly simulation model .....	19
Remediation of PFAS Contaminated Soils Using Biosurfactants – A Feasibility Study.....	20
Bachelorarbeiten .....	21
Betriebsdatenbasiertes Performance Monitoring von Offshore-Windkraftanlagen zur langfristigen Ertragssteigerung .....	22
Time- and Production-Based Availability According to IEC TS 61400-26 and Availability Warranties by the Example of the Offshore Wind Farm Veja Mate.....	22
Determination of Power Train Losses of a Battery Electrical Vehicle with Variation of the Outside Temperature.....	22
Investitionsrechnung und Risikoanalyse für PV-Freiflächenanlagen in Deutschland nach Ablauf der EEG-Vergütung unter Einbezug eines Geschäftsmodells und genauerer Betrachtung der Stromvermarktung aus Sicht eines Betriebsführers für Photovoltaikanlagen.....	22
Process optimization in an energy transmission project and derivation of a universal approach .....	22
Ertragssteigerung eines Zentralwechselrichters durch Austausch der Steuereinheit .....	23
Konzeptstudie zum Schwenken in der Montage unter Berücksichtigung der Bauteilgewichte .....	22

## ▶ **Doktorarbeiten**

## **Wirtschaftlichkeit von zukunftsfähigen Geschäftsmodellen dezentraler Stromspeicher**

Von Verena Fluri (geb. Jülich) (2018)

*In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE und der Europa-Universität Flensburg*

### Hintergrund

Der Markt für dezentrale Batteriespeicher befindet sich in einer Aufbruchphase: Investoren sind an dezentralen Speichertechnologien interessiert und neue Geschäftsmodelle wie die Nutzung von Quartierspeichern werden in Demonstrationsprojekten getestet. Dennoch existieren außer PV-Heimspeichersystemen noch keine wirtschaftlich darstellbaren Geschäftsmodelle. Da die Wirtschaftlichkeit von mehreren unsicheren Faktoren abhängt, ist eine Investition in dezentrale Stromspeicher risikobehaftet: Die Erhöhung der Eigenverbrauchsquote durch einen Stromspeicher ist vom Einzelfall abhängig, die Preise für Batteriesysteme verändern sich schnell und für eine genaue Wirtschaftlichkeitsberechnung müssen Annahmen über die zukünftige Entwicklung mehrerer Faktoren wie z.B. des Strompreises getroffen werden. Zudem spielen gerade im Heimspeicherbereich neben den wirtschaftlichen Faktoren auch nicht-ökonomische Argumente eine Rolle bei der Anschaffung.

In dieser Arbeit werden daher Anwendungsfälle für dezentrale Batteriespeicher untersucht, um die Unsicherheit für Entscheider zu reduzieren. Es wird aufgezeigt, wo wirtschaftliche Geschäftsmodelle für dezentrale Stromspeicher heute schon möglich sind, ab welchem Speicherpreis diese wirtschaftlich werden und welches die Haupteinflussfaktoren bzw. die Treiber für die Wirtschaftlichkeit sind.

### Methodik und Vorgehensweise

Zunächst wird der Stand der Forschung erläutert und die technologischen, wirtschaftlichen

und regulatorischen Grundlagen für die Untersuchungen erarbeitet. Mit der LCOS-Methode wird ein Vergleich der Stromspeicherkosten unterschiedlicher Speichertechnologien durchgeführt, um zu zeigen, welche Technologien für den Einsatz in dezentralen Energiesystemen geeignet sind. Aus diesen Untersuchungen geht hervor, dass Batteriespeichertechnologien als Kurzzeitspeicher langfristig eine günstige Option zur Speicherung elektrischer Energie darstellen können, auch wenn die Kosten heute noch hoch sind. Weiterhin zeigt sich, dass die Betriebsweise des Speichers einen großen Einfluss auf die spezifischen Kosten hat und daher für eine Wirtschaftlichkeitsanalyse in der jeweiligen Anwendung berücksichtigt werden muss.

Zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Anwendungsfälle wurde das lineare Optimierungsmodell ENTIGRIS Unit weiterentwickelt. Mit dem Modell können Auslegung und Betrieb dezentraler Stromerzeugungs- und Speichertechnologien hinsichtlich des maximalen Kapitalwertes optimiert werden. Im Rahmen dieser Arbeit wurde im Modell eine detaillierte Analyse aller Zahlungsströme ermöglicht. Dadurch können unterschiedliche regulatorische Rahmenbedingungen und Entwicklungsszenarien abgebildet werden. Insbesondere können die Auswirkungen von Förderprogrammen, Abgaben, Umlagen und Steuern und unterschiedlicher Zählerkonzepte auf die Wirtschaftlichkeit untersucht werden.

Unterschieden wird zwischen der Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems (PV-Anlage, ggf. BHKW, Messeinrichtungen und Batteriespeicher) und der Wirtschaftlichkeit des Batteriespeichers. Ein zentrales Ergebnis stellen die Break-Even-Investitionskosten dar, also die Kostengrenze, ab welcher Batteriespeicher unter den jeweiligen Rahmenbedingungen wirtschaftlich werden. Der Fokus der Untersuchung liegt auf kleinen Speichergrößen, da bei sinkenden Speicherkosten zunächst kleine Batteriespeicher wirtschaftlich werden. Die Wirtschaftlichkeitsanalysen werden für drei An-

wendungsfälle für dezentrale Batteriespeicher durchgeführt:

1. PV-Heimspeicher in einem Einfamilienhaus, bei dem der Hausbesitzer gleichzeitig Investor und Verbraucher ist. Die Batteriekapazität beträgt 2 kWh, die durchschnittlichen gemittelten Kapitalkosten (WACC) wurden mit 2,4% angenommen.
  2. Ein Mehrfamilienhaus, in dem die Mieter elektrische Energie aus einer PV-Anlage und einem Speicher beziehen. Der Investor ist ein Energieversorger, der für die Mieter als Vollversorger auftritt. Die Batteriekapazität beträgt 5 kWh, der angenommene WACC 2,7%.
  3. Ein Quartiersprojekt: Ein Neubau von fünf Mehrfamilienhäusern mit eigenem Stromnetz, in dem die Mieter mit Strom aus PV-Anlage und BHKW sowie einem Batteriespeicher versorgt werden. Investor ist hier eine Wohngenossenschaft, die für die Mieter als Vollversorger und durch den Verbrauch von Allgemiestrom auch als Verbraucher auftritt. Die Batteriekapazität beträgt in diesem Fall 100 kWh; der WACC liegt bei 2,9%.
- Im Bereich Mieterstrom kann sich ein Geschäftsmodell ergeben für einen Betreiber, der zu günstigen Konditionen Strom beziehen kann (beispielsweise ein Energieversorgungsunternehmen), und der den Kunden einen möglichst hohen Anteil lokal erzeugter Energie bereitstellen möchte. Aufgrund der geringen Renditen für das Gesamtsystem in diesem Anwendungsfall kann aber davon ausgegangen werden, dass nur wenige Investoren ein Interesse an der Einbindung eines Stromspeichers zeigen. Je nach Szenario müssten die Batteriespeicherkosten auf ca. 80 bis 290 €/kWh fallen, um die Wirtschaftlichkeit des Speichers zu ermöglichen.
  - Das vorgestellte Quartiersmodell mit PV, BHKW und Batteriespeicher, betrieben durch eine Wohngenossenschaft, kann als Gesamtsystem zu heutigen Stromspeicherkosten (ca. 750 €/kWh netto bei einer Kapazität größer 50 kWh) ein wirtschaftliches Geschäftsmodell darstellen. Die Anforderungen an diese Art von Projekt (Neubauprojekt, Bau eines eigenen Stromnetzes, Kooperation mit einem Stromvertriebsunternehmen) sind allerdings sehr hoch und das Potenzial daher eher gering.

### Zentrale Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Im Wesentlichen zeigen sich vier potenziell wirtschaftliche Geschäftsmodelle:

- PV-Heimspeicher sind als Gesamtsystem unter Berücksichtigung der Förderung bereits heute wirtschaftlich (bei Batteriepreisen von 840 €/kWh netto, pro Nutzkapazität). Der Batteriespeicher alleine kann erst ab Preisen von ca. 600 €/kWh netto eine wirtschaftliche Investition darstellen.
- In Kombination mit einer PV-Anlage, für deren Netzstromeinspeisung nach 20 Jahren Laufzeit keine EEG-Vergütung mehr gezahlt wird, wird die Installation eines Batteriespeichers ein wirtschaftliches Geschäftsmodell darstellen, wenn bis dahin der Preis für Batteriespeicher auf bzw. unter ca. 640 €/kWh netto fällt.

Die Stromspeicherkosten bewegen sich bei den betrachteten Anwendungsfällen heute im Bereich von 20 bis 30 ct/kWh und sinken in Abhängigkeit der Investitionskosten linear auf 3 bis 5 ct/kWh (bei einem Batteriepreis von 200 €/kWh).

Alle Anwendungsfälle sind stark abhängig von den regulatorischen Rahmenbedingungen wie der Höhe der Abgaben, Umlagen und Steuern, der Einspeisevergütung sowie von der Eigenverbrauchsquote, welche darüber bestimmt, ob die Einnahmen mehrheitlich durch Stromverkauf oder durch Eigenverbrauch erwirtschaftet werden. Beim Anwendungsfall PV-Heimspeicher sind die Ergebnisse zusätzlich stark von der vom Investor angenommenen Steigerung des Haushaltsstrompreises abhängig.

Im Anwendungsfall Mieterstrom ist der Preis für den Reststrombezug stark entscheidend. Beim Quartierspeicher spielen durch die starke Abhängigkeit von der Wirtschaftlichkeit des BHKW vornehmlich die Einflussparameter bezüglich Betrieb und Betriebskosten des BHKW eine Rolle.

Die Ergebnisse zeigen, dass im Bereich dezentraler Energiespeicher in den nächsten Jahren weitere Geschäftsmodelle wirtschaftlich werden können, diese aber teilweise mit einer großen Ungewissheit behaftet sind. Insbesondere durch die starke Abhängigkeit von den regulatorischen Rahmenbedingungen kann der Einsatz von Batteriespeichern mit politischen Maßnahmen gezielt befördert oder verhindert werden.

Des Weiteren kann gezeigt werden, dass das entwickelte Optimierungsmodell einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit von dezentralen Batteriespeichern in unterschiedlichen Rahmenbedingungen ermöglicht. Die Berücksichtigung von Abgaben und Umlagen unterschiedlicher Zahlungsströme ermöglicht eine genaue Analyse unterschiedlicher Anwendungsfälle mit unterschiedlichen Kombinationen von Anlagenbesitzer und Stromverbraucher. Durch die detaillierte Betrachtung der Zahlungsströme kann der Einfluss einzelner Faktoren auf die Wirtschaftlichkeit quantifiziert werden. Die Ergebnisse können somit als Entscheidungshilfe für Investoren dienen. Des Weiteren können die Auswirkungen von Veränderungen der wirtschaftlichen oder regulatorischen Rahmenbedingungen mit dem Modell abgeschätzt werden und somit bei politischen Entscheidungen unterstützend wirken.

Kontakt: [verena.fluri@ise.fraunhofer.de](mailto:verena.fluri@ise.fraunhofer.de)

## **Integration sozial-ökologischer Faktoren in die Energiesystemmodellierung am Beispiel von Entwicklungspfaden für den Windenergieausbau in Deutschland**

*Von Marion Wingenbach (geb. Christ) (2018)*

*In Zusammenarbeit mit dem Interdisziplinären Institut für Umwelt-, Sozial- und Humanwissenschaften der Europa-Universität Flensburg*

Die gesellschaftliche Akzeptanz wird immer mehr zu einem begrenzenden Faktor bei der Umsetzung der Energiewende. Der Ausbau der Windenergie ist aus heutiger Sicht nur noch bedingt eine technische oder ökonomische Herausforderung als vielmehr eine gesellschaftliche. Da die heutigen politischen Rahmenbedingungen der Energiewende häufig aus den Erkenntnissen der Energiesystemmodellierung abgeleitet werden erscheint es notwendig, verstärkt sozial-ökologische Erkenntnisse zu integrieren. Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Entwicklung einer Methodik, mit der neben den technischen und ökonomischen zusätzlich auch die sozial-ökologischen Kriterien des Windenergieausbaus in die Energiesystemmodellierung integriert werden können. Das Vorgehen ist dabei wie folgt: Auf Grundlage einer Vielzahl von untersuchten Einflussfaktoren auf die Akzeptanz von Windenergie wird ein Belastungsgrad definiert, wodurch der sozial-ökologische Effekt von Windenergie auf Landkreisebene abgebildet werden kann. Auf Basis des ermittelten Ausbaupotenzials von Onshore Windenergie in Deutschland werden ein ökonomisches und insgesamt vier sozial-ökologische Ausbauszenarien entwickelt, um die Menge und vor allem die Standorte zukünftiger Windleistungen zu optimieren. Die Modellierung eines vollständig erneuerbaren deutschen Stromsystems im Jahr 2050 erfolgt mit dem OpenSource Strommarktmodell renaSSGIS. Im Vergleich zu einem ökonomisch gesteuerten Ausbau, zeigen die Simulationsergebnisse der sozial-ökologischen Szenarien

eine gleichmäßigere Verteilung zukünftiger Windenergieanlagen. Die Ergebnisse zeigen auf, dass ein sozial-ökologischer Windenergieausbau zu geringfügig höheren Kosten für das Energiesystem führt. Ein alleinig ökonomischer Ausbau erscheint anlässlich wahrscheinlich abnehmender Akzeptanz von Windenergie nur bedingt umsetzbar. Demnach stellt die Beachtung sozial-ökologischer Faktoren beim Windenergieausbau gegebenenfalls trotz höherer Kosten die günstigste Möglichkeit dar, um eine Umsetzung der Energiewende grundsätzlich realisieren zu können.

*Kontakt:* [Marion.Wingenbach@posteo.de](mailto:Marion.Wingenbach@posteo.de)

## ► Masterarbeiten

## **Standortbewertung für einen elektro-thermischen Energiespeicher im schleswig-holsteinischen Verteilnetz**

*Sperrvermerk*

*Von Lino Aßmann (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der Hamburg Energie GmbH (Hamburg)*

Im Rahmen zweier Forschungsprojekte werden derzeit eine Plattform zur Flexibilitätsvermarktung entworfen und eine neue Speichertechnologie entwickelt. Die Flexibilitätsvermarktungsplattform ENKO wird im Rahmen des NEW 4.0 entwickelt und verfolgt den Ansatz einer Vortagsvermarktung für Flexibilitäten auf der Basis von prognostizierten Netzengpässen. Hierbei spielt neben der Flexibilität auch die Regionalität der Teilnehmer eine entscheidende Rolle bei der Zuschlagserteilung. Die Speichertechnologie wird im Rahmen des Projekts „Future Energy Solution“ entwickelt und errichtet und ist ein elektro-thermischer Energiespeicher, der elektrische Energie in Wärme umwandelt, diese speichert, und über einen Wasser-Dampfkreislauf rückverstromt.

Zielsetzung dieser Arbeit ist es, zu untersuchen, ob die Speichertechnologie einen Beitrag zur Vermeidung von Netzengpässen leisten kann, indem sie an besagter Plattform vermarktet wird und welcher Standort in Schleswig-Holstein hierfür am geeignetsten ist. Neben dieser Standortbewertung aus einer netzdienlichen Sicht wird die Speichertechnologie außerdem dahingehend untersucht, ob sie die technischen Voraussetzungen erfüllt, um an den bestehenden Märkten (Day-Ahead Auktion, Intraday Auktion, kontinuierlicher Intradayhandel und Regelleistungsmarkt) vermarktet zu werden. Außerdem wird bewertet, ob die ENKO Plattform, sowohl zeitlich als auch regulatorisch, in das bestehende Marktumfeld integriert werden kann.

Bewertungsgrundlage für die oben genannten Ziele ist eine Zeitraumberechnung auf Basis eines stoffstromorientierten Modells. Anhand dieses Modells wird eine Einsatzoptimierung für die Speicheranlage durchgeführt.

Kontakt: [lino.assmann@live.de](mailto:lino.assmann@live.de)

## **Klimaschutzpotenziale der Gemeinwohl-Ökonomie**

*Von Torben Behrens (2018)*

*In Zusammenarbeit mit dem Norbert Elias Center (NEC) (Flensburg)*

Die derzeitigen Entwicklungen machen deutlich, dass die Umsetzung der international vereinbarten und als notwendig betrachteten Klimaschutzziele auf nationaler Ebene nicht schnell genug voranschreitet. Es wird immer deutlicher, dass die derzeit dominierenden Lösungsstrategien, welche sehr von techno-ökonomischen Lösungsansätzen geprägt sind, zu kurz greifen, um die global vereinbarten Klimaschutzziele zu erreichen. Im Kontext der wahrzunehmenden Problemverschärfung des anthropogenen Klimawandels und der Unzulänglichkeit bisheriger Lösungsstrategien analysiert die Untersuchung die Klimaschutzpotenziale einer konkreten sozialen Innovation am Beispiel der Gemeinwohl-Ökonomie. Als Grundlage für die Analyse werden hierzu die relevanten gesellschaftlichen Treiber des anthropogenen Klimawandels herausgearbeitet. Darauf aufbauend werden die Potenziale der Gemeinwohl-Bilanz, welche ein wichtiges Kernelement der Gemeinwohl-Ökonomie darstellt, in Bezug auf die Reduktion dieser Treiber herausgearbeitet. Hierhingehend wird deutlich, dass die Gemeinwohl-Ökonomie im Allgemeinen und die Gemeinwohl-Bilanz als Instrument im Speziellen vielversprechende Potenziale bieten, um zu einer Beseitigung der erkannten Unzulänglichkeiten der derzeit dominierenden Lösungsansätze beizutragen. Dabei zeigt sich,

dass sich die Gemeinwohl-Bilanz insbesondere durch die explizite Benennung und Forderung nach Veränderungen des unternehmerischen Handelns in Richtung Suffizienz von vergleichbaren Instrumenten unterscheidet, deren Anwendung sich bereits auf unternehmerischer Ebene etablieren konnte. Es stellt sich dabei heraus, dass es für die erfolgreiche Bekämpfung des anthropogenen Klimawandels entscheidend sein wird, ein konstruktives Zusammenspiel von techno-ökonomischen und sozialen Innovationen zu erzeugen und dieses auf politischer Ebene zu fördern. Die Untersuchung macht in diesem Zusammenhang deutlich, dass die Gemeinwohl-Ökonomie vielversprechende Potenziale besitzt, um einen diesbezüglichen Beitrag leisten.

Kontakt: [torben.behrens@posteo.de](mailto:torben.behrens@posteo.de)

### **Future Marine Fuels – A Danish Case-Study on Climate Compatible Energy Pathways**

Von Till ben Brahim (2018)

*In Zusammenarbeit mit dem interdisziplinären Institut für Umwelt-, Sozial- und Humanwissenschaften der Europa-Universität Flensburg und der Technical University of Denmark (DTU) (Kopenhagen)*

According to the results of this master thesis research project, it seems possible to make the Danish cargo shipping sector carbon neutral by 2050 with existing technologies. Reducing the sector's greenhouse gas emissions by a fair share in line with the Paris agreement demands a thorough system transformation with major investments into new ships and fuel infrastructure, on average around the year 2027. Either an emission cap and ambitious reduction targets or a carbon price of 350 to 450 € per ton CO<sub>2e</sub> would be necessary. This is equal to a transport cost increase by on average 6 % per cargo value. Hydrogen, methanol

and ammonia appear to be most cost compatible, yet among them is no clear winner. It strongly depends on the development of new-build ship costs. A future reduction of transport demand could further improve the system's cost efficiency. A sustainable utilization of liquefied natural gas and bio-methane is threatened by the well-to-propeller methane leakage problem. Only a significant reduction allows for bio-methane as an alternative option. Fossil based natural gas, however, is not an optimal solution. Even under privileged cost and emission conditions, it has a limited window of opportunity of approximately 23 years. As ships are getting replaced already today, they will in the long run influence the systems fuel composition and capability for a timely switch. Thus, it needs early measures to frame climate compatible energy pathways that lead to a carbon neutral Danish and global shipping sector. Else, this goal will either become even more expensive or unreachable. So, time is rapidly approaching to take action.

Kontakt: [till.benbrahim@posteo.de](mailto:till.benbrahim@posteo.de)

### **Entwicklung und Bewertung von energie-wendedenlichen Betriebskonzepten für Power-to-Gas Anlagen anhand ökologischer und ökonomischer Kriterien**

Von Verena Bender (2018)

*In Zusammenarbeit mit der Greenpeace EnergieG (Hamburg)*

Die Power-to-Gas Technologie bildet eine Schlüsselkomponente zur nachhaltigen Deckung des weltweit steigenden Energie- und Rohstoffbedarfs. Durch sie lässt sich eine Langzeitspeicherung von elektrischer Energie, eine erdölfreie Industrie sowie ein emissionsarmer Fernverkehr realisieren. Um tatsächlich die Treibhausgasemissionen durch die Power-to-Gas Technologie zu senken und gleichzeitig wirtschaftlich zu handeln, gilt es möglichst

energie-wendefreundliche, ökologische und ökonomische Aspekte bei der Erstellung von Power-to-Gas Betriebskonzepten in Einklang zu bringen. Insbesondere durch die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der Endprodukte sowie verschiedener potentieller Fahrweisen und Strombezugsformen ist die Erstellung und Bewertung von Power-to-Gas Betriebskonzepten eine komplexe Herausforderung. Ziel dieser Arbeit war es, die Fülle dieser Aspekte in einer multikriteriellen Nutzwertanalyse einzubeziehen, um im Anschluss daran Power-to-Gas Betriebskonzepte erstellen zu können, welche eine Energiewende nachhaltig unterstützen und dabei eine bestmögliche Wirtschaftlichkeit erzielen.

Kontakt: [bender1991@web.de](mailto:bender1991@web.de)

### **Voluntary Balancing Energy Bids and Their Impact on the Competitiveness of Balancing Service Providers**

*Sperrvermerk*

*Von Sadjia Fatty (2018)*

*In Zusammenarbeit mit Uniper Global Commodities SE (Düsseldorf)*

Kontakt: [sadjia.fatty@icloud.com](mailto:sadjia.fatty@icloud.com)

### **Ausarbeitung von Bewertungskriterien zur Eignung von Kurzzeitwindmessungen zwecks der Ermittlung des Langzeitwindklimas**

*Sperrvermerk*

*Von Pauline Grunwald (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der Pavana GmbH (Tochtergesellschaft der WKN GmbH) (Husum)*

Kontakt: [pauline.grunwald@web.de](mailto:pauline.grunwald@web.de)

### **Grundlegende Bewertung ausgewählter Geschäftsmodelle anhand von technischen und wirtschaftlichen Parametern für Photovoltaik-Batteriespeicher und Elektromobilitätsinfrastruktur in gewerblichen Unternehmen**

*Von Sonja Körner (2018)*

*In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Freiburg)*

Die Ziele der Bundesregierung zum Klimaschutz und steigendes Umweltbewusstsein der Kunden und Unternehmen in Zeiten steigender Strompreise eröffnen neue Geschäftsmodelle für die Photovoltaik (PV) in Kombination mit einem Batteriespeicher für gewerbliche Unternehmen. Mit der sinkenden Vergütung nach dem Erneuerbaren-Energie-Gesetz (EEG) können Geschäftsmodelle für diese Unternehmen bei einem höheren Strombezugspreis als den Stromgestehungskosten mit Batteriespeicher im Gegensatz zur reinen PV-Anlage wirtschaftlich attraktiv sein. Diese Ausarbeitung zeigt anhand technischer und wirtschaftlicher Parameter das Potenzial und die Wirtschaftlichkeit unterschiedlicher Geschäftsmodelle durch die Simulation zweier unterschiedlicher Verbrauchertypen. Für den Verbraucher unter einem jährlichen elektrischen Energiebedarf von 100 MWh werden die Geschäftsmodelle des Eigenverbrauchs durch eine PV-Anlage, durch eine PV-Anlage mit Batteriespeicher und in zusätzlicher Kombination mit dem erhöhten Energiebedarf einer Schnellladesäule untersucht. Für einen Großverbraucher mit einem jährlichen elektrischen Energiebedarf von mehr als 100 MWh werden zusätzlich die Geschäftsmodelle des Glättens von Lastspitzen und die Kombination mit verschiedenen Ladesäulentypen analysiert und bewertet, um neben der Kostenreduzierung durch den Bezugspreis pro Kilowattstunde auch das Potenzial der Reduzierung des Leistungspreises abzubilden. Unter-

sucht wurden die Wirtschaftlichkeit dieser Geschäftsmodelle durch die Variation der installierten PV-Leistung, Speichergrößen und Entladeraten unter den herrschenden Rahmenbedingungen, insbesondere der aktuellen Speicherpreise und der anteiligen EEG-Umlagen-Zahlung. Diese Umlagen-Zahlung zeigt einen stark negativen Einfluss auf den Kapitalwert der Geschäftsmodelle, insbesondere derjenigen, in denen der Eigenverbrauch im Vordergrund steht.

Die Ergebnisse zeigen, dass, insbesondere bei einem hohen Strombezugspreis und einer Speicherauslegung der Kapazität zur installierten PV-Leistung von 1:1, PV-Batteriespeicher unter den jetzigen Rahmenbedingungen wirtschaftlicher betrieben werden können als die Eigenversorgung durch die reine PV-Anlage. Für Großverbraucher mit einer Jahresnutzungsdauer von über 2.500 h/a und einem entsprechend höherem Leistungspreis zeigen sich die Geschäftsmodelle des Glättens von Lastspitzen, insbesondere in der Kombination mit einer Ladesäule, als wirtschaftlich. Liegen geringe Arbeitspreise vor, so stellt sich das zuvor genannte Verhältnis von 1:1 aufgrund der hohen Investitionskosten und der anteiligen Zahlung der EEG-Umlage in der Konstellation aus PV-Anlage und Batteriespeicher wirtschaftlich schlechter dar als die reine Eigenversorgung durch eine PV-Anlage. Die Kombination der beiden Geschäftsmodelle, Eigenverbrauch und Glätten von Lastspitzen, präsentiert sich, insbesondere mit einer Ladesäule, als wirtschaftlich attraktiv.

Kontakt: [koerner\\_sonja@web.de](mailto:koerner_sonja@web.de)

### **Bewertung bedeutender Entscheidungskriterien für den Einsatz alternativer Antriebe im Schienenpersonennahverkehr**

Von Jonas Martin (2018)

#### *In Zusammenarbeit mit der Siemens Mobility GmbH (Erlangen)*

Die auf internationaler und nationaler Ebene strenger werdenden umwelt- und klimapolitischen Auflagen erschweren den weiteren Einsatz dieselbetriebener Triebzüge auf nicht- oder teilelektrifizierten Strecken des Schienenpersonennahverkehrs und scheinen diese schrittweise aus dem Markt auszuschließen. Die für die Integration nachhaltiger Antriebslösungen zuständigen Aufgabenträger und Eisenbahnverkehrsunternehmen stehen somit vor der komplexen Herausforderung, vorhandene Entwicklungskonzepte in Form von batterie- und wasserstoffbasierten Triebzügen zu bewerten und somit eine zukunftstaugliche und nachhaltige Entscheidung zu treffen.

Über eine Nutzwertanalyse konnten in dieser Studie die Potenziale und Grenzen der vorhandenen, konventionellen Systeme in Form von Oberleitungstriebzügen und Dieseltriebzügen erarbeitet und denen alternativer Antriebskonzepte, den Wasserstoff-Batterie-Hybriden und Batterie-Oberleitungs-Hybriden, strukturiert gegenübergestellt werden. Durch diese Fragmentierung wurden Eigenschaften vereinfacht dargestellt und verglichen, ohne dabei die Bedeutung individueller Kriterien zu vernachlässigen.

Oberleitungstriebzüge überzeugen v.a. auf hochfrequentierten Strecken als technologisch beste Wahl, sind jedoch durch ihre kostenintensive Infrastruktur auf Nebenstrecken des SPNV meist nicht darstellbar. Die heutzutage gerade dort stark verbreiteten Dieseltriebzüge sind langfristig, aufgrund ihrer negativen Umweltauswirkungen und Abhängigkeiten von fossilen Ressourcen, nicht mehr zu rechtfertigen.

Beide alternativen Fahrzeugkonzepte erscheinen bereits heute, innerhalb passender Anwendungsfälle, mit Diesellösungen auf Augenhöhe. Die Verfügbarkeit der Fahrzeug- und

Energiebeschaffung wird jedoch den Durchbruch beider Technologien bestimmen. Das Einsatzpotenzial von Batterie-Oberleitungs-Hybriden ist v.a. auf teilelektrifizierten Strecken zu finden, in denen das Fahrzeug mit der Reichweite des Batteriespeichers Elektrifizierungslücken risikolos überwinden und sich danach, während der Fahrt, erneut an einer Oberleitung aufladen kann. Aufgrund des hohen Wirkungsgrades ist dieses Konzept vorzuziehen, sollte dies die vorhandene Infrastruktur hergeben. Demgegenüber überzeugen Wasserstoff-Batterie-Hybride durch ihre dieselähnlichen Reichweiten und Tankverhalten, kombiniert mit den Vorzügen eines dynamischen Elektroantriebes. Ihr Einsatzpotenzial ist insbesondere auf nichtelektrifizierten Strecken mit unwirtschaftlichem Ausbau der Oberleitung zu finden.

Die Sinnhaftigkeit beider Technologien wird sich über die Verfügbarkeit von Infrastruktur und den Einsatz erneuerbarer Energien entscheiden. Grundsätzlich sind in Deutschland für beide Antriebsarten Anwendungsfälle vorhanden. Jede Strecke sollte individuell auf ihre Potenziale untersucht werden.

Kontakt: [jonas.martin@koerber-martin.de](mailto:jonas.martin@koerber-martin.de)

### **Impact of Green Entrepreneurship on Economic Welfare - a conceptual approach.**

*Von Thomas Neumann (2018)*

*In Zusammenarbeit mit dem Dr. Werner Jackstädt-Zentrum, HS-Flensburg (Flensburg)*

Environmental progress and economic development are highly interdependent, whereas the economy can be both – the origin for environmental degradation as well as the key to solve it. Many studies highlighted the potential of innovative entrepreneurs to drive the transformation towards a green economy. The work

presented here is a first attempt to analyse the reverse dependencies. The study's objective is to hypothesise about the impact of green entrepreneurship on the economic welfare, and to derive avenues for future research. Based on established guidelines derived from the medical sciences, three systematic literature reviews analysing the economic impact of green economy, entrepreneurship and green entrepreneurship have been conducted. A preliminary result is that no studies have carried out investigations on how green entrepreneurship affect economic welfare. Analysing the syntheses of the other reviews, the key finding is that compared to conventional entrepreneurship, green entrepreneurship overall is more likely to have a positive impact on economic welfare - in particular on GDP growth and employment development. However, as many of the reasons for this more positive overall impact (i.a. higher innovativeness, more and higher quality knowledge spillovers) need more than five years to manifest, the short- and medium-term impact may be lower compared to the impact of conventional entrepreneurship. Nevertheless, the formulated hypotheses are vague and need empirical evaluation. Therefore, this study suggests two research approaches. First, future research should furtherly investigate parameters affecting the impact of green entrepreneurship (i.a. survival rates, growth strategies, financial and market barriers) more deeply. Second, inspired by the entrepreneurship literature, future research should empirically investigate macroeconomic outcomes of green entrepreneurship. However, long-time data series on green entrepreneurship need to be harnessed first.

Kontakt: [t93neumann@gmail.com](mailto:t93neumann@gmail.com)

### **Modellbasierte techno-ökonomische Analyse von Betriebsführungsstrategien und Degradationsmechanismen für ein brennstoffzellenbasiertes Kraft-Wärme-Kopplungs-System**

*Sperrvermerk*

*Von Daniela Petersen (2018)*

*In Zusammenarbeit mit dem DLR Institut für Vernetzte Energiesysteme (Oldenburg)*

In der Masterarbeit wurde ein MATLAB-Modell eines Kraft-Wärme-Kopplungs-Systems (KWK-System) mit einer Niedertemperatur Polymer-elektrolyt-Brennstoffzelle für die Simulation eines möglichen Einsatzes in Ein- und Mehrfamilienhäusern entwickelt. Die Energiebereitstellung wird hierbei über einen Pufferspeicher, ein zusätzliches Brennwertgerät und den Anschluss an das Netz sichergestellt. Mit diesem Modell ist es möglich, die Auswirkungen unterschiedlicher Betriebsführungsstrategien der KWK-Anlage auf deren Lebensdauer sowie Wirtschaftlichkeit zu untersuchen. Betrachtet werden die Brennstoffzellenalterung, sowie die Alterung des Reformersystems. Bei der Brennstoffzelle wird weiterhin zwischen einer betriebszeitlich abhängigen, einer reversiblen, sowie einer Start/Stop Degradation unterschieden.

*Kontakt: [Daniela.petersen@outlook.de](mailto:Daniela.petersen@outlook.de)*

### **100 % Renewable Electricity for the Republic of Fiji – Impacts of intermittent energy sources and energy storage opportunities on the electricity generation costs**

*Von Lena Rabe (2018)*

*In Zusammenarbeit mit dem Interdisziplinären Institut für Umwelt-, Sozial- und Humanwissenschaften der Europa-Universität Flensburg*

Supplying the republic of Fiji with 100% renewable electricity has been a declared goal of the Fijian government in the recent past. And while the Fijian electricity system is much closer to this goal compared to its peers, continuous growth of demand and higher electrification rates have challenged the nations' electricity system on its way to a sustainable future. Maintaining the low electricity costs the Fijian energy system can offer its customers, while finding a pathway to reach its sustainability goals is a challenging task that needs careful planning and preparation.

This thesis provides detailed insight into the Fijian electricity system and shows that a 100% renewable energy system is feasible for this island nation and provides recommendations on how a transition to sustainable electricity supply could be possible. To do this, a linear energy system model for the Fijian electricity system is developed to determine the synergies between different renewable energy sources and their role in a future Fijian electricity system. Also, the impacts of different key parameters such as intermittent energy generation, implementing storage and other generation constraints are determined in scenario analyses.

*Kontakt: [lana-rabe@gmx.de](mailto:lana-rabe@gmx.de)*

### **Inter-voltage-level correlations of congestions in the German electricity network – Spannungsebenenübergreifende Korrelation von Engpässen im deutschen Stromnetz**

*Von Malte Scharf (2018)*

*In Zusammenarbeit mit dem Reiner Lemoine Institut und dem Zentrum für nachhaltige Energiesysteme (ZNES) (Flensburg)*

Die Nutzung netzdienlicher Flexibilität hilft Netzengpässe zu verhindern und trägt dazu

bei, den Netzausbaubedarf zu verringern. Für den effizienten Einsatz dieser Flexibilität ist ein grundlegendes Verständnis der wechselseitigen Abhängigkeiten von Engpässen notwendig. Diese Arbeit trägt hierzu bei, indem die zeitliche Korrelation von Engpässen in verschiedenen Spannungsebenen des deutschen Stromnetzes anhand von Modellsimulationen untersucht wurde. Für die Simulationen wurden hochauflösende Datensätze und umfangreiche Modelle von MS, HS und HÖS Netzen verwendet. Es stellte sich heraus, dass in Gebieten mit hoher Windeinspeisung eine starke Korrelation von Engpässen verschiedener Spannungsebenen besteht. In Gebieten mit starker PV Einspeisung lassen sich hingegen nur schwache Korrelationen feststellen.

Kontakt: [malte.scharf@googlemail.com](mailto:malte.scharf@googlemail.com)

### **Net Metering in Zambia – A Techno-Economic Feasibility Study of Net Metering by Using Distributed Photovoltaic-Battery Applications Meant for Agricultural and Manufacturing Businesses**

*Von Albert Schlaak (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der BayWa r.e. Solar Projects GmbH (Freiburg)*

Net metering (NEM) is a popular policy approach to incentivise private investment in distributed electricity generation for self-consumption based on renewable energies, such as photovoltaics (PV). This Master's thesis evaluates the reasons why there is an absence of NEM applications in Zambia despite existing NEM regulations and suggests recommendations for changes in order to implement a successful NEM policy in the country. This thesis also examines the business opportunities which NEM presents for small and medium scale PV and PV-battery applications in agricultural and manufacturing businesses. It identi-

fies suitable electricity rate structures, which incentivise private investment in PV-NEM applications. An evaluation is made as to whether a battery in addition to the PV system is preferable in the Zambian electricity environment, an environment characterised by grid outages. Finally, the overall PV capacity and job creation potential for NEM is explored.

The results of the evaluation are based on electricity load measurements from four farms and one manufacturing business in Zambia. The Zambian NEM regulations are evaluated by comparing these to best practice identified by other countries, where NEM has been successfully implemented. The necessary PV power output to supply the loads in order to evaluate NEM was simulated using the programs 'PVsyst' and 'Homer Energy'.

The main obstacle for a thriving NEM policy is a low and highly subsidized electricity price that is not cost reflective. As a result, NEM is not the right policy to incentivise private investment in distributed electricity generation systems for self-consumption in the current circumstances in Zambia. The NEM regulation must be overhauled in terms of the definition of remuneration, customer classes, capacity limitations and virtual net metering. The energy charge of the electricity tariff must increase up to US\$ 10 per kWh to incentivise investment in PV-NEM applications with a capacity above 300 kWp effectively and up to US\$ 12 to 13 per kWh to incentivise investment in PV-NEM applications with a capacity below 100 kWp. Grid outages show a declining tendency and will eventually no longer have the negative impact on agricultural and manufacturing businesses as they had in the last years. From the perspective of outage reduction, this makes the integration of a battery, in addition to a PV-NEM application, redundant. A battery can still be profitable but that depends on the future electricity rate structure. The future electricity rate level and structure, which is supposed to become cost reflective by the end of 2018, will

indicate whether or not a battery is necessary in PV-NEM application. The installation capacity potential of PV-NEM systems in Zambia amounts up to 422 MWp. If 30% of this potential is implemented, there is the potential to create some 44,000 jobs.

Kontakt: [albert.schlaak@posteo.de](mailto:albert.schlaak@posteo.de)

### **Modellierung von Redispatch-Maßnahmen im deutschen Hoch- und Höchstspannungsnetz**

*Von Marlon Schlemminger (2018)*

*In Zusammenarbeit mit dem Zentrum für nachhaltige Energiesysteme (ZNES) (Flensburg)*

Das Ziel dieser Arbeit war die realitätsnahe Modellierung von Redispatch-Maßnahmen in einem heutigen und zukünftigen Szenario über einen Modellvergleich voneinander unabhängiger Markt- und Netzsimulationen mit Hilfe des am ZNES Flensburg entwickelten Tools eTraGo. Dieses Ziel wurde nur eingeschränkt erreicht, da insbesondere die modellierte Redispatch-Menge die realen Ergebnisse um den Faktor 6 bis 16 übersteigt. Als Gründe dafür wurden insbesondere die Aggregation des Netzwerks von 11000 Knoten auf 100 Knoten durch das k-means-clustering, fehlende Beschränkungen der Leistungsabgabe von thermischen Kraftwerken und die ungenaue Modellierung der Interkonnektoren und Netze der elektrischen Nachbarn identifiziert. Das Zusammenspiel dieser drei Faktoren sorgt dafür, dass die Erzeugung aus billigen Energieträgern wie Braunkohle und Atomkraft sowohl an deutschen als auch an Auslandsknoten überschätzt und Deutschland dadurch zum Nettoimporteur von Strom wird. Negativer Redispatch findet fast ausschließlich an Auslandsknoten statt und wird durch innerdeutsche Kohleerzeugung ausgeglichen. Einspeisemanagement erneuerbarer Energien findet im Status Quo nicht statt. Durch die fehlenden

Beschränkungen thermischer Kraftwerke, die technologieneutralen Redispatch kostenlos machen, kommen Engpassmanagementmaßnahmen ausschließlich aufgrund von thermischen Kraftwerken zustande. Dadurch entstehen spezifische Redispatch-Kosten, die um den Faktor 5 bis 20 gegenüber der Realität unterschätzt werden. Da das Modell für den Status Quo nicht validiert werden konnte ist auch keine zuverlässige Aussage über die zukünftige Entwicklung von Redispatch-Maßnahmen zu treffen. Aus dem Zukunftsszenario konnte dennoch abgeleitet werden, dass sich im Modell mit steigendem Anteil erneuerbarer Energien auch ein stärkerer Zusammenhang zwischen der Einspeisekurve erneuerbarer Energien und dem Auftreten von Redispatch ergibt.

Kontakt: [marlon@wmkamp46a.de](mailto:marlon@wmkamp46a.de)

### **Potentials for cost reductions of technologies for nearly zero-energy buildings**

*Von Marc Stobbe (2018)*

*In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Freiburg)*

The identification of cost reduction potentials for technologies relevant to nearly zero-energy buildings was investigated. The technologies photovoltaic, solar thermal, heat pumps, ventilation systems, air conditioning systems, thermal and electrical storage systems as well as biomass, gas and oil boilers were analysed. The hypotheses predicted potential cost reductions in particular for renewable technologies and storage technologies. A Top-down experience curve methodology was used to determine the cost reduction potential. A cost data base, specific learning rates and forecasted market developments had to be collected and calculated to develop a cost curve for each technology. For photovoltaic, solar thermal and electrical storage systems, a Bottom-up analysis was also carried out to determine specific cost reduc-

tion drivers. The result is a wide range of cost reduction potentials for the various technologies. According to calculations, electric storage cylinders have the highest cost reduction potential by 2050 at 65.4%, followed by decentralised ventilation, photovoltaic systems, centralised ventilation at 52.2%, 48.6%, 45.5% and 37.5% respectively. The technologies of heat storage, air conditioning and aerothermal heat pumps offer cost reduction potentials of roughly 30%. Oil and gas boilers have the lowest potential of less than 10%.

Kontakt: [marcstobbe@yahoo.de](mailto:marcstobbe@yahoo.de)

### **Sektorkopplung der Bereiche Energie, Abfall und Ernährung auf Basis biogener Abfall- und Reststoffe am Fallbeispiel der AWR in Borgstedt - Kreislaufwirtschaft im Sinne der Bioökonomie.**

Von Oliver Viertmann (2019)

*In Zusammenarbeit mit der AWR Abfallwirtschaft Rendsburg-Eckernförde GmbH (Flensburg)*

Ziel dieser Arbeit war es, Insektenzucht (*Hermetia illucens*) und Pflanzenkohleproduktion, inklusive Abwärmenutzung, als alternative Verwertungsoptionen für Bioabfälle aus abfallwirtschaftlicher Sicht rechtlich und ökonomisch zu bewerten. Zum Zweck der Bewertung wurde eine verallgemeinerbare Planungshilfe erstellt, die es regional aufgestellten Entsorgungsunternehmen erleichtert, innovative Verwertungskonzepte im Rahmen ihrer strategischen Planung zu bewerten. Diese Planungshilfe wurde am Fallbeispiel der AWR in Borgstedt angewendet. Hauptbestandteil der Anwendung war der Vergleich des Business as Usual (BAU)-Szenarios der kombinierten Vergärung und Kompostierung mit der Pflanzenkohleproduktion und Insektenzucht (*Hermetia illucens*). Dabei wurden mögliche „Bausteine“

für ein regional integriertes Konzept identifiziert, welches die In- und Outputs des Standortes Borgstedt mit geeigneten Produkten, Technologien und Geschäftsmodellen verknüpft.

Kontakt: [oliver.viertmann@yahoo.de](mailto:oliver.viertmann@yahoo.de)

### **100 % Renewable Energies for Cuba - A techno-economic assessment and a possible pathway of a transitioned energy system in Cuba based on an hourly simulation model**

Von Jona Welle (2018)

*In Zusammenarbeit mit dem Interdisziplinären Institut für Umwelt-, Sozial- und Humanwissenschaften der Europa-Universität Flensburg (Flensburg)*

The aim of this master thesis is to explore the transition of Cuba's energy system. The current energy system is based on almost 100 % fossil fuels. 4 % of the electricity is based on renewable energies. The transportation sector and main parts of the industrial heat and private cooking sectors are also based on fossil fuels. With the current energy system, Cuba emits approximately 35 Mt CO<sub>2</sub> per year. In order to contribute to the implementation of the global climate protection goals and reduce the dependency on fossil fuels in general and specifically by other nations, this master thesis shows through two scenarios how it can be possible to supply Cuba's electricity demand in 2040 by renewable energies only.

Under the consideration of economy and population growth, a developed Excel model calculates three demand forecasts based on energy consumption by 2015. The difference between the forecasts lies in the level of the substitution of fossil fuels. The substitution of fossil fuels is mainly based on electricity, as well as the waste heat of combined power and heat units. The results of both simulations are

based on the electricity forecast, where all fossil fuels are substituted. Cuba's electricity consumption in 2015 was about 16 TWh. This amount increases under consideration of all substitution and a natural increase to roughly 46 TWh by 2040. In addition to the demand forecasts, an estimation of the potential of renewable energies is undertaken. Thereby, wind power, solar radiation, hydro power, the use of waste and biomass in combustion and gasification processes, geothermal and ocean power are considered. The simulation dispatches selected renewable energy technologies on hourly steps. The simulations ensure a constant electricity and in addition partly waste heat supply every hour. Beside generation units, the model also covers storage opportunities. The results of both simulations show that renewable energies can cover the forecasted electricity demand based on an hourly calculation.

The amount of land used – depending on the scenario – is 2.35 % or 5.73 % of Cuba's area. The levelized costs of electricity are about 9.72 ct/kWh or rather 8.60 ct/kWh. Besides the techno-economic assessment, the master thesis also covers a possible transition pathway for 100 % renewable energies in Cuba.

Kontakt: [Jona.Welle@posteo.de](mailto:Jona.Welle@posteo.de)

### **Remediation of PFAS Contaminated Soils Using Biosurfactants – A Feasibility Study**

*Von Anja Wilken (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der Sensatec GmbH (Kiel)*

Per- and polyfluorinated alkyl substances (PFAS) are a group of anthropogenic, stable compounds which raise concern of authorities and researchers alike because they are bioaccumulative and considered to be toxic. All over

the world, PFAS are detected in humans, biota and ecosystems like e.g. surface waters and soil. This creates the need of suitable remediation strategies.

In this thesis, which is part of the research project BioKon funded by the German Federal Ministry of Education and Research, the functionality of the remediation design developed in the scope of the research project is tested. The design is used to treat PFAS contaminated agricultural soils with biosurfactants, more specifically the design comprises the percolation of biosurfactant solution through the contaminated soil, by which the PFAS are transferred from the soil into the liquid phase and consequently the soil is decontaminated. Subsequently, the liquid phase containing the PFAS is treated with a flotation unit.

The PFAS elution potential of the biosurfactants has been investigated with contaminated soil samples in column experiments. A series of biosurfactants has been tested under varying experimental conditions, like pH-value and biosurfactant concentration. The results have shown, that the usage of biosurfactants improves the PFAS elution compared to tap water, and that PFAS elution is increasing with increasing pH-value of the biosurfactant solution. Furthermore, it is detected, that the structure of the biosurfactant is decisive for the PFAS elution, hydrophobic compounds being more efficient concerning their elution potential.

Due to the positive results of the biosurfactant aided PFAS elution, the developed remediation design is a promising in-situ treatment of PFAS contaminated soils. However, its effectiveness in large scale/field applications still has to be verified.

Kontakt: [anja.wilken@posteo.de](mailto:anja.wilken@posteo.de)

## ▶ Bachelorarbeiten

### **Betriebsdatenbasiertes Performance Monitoring von Offshore-Windkraftanlagen zur langfristigen Ertragssteigerung**

*Sperrvermerk*

*Von Lukas Hoppe (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der Trianel GmbH (Hamburg)*

*Kontakt: [lukas-hoppe-hh@gmx.de](mailto:lukas-hoppe-hh@gmx.de)*

### **Time- and Production-Based Availability According to IEC TS 61400-26 and Availability Warranties by the Example of the Offshore Wind Farm Veja Mate**

*Sperrvermerk*

*Von Tabea Jaenicke (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der Veja Mate Offshore Project GmbH (Oststeinbek)*

*Kontakt: [tabea.jaenicke@gmx.de](mailto:tabea.jaenicke@gmx.de)*

### **Determination of Power Train Losses of a Battery Electrical Vehicle with Variation of the Outside Temperature**

*Sperrvermerk*

*Von Kim Lakeit (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der Audi AG*

The objective of this thesis was to describe the dependence of the losses in power train of an electric vehicle on the ambient temperature.

In the first part of this work qualitative research was used to describe all parts of a powertrain in a BEV in general. In a next step their temperature behaviour as known from literature was added.

Afterwards via quantitative methods a measurement process was created. This included the equation for calculating the energy demand, the measurement setup and selection of temperature set points and driving cycles. Moreover, an evaluation concept to illustrate the results in a pleasant way was developed.

The results of these measurements showed that the ambient temperature does not significantly influence parts such as the e-machines. Other elements like the transmissions are very depending on the component's temperature. With the increase of the surrounding temperature, their losses are reduced.

*Kontakt: [kimlakeit@t-online.de](mailto:kimlakeit@t-online.de)*

### **Investitionsrechnung und Risikoanalyse für PV-Freiflächenanlagen in Deutschland nach Ablauf der EEG-Vergütung unter Einbezug eines Geschäftsmodells und genauere Betrachtung der Stromvermarktung aus Sicht eines Betriebsführers für Photovoltaikanlagen**

*Sperrvermerk*

*Von Nils Oertel (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der greentech services GmbH (Hamburg)*

*Kontakt: [nils.oertel@posteo.de](mailto:nils.oertel@posteo.de)*

### **Konzeptstudie zum Schwenken in der Montage unter Berücksichtigung der Bauteilgewichte**

*Von Niels Tietgen (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der BMW Group*

*Kontakt: [nielstietgen@gmx.de](mailto:nielstietgen@gmx.de)*

### **Process optimization in an energy transmission project and derivation of a universal approach**

*Sperrvermerk*

*Von Dorothea Riecken (2018)*

*In Zusammenarbeit mit THOST Projektmanagement GmbH*

Continuous changes of market conditions make it necessary for organizations to adapt their core businesses and strategical directions in order to stay further competitive on the market. Especially the energy branch is affected of drastic changes and consequently, long-established organizations need to rethink their internal structures and processes.

The goal of this assignment is to transfer the lessons learned from a process optimization project in the field of energy transmission to a universal applicable approach. Eleven work steps have been developed which can be used as a guideline for the handling of upcoming

process optimizations. For achieving the best possible results, further key factors for successful process optimizations have been illustrated in this thesis. Performance leaps which are caused by the realization of process improvements can be further stabilized or even expanded by establishing a continuous improvement process.

Kontakt: [dorothea.riecken@gmail.com](mailto:dorothea.riecken@gmail.com)

### **Ertragssteigerung eines Zentralwechselrichters durch Austausch der Steuereinheit**

*Sperrvermerk*

*Von Gyde Thomsen (2018)*

*In Zusammenarbeit mit der greentech services GmbH (Hamburg)*

Kontakt: [gyde.thomsen@gmail.com](mailto:gyde.thomsen@gmail.com)