



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Forschungsjahrbuch Erneuerbare Energien 2011

Forschungsprojekte im Überblick



IMPRESSUM

- Herausgeber:** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)
Referat KI III 5 · 11055 Berlin
E-Mail: KIII5@bmu.bund.de · Internet: www.bmu.de
- Redaktion:** Gabriele Fritz, Wilfried Fritz-Maring, Jutta Perl-Mai
(FIZ Karlsruhe GmbH · Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur)
BMU, Referat KI III 5 „Forschung und Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien“
- Fachliche Beratung:** Projektträger Jülich (PtJ)
Für den Inhalt der Projektbeschreibungen ist der Projektdurchführende verantwortlich.
- Gestaltung:** KERSTIN CONRADI · Mediengestaltung Print- und Digitalmedien, Berlin
- Druck:** Inpuncto, druck + medien GmbH, Bonn
- Abbildungen:** Titelseite: Siemens Pressebild
S. 18: Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energien
S. 19: ZSW
S. 25: B. Hiss, BMU
S. 35: Manfred Witt, LichtBlick AG
S. 39: energy & meteo systems
S. 47: Fraunhofer IWES
S. 48: Leibniz Universität Hannover
S. 70: Matthias Ibeler, EnBW
S. 87: Matthias Ibeler, DOTI 2009
S. 95: Meike Bierther, PtJ
S. 99: Patrice Kunte
S. 101: Patrice Kunte
S. 115: Fraunhofer ISE
S. 125: Jan Haschke, HZB
S. 149: Forschungszentrum Jülich GmbH
S. 157: T. Ott
S. 180: Meike Bierther, PtJ
S. 181: Thomas Klink
S. 183: Grobe, GeoT
S. 193: Meike Bierther, PtJ
S. 203: Meike Bierther, PtJ
S. 212: Meike Bierther, PtJ
S. 219: ISFH
S. 231: Hydro Group, Hydro-Elektrik GmbH
S. 251: Universität Kassel
S. 259: RWE Innogy GmbH
S. 265: Torresol Energy
S. 271: DLR
S. 297: Universität Siegen
- Stand:** Juli 2012
- 1. Auflage:** 900 Exemplare

INHALTSVERZEICHNIS

1. Einführung	5
2. Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien	17
2.1 Speichertechnologien	19
2.2 Netztechnologien	25
2.3 Regenerative Kombikraftwerke – virtuelle Kraftwerke	35
2.4 Prognosen für Erzeugung und Verbrauch	39
3. Windenergie	41
3.1 Weiterentwicklung der Anlagentechnik	46
3.2 Netzintegration der Windenergie	70
3.3 Gründungen und Logistik	75
3.4 Forschung im Offshore-Testfeld	87
3.5 Forschungsplattformen	94
3.6 Ökologische Begleitforschung und technischer Umweltschutz	99
3.7 Studien und Tagungen	112
4. Photovoltaik	114
4.1 Innovationsallianz Photovoltaik	119
4.2 Siliziumwafer-Technologien	125
4.3 Dünnschichttechnologien: Silizium	149
4.4 Dünnschichttechnologien: CIS/CIGS	157
4.5 Systemtechnik, Netzanbindung und übergreifende Fragestellungen	164
4.6 Alternativkonzepte	175
5. Geothermie	180
5.1 Planungs- und Explorationsphase	183
5.2 Bohr-/Errichtungs-/Bauphase und Technologieentwicklung	193
5.3 Test- und Betriebsphase	203
5.4 Übergreifende Themen	212

6. Niedertemperatur Solarthermie	216
6.1 Forschung und Technologieentwicklung für Kollektoren und Speicher	219
6.2 Solare Heizungsunterstützung und solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicherung	231
6.3 Solare Klimatisierung	243
6.4 Solare Prozesswärme	250
7. Solarthermische Kraftwerke	256
7.1 Linienfokussierende Systeme (Parabolrinnen- und Fresnel-Kollektoren)	259
7.2 Solarturmkraftwerke	265
7.3 Integrierte Speicher	271
7.4 Übergreifendes	275
8. Übergreifende Fragestellungen und Sonstiges	277
8.1 Querschnittsaktivitäten und übergreifende Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien	277
8.2 Deutsch-israelische Kooperation in der Energieforschung	294
8.3 Wasserkraft, Meeresenergie und sonstige Querschnittsprojekte zu erneuerbaren Energien	296
9. Organisation / Ansprechpartner	300

1. EINFÜHRUNG

Die Energiewende hat begonnen. Das Energieversorgungssystem ist bereits teilweise umgestaltet und wird in überschaubarer Zeit zu einem Großteil von erneuerbaren Energien gespeist werden. Die Ziele der Bundesregierung sind im Energiekonzept von September 2010 festgehalten: Die erneuerbaren Energien sollen bis 2020 einen Anteil von 18 Prozent am Bruttoendenergieverbrauch stellen, ihr Anteil am Bruttostromverbrauch soll 35 Prozent betragen. Im Jahr 2050 sollen die prozentualen Anteile der Erneuerbaren schließlich bei 60 Prozent (Energieverbrauch) beziehungsweise 80 Prozent (Stromverbrauch) liegen. Das Energiekonzept enthält klare Maßnahmen, wie diese Ziele zu erreichen sind, als Grundlage für die Energiepolitik in Deutschland. 2011 hat das Parlament die ersten Gesetze zur Energiewende beschlossen – so unter anderem die Novellen des Atomgesetzes, des Erneuerbare-Energien-Gesetzes (EEG) und des Energiewirtschaftsgesetzes sowie das Netzausbaubeschleunigungsgesetz. Mit den Beschlüssen vom Sommer 2011 (www.bmu.de/energiewende/beschluesse_und_massnahmen/doc/47892.php) reagierte die Bundesregierung auf die Reaktorkatastrophe in Fukushima: Bis zum Jahr 2022 wird Deutschland schrittweise aus der Nutzung der Kernenergie aussteigen. Um das umsetzen zu können, soll die Energieeffizienz verbessert und der Umstieg auf die erneuerbaren Energien beschleunigt werden.

Innovationen, technologisches Know-how sowie eine überlegte Umsetzung spielen für die Energiewende eine bedeutende Rolle. Um das diesbezügliche Forschungs- und Entwicklungspotenzial deutscher Unternehmen, Universitäten und weiterer Forschungseinrichtungen voll auszuschöpfen, sind die hierfür bereitgestellten Fördermittel stark gestiegen. Mit einem Fördervolumen von 240 Millionen Euro hat allein das BMU im Jahr 2011 70 Prozent mehr Forschungsmittel für erneuerbare Energien bewilligt als im Jahr 2010.

Am 3. August 2011 hat das Bundeskabinett das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ verabschiedet. Darin sind die Grundlinien und Schwerpunkte der staatlichen Förderpolitik im Bereich innovativer Energietechnologien für die kommenden Jahre festgelegt, entsprechend der Ziele des Energiekonzepts sowie des im Sommer 2011 beschlossenen Energiepakets. Die Aufgaben sind an die hierfür zuständigen Ministerien verteilt: an das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi; federführend), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

(BMU), das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Für die Jahre 2011 bis 2014 sind im 6. Energieforschungsprogramm rund 3,5 Milliarden Euro für Forschung und Entwicklung zukunftsfähiger Energietechnologien vorgesehen. Im Vergleich mit den vergangenen vier Jahren bedeutet das eine erhebliche Steigerung der Mittel für innovative Energietechnologien um 75 Prozent.

Das BMU ist innerhalb der Bundesregierung zuständig für erneuerbare Energien und somit ebenfalls für die Forschungsförderung in diesem Bereich. Auch in Zukunft wird das Ministerium diese Förderung weiter deutlich ausweiten. So sollen folgende strategische Ziele erreicht werden:

- Der Anteil der erneuerbaren Energien soll weiter gesteigert werden und damit ein Beitrag zum Klimaschutz geleistet werden
- Die Kosten der erneuerbaren Energien sollen weiter deutlich gesenkt werden
- Die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen am Weltmarkt soll gesteigert werden und somit zukunftsfähige Arbeitsplätze geschaffen werden
- Die Umwelt- und Naturverträglichkeit der Technologien sollen verbessert werden

Für die Bewilligung einzelner Projekte spielen neben den genannten strategischen Zielen des BMU auch die fachliche Exzellenz sowie die förderrechtlichen Vorgaben eine wichtige Rolle. Grundsätzlich wird darauf geachtet, dass die Ergebnisse der geförderten Projekte schnell in die Praxis überführt werden. Bevorzugt werden daher Verbundprojekte für eine Förderung ausgesucht, in denen Hochschulen beziehungsweise außeruniversitäre Forschungseinrichtungen mit Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft kooperieren.

Thematisch liegen die Schwerpunkte der Forschungsförderung bei der Windenergie inklusive der ökologischen Begleitforschung, der Photovoltaik, dem Thema Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien, der Geothermie (Nutzen von Erdwärme), der Niedertemperatur-Solarthermie (Produktion von Wärme beziehungsweise Kälte aus Sonnenwärme), der Hochtemperatur-Solarthermie bzw. den solarthermischen Kraftwerken (Produktion von Strom aus Sonnenwärme) sowie bei den übergreifenden Fragestellungen, etwa zur Gestaltung zukünftiger Strommärkte und zur Akzeptanz der Bürger. Im Einzelfall fördert das BMU zudem Forschungs-

projekte im Bereich Meeresenergie, mit Schwerpunkt auf Meeresströmungsturbinen und Wellenenergiekonvertern, wobei besonders auf die ökologischen Auswirkungen dieser Technologien geachtet wird.

Ausführliche Angaben für interessierte Unternehmen und Forschungseinrichtungen finden sich in der zum 6. Energieforschungsprogramm erstellten Förderbekanntmachung des BMU, veröffentlicht im Bundesanzeiger vom 17. Januar 2012. An einer Förderung Interessierte können sich auch auf den Seiten des Projektträgers Jülich, Geschäftsbereich Erneuerbare Energien, informieren, welcher die Forschungsförderung der erneuerbaren Energien für das BMU betreut (www.ptj.de/erneuerbare_energien).

Im Jahr 2011 wurden insgesamt 724 (2010: 580) laufende Forschungsprojekte mit Mitteln in Höhe von rund 130 Millionen Euro (2010: 120 Millionen Euro) unterstützt. Für die Gesamtlaufzeit der im Jahr 2011 neu bewilligten exakt 300 Projekte (2010: 184) wurden zudem weitere 245 Millionen Euro (2010: 140 Millionen Euro) eingeplant. In der Regel dauern die Projekte rund drei Jahre.

Zusätzlich zu der BMU-Förderbekanntmachung zum Energieforschungsprogramm hat 2011 die Förderinitiative Energiespeicher begonnen, eine gemeinsame Initiative der Bundesministerien BMU, BMWi und BMBF. Insgesamt stehen dafür bis zu 200 Millionen Euro bereit. Mit dem Geld sollen Forschungsprojekte gefördert werden, aus denen leistungsfähige, effiziente und wirtschaftlich zu betreibende Energiespeicher für Strom, Wärme und andere Energieträger hervorgehen. Diese Technologien sind neben einem geeigneten Lastmanagement und neuen Netzstrukturen für die weitere Umsetzung der Energiewende von strategischer Bedeutung. Noch gibt es im Bereich der Energiespeicherung allerdings grundlegende technologische Hürden, denen mit der Förderinitiative Energiespeicher entgegengewirkt werden soll. Die Förderbekanntmachung wurde im Bundesanzeiger am 21. April 2011 veröffentlicht, die ersten Projekte beginnen im Jahr 2012.

Eine weitere ministeriumsübergreifende Förderbekanntmachung von BMU und BMBF ist die Innovationsallianz Photovoltaik, die bereits im Jahr 2010 begonnen hat. Insgesamt werden von beiden Ministerien dafür 100 Millionen Euro über drei bis vier Jahre zur Verfügung gestellt. Die Industrie hat zugesagt, im Gegenzug 500 Millionen Euro zu investieren. Bei den geförderten Projekten liegt der Schwerpunkt auf industriegeführten Verbundprojekten,

in denen die gesamte Prozesskette enthalten sein sollte. Auch hinsichtlich der beteiligten Unternehmen sollten die hier geförderten Projekte übergreifend sein, von Ausrüstungs- und Systemtechnologieunternehmen bis hin zu Anwendern in der Photovoltaik-Industrie sollten jeweils unterschiedliche Partner vorhanden sein. Das Ziel der Innovationsallianz war, möglichst schnell neue Verfahren und innovative Produkte für die praktische Umsetzung hervorzubringen und die internationale Wettbewerbsfähigkeit der Branche zu stärken. Insgesamt wurden 28 Projekte für eine Förderung ausgewählt. Im Jahr 2011 haben 10 Verbundvorhaben begonnen, die mit BMU-Fördermitteln in Höhe von insgesamt 33 Millionen Euro unterstützt werden.

In diesem Forschungsjahrbuch werden sämtliche Projekte, die entsprechend der Förderbekanntmachung des BMU im Laufe des Jahres 2011 eine Förderung erhielten, kurz vorgestellt. Zudem wird ein kurzer Einblick in die unterschiedlichen Themenbereiche sowie in deren aktuelle Marktsituation gegeben. So gibt das Jahrbuch Interessierten aus Politik, Wirtschaft, Forschung, aber auch dem interessierten Bürger, einen vollständigen Überblick über die Forschungsförderung des BMU im Bereich der erneuerbaren Energien. Die Broschüre ergänzt somit den BMU-Jahresbericht 2011 „Innovation durch Forschung“, in dem einige ausgewählte Projekte einem breiteren Publikum vorgestellt werden (www.bmu.de/bestellformular/content/4159.php).

Im Jahresbericht sind zusätzlich zu dieser Broschüre auch weitere Informationen zu den ergänzenden Förderprogrammen des BMU zu finden, etwa innerhalb des Programms zur Förderung von Forschung und Entwicklung zur klimaeffizienten Optimierung der energetischen Biomassenutzung sowie zu weiteren Einzelmaßnahmen, für die von 2011 bis 2013 insgesamt 18 Millionen Euro zur Verfügung stehen (siehe Jahresbericht 2011 „Innovation durch Forschung“, Kapitel „Ergänzende Förderprogramme des Bundesumweltministeriums mit Bezug zur Forschungsförderung für erneuerbare Energien“).

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien hat im Jahr 2011 gegenüber 2010 um 17 Prozent zugenommen, hier wurde nach ersten Abschätzungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) aus März 2012 ein Anteil von 20 Prozent am gesamten Stromverbrauch erreicht. 2010 waren es noch rund 17,1 Prozent gewesen. Windenergie und Photovoltaik hatten zusammen den größten Anteil an dieser deutlichen Steigerung. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergieverbrauch für Wärme ist ebenfalls angestiegen, auf 10,4 Prozent (2010: 10,2 Prozent). Wegen des milden

Wetters ging der gesamte Wärmeverbrauch um rund 6 Prozent im Vergleich zu 2010 zurück. Am gesamten Endenergieverbrauch in Deutschland – Strom, Wärme und Kraftstoffe zusammengefasst – stieg der Anteil der erneuerbaren Energien von 11,3 Prozent im Jahr 2010 auf 12,2 Prozent im Jahr 2011. Durch die Nutzung der Erneuerbaren konnten im Jahr 2011 rund 129 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalente vermieden werden (2010: 120 Millionen Tonnen).

Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien

Die erneuerbaren Energien sind jetzt Teil des Energieversorgungssystems. Es geht nicht länger nur darum, vereinzelt lokal regenerativ erzeugten Strom in ein anderweitig gestaltetes System zu integrieren. Stattdessen rücken die erneuerbaren Energien ins Zentrum der Energieversorgung, mit der Energiewende werden sie endgültig systemrelevant.

Die Aufgabe ist es nun, das Gesamtsystem so zu gestalten, dass es mit einem Hauptanteil erneuerbarer Energien und somit einem Großteil an fluktuierend erzeugtem Strom aus Wind- und Sonnenenergie zuverlässig funktioniert. Nachfrage und Angebot müssen optimal aufeinander abgestimmt sein. Damit das Gesamtsystem an die Fortschritte in den einzelnen Technologien wie etwa Windenergie und Photovoltaik sowie an den kontinuierlichen Ausbau der erneuerbaren Energien angepasst werden kann, weitet das BMU den Förderbereich Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien deutlich aus. In Ergänzung zum Netzausbau sollen hier Projekte gefördert werden, die dazu beitragen, das Netz durch intelligentes Management, zum Beispiel in Kombination mit geeigneten Speichertechnologien, umzugestalten. Eine weitere relevante Forschungsaufgabe besteht darin, erneuerbare Energien in Zukunft in die Lage zu versetzen, auch Systemdienstleistungen wie etwa Spannungshaltung innerhalb der Netze allein zu stellen. In der Vergangenheit wurden diese Dienstleistungen hauptsächlich von fossilen und nuklearen Kraftwerken erbracht.

Zentrale Themen des Förderschwerpunktes Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien sind:

- Regenerative Kombikraftwerke – virtuelle Kraftwerke
- Intelligente Netze – Lastmanagement
- Netztechnologien
- Speichertechnologien
- Systemdienstleistungen
- Prognosen für Erzeugung und Verbrauch

Seit 2008 stellt dieser Themenbereich einen eigenen Förderschwerpunkt dar, anfangs noch unter dem Titel „Optimierung der Energieversorgungssysteme“. Die Forschungsarbeiten in diesem Bereich, die vor 2008 stattgefunden haben, wurden der Photovoltaik beziehungsweise der Windenergie zugeordnet.

Im Jahr 2011 wurden 26 (2010: 22) neue Projekte mit einem Gesamtvolumen von rund 26,3 Millionen Euro (2010: 12,2 Millionen Euro) bewilligt. In laufende Vorhaben flossen 2011 rund 12,8 Millionen Euro (2010: 11,3 Millionen Euro).

Windenergie

Auf absehbare Zeit wird die Windenergie den größten Beitrag der erneuerbaren Energien im Stromsektor leisten, diese Einschätzung hat sich auch im Laufe des Jahres 2011 nicht geändert. Im Energiekonzept der Bundesregierung ist festgehalten, dass vorrangiger Handlungsbedarf darin besteht, den Ausbau der Offshore-Windenergie deutlich zu beschleunigen. Bis 2030 soll deren Leistung auf 25 GW ausgebaut werden, bisher stellt sie noch einen kleinen Anteil des produzierten Windstroms in Deutschland dar. Insgesamt konnte die Windenergie, offshore und onshore zusammengefasst, ihre Spitzenposition unter den erneuerbaren Energien im Strombereich ausbauen. Laut ersten Berechnungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) aus März 2012 deckte die Windenergie 2011 allein 7,6 Prozent des gesamten deutschen Stromverbrauchs.

Um die Windenergie auch weiterhin auszubauen, sollen die spezifischen Kosten der Anlagen gesenkt werden und der Stromertrag sowie die Verfügbarkeit der Anlagen durch zuverlässiges Betriebsverhalten und lange Lebensdauer gesteigert werden. Da der Ausbau der Windenergie umwelt- und naturverträglich erfolgen soll, werden schwerpunktmäßig auch Projekte zur ökologischen Begleitforschung beziehungsweise zur technologischen Optimierung von Windenergieanlagen im Hinblick auf ihre ökologischen Auswirkungen gefördert.

Die Förderschwerpunkte laut Förderbekanntmachung des BMU zum 6. Energieforschungsprogramm sind:

- Gesamtanlage, Weiterentwicklung kompletter WEA
- Antriebsstrangkonzeppte, elektrische Komponenten
- Rotorblätter
- Gründungs-, Fundament- und Turmkonzeppte, Tragstrukturen
- Windpotenzial, Windphysik
- Logistik, Anlageninstallation, Instandhaltung und Betriebsführung

- Umweltaspekte, ökologische Begleitforschung, Akzeptanzforschung Windenergie

Zudem werden auch übergreifende Themen gefördert, wie etwa Automatisierung und Qualitätssicherung in der Produktion oder Prüfstände für Komponenten von Windenergieanlagen.

Im Jahr 2011 hat das BMU 74 Projekte mit einem Gesamtvolumen von 77,1 Millionen Euro bewilligt. Das bedeutet abermals einen deutlichen Aufwuchs gegenüber dem Vorjahr (2010: 37 Projekte mit insgesamt 53 Millionen Euro) und belegt die hohe Bedeutung, die dieser Technologie zugemessen wird. Die Projekte haben in der Regel eine Laufzeit von drei Jahren. In laufenden Projekten flossen 2011 44 Millionen Euro (2010: 36,8 Millionen Euro). Diese 44 Millionen stellen 30,3 Prozent der eingesetzten Fördermittel für 2011 dar, damit liegt die Windenergie zusammen mit der Photovoltaik (32,9 Prozent) an der Spitze der Förderung.

Photovoltaik

Mit rund 7,5 Gigawatt lag der Zubau an Photovoltaik-Anlagen in Deutschland im Jahr 2011 auf dem Rekordniveau von 2010. Ende 2011 waren somit insgesamt 24,8 Gigawatt Leistung in Deutschland installiert. Die Kosten für Strom aus Photovoltaik-Anlagen haben sich seit 2008 halbiert und werden weiter sinken. Aufgrund der wachsenden Konkurrenz aus Asien war das Jahr 2011 dennoch ein herausforderndes Jahr für die deutsche Photovoltaik-Industrie. Der Konkurrenzdruck wird dadurch verstärkt, dass der Weltmarkt wahrscheinlich zukünftig nicht mehr mit vergleichbaren Raten wachsen wird wie in der Vergangenheit. Die Forschungsförderung des BMU soll dazu beitragen, dass die deutschen Unternehmen auch in dieser Marktlage weiterhin konkurrenzfähig bleiben. Die Kosten für photovoltaisch erzeugten Strom sollen weiter gesenkt werden, gleichzeitig soll ein hoher Wertschöpfungsanteil in Deutschland bei Materialien, Fertigungstechnik und Anlagenkomponenten gesichert werden. Dazu wird auf eine einzigartige Qualität der Produkte gesetzt. Insbesondere anwendungsorientierte Projekte werden unterstützt. Der Förderbekanntmachung entsprechend betrifft das folgende Themengebiete:

- Siliziumwafer-Technologie
- Dünnschichttechnologien
- Systemtechnik
- Alternative Solarzellenkonzepte und neue Forschungsansätze

Zusätzlich werden Projekte zu übergreifenden Fragestellungen unterstützt. Dazu gehört es, die gebäudeintegrierte Photovoltaik weiterzuentwickeln, Stoffe zu vermeiden, die Umwelt oder Gesundheit belasten, weniger Energie für die Produktion der PV-Module einsetzen zu müssen sowie ein geeignetes Recycling der Module zu entwickeln. Auch die ökologische Begleitforschung im Hinblick auf Freiflächenanlagen und die Forschung zur Akzeptanz der Bevölkerung fallen darunter.

Bei den für die Forschung an erneuerbaren Energien verwendeten Fördermitteln des BMU lag die Photovoltaik mit 32,9 Prozent im Jahr 2011 zusammen mit der Windenergie (30,3 Prozent) an der Spitze. Insgesamt flossen – wie auch im Jahr 2010 – innerhalb des Jahres 2011 rund 39 Millionen Euro in laufende Photovoltaik-Projekte. Auch in Bezug auf die neu bewilligten Projekte lag die Photovoltaik mit vorne: 30,3 Prozent der Mittel für neue Projekte wurden für die Photovoltaik eingeplant. Die insgesamt rund 74,3 Millionen Euro teilen sich auf 96 neue Projekte auf (2010: 45 neue Projekte für insgesamt 39,8 Millionen Euro).

Geothermie

Die Geothermie steht im Gegensatz zu der witterungsabhängigen Wind- und Sonnenenergie kontinuierlich zur Verfügung. Es handelt sich dabei um eine Energie, die unterhalb der festen Oberfläche der Erde zu finden ist, oft auch als Erdwärme bezeichnet. Sie wird seit der Entstehung der Erde durch natürliche Prozesse im Erdinneren kontinuierlich und fortdauernd erzeugt. Per Definition handelt es sich bei einer Nutzung von Erdwärme aus einer Tiefe ab 400 Metern um tiefe Geothermie. Wird in Zukunft ein Hauptteil der Energieversorgung aus erneuerbaren Energien produziert, kann die tiefe Geothermie eine wichtige Funktion übernehmen: Sie könnte dazu eingesetzt werden, einen Teil der benötigten Grundlast in der Stromversorgung sicherzustellen. Allein vom Potenzial her gesehen, könnte der Energiebedarf Deutschlands sich theoretisch um ein Vielfaches durch Geothermie decken lassen.

Es ist noch viel Forschungs- und Entwicklungsarbeit zu leisten, um diese Energieform auch wirtschaftlich und zuverlässig nutzen zu können, weswegen das BMU entsprechende Projekte unterstützt. In der BMU-Förderbekanntmachung zum 6. Energieforschungsprogramm sind alle verschiedenen Projektphasen, die sich für den Bau einer geothermischen Anlage ergeben, berücksichtigt:

- Planungs- und Explorationsphase
- Bohr-/Errichtungs-/Bauphase und Technologieentwicklung

- Test- und Betriebsphase
- Übergreifende Themen

Der Schwerpunkt der Förderung liegt auf der spezifischen Technologieentwicklung, daneben stehen Projekte, die das Fündigkeits- und Erfolgsrisiko verringern sollen, sowie Projekte, die die Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung sicherstellen beziehungsweise erhöhen.

Im Jahr 2011 wurden insgesamt 42 Projekte mit einem Fördervolumen von zusammen 24,1 Millionen Euro neu bewilligt (2010: 15 Millionen Euro). In laufende Projekte flossen zusammen 11,6 Millionen Euro (2010: 9,9 Millionen Euro).

Niedertemperatur-Solarthermie

Knapp über die Hälfte des Endenergieverbrauchs in Deutschland entsteht durch erzeugte Wärme oder Kälte. Nur auf private Haushalte bezogen, entstehen sogar 80 bis 90 Prozent des Endenergieverbrauchs durch den Kälte- und Wärmebedarf. Diese Werte bedeuten ein großes Potenzial für die Technologie der Niedertemperatur-Solarthermie. Dabei wird die Sonnenstrahlung mit Hilfe von Kollektoren gesammelt und in Wärme umgewandelt. Nach Auswertungen des Bundesindustrieverbands Deutschland Haus-, Energie- und Umwelttechnik sowie des Bundesverbands Solarwirtschaft hat sich der Markt im vergangenen Jahr mit einem Marktwachstum von circa 10 Prozent etwas erholt. Insgesamt waren Ende des Jahres demnach 1,66 Millionen Solarthermie-Anlagen mit zusammen 15,3 Millionen Quadratmetern Fläche überwiegend auf Ein- und Zweifamilienhäusern in Deutschland installiert, sowohl für die Erwärmung von Trinkwasser als auch für die Heizungsunterstützung. Bislang stellt sie allerdings erst einen kleinen Anteil an der Wärmeversorgung dar, 2011 waren es insgesamt circa 5,6 Terawattstunden Wärme.

Das langfristige Ziel der Forschungsstrategie der Deutschen Solarthermie-Technologie Plattform (DSTTP), die innerhalb des BMU-Projektes „Technosol“ von über 100 Branchenexperten gemeinsam entwickelt wurde, ist es, dass die Niedertemperatur-Solarthermie auf lange Sicht zur kostengünstigsten Wärmequelle wird: 2050 soll sie einen Anteil von 50 Prozent erreichen. Um das umzusetzen, müssen die Solaranlagen insgesamt deutlich kostengünstiger werden. Bis 2020 sollen die solaren Wärmegestehungskosten gegenüber 2005 etwa halbiert werden. Zukünftig soll zudem die Primärenergie, die sich durch diese Technologie einsparen lässt, einfacher nachzuweisen sein, um den Anreiz für die Käufer zu erhöhen. Durch die steigenden Energiepreise

lohnt sich der Umstieg auf Solarwärme insbesondere auf lange Sicht. Aufbauend auf der DSTTP-Forschungsstrategie hat nun der Bundesverband Solarwirtschaft, ebenfalls mit Unterstützung des BMU, eine Marktentwicklungsstrategie erstellt, namens „Fahrplan Solarwärme“. Darin werden Handlungsempfehlungen für Branchenträger und Entscheidungsträger ausgesprochen.

In der Förderbekanntmachung zum 6. Energieforschungsprogramm hat das BMU in diesem Technologiebereich folgende Schwerpunkte gesetzt:

- Kollektortechnik
- Systemtechnik / Niedertemperatur-Solarthermie im Gebäudebereich („Solaraktivhaus“)
- Neue Anwendungsgebiete: Solare Kühlung und solare Prozesswärme
- Wärmespeicherung

2011 wurden 21 neue Projekte zur Niedertemperatur-Solarthermie mit einem Fördervolumen von 9,4 Millionen Euro bewilligt (2010: 16 neue Projekte für 6,8 Millionen Euro), in laufende Forschungsprojekte des Jahres 2011 flossen 6,5 Millionen Euro (2010: 8,4 Millionen Euro).

Solarthermische Kraftwerke

In solarthermischen Kraftwerken wird die Energie der Sonne konzentriert, um hohe Hitze und damit Strom zu erzeugen. Im Gegensatz zur Photovoltaik ergibt sich durch den Zwischenschritt Wärme ein Vorteil für die Energiespeicherung: Wärme lässt sich wirtschaftlicher speichern als Strom. Durch Speicher und auch durch die mögliche Kombination mit fossilen Brennstoffen (Hybridisierung), lässt sich bei dieser Technologie im Gegensatz zu Windenergie und Photovoltaik Strom nach Bedarf erzeugen. Somit könnten solarthermische Kraftwerke in der Zukunft dazu genutzt werden, die schwankende Energieversorgung aus Wind und Photovoltaik zum Teil auszugleichen.

Die Kraftwerke werden mittlerweile in erheblichen Stückzahlen kommerziell gebaut und betrieben, laut EASAC (European Academies Science Advisory Council) waren im Jahr 2011 weltweit circa 1,3 Gigawatt in Betrieb. 2,3 Gigawatt sind aktuell in Bau und 31,7 Gigawatt sind geplant. Weiterhin wird mit starkem Zubau gerechnet. In einer Studie aus 2010 rechnet das Beratungsunternehmen A.T. Kearney mit einer möglichen Kapazität von bis zu 30 Gigawatt im Jahr 2020 und 60 beziehungsweise in den positivsten Szenarien sogar 80 bis 100 Gigawatt bis 2025. Märkte befinden sich insbesondere in Nordafrika, dem Mittelmeerraum und in Indien.

Auch wenn in Deutschland selbst die klimatischen Bedingungen für diese Technologie nicht geeignet sind, ist die deutsche Industrie weltweit führend bei Entwicklung, Herstellung und Export von Einzelkomponenten und Kraftwerkskonzepten. Praktisch alle Schlüsselkomponenten werden in Deutschland hergestellt. Das BMU fördert die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung dieser Technologie, um diese Spitzenposition auch in Zukunft zu behaupten.

Laut BMU-Förderbekanntmachung zum 6. Energieforschungsprogramm werden folgende Themenfelder gefördert:

- Parabolrinnenanlagen
- Fresnel-Anlagen
- Solare Turmkraftwerke
- Integrierte Speicher
- Übergreifende Fragestellungen

Im Jahr 2011 wurden 20 neue Projekte mit einem Fördervolumen von zusammen 11,2 Millionen Euro gefördert (2010: 16 Projekte für 9,7 Millionen Euro). In laufende Vorhaben flossen 6,1 Millionen Euro (2010: 5,8 Millionen Euro).

Übergreifende Fragestellungen und Sonstiges

Nicht nur die einzelnen Technologien müssen weiterentwickelt werden, um die Energiewende erfolgreich umzusetzen. Stattdessen muss das System auch im Gesamtzusammenhang gesehen werden. In Projekten zur Förderung von Querschnitts- und übergreifenden Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie der erneuerbaren Energien sollen die wissenschaftlichen Fragen zu den geeigneten politischen, sozialen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen für das zukünftige Energieversorgungssystem gestellt werden.

Die im Jahr 2011 geltende Förderbekanntmachung wurde im August 2010 veröffentlicht. Darin liegt ein Schwerpunkt auf dem Thema Strommarktdesign. Die bestehenden Marktmechanismen müssen an einen immer weiter zunehmenden Anteil erneuerbarer und meist fluktuierender Energien am Energieangebot angepasst werden. Im März 2012 hat das BMU nun eine neue Förderbekanntmachung veröffentlicht, die insbesondere die weitere Ausgestaltung des Strommarktes sowie übergreifende Aspekte der Systemtransformation in den Mittelpunkt der weiteren Förderung stellt.

Im Jahr 2011 wurden 17 neue Projekte im Bereich Querschnittsaktivitäten mit einem Volumen von zusammen rund 4,9 Millionen Euro (2010: 16 Projekte

für insgesamt 3,5 Millionen Euro) bewilligt. Damit setzt sich der stetig wachsende Mittelanteil für Neubewilligungen in diesem Bereich weiter fort (siehe dazu auch Diagramm in Kapitel 8). In laufende Vorhaben flossen innerhalb des Jahres 2011 3 Millionen Euro (2010: 2,6 Millionen Euro).

Innerhalb einer Forschungsk Kooperation mit dem israelischen Ministerium für Wissenschaft und Technologie (MOST) werden seit 2007 vier Verbundprojekte gefördert. Forschungsschwerpunkte sind Fragestellungen zur solarthermischen Meerwasserentsalzung, zur Photovoltaik und zur Windkraft.

Im Einzelfall fördert das BMU außerdem Projekte über Technologien zur Meeresenergienutzung sowie zur ökologischen Verträglichkeit der Wasserkraft.

Zusammenfassend verteilen sich die 2011 bewirtschafteten Mittel wie folgt auf die einzelnen Förderschwerpunkte:

	Neu bewilligte Projekte 2011		Mittelabfluss 2011	Mittelabfluss Durchschnitt 2008 – 2011	
	1.000 Euro	Prozent	1.000 Euro	1.000 Euro	Prozent
Wind	77.102	31,4	44.013	34.647	30,3
Photovoltaik	74.332	30,3	38.827	37.686	32,9
Geothermie	24.056	9,8	11.599	10.685	9,3
Niedertemperatur-Solarthermie	9.367	3,8	6.451	6.718	5,9
Solarthermische Kraftwerke	11.167	4,6	6.058	6.511	5,7
Systemintegration	26.269	10,7	12.819	8.962	7,8
Sonstiges	22.896	9,4	9.631	9.207	8,1
Summe	245.189	100,0	129.398	114.416	100,0

Quelle: BMU

2. REGENERATIVE ENERGIEVERSORGUNGSYSTEME UND INTEGRATION ERNEUERBARER ENERGIEN

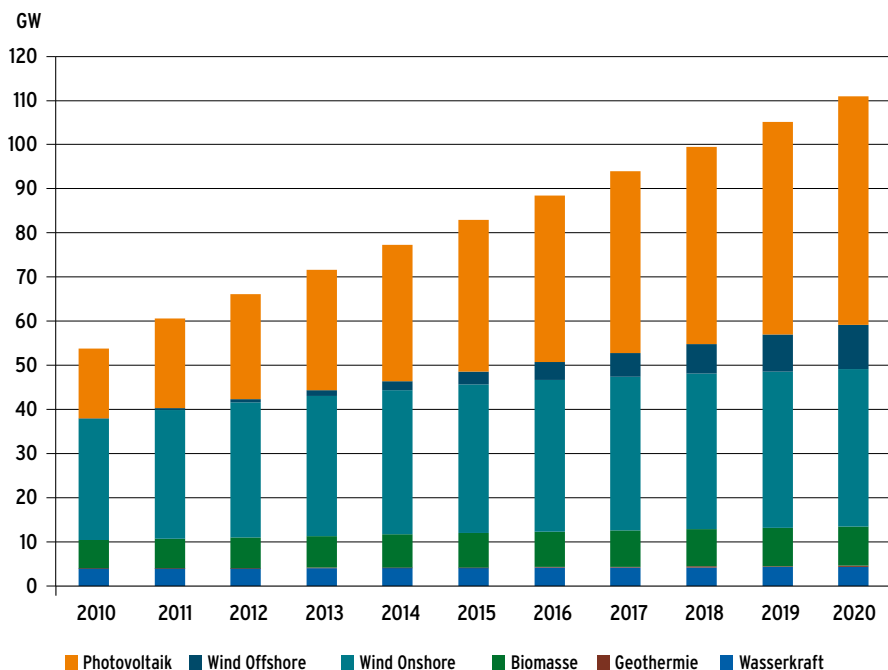
Mit knapp 122 Milliarden Kilowattstunden ist der Anteil des Stroms, der 2011 aus erneuerbaren Energien bereitgestellt werden konnte, gegenüber 2010 (104 Milliarden Kilowattstunden) sprunghaft angestiegen – er erreichte einen Anteil von 20 Prozent am gesamten Stromverbrauch. Der Anteil des Stroms aus Windenergie und Photovoltaik ist am stärksten angestiegen. Bei beiden handelt es sich um dezentrale, fluktuierende Quellen für die Stromerzeugung, im Gegensatz zu gleichmäßig arbeitenden fossilen oder atomaren Kraftwerken. Diese boten bisher die Grundlage für die Struktur des Energieversorgungssystems. Das gesamte Stromnetz ist ursprünglich für eine Stromversorgung aus zentralen, gleichmäßig produzierenden Kraftwerken ausgerichtet worden.

Wind oder Sonne sind nicht konstant verfügbar. Trotzdem soll der Strom für die Endkunden zuverlässig fließen, Stromerzeugung und -verbrauch müssen jederzeit übereinstimmen. Dafür müssen Ideen umgesetzt werden, wie sich die Produktion des Stroms stärker an der Nachfrage orientieren kann, andererseits aber auch die Nachfrageseite flexibler auf die Stromproduktion reagieren kann, etwa durch intelligentes Lastmanagement. Dabei werden zum Beispiel elektrische Geräte dann benutzt, wenn viel Strom verfügbar ist. Leistungsfähige Stromspeicher, durch welche die Produktionspausen ausgeglichen werden, spielen ebenfalls eine wichtige Rolle.

Die Anlagen zur Nutzung erneuerbarer Energien sind zudem weitgehend dezentral in ganz Deutschland verteilt. Kleine Mengen an Strom aus einzelnen Photovoltaik-Anlagen müssen ebenso wie hohe Leistungen aus Windparks an verschiedenen Orten eingespeist werden. Auch Systemdienstleistungen wie etwa Spannungshaltung der Netze, die aktuell noch vor allem von fossilen Kraftwerken erbracht werden, müssen die Erneuerbaren in Zukunft übernehmen. Dazu kommen weitere Entwicklungen, die zu berücksichtigen sind: die Liberalisierung der Stromversorgung, grenzüberschreitende Stromlieferungen und die Altersstruktur des Kraftwerkparks.

20 Prozent sind nicht länger ein kleiner Anteil, der in das bestehende System integriert werden muss. Stattdessen werden die erneuerbaren Energien systemrelevant. Die entscheidende, umfassende Frage lautet mittlerweile, wie das Gesamtsystem umgestaltet werden muss, damit es mit einem Hauptanteil erneuerbarer Energien und fluktuierender Einspeisung aus Wind- und

Sonnenenergie zuverlässig funktioniert. Es muss untersucht werden, welche Technologien gebraucht werden, damit Angebot und Nachfrage optimal aufeinander abgestimmt sind. Vor diesem Hintergrund weitet das BMU den Förderbereich Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien deutlich aus. Zentrale Themen sind Intelligente Netze und Lastmanagement, Netz- und Speichertechnologien, regenerative Kombikraftwerke – virtuelle Kraftwerke, Systemdienstleistungen und verbesserte Prognosen für Erzeugung und Verbrauch.



Prognostizierte Entwicklung der installierten Leistung erneuerbarer Energien in Deutschland

2.1 SPEICHERTECHNOLOGIEN

Mittel- bis langfristig werden leistungsfähige und wirtschaftlich zu betreibende Energiespeicher eine zentrale Rolle für die künftige regenerative Energieversorgung haben. Die Bundesregierung intensiviert daher die Forschung in neue Speichertechnologien, um notwendige Kostensenkungen zu erreichen und Energiespeicher zur Marktreife zu führen. Das Anforderungsspektrum in diesem Bereich reicht vom Leistungsspeicher für kurzfristige Fluktuationen bis zur saisonalen Speicherung erneuerbarer Energien. Da verschiedene Speichertechnologien Vorteile unter jeweils unterschiedlichen Blickwinkeln bieten, ist die Entwicklung unterschiedlicher Technologien erforderlich.

Die Fragestellungen von Forschung und Entwicklung im Bereich Speicherung sind vielfältig und fallen in den Zuständigkeitsbereich mehrerer Ministerien. Vor diesem Hintergrund haben BMU, BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) und BMBF (Bundesministerium für Bildung und Forschung) gemeinsam die Förderinitiative Energiespeicher gestartet, für die insgesamt bis zu 200 Millionen Euro bereitgestellt werden. Gefördert wird die Entwicklung einer großen Bandbreite von Speichertechnologien für Strom,



Power-to-Gas-Demonstrationsanlage des ZSW

Wärme und andere Energieträger. Die Förderbekanntmachung wurde im Bundesanzeiger am 21. April 2011 veröffentlicht und stieß auf große Resonanz bei Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Insgesamt wurden über 400 Skizzen mit Projektvorschlägen eingereicht. Über 70 Vorschläge wurden bereits zur Antragstellung aufgefordert, die ersten Projekte werden im Jahr 2012 beginnen.

Laut BMU-Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 zum 6. Energieforschungsprogramm werden zudem folgende Forschungsbereiche gefördert:

- Die Speichertechnologien sollen weiterentwickelt und an die fluktuierende Einspeisung im kurz- und mittelfristigen Bereich angepasst werden (zum Beispiel Redox-Flow-Batterien).
- Die Speichertechnologien sollen dahingehend entwickelt werden, dass sie für die Erhöhung des Eigenverbrauchs von Photovoltaikstrom geeignet sind und somit zur Netzentlastung beitragen (zum Beispiel Lithium-Ionen-Batterien).
- Die Langzeitspeicherung von erneuerbaren Energien soll ermöglicht werden, zum Beispiel durch die Umwandlung von Strom in Wasserstoff oder Methan.
- Flexible Elektrolyseure für schnelle Lastschwankungen sollen entwickelt werden.
- Eine große Zahl von kleinen dezentralen Speichern soll zu virtuellen Großspeichern verbunden und passend koordiniert werden
- Die Investitionskosten und Anfahrzeiten der Speicher sollen reduziert, der Wirkungsgrad und die Lebens-/Zyklendauer sollen verbessert werden.
- Die Speicherkapazität von Elektrofahrzeugen soll für Lastmanagement und Rückspeisung sowie für Regelennergiedienstleistungen nutzbar gemacht werden.

Eine perspektivisch vielversprechende Möglichkeit für die notwendige Langfristspeicherung erneuerbarer Energien stellt die Umwandlung des Stroms in Wasserstoff beziehungsweise Methan dar. Sowohl Wasserstoff als auch Methan können lokal, zum Beispiel in unterirdischen Kavernen, oder in das Erdgasnetz eingespeist werden – im Fall von Methan sogar unbegrenzt. In dem aktuell geförderten Projekt „Power to Gas“ (FKZ 0325275A-C) entwickeln die Projektpartner Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW), SolarFuel GmbH und Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) das von ihnen entwickelte Power-to-Gas-Verfahren weiter, indem sie eine 250-Kilowatt-Demonstrations-

anlage bauen. Seit 2009 läuft am ZSW bereits erfolgreich eine kleine Demonstrationsanlage mit 25 Kilowatt elektrischer Anschlussleistung. Die Anlage erzeugt mit Strom aus erneuerbaren Energien Wasserstoff durch Elektrolyse von Wasser (H_2O). Der Wasserstoff wird anschließend mit Kohlendioxid (CO_2) zu Methan (CH_4) umgesetzt. Ein Schwerpunkt der Arbeiten umfasst die Entwicklung und Erprobung geeigneter Lastdynamik- und Betriebskonzepte, um die Regenergie zukünftig auch flexibel bereitstellen zu können. Neben der saisonalen Speicherung mit Rückverstromung bietet die Methanisierung des Stroms auch alternative Verwendungsmöglichkeiten in anderen Energiebereichen oder der Grundstoffindustrie.

Verbundprojekt: Netzgekoppelte PV-Systeme mit Lithium-Ionen basierten Speichern zur Verbesserung der Integration von Erneuerbaren Energien in das öffentliche Stromnetz

Förderkennzeichen: 0325044A; 0325044B

Laufzeit: 01.04.2008 – 31.03.2013

Zuwendungssumme: 2.558.671 Euro

Projektpartner: voltwerk electronics GmbH (Koordinator); Saft Batterien GmbH

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von netzgekoppelten PV-Systemen mit Lithium-Ionen Speichern. Dabei soll der Eigenverbrauch von PV-Energie optimiert und eine verbesserte Netzintegration von erneuerbaren Energieträgern erreicht werden. Für Privathaushalte wird es dann möglich werden, einen Großteil des Strombedarfes durch selbst erzeugten PV-Strom zu decken. Um dies technisch zu ermöglichen, werden Lithium-Ionen Speicher mit hocheffizienten Wechselrichtern kombiniert. Ein lokales Energiemanagementsystem sorgt dabei für den optimalen Leistungsfluss zwischen Speicher, PV-Anlage und Haushaltslasten. Weiterhin wird der Beitrag netzgekoppelter PV-Batterie-Systeme zu einer effizienteren und zuverlässigeren Stromversorgung bestimmt. Erste Prototypen werden in einem Feldversuch erprobt.

Verbundprojekt: Flottenversuch Elektromobilität

Förderkennzeichen: 0325071F; 0325071A; 0325071B; 0325071C; 0325071E; 0325071G; 0325071H; 0325071Z

Laufzeit: 01.07.2008 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 14.985.180 Euro

Projektpartner: VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT – Konzernforschung – Antriebssysteme (Koordinator); ifeu; DLR; E.ON Energie AG; WWU Münster; Fraunhofer ISIT; Evonik Litarion GmbH; Matthias Scheffer

Gesamtziel ist die Ermittlung des Nutzungspotenzials von Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen unter realen Bedingungen. Es werden sowohl Forschungsthemen wie Elektrotraktion und Li-Ionen-Traktionsbatterie für Plug-In-Hybridfahrzeuge berücksichtigt, als auch Versorgungsnetz-architektonische Problemlösungen unter Berücksichtigung von Verkehrsszenarien erarbeitet. Die Klammer bilden sozioökonomische und ökologische Untersuchungen. Plug-In-Hybridfahrzeuge bieten den Vorteil, Strom aus erneuerbaren Energien zu nutzen und durch Einsatz eines Verbrennungsmotors die Langstreckenmobilität sicher zu stellen. Darüber hinaus tragen sie zu einer Senkung der CO₂-Emissionen bei. Dazu wurden 20 Fahrzeuge mit insgesamt 2 verschiedenen Batterietechnologien aufgebaut und als Flottenversuch betrieben.

Adiabates Niedertemperatur-Druckluftspeicherkraftwerk zur Unterstützung der Netzintegration von Windenergie

Förderkennzeichen: 0325211
Laufzeit: 01.09.2010 – 31.05.2012
Zuwendungssumme: 302.455 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Umwelt-,
Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)

Ziel des Projektes ist die detaillierte technische und wirtschaftliche Untersuchung des neuartigen Anlagenkonzeptes eines adiabaten Niedertemperatur-Druckluftspeichers (LTA-CAES). Das entwickelte Konzept kann aufgrund der niedrigen Arbeitstemperaturen mit Wasser als Wärmespeichermedium betrieben werden und erreicht ausreichend schnelle Anfahrzeiten für die Teilnahme am Sekundärregelleistungsmarkt. Dadurch ergibt sich für den Speicher, neben der Vermarktung zwischengespeicherter Windenergie und dem Handel am Spotmarkt, eine zusätzliche Vermarktungsebene. Durch einen reversiblen Betrieb der meisten Anlagenkomponenten lassen sich zudem die Investitionskosten im Vergleich zu bisherigen Druckluftspeicherkraftwerken merklich senken.

Entwicklung eines 1 MWh/100 kW Redox-Flow Batteriespeichers zur Integration fluktuierender regenerativer Energien in das Stromnetz

Förderkennzeichen: 0325219
Laufzeit: 01.06.2010 – 28.02.2013
Zuwendungssumme: 1.256.989 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik
(UMSICHT)

Durch dieses Projekt soll ein neuartiger Stromspeicher auf Basis einer Redox-Flow Batterie entwickelt werden, um die Effizienz zu steigern, Kosten zu senken und vor allem, um die notwendige Leistungsgröße zu erreichen, die zukünftig im 0,1 bis 10 MW Bereich liegen wird. Das technologische Ziel ist die Entwicklung eines skalierbaren Stromspeichers (100 kW_{el}, 1 MWh_{el}) mit 1 bis 10 Volllaststunden Kapazität, der die elektrische Energie über längere Zeit (bis mehrere Tage) – bei möglichst hohem Umwandlungswirkungsgrad – verlustfrei speichern kann.

Verbundvorhaben: Power to Gas: Errichtung und Betrieb einer Forschungsanlage zur Speicherung von erneuerbarem Strom als erneuerbares Methan im 250 kW_{el} Maßstab

Förderkennzeichen: 0325275A

Laufzeit: 01.04.2011 – 31.03.2014

Zuwendungssumme: 3.975.387 Euro

Projektpartner: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) – Fachgebiet Regenerative Energieträger und Verfahren

Ziel eines zukünftigen Energiesystems ist eine Vollversorgung aus erneuerbaren Ressourcen. Windkraft oder PV fallen stark fluktuierend an, woraus sich die Notwendigkeit zur Energiespeicherung ergibt. Im Verbundprojekt wird dazu eine Versuchsanlage mit 250 kW_{el} am ZSW aufgebaut. Dabei wird aus Strom mittels Elektrolyse zunächst Wasserstoff und in einer anschließenden Synthesestufe mit CO₂ Methan erzeugt (Methanisierung). Im Vordergrund stehen hier die Prozessoptimierung für die dynamische Betriebsweise, eine Reduktion der Anlagenkosten und Fragestellungen beim scale-up für zukünftige Anlagen im Megawatt-Bereich. Die Evaluierung des zukünftigen Speicherbedarfs unter Berücksichtigung verschiedener Entwicklungsszenarien ist ebenfalls Gegenstand der Forschungsarbeiten.

LionGrid: Netzintegration dezentraler Energieerzeugungsanlagen mit Hilfe von Lithium-Ionen-Batteriespeichern

Förderkennzeichen: 0325303A; 0325303B; 0325303C; 0325303D; 0325303E

Laufzeit: 01.08.2011 – 31.07.2014

Zuwendungssumme: 2.905.835 Euro

Projektpartner: Evonik Industries AG – Zweigniederlassung Marl – Konzernbereich Creavis Technologies & Innovation / KG-F (Koordinator); VOLTARIS GmbH; energis GmbH – Projektbüro LionGrid; SMA Solar Technology AG; Hager Electro GmbH & Co. KG

Der fortwährende Umbau der Energieversorgung hin zu dezentraler Energieerzeugung erfordert neue Lösungsansätze. Die Projektziele beinhalten technische und wirtschaftliche Lösungsansätze zur Integration dezentraler Erzeugungseinheiten mit Hilfe von Lithium-Ionen-Batteriespeichern. Neben der Erhöhung des lokalen Selbstverbrauchs steht weiterhin die Vermeidung lokaler Überspannungen im Fokus. Dies führt zu einer Verbesserung der Netzeinbindung erneuerbarer Energien. Hierbei ergeben sich neue Freiheitsgrade für das Management von Lastprofilen und Verteilnetzen, der Tarifgestaltung und der Beschaffungsoptimierung von Ausgleichsenergie.

2.2 NETZTECHNOLOGIEN

Die Netzinfrastruktur muss weiterentwickelt und der Netzbetrieb auf hohe Anteile erneuerbarer Energien angepasst werden. Entsprechend der BMU-Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 können folgende Forschungsarbeiten im Bereich Netztechnologien gefördert werden:

- Bestehende Netzbetriebsmittel wie Transformatoren oder Kompensationsanlagen sollen modifiziert und flexibilisiert werden.
- Aktive und für hohe Anteile erneuerbarer Energien ausgelegte Netzbetriebsmittel sollen entwickelt werden.
- Netzanschlussregeln sowie Netzbetrieb sollen im Hinblick auf ein regeneratives Energiesystem weiterentwickelt werden.
- Neue Konzepte zu Netzschutz und Netzsicherheit müssen entwickelt werden.
- Die Zustandserkennung der Netze muss wegen der fluktuierenden Einspeisung und dadurch verursachten häufiger vorkommenden Zustandsänderungen verbessert werden, auch soll die notwendige Messtechnik entwickelt werden, um die vorhandenen Netzkapazitäten optimal auszunutzen.



Übertragungsnetze

- Die Betriebsführung von Verteilnetzen muss auf hohe Anteile erneuerbarer Energien angepasst werden.
- Die Leitwarten müssen angepasst werden, um hohe Anteile fluktuierender erneuerbarer Energien zu beherrschen.
- Es werden innovative Stromübertragungstechnologien für den Anschluss erneuerbarer Energieanlagen benötigt.
- Robuste, offshore-taugliche Komponenten zur Netzintegration der Offshore-Windenergie müssen entwickelt werden.
- Netzsimulationsmodelle und Planungsinstrumente für eine ganzheitliche Netzplanung müssen entwickelt werden.

Für Offshore-Windparks zum Beispiel muss geklärt werden, wie der Parallelbetrieb der zukünftig zu einem Großteil per Hochspannungs-Gleichstrom-übertragung an das Netz angeschlossenen Windparks mit dem auf Wechselstrom basierenden Verbundsystem wie dem europäischen ENTSO E Netz organisiert werden soll. Insgesamt entsteht ein neuartiges, vermischtes AC/DC und hochkomplexes Offshore-System. In dem Verbundprojekt SeaSecure (FKZ 0325264A-C) unter Koordination der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg untersuchen die Projektpartner, wie der sichere Betrieb in Zukunft gewährleistet werden kann. Das Projekt setzt auf europäischer Ebene an und soll vor allem neue Netzbetriebsführungsalgorithmen entwickeln. Mit Hardware- und Simulationsmodellen werden zunächst systemübergreifende Netzbetriebsführungsstrategien entworfen. Später sollen sie als Grundlage für Netzsicherheitsrechnungen dienen, um die vorhandenen Netzkapazitäten optimal auszunutzen beziehungsweise notwendige Maßnahmen wie etwa den erforderlichen Netzausbau abzuleiten.

Der starke Zubau an Photovoltaik-Anlagen spiegelt sich in mehreren Projekten, in denen untersucht wird, wie mehr Strom in die Niederspannungsnetze integriert werden kann. In Spitzenzeiten sind relativ synchron hohe Leistungen am Netz zu verwalten. Etwa die Hälfte der installierten Photovoltaik-Anlagenleistung liegt unter 30 Kilowatt, welche ausschließlich an das Niederspannungsnetz angeschlossen werden. Diese Netze waren in der Vergangenheit als Verteilungsnetze und somit lediglich zur Abgabe von Strom vollständig passiv ausgerichtet. Durch die dezentrale Einspeisung des Photovoltaik-Stroms direkt in die Verteilungsnetze müssen diese nun eine aktive Rolle übernehmen und ebenfalls zur Netzregelung beitragen. Durch intelligente Technologie in den Photovoltaikanlagen als auch im Niederspannungsnetz soll eine Überlastung der Netze vermieden werden. Zusätzlich soll Strom aus Photovoltaik-Anlagen zukünftig die Systemstabilität unterstützen, die momentan noch

überwiegend von Großkraftwerken gesichert wird. Zum Beispiel werden in dem Projekt „PV-Integrated“ (FKZ 0325224A-D) unter Koordination des Fraunhofer-Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) Netzbetriebsführungsverfahren entwickelt und umgesetzt, mit denen das lokale Zusammenspiel aller beteiligten Komponenten wirtschaftlich optimiert werden kann.

Darüber hinaus fördert das BMU Projekte, in denen der dezentrale Ausgleich von Fluktuationen erneuerbarer Energien über ein „Intelligentes Netz“ untersucht wird. Neue Energiemärkte und neue Formen von Energiedienstleistungen und -produkten können somit erschlossen werden. Privatverbrauchern und Erzeugern wird somit ermöglicht, aktiv an den Energiemärkten teilzunehmen. Laut BMU-Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 werden folgende Forschungsarbeiten gefördert:

- Informations- und Kommunikationstechnologien sollen entwickelt werden, um Netzbetriebsmittel zu vernetzen, und um Erzeugung und Verbrauch von Strom für einen flexiblen Netzbetrieb zu steuern.
- Intelligente Steuerungsgeräte und Zähler für das Zusammenspiel von Verbrauch und regenerativer Erzeugung innerhalb des Hauses und mit dem Netz sollen entwickelt werden.
- Dezentrale aggregierte Subsysteme zum Management des Netzbetriebs sollen etabliert werden.
- Innovative Verfahren, Geräte und Konzepte, um das Potenzial des Lastmanagements sowohl im industriellen als auch im privaten Bereich weiter zu erschließen.
- Erneuerbare Energien sollen in Fernwärme- und Gasnetze eingebunden werden.

Auch verschiedene Themenbereiche, die sich gezielt mit Systemdienstleistungen beschäftigen, können gefördert werden. Zum Beispiel sollen spezifische Möglichkeiten entwickelt werden, wie Systemdienstleistungen durch erneuerbare Energien und deren Speicher erbracht werden können, wie etwa durch bestimmte Konzepte zur Frequenzregelung.

Entwicklung eines Messgerätes zur Bestimmung der zeit- und frequenzabhängigen Netzimpedanz auf der Mittelspannungsebene

Förderkennzeichen: 0325049
 Laufzeit: 01.09.2008 – 30.06.2013
 Zuwendungssumme: 546.743 Euro
 Projektpartner: Helmut-Schmidt-Universität – Universität der Bundeswehr Hamburg –
 Fakultät für Elektrotechnik – Fachgebiet Elektrische Energiesysteme

Die Netzimpedanz spielt eine zentrale Rolle bei der Abschätzung der Anschlusskapazität von Netzanchlussknoten und bei der Bewertung der entstehenden Netzzrückwirkungen von Erzeugern/Verbrauchern sowie der Einhaltung der damit verbundenen Normen. Insbesondere bei der Netzintegration von erneuerbaren Energieanlagen ist die frequenzabhängige Netzimpedanz von großem Interesse, da durch die enthaltene Leistungselektronik Oberschwingungsströme eingespeist werden, die an der Netzimpedanz zu unerwünschten Oberschwingungsspannungen führen. Die Entwicklung des Messgerätes zur Bestimmung der zeit- und frequenzabhängigen Netzimpedanz auf der Mittelspannungsebene erlaubt eine bessere Anschlussbewertung als bisher, wodurch der Anschluss von erneuerbaren Energieanlagen an das Netz optimiert werden kann.

Verbundprojekt: E-Energy-Projekt Modellstadt Mannheim – System- und Geschäftsmodellentwicklung

Förderkennzeichen: 0325089C; 0325089A; 0325089B; 0325089D;
 0325089E; 0325089G; 0325089X
 Laufzeit: 01.11.2008 – 31.10.2012
 Zuwendungssumme: 10.057.218 Euro
 Projektpartner: MVV Energie AG – Konzernabt. Technologie und Innovation (Koordinator);
 Fraunhofer IWES Kassel; Universität Duisburg-Essen; Power PLUS Communication AG; DREWAG – Stadtwerke Dresden GmbH; IBM Deutschland GmbH, Papendorf Software Engineering GmbH

Ein intelligentes Stromnetz mit vielen dezentralen Erzeugern und dazu Tarife, die sich nach Angebot und Nachfrage richten – so könnte die Stromversorgung der Zukunft aussehen. In Mannheim und Dresden wird diese Vision jetzt Realität. Anfang Dezember 2008 startete ein Konsortium unter der Leitung der MVV Energie das Projekt „Modellstadt Mannheim“, das im Rahmen des Technologiewettbewerbes „E-Energy“ des BMWi ausgezeichnet wurde und vom BMU gefördert wird. Projektziel ist es, neue Geschäftsmodelle und dezentrale Systemarchitekturen für den Marktplatz der Energie zu entwickeln, sowie einen repräsentativen Großversuch mit neuen Methoden zur Verbesserung der Energieeffizienz, der Netzqualität und der Integration erneuerbarer und dezentraler Energien im städtischen Verteilnetz durchzuführen.

Verbundprojekt: Regenerative Modellregion Harz

Förderkennzeichen: 0325090B; 0325090A; 0325090C; 0325090D; 0325090E; 0325090F;
0325090H; 0325090I; 0325090J; 0325090K; 0325090L
Laufzeit: 01.11.2008 – 31.10.2012
Zuwendungssumme: 9.239.552 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
Institutsteil Kassel (Koordinator); u. a.

Zielsetzung des Projekts ist die technische und wirtschaftliche Erschließung und Einbindung Erneuerbarer Energieressourcen (EE) durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien. Es werden verschiedene EE und Speicher zu einem Virtuellen Kraftwerk (VK) gekoppelt. Die drei Leitziele des Projekts sind: Aufbau einer funktionsfähigen Leitwarte zur Steuerung des VK, Entwicklung von Geschäftsmodellen zur Vermarktung des EE-Stroms, Netzmonitoring und Systemdienstleistungen zur Unterstützung des Netzbetriebs. Lösungen zum Erreichen dieser Ziele werden in Simulationen ermittelt und in Demonstrationen präsentiert. Damit soll der Nachweis erbracht werden, dass eine zuverlässige Versorgung mit elektrischer Energie möglich ist – auch mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energieträger.

Verbundvorhaben: Aktives, intelligentes Niederspannungsnetz – Entwicklung neuer Technologien zur Erhöhung der Aufnahmefähigkeit von Erneuerbaren Energien in Niederspannungsnetzen: Entwicklung einer aktiven intelligenten Netzstation

Förderkennzeichen: 0325202A; 0325202B; 0325202C; 0325202D
Laufzeit: 01.08.2010 – 31.07.2013
Zuwendungssumme: 2.071.641 Euro
Projektpartner: SMA Solar Technology AG (Koordinator); Fraunhofer-Institut für
Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel;
J. Schneider Elektrotechnik GmbH; E.ON Asset Management

Bei großen Anteilen dezentraler Einspeisung ins Niederspannungsnetz kann es – insbesondere in ländlichen Regionen mit z. B. großem PV-Anteil, geringer Last und langen Netzausläufern – zur sogenannten Lastflussumkehr bis hin zur Rückspeisung ins überlagerte Netz und lokalen Spannungsüberhöhungen kommen. Damit auch in diesem Falle die zulässigen Spannungsgrenzen eingehalten werden, müssen die Netzspannungen dynamisch geregelt werden. Ziel des Vorhabens ist es, hierfür eine zuverlässige, kostengünstige und einfach implementierbare Lösung auf Basis einer regelbaren Ortsnetzstation zu entwickeln, die solch einen aktiven Betrieb des Niederspannungsnetzes ermöglicht und dadurch den schnellen und wirtschaftlichen Anschluss von zusätzlichen PV-Anlagen und anderen dezentralen Einspeisern erlaubt.

PV-Integrated – Integration großer Anteile Photovoltaik in die elektrische Energieversorgung – Neue Verfahren für die Planung und den Betrieb von Verteilnetzen

Förderkennzeichen: 0325224A; 0325224B; 0325224C; 0325224D

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2014

Zuwendungssumme: 1.949.706 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel (Koordinator); SMA Solar Technology AG; volwerk electronics GmbH – Development Monitoring and Diagnosis; juwi Solar GmbH

Das Hauptziel des Projekts „PV-Integrated“ ist es, eine technisch und wirtschaftlich verbesserte Netzintegration von Photovoltaikanlagen in Verteilnetze zu ermöglichen und somit die Notwendigkeit von zukünftigen Netzausbaumaßnahmen zu reduzieren. Hierzu sollen insbesondere Antworten auf die folgenden Fragen gefunden werden: Welche technischen und wirtschaftlichen Potenziale zur Bereitstellung von Systemdienstleistungen besitzen Erzeuger, Lasten und Speicher? Wie müssen Betriebsführungsverfahren von Verteilnetzen bei einer weiter steigenden Photovoltaikleistung in Zukunft für einen technisch sicheren und gleichzeitig kostengünstigen Netzbetrieb gestaltet sein? Wie wirken sich diese innovativen Betriebsführungsverfahren auf die Ausbau- und Betriebsplanung von Verteilnetzen aus?

Netzverträgliche Systemintegration von Photovoltaikanlagen – PV & Netz

Förderkennzeichen: 0325254

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013

Zuwendungssumme: 3.177.074 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Die Dynamik der Solarstrahlung kann insbesondere bei Wetterlagen mit starkem Wolkenwechsel zu erheblichen Schwankungen bei der Solarstromeinspeisung in das Netz führen. Um die Auswirkungen auf das Netz untersuchen zu können, wird ein Messnetz für solare Einstrahlung und elektrische Netzgrößen entwickelt, aufgebaut und betrieben. Die Analyse der Betriebsdaten soll Wissen darüber schaffen, wie sich regional die räumliche und zeitliche Einstrahlungssituation auf den Leistungseintrag auf der Verteilungsnetzebene auswirkt. Zur detaillierten Untersuchung der Netzurückwirkungen wird ein Mittel- und Niederspannungstestnetz aufgebaut, welches weitergehenden Untersuchungen dient. Neue Ansätze für Kurzzeitprognose und netzstabilisierende Regelungsverfahren werden entwickelt.

Hochzuverlässige Leistungshalbleiter für Stromrichter in Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325261A; 0325261B

Laufzeit: 01.11.2010 – 31.01.2015

Zuwendungssumme: 1.857.790 Euro

Projektpartner: Woodward Kempen GmbH (Koordinator); Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

In dem Vorhaben sollen Verfahren und Technologien zur Zustandsüberwachung des Stromrichters entwickelt und untersucht werden. Ziel der Entwicklung ist die Erhöhung der Zuverlässigkeit und damit die Verfügbarkeit der Stromrichter und der angeschlossenen Komponenten in Windenergieanlagen, besonders im offshore-Bereich. Entwickelt werden insbesondere Regelschaltungen zur gleichmäßigen und effizienten Lastverteilung in den Stromrichtern sowie Verfahren und Diagnoseschaltungen zur Identifizierung des Zustandes der Bauelemente, zum Zweck der frühzeitigen Erkennung von Fehlfunktionen per Ferndiagnose und einer damit zusammenhängenden sinnvollen Wartungsplanung.

Sicherheit des Betriebs eines Sea-Power Systems (Windparks) durch Erhöhung der Beobachtbarkeit und intelligente Betriebsführung

Förderkennzeichen: 0325264A; 0325264B; 0325264C

Laufzeit: 01.12.2010 – 30.11.2013

Zuwendungssumme: 1.738.781 Euro

Projektpartner: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Lehrstuhl für Elektrische Netze und Alternative Elektroenergiequellen (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF);
Siemens Aktiengesellschaft – Energy Sector – Abt. E D SE PTI NC

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, systemübergreifende intelligente Betriebsführungsstrategien für Offshore-Windenergiesysteme insbesondere mit mehreren Anschlusspunkten an das Energiesystem auf dem Festland (Multiterminal-HVDC) zu entwickeln. Diese sollen einerseits eine vollständige Nutzung der Offshore-Windenergie ermöglichen und andererseits, z. B. mittels Netzstützungsmaßnahmen weiterhin eine hohe Systemsicherheit und -stabilität des gesamten Europäischen Netzes gewährleisten. In einem interdisziplinären Forschungsverbund zwischen einer Universität, einem Fraunhofer-Institut und einem Industriepartner sollen die Schwerpunkte wie Beobachtbarkeit, Netzsicherheit, Steuerbarkeit und Regelungsstrategien für Energiesysteme mit einem hohen Anteil an Offshore-Windenergie untersucht werden.

Entwicklung, Validierung und Demonstration der Anwendbarkeit einer Simulationsumgebung für die VSC-HVDC-Anschluss-technologie von Far-Offshore-Windparks der Multimegawattklasse

Förderkennzeichen: 0325294
 Laufzeit: 01.06.2011 – 30.11.2014
 Zuwendungssumme: 1.452.454 Euro
 Projektpartner: REpower Systems SE – TechCenter

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung von Modellen, mit denen erstmals Wechselwirkungen zwischen Offshore Windpark, VSC-HVDC-Verbindung und Netz in Echtzeit unter Einbeziehung realer Komponenten simuliert werden können, um Kompatibilitätsprobleme, Fehlanschlüsse von Komponenten und Schäden an Bauteilen zu vermeiden. Die Modelle (EMT- und RMS-Modelle der Einzelkomponenten) werden zu einer Simulationsumgebung zusammengeführt. Das System wird durch Messungen validiert und iterativ in Detaillierungsgrad und Simulationsgeschwindigkeit gesteigert, so dass schlussendlich reale WEA-Bauteile in die Umgebung integriert werden können. Neben dem Normalbetrieb wird insbesondere das Verhalten bei Netzfehlern betrachtet.

PV-Symphonie – Untersuchungen zu Netzparallelbetrieb und Netzdienstleistungen von Photovoltaik-Wechselrichtern im Kurzzeitbereich

Förderkennzeichen: 0325313
 Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014
 Zuwendungssumme: 1.694.980 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Netzdienstleistungen von Photovoltaikanlagen können einen wichtigen Beitrag leisten, um auch bei einer weiter zunehmenden Anzahl dezentraler Energieerzeugungsanlagen eine hohe Netzqualität zu erhalten. Das Ziel des Vorhabens sind neue technische Verfahren in der Betriebsführung und der Regelung von PV-Stromrichtern im Kurzzeitbereich. Darüber hinaus wird die elektromagnetische Verträglichkeit von Stromrichtern und anderen elektronischen Komponenten unter Berücksichtigung der tatsächlichen Netzeigenschaften untersucht. Die Netzqualität soll durch eine aktive Filterung verbessert werden. Eine schnelle Leistungsregelung der Stromrichter soll die Netzstabilität erhöhen und das Netz dynamisch stützen. Weitere Merkmale der Netzqualität hinsichtlich EMV sollen bewertet werden.

Verbundvorhaben: Konzeptionierung und Realisierung eines Smart Grids mit Speicherkomponenten basierend auf erneuerbaren Energien

Förderkennzeichen: 0325315A
Laufzeit: 01.12.2011 – 30.11.2014
Zuwendungssumme: 231.517 Euro
Projektpartner: Bosse Consulting GmbH

Das Modellvorhaben SmartUSR strebt an, KMU sowie Kleinstunternehmen und private Haushalte, die erneuerbare Energien erzeugen oder verbrauchen, über ein intelligentes virtuelles Netz (Smart Grid) miteinander zu verknüpfen. Dabei sollen insbesondere Erzeuger fluktuierender erneuerbarer Energien (Windenergie, Hydroenergie, Solarenergie etc.) solche Verbraucher versorgen, die eine nennenswerte Speicherkomponente aufweisen (z. B. Wärmepumpen, Elektromobile). Ziel des Pilotvorhabens ist die Demonstration der Verbesserung des Marktzugangs und die Beschleunigung der Implementierung regenerativer Energieerzeugung durch die Entwicklung eines intelligenten virtuellen Netzes: Smart grid connecting Users and Suppliers of Renewable energies SmartUSR.

Faseroptisches Überwachungssystem für Energie-Seekabel-Systeme zur Steigerung der Versorgungssicherheit bei Offshore-Windanlagen

Förderkennzeichen: 0325316
Laufzeit: 01.09.2011 – 31.08.2014
Zuwendungssumme: 328.267 Euro
Projektpartner: nkt cables GmbH

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines intelligenten Systems zur Fehlerortung und Fehlerursachenfindung bei Hochspannungskabeln, insbesondere Seekabeln zur Anbindung von Offshore-Windenergieanlagen. Dieses System soll: Mechanische Beschädigungen in Echtzeit aufzeigen und dadurch die Reaktionszeit zum Einleiten von Reparaturmaßnahmen und zur Sicherstellung der Energieübertragung extrem verkürzen; Kabelfehler genau orten und dadurch den zeitlichen und wirtschaftlichen Reparatur-/Wartungsaufwand erheblich verringern; Die Ursachen bzw. Verursacher der Schäden identifizieren; Veränderungen am Kabel frühzeitig erkennen können, so dass evtl. Schäden am Kabel erst gar nicht entstehen. Durch diese Maßnahmen werden Ausfälle minimiert und die Versorgungssicherheit maximiert.

Speicher- und Netzausbaubedarf bei Betrachtung des gesamten Europäischen Raums mit hohem Anteil Erneuerbarer Energien – Entwicklung eines Simulationsprogramms und Untersuchung von Energieversorgungszenarien

Förderkennzeichen: 0325366
 Laufzeit: 01.10.2011 – 31.03.2014
 Zuwendungssumme: 549.626 Euro
 Projektpartner: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen –
 Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA)

Im Rahmen der Energiewende ergeben sich zukünftig große Änderungen der Energieversorgungssysteme in Deutschland und Europa. Insbesondere die fluktuierende Einspeisung erneuerbarer Energien stellt hohe Anforderungen an die Systeme. Zur zeitlichen Glättung können Speicher, Netze und regelbare Kraftwerke zum Einsatz kommen, deren räumliche Verteilung über geografisch aufgelöste Wetter- und Verbrauchsdaten in die Gesamtsystemkosten einfließt. Das Programm GENESYS (Genetische Optimierung eines Europäischen Energieversorgungssystems) nimmt mittels eines genetischen Algorithmus eine Systemoptimierung vor, so dass sich die geringsten Kosten je Kilowattstunde ergeben. So kann der Speicher- und Netzausbaubedarf in einem optimalen Energieversorgungssystem der Zukunft ermittelt werden.

Ogema 2.0 – open Source Plattform für dezentrales Energiemanagement 2.0

Förderkennzeichen: 0325368
 Laufzeit: 01.12.2011 – 30.11.2015
 Zuwendungssumme: 4.979.133 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
 Institutsteil Kassel

Das Projekt OGEMA 2.0 baut auf der aktuellen OGEMA-Entwicklung des Fraunhofer IWES und vorangegangener Entwicklungen der beiden Fraunhofer-Institute IIS und ISE auf. Im Projekt OGEMA 2.0 bringen die drei Institute ihre Expertise aus vier E-Energy-Projekten ein. Das Projekt entwickelt in vorwettbewerblicher Zusammenarbeit mit den verschiedenen Branchen eine Software-Plattform für Energiemanagement und Energieeffizienz im Gebäude. Diese Plattform wird als Open Source-Software so entwickelt, dass alle Hersteller von Geräten sich über geeignete Hardwaretreiber mit OGEMA-Gateways verbinden können. Hersteller, Software- und Service-Anbieter sollen eigene Anwendungen entwickeln können, um die eigentlichen Energiemanagement-Aufgaben zu automatisieren.

2.3 REGENERATIVE KOMBIKRAFTWERKE – VIRTUELLE KRAFTWERKE

Bei Kombikraftwerken beziehungsweise virtuellen Kraftwerken handelt es sich um Systemlösungen, bei denen mehrere Erzeugungsanlagen mit Speichern und/oder Lastmanagement zusammengeschlossen werden, um gemeinsam eine bedarfsgerechte Einspeisung zu ermöglichen und Systemdienstleistungen bereitzustellen. Auch die Direktvermarktung des regenerativ erzeugten Stroms wird durch die virtuellen Zusammenschlüsse möglich. Die Förderschwerpunkte der BMU-Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 sind:

- Wettbewerbsfähige Kombikraftwerke sollen entwickelt werden
- Regelungskonzepte, Informations- und Kommunikationsstrukturen sowie deren Standards sollen entwickelt und optimiert werden.
- Stromgeführte KWK-Anlagen (Kraft-Wärme-Kopplung) sollen eingebunden werden.
- Last- und Erzeugungsprognosen für Kombikraftwerke sollen ermöglicht werden.



ZuhauseKraftwerke für den flexiblen Ausgleich der Stromversorgung

- Kombikraftwerke sollen Systemdienstleistungen erbringen können und in Regelleistungsmärkte eingebunden werden.

Ein Beispiel aus der Projektförderung ist ein Folgeprojekt unter Koordination des Ökostromanbieters LichtBlick zusammen mit der Volkswagen AG, in dem untersucht wird, wie der zuvor entwickelte automatisierte Betriebsplan von ZuhauseKraftwerken (ZHKW) auch im Regelenenergiemarkt eingesetzt werden kann (FKZ 0325393). Bei den ZuhauseKraftwerken handelt es sich um mit Gas betriebene Blockheizkraftwerke, die durch Kraft-Wärme-Kopplung gleichzeitig Strom und Wärme produzieren. In einem Schwarmstrom-Konzept speisen alle Kraftwerke dann dezentral und per Funk gesteuert Strom in das Netz ein, wenn die Nachfrage höher ist als die Stromproduktion aus Sonne und Wind. Die parallel entstehende Wärme wird gespeichert und steht im Gebäude für Heizung und Warmwasser zur Verfügung. Für die Teilnahme am Regelenenergiemarkt wird nun untersucht, ob mit den ZuhauseKraftwerken aufgrund der hohen Flexibilität des Schwarmstrom-Konzepts auf nicht prognostizierbare, kurzfristige Abweichungen zwischen Erzeugung und Verbrauch regelnd eingewirkt werden kann.

Erbringung von Netzdienstleistungen aus einem regionalen Verbund – Entwicklung und Demonstration anhand eines aus Erneuerbaren Energien versorgten Industriegebiets

Förderkennzeichen: 0325230A; 0325230B

Laufzeit: 01.09.2010 – 31.08.2013

Zuwendungssumme: 1.008.378 Euro

Projektpartner: energy & meteo systems GmbH (Koordinator); Deutsche Windtechnik AG

Sollen die erneuerbaren Energien die konventionellen Groß-Kraftwerke ablösen, müssen sie Systemdienstleistungen wie Systemkoordination und Spannungshaltung des Stromnetzes übernehmen. Im Verbundprojekt „RegenerativKraftwerk Bremen“ entwickeln die Projektpartner energy & meteo systems und Deutsche Windtechnik ein System zur lokalen Stromversorgung des Industriegebiets „Altwerk Bremen“ und erproben es im Demonstrationsbetrieb. Mehrere Aspekte tragen zum Gesamtergebnis bei: Zur Windenergie werden weitere Energiequellen wie Sonnenenergie und ein Blockheizkraftwerk hinzugefügt. Stromerzeugung und -verbrauch werden einander angepasst. Batterien werden als Speicher eingebunden. Kernstück des Systems ist ein Virtuelles Kraftwerk, das mit allen beteiligten Anlagen vernetzt ist und diese steuert.

RegenerativKraftwerk 2050, Wege zu einer 100 %-Versorgung mit erneuerbaren Energien

Förderkennzeichen: 0325248A; 0325248B; 0325248C; 0325248D

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013

Zuwendungssumme: 1.811.373 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel (Koordinator); CUBE Engineering GmbH; SMA Solar Technology AG; Siemens Aktiengesellschaft, Corporate Technology, CT T TC 3

Ziel dieses Vorhabens ist der Nachweis, dass erneuerbare Energien (EE) eine sichere elektrische Energieversorgung durch Erbringung der notwendigen Systemdienstleistungen gewährleisten können. Die Erbringung von Systemdienstleistungen durch EE wird an dem regenerativen Kombikraftwerk demonstriert, welches aus realen Windenergie-, Photovoltaik- und Biogas-Anlagen besteht. Hierfür werden Softwarelösungen entwickelt, die neuartige Algorithmen zur intelligenten Steuerung weiträumig verteilter EE-Erzeuger enthalten. Es wird außerdem ermittelt, inwieweit Kombikraftwerke den Bedarf an Systemdienstleistungen in einem zu 100 % erneuerbaren Energieversorgungssystem decken können und welche wirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen hierfür notwendig sind.

Entwicklung und Markteinführung einer intelligenten Steuerung von Blockheizkraftwerken (ZuhauseKraftwerke) in Form eines virtuellen Kraftwerks zum Ausgleich schwankender Einspeisung Erneuerbarer-Energien-Anlagen

Förderkennzeichen: 0325252

Laufzeit: 01.08.2010 – 31.07.2011

Zuwendungssumme: 450.975 Euro

Projektpartner: LichtBlick AG

Ein erheblicher Teil des Stroms wird heutzutage durch erneuerbare Energien produziert, Tendenz wachsend, aber die Versorgung durch Wind und Sonne fluktuiert. Der Ökostromanbieter LichtBlick hat ein Konzept entwickelt, wie sogenannte ZuhauseKraftwerke (ZHKW) die Lücke innerhalb der Stromversorgung flexibel schließen können. Die Grundlage bilden die ZHKW, die an Kunden mit einem Wärmebedarf ab 40.000 kWh vermittelt werden. In einem SchwarmStrom-Konzept speisen dann alle Kraftwerke dezentral Strom in das Netz ein, wenn die Stromnachfrage höher ist als die Stromproduktion aus Sonne und Wind. Die ZHKW basieren auf einer mit Gas betriebenen Kraft-Wärme-Kopplung, sie produzieren Strom und Wärme.

PREmdeK „Prognose und Realisierung der Energiebereitstellung mittels dezentraler Kraftwerke“ – Umsetzung mit Kleinunternehmen in der Region Ostfriesland / Oldenburger Land

Förderkennzeichen: 0325284A

Laufzeit: 01.04.2011 – 31.03.2014

Zuwendungssumme: 448.971 Euro

Projektpartner: Hochschule Emden/Leer – Fachbereich Technik – Abt. Maschinenbau

Im vorliegenden Forschungsvorhaben soll ein lokales/regionales und autarkes Energiesystem konzipiert und die Funktionsfähigkeit mit der Implementierung in einem Unternehmen der Maschinenbaubranche demonstriert werden. Das System betrachtet sowohl die Kraft- (Strom-) als auch Wärme-Nutzung und -Bereitstellung im Bereich der produzierenden Unternehmen (Fertigung) sowie bei Gewerbe, Handel und Dienstleistungen. Dies eröffnet für die Unternehmen der Regionen Oldenburger Land und Ostfriesland, welche maßgeblich durch KMUs geprägt sind, einen innovativen Ansatz zur nachhaltigen und wirtschaftlichen Verwendung erneuerbarer Energieformen und trägt unmittelbar zu den klimapolitischen Zielen der Bundesregierung bei.

Entwicklung und Bereitstellung von Sekundärregelleistung durch intelligente Steuerung von ZuhauseKraftwerken

Förderkennzeichen: 0325393

Laufzeit: 01.10.2011 – 31.03.2014

Zuwendungssumme: 929.876 Euro

Projektpartner: LichtBlick AG

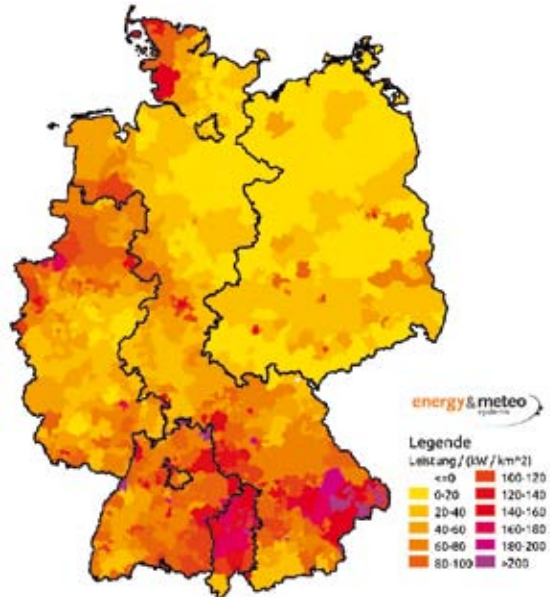
In diesem Projekt wird untersucht, wie ZuhauseKraftwerke (ZHKW) auch im Regelenenergiemarkt eingesetzt werden können. Aufgrund der hohen Flexibilität des SchwarmStrom-Konzeptes soll untersucht werden, ob mit ihnen auf nicht prognostizierbare, kurzfristige Abweichungen zwischen Erzeugung und Verbrauch regelnd eingewirkt werden kann. Diese kurzfristig zur Systemstabilität der Stromnetze notwendige elektrische Energie wird als Regelenenergie bezeichnet. Die ZHKW sind mit Gas betriebene Blockheizkraftwerke, die durch Kraft-Wärme-Kopplung gleichzeitig Strom und Wärme produzieren.

2.4 PROGNOSEN FÜR ERZEUGUNG UND VERBRAUCH

Um den Netzbetrieb und den Energiehandel planen zu können, sind möglichst präzise Vorhersagen nötig, mit denen die Einspeisung durch fluktuierende erneuerbare Energien vorhergesagt werden kann. Neben Vorhersagen zur Erzeugung von Strom werden zukünftig auch Prognosen zum Stromverbrauch an Bedeutung gewinnen, um zum Beispiel Kapazitäten für Maßnahmen des Lastmanagements abzuschätzen. Gefördert werden laut BMU-Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011:

- Verbesserungen der Vorhersagen für die Stromerzeugung aus Wind und Photovoltaik,
- Verlängerung des Prognosezeitraums,
- Verbesserung regionaler Prognosen, Berücksichtigung von Sonderwetterlagen und regionalen Phänomenen,
- Verbesserung der Prognosen von Extremereignissen,
- Entwicklung eines Risikomanagements mit Warnungen und Unsicherheiten,
- Vorhersagen zur Leistungskapazität von Leitungen zur besseren Ausnutzung der Netzkapazitäten,
- Lastprognosen.

Im Hinblick auf die Photovoltaik werden zum Beispiel Aussagen über die Sonneneinstrahlung benötigt. Dabei sind konkrete Aussagen darüber relevant, wie viel dieser Sonneneinstrahlung zu Strom umgesetzt werden kann – was etwa durch eine Schneedecke auf den Modulen verhindert werden kann. Im Vergleich zur Windenergie gibt es bisher nur relativ einfache Verfahren zur Hochrechnung sowie Vorhersagen der solaren Einspeisung.



Grafik zur installierten Photovoltaik-Leistung in Deutschland, September 2011

Mit Blick auf die hohen Zubauraten besteht hier erheblicher Nachholbedarf. Durch das Projekt „Netzintegration von Strom aus Photovoltaikanlagen“ (FKZ 0325291) unter Koordination der energy & meteo systems GmbH sollen Photovoltaik-Prognosen deutlich verbessert werden. Für die Berechnung des Ist-Zustands des Stromeintrags sollen Methoden entwickelt werden, die möglichst alle 15 Minuten eine präzise Hochrechnung liefern, mit möglichst hoher räumlicher Auflösung in einzelne Postleitzahlenregionen. Unter anderem sollen bildverarbeitende Methoden zur automatischen Auswertung von Satellitenbildern entwickelt werden, auf denen die Wetterverhältnisse genau zu erkennen sind. 28.000 Solaranlagen der SMA Technologies AG stehen als Datengrundlage zur Verfügung, um die Methoden zu validieren.

Verbesserung der Netzintegration von Strom aus Photovoltaikanlagen durch optimierte Vorhersage und Echtzeit-Hochrechnung der solaren Einspeisung

Förderkennzeichen: 0325291
 Laufzeit: 01.04.2011 – 31.10.2013
 Zuwendungssumme: 293.054 Euro
 Projektpartner: energy & meteo systems GmbH

Das Projekt wird in Kooperation mit den Übertragungsnetzbetreibern 50Hertz Transmission GmbH, Amprion GmbH, EnBW Transportnetze AG und Tennet TSO GmbH sowie dem Solarwechslerhersteller SMA Solar Technology AG durchgeführt. Es hat zum Ziel, das bereits von energy & meteo systems entwickelte Vorhersagesystem und Messverfahren zur Ist-Wertbestimmung der jeweils aktuellen Photovoltaikeinspeisung zu verfeinern. Dafür wird die Vorhersage mittels Kombination von Wettermodellen optimiert. Neue physikalisch-meteorologische Methoden werden erarbeitet, um auch bei speziellen Wetterbedingungen präzise Daten liefern zu können. Außerdem sollen neue Rechenverfahren die zeitnahe und verlässliche Übertragung der Ist-Werte verbessern, indem Übermittlungsfehler und -aufälle kompensiert werden.

3. WINDENERGIE

Im Jahr 2011 hat die Windenergie durch den seit Jahren kontinuierlichen Ausbau einen bedeutenden Beitrag zur Energiewende bewiesen. Mit einer Gesamtleistung von 2.007 Megawatt wurden im Laufe des Jahres nach Angaben des Bundesverbandes WindEnergie (BWE) und des Deutschen Windenergie Instituts (DEWI GmbH) 895 neue Windenergieanlagen gebaut. Allein das Repowering (Ersatz alter durch neue, leistungsstärkere Anlagen) ergab im Jahr 2011 einen Zuwachs von 115 Megawatt. 170 alte Anlagen mit insgesamt 123 Megawatt wurden dabei durch 95 neue Anlagen mit zusammen 238 Megawatt ersetzt. Das ist eine Steigerung gegenüber dem Jahr 2010 um rund 30 Prozent.

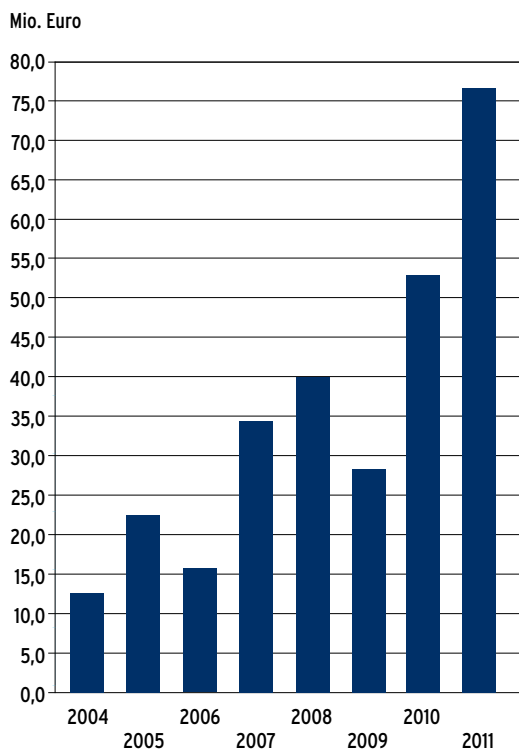
Zieht man die Leistung ab, die beim Abbau alter Anlagen im Fall von Repowering wegfiel, erhält man einen Nettoleistungszubau von insgesamt 1.885 Megawatt. Das entspricht einem Viertel mehr, als im Jahr 2010 zugebaut wurde. Nach den Angaben von BWE und DEWI GmbH waren Ende 2011 somit insgesamt 22.297 Anlagen mit einer installierten Leistung von 29.075 Megawatt am Netz. Noch trägt die Offshore-Windenergie nur einen kleinen Teil zum Ausbau bei, was sich auf absehbare Zeit jedoch ändern dürfte. 108 Megawatt der neu installierten Windenergie-Leistung stammen von Offshore-Windenergieanlagen.

Für die erzeugte Strommenge lässt sich von einem vergleichbar positiven Anstieg berichten, was allerdings auch durch die Windverhältnisse der Jahre 2010 und 2011 verursacht wurde. 2010 war ein ungewöhnlich windschwaches Jahr, im Jahr 2011 dagegen herrschten durchschnittliche Windverhältnisse. Für den Windstromertrag ergibt sich dadurch ein Anstieg von 37,8 Milliarden auf 46,5 Milliarden Kilowattstunden. Die Windenergie erreichte somit die höchste Leistung innerhalb des Stromertrags aus erneuerbaren Energien, nach vorläufigen Berechnungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare-Energien-Statistik (AGEE-Stat) 38,1 Prozent. Insgesamt deckte die Windenergie allein 7,6 Prozent des gesamten deutschen Stromverbrauchs. Sie zählt damit neben den konventionellen Energien bereits zu den Haupterzeugern von Strom in Deutschland.

Ein Indiz für die Fortschritte im Offshore-Bereich ist auch die Jahresbilanz des Offshore-Testfeldes alpha ventus, welches 2010 offiziell eröffnet wurde und dessen Bau mit Fördermitteln des BMU unterstützt worden war. Die von den zwölf Windenergieanlagen erzeugte Strommenge lag mit gut 267 Gigawatt-

stunden um circa 15 Prozent über dem prognostizierten Jahreswert, wie das Konsortium DOTI (EWE, E.ON und Vattenfall) Anfang März 2012 auf www.alpha-ventus.de veröffentlichte. Die Anlagenverfügbarkeit des ersten deutschen Offshore-Windparks lag bei 97 Prozent. Das Ergebnis ist ein Beweis dafür, dass das Konzept Offshore-Windpark erfolgreich ist und wirtschaftlich genutzt werden kann. Die im Testfeld gesammelten Erfahrungen kommen den weiteren Bauprojekten in der deutschen See zugute.

Die Forschungsinitiative RAVE (Research at alpha ventus), die vom BMU parallel zum Offshore-Testfeld gefördert wird, hat eine Filmproduktion zu den Forschungsarbeiten initiiert, die Ende November 2011 auf der Messe EOW in Amsterdam Premiere hatte. Die entstandene Dokumentation „Far out! Offshore Wind Energy Research in Germany“ gibt einen lebhaften Eindruck von den Herausforderungen und Ergebnissen der Forschungsarbeiten an alpha ventus.



Entwicklung des Neubewilligungsvolumens seit 2004 /
Quelle: BMU

Der erste kommerzielle Offshore-Windpark „Baltic 1“ der EnBW Erneuerbare Energien GmbH vor der Ostseeküste mit einer Gesamtleistung von 48,3 Megawatt wurde im Mai 2011 eröffnet, zwei weitere Windparks sind zurzeit im Bau: Borkum West II der Trianel Windpark Borkum GmbH & Co. KG (Nordsee, 400 MW im Endausbau) und Bard Offshore 1 der Firma BARD Engineering GmbH (Nordsee, 400 Megawatt im Endausbau). Ende Dezember waren nach Angaben des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) insgesamt 23 weitere Windparks in der Nordsee sowie weitere 3 Windparks in der Ostsee, jeweils im Bereich der ausschließlichen Wirt-

schaftszone (AWZ), genehmigt. Die AWZ liegt außerhalb der 12-Seemeilen-Zone, das BSH ist dort für die Genehmigung der Offshore-Windparks zuständig.

Für die Offshore-Windenergie sollen die Kosten für Herstellung und Betrieb durch weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeit weiter gesenkt, die Stromerträge weiter erhöht werden. Für die Gesamtkosten sind für die Standorte fernab der Küsten, die nur sehr schwer und umständlich zu erreichen sind, besonders die Zuverlässigkeit und die Lebensdauer jeder Anlage von hoher Relevanz. Der Strom aus den Offshore-Windparks kostet derzeit schätzungsweise zwischen 11 und 14 Cent pro Kilowattstunde, wohingegen die Windenergie an Land mit 8 bis 10 Cent bereits die kostengünstigste erneuerbare Energiequelle darstellt, zusammen mit der Wasserkraft.

Nachdem bereits im Jahr 2010 für 53 Millionen Euro neue Projekte bewilligt wurden, was einen starken Aufwuchs bedeutete, wurde diese Summe im Jahr 2011 nochmals auf 77,1 Millionen Euro erhöht (siehe auch Diagramm zur Entwicklung des Neubewilligungsvolumens für Windenergie seit 2004). Daran lässt sich das große Engagement der Bundesregierung für die Umsetzung der Energiewende erkennen, für die sie die Windenergie als einen maßgeblichen Faktor identifiziert hat. Die im Jahr 2011 bewilligten Vorhaben im Windbereich befassen sich zusammengefasst unter anderem mit folgenden Schwerpunkten:

- Fortsetzung der RAVE-Forschungsvorhaben im Testfeld sowie des Betriebs der Forschungsplattform FINO 1 (Nordsee),
- Vorhaben zum besseren Verständnis der Ressource Wind mittels LIDAR und Messmasten,
- Ganzheitliche Simulationsmöglichkeiten für Windenergieanlagen sowie des Strömungsfeldes an einzelnen Anlagen, innerhalb eines Windparks sowie zwischen verschiedenen großen Windparks,
- Vorhaben zur Verbesserung von Großkomponenten wie dem Rotorblatt, Gründungsstrukturen, Lagern oder dem Getriebe,
- Entwicklung von Betriebsstrategien für Windparks,
- Verbesserungen bei der Installation (Logistik),
- Vorhaben zur ökologischen Begleitforschung on- und offshore,
- Reduzierung des Schalls beim Bau von Offshore-Windparks,
- Aufbau eines Testzentrums für Tragstrukturen.

Um die sehr gute Wettbewerbsposition für Anlagen der Multi-Megawatt-Klasse zu halten, sind umfangreiche ganzheitliche Forschungsvorhaben wie auch

Entwicklungen auf der Ebene einzelner Komponenten erforderlich. Einen weiteren Schwerpunkt nimmt weiterhin die Forschung auf den Forschungsplattformen FINO 1 bis 3 ein. Um den Ausbau der Windenergie umwelt- und naturverträglich zu gestalten, bildet die ökologische Begleitforschung bereits seit neun Jahren einen eigenen Schwerpunkt innerhalb der Forschungsprojekte zur Windenergie. Aufgrund der umfangreichen Erfahrungen aus dem Betrieb tausender Anlagen kann die ökologische Begleitforschung die Herausforderungen für einen umweltverträglichen weiteren Ausbau der Windenergie zielgerichtet unterstützen.

Übergreifend lassen sich die Ziele der Forschungsförderung wie folgt zusammenfassen: Die Kosten der Windenergieanlagen sollen gesenkt, ihr Ertrag soll gesteigert und ihre Verfügbarkeit erhöht werden, insbesondere im Bereich Offshore-Windenergie. Diese technologischen Entwicklungen sollen zudem im Hinblick auf ihre ökologische Verträglichkeit untersucht werden, beziehungsweise dahingehend optimiert werden, umwelt- und naturverträglich umsetzbar zu sein.

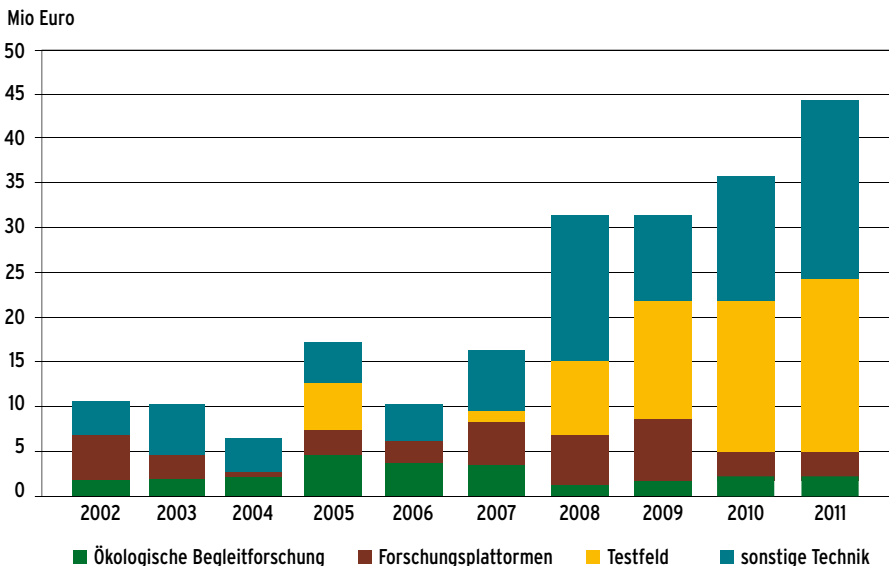
Auf internationaler Ebene ist das BMU an der Umsetzung des SET-Plans (Strategic Energy Technology Plan) beteiligt. Ein weiterer Themenschwerpunkt liegt bei den Forschungsaktivitäten der Internationalen Energie Agentur (IEA).

Der SET-Plan ist ein europäisches Instrument, um die Entwicklung von Energietechnologien in einem gemeinsamen Rahmen zusammenzuführen, 2008 wurde er von den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union verabschiedet. Für die Windenergie wurde die European Wind Initiative (EWI) gegründet, in welcher Industrie, Forschung, Mitgliedsstaaten und die Europäische Kommission zusammenkommen. Das BMU hat den Projektträger Jülich (PtJ) beauftragt, im Advisory Board der Europäischen Technologieplattform Windenergie (TP-Wind) mitzuarbeiten. TP-Wind ist ein Netzwerk von Experten und Entscheidungsträgern zu dieser Technologie, welches von der Europäischen Kommission gefördert und von der Europäischen Windenergie-Agentur geleitet wird. Dieses Netzwerk berät wiederum die Europäische Kommission bei der Einrichtung und Umsetzung der EWI und ist somit an den Arbeiten für den SET-Plan beteiligt. Bis 2020 soll die Windenergie einen Anteil von 20 Prozent an der europäischen Stromversorgung stellen.

Weitere internationale Arbeiten finden im Rahmen der Internationalen Energie Agentur (IEA) statt. Die IEA ist eine Kooperationsplattform, in welcher die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie Fragen der Markteinführung

und Anwendung von Energietechnologien koordiniert werden. Momentan gibt es 28 Mitgliedsstaaten, die über Kooperationsvereinbarungen zu einzelnen Technologien zusammenarbeiten. Eines dieser sogenannten Implementing Agreements wurde zum Thema Windenergie eingerichtet (IA Wind). Im Auftrag des BMU hat der Projektträger Jülich seit 2009 den Ko-Vorsitz im Executive Committee, dem Koordinationsgremium, inne. Die Tasks haben unterschiedliche Themenschwerpunkte, zum Beispiel die Organisation des regelmäßigen Informationsaustausches oder Arbeiten zur Vereisung von Windenergieanlagen. Eine vollständige Auflistung aller IEA-Tasks ist im BMU-Jahresbericht „Innovation durch Forschung“ (www.erneuerbare-energien.de) zu finden.

Außerdem hat der Projektträger Jülich im Auftrag des BMU die Leitung einer gemeinsamen Koordinationsgruppe innerhalb der Joint Declaration mit Dänemark, Norwegen und Schweden übernommen. Im Jahr 2007 hatte das BMU eine gemeinsame Erklärung über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Offshore-Windenergie mit den Energieministerien der drei Länder unterzeichnet.



Verteilung der Fördermittel im Bereich Windenergie zwischen 2002 und 2011 / Quelle: BMU

3.1 WEITERENTWICKLUNG DER ANLAGENTECHNIK

Um wettbewerbsfähig zu bleiben, muss die exportorientierte deutsche Windindustrie ihre Anlagen kontinuierlich weiterentwickeln. Der international ausgerichtete Windenergiemarkt entwickelt sich weiterhin hochdynamisch. Insbesondere durch China sowie den gesamten asiatischen Raum entsteht ein steigender Wettbewerbsdruck. Für eine erfolgreiche Umsetzung der Energiewende müssen die erneuerbaren Energien weiter ausgebaut werden, auch dafür sind möglichst kostengünstige, leistungsfähige und wartungsarme Windenergieanlagen notwendig. Das BMU hat die Forschungsgelder insgesamt, insbesondere auch speziell für den Bereich Windenergie stark erhöht, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Forschung und Entwicklung bringen immer höhere Anlagenleistungen hervor, aber auch Zuverlässigkeit und eine lange Lebensdauer werden immer wichtiger. Es zählt eine umfassende Planung für eine angemessene Anlagengröße je nach Standort und Umgebung, hier müssen Planer zukünftig das Kostenoptimum mit Blick auf das Stromversorgungssystem berücksichtigen. Das Größenwachstum allein ist nicht länger der entscheidende Erfolgsfaktor, viel mehr zählen mittlerweile die preiswert erzeugte Kilowattstunde und die technische Qualität.

Die Forschungsförderung des BMU beinhaltet sowohl Projekte zur reinen Anlagentechnik sowie zum Produktionsprozess, zur Errichtung und zum Betrieb. Die Ziele liegen darin, die Effizienz zu steigern, die Kosten zu senken und sich im Wettbewerb weiter mit an der Spitze behaupten zu können. Unter diesen Themenpunkt fällt ebenfalls die Untersuchung der Umgebungsbedingungen, um die Anlagen entsprechend gestalten zu können. Ein Beispiel dafür ist die Prognose von Windfeldern in großen Windparks. Ebenso wird eine zuverlässige Überwachung gewünscht, durch die die Anlagen möglichst durchgängig und lange verfügbar sind.

Insbesondere für Offshore-Windenergieanlagen im Multimegawattbereich ist ein zuverlässiges Anlagenverhalten von großer Bedeutung, da diese nur umständlich zu erreichen sind und jeder Reparatur- und Wartungseinsatz somit hohe Kosten bedeutet. (Auch die Errichtung selbst, die Form der Gründungsstrukturen und vor allem die ökologischen Auswirkungen des Anlagenbaus sind Themen verschiedener BMU-Projekte, zu finden in den folgenden Unterkapiteln 3.3 bis 3.6). Die Offshore-Multimegawatt-Anlagentechnik erfordert zum Teil ganz eigene Forschungsansätze. So untersuchen

zum Beispiel unter Koordination der Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG mehrere Projektpartner in dem Projekt MOEWE (FKZ 0325306A – E) die Möglichkeit eines Einsatzes besonders robuster und widerstandsfähiger Materialien für den Einsatz auf See. Einerseits sind es die hohen Leistungen und die großen Rotoren, die spezielle Herausforderungen an die Materialien stellen, andererseits herrschen durch die salzhaltige Luft und die Meeresgischte aggressivere Umgebungsbedingungen als an Land. Die Projektpartner untersuchen über Mehrkörpersimulationen des Antriebsstrangs die Ursachen unerwarteter Frühausfälle bei Wälzlagern, die bereits beim Einsatz konventioneller Materialien aufgetreten sind. Die Ereignisse, die zu dem Schaden geführt haben, sollen identifiziert und anschließend davon ausgehend gezielt geeignete Werkstoffe und Oberflächenbeschichtungen entwickelt werden.

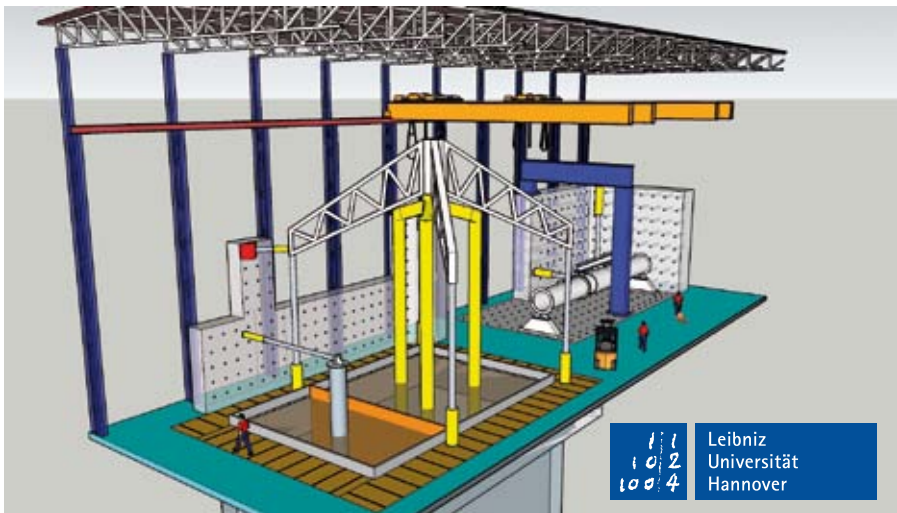
Um die Infrastruktur an geeigneten Testeinrichtungen zu unterstützen, fördert das BMU zudem insgesamt drei Großteststände für die drei Hauptbestandteile von Windenergieanlagen: Tragstrukturen, Gondeln und Rotorblätter. Die Tests sollen dazu beitragen, dass leistungsfähige und zuverlässige Windenergieanlagen schnell entwickelt werden können und somit der



Tests am Rotorblattteststand, Fraunhofer IWES Bremerhaven

technologische Vorsprung der Industrie ausgebaut werden kann. Der Rotorblattteststand für Blätter von 90 Meter Länge wurde bereits im Juni 2011 am Fraunhofer IWES Bremerhaven eröffnet. Herzstück der Anlage ist ein 1.000 Tonnen schwerer Einspannblock, der sich zudem kippen lässt, um eine stärkere Biegung der zu testenden Rotorblätter zu erlauben. Der Aufbau des Prüfstandes ist Teil des vom BMU geförderten Projekts InnoBladeTec (FKZ 0327622), zuvor war innerhalb des Projekts bereits ein Prüfstand für 70 Meter gebaut worden. Ebenfalls am Fraunhofer IWES Bremerhaven soll als Teil des dazugehörigen DyNaLab (Dynamic Nacelle Laboratory – „dynamisches Gondellabor“) zudem ein Prüfstand für komplette Gondeln samt Elektrotechnik errichtet werden (FKZ 0325332). Ein Testzentrum für Tragstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen wird auf einem Gelände der Universität Hannover gebaut, die Bauarbeiten beginnen voraussichtlich im August 2012 (Projekt siehe Kapitel 3.3, „Gründungen und Logistik“ (FKZ 0325320)).

Die Thematiken zur Anlagentechnik sind breit angelegt, wie die verschiedenen, im Folgenden aufgelisteten Projekte zeigen werden.



Skizze von Grundbauversuchsgrube (Vordergrund) und Spannfeld (Hintergrund) des geplanten Testzentrums für Tragstrukturen

Entwicklung neuer experimenteller und numerischer Verfahren der Komponentenentwicklung von sehr großen Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325008

Laufzeit: 01.01.2008 – 28.02.2011

Zuwendungssumme: 597.204 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Bremerhaven

Zukünftige Offshore-Windparks werden mehrere hundert MW leisten und aus Einzelanlagen von bis zu 10 MW Nennleistung bestehen. Um die Verfügbarkeit dieser neuen Anlagengeneration zu maximieren und gleichzeitig eine wirtschaftliche Auslegung zu erreichen, müssen die heutigen Methoden zur Entwicklung der Anlagen, Komponenten und der Beschreibung des Materialverhaltens verbessert werden. UpWind ist das momentan größte Europäische Forschungs- und Entwicklungsprojekt im Windenergiebereich. In dem 5-jährigen Projekt werden Modelle für die Beschreibung wichtiger Teile von Offshore-Windenergieanlagen weiter entwickelt und validiert. Innerhalb von UpWind arbeitet das Fraunhofer IWES im Bereich „Rotorblattstrukturen und Materialien“ sowie im Bereich „Offshore-Tragstrukturen“.

Fortführung von Messkampagnen zur Verifizierung von WEA-Radar-Verträglichkeiten unter Einbezug von neuen Radarooptionen sowie Untersuchung eines reflektionsarmen WEA-Prototypen auf Radarverträglichkeit

Förderkennzeichen: 0325027A

Laufzeit: 01.04.2009 – 31.03.2011

Zuwendungssumme: 1.179.330 Euro

Projektpartner: EADS Deutschland GmbH – CASSIDIAN – Defence Electronics – Radar/IFF – Programm Ground Radar

Die Cassidian hat technische Lösungen untersucht, mit denen die Störungen von Flugsicherungsradaren durch Windenergieanlagen (WEA) weitgehend beseitigt werden können. Damit kann die Führung von Flugzeugen im Umfeld von Windparks erheblich verbessert und zugleich die Genehmigungsfähigkeit von Windparks erhöht werden, was in zahlreichen Flugversuchen am ASR-S nachgewiesen wurde. WEA erzeugen hauptsächlich durch die Rotoren Störsignale im Radar, die Echos von Flugzeugen überdecken oder mit solchen verwechselbar sind. Flugzeuge sind durch solche Störungen vom Radar nicht mehr eindeutig erkennbar, eine Flugsicherung ist deutlich erschwert. Deshalb dürfen in diversen Kontrollzonen, vor allem im Umfeld von militärischen Flugplätzen, WEA bisher nicht oder nur eingeschränkt errichtet werden.

Verbundprojekt: Ökoeffiziente neuartige Werkstoffe und angepasste Fertigungstechnologien für Faserverbundkunststoffbauteile in Windkraftanlagen

Förderkennzeichen: 0325036D; 0325036A; 0325036B; 0325036C

Laufzeit: 01.07.2008 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 1.373.348 Euro

Projektpartner: Henkel AG & Co. KGaA – Unternehmensbereich Forschung/Technologie (Koordinator); Nordex Energy GmbH; SAERTEX GmbH & Co. KG; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen – Fakultät 4 – Maschinenwesen – Institut für Textiltechnik

Dem großen erwarteten Wachstum der Windenergieanlagenindustrie von jährlich bis zu 30 Prozent muss durch Ausbau der Produktionskapazitäten, Steigerung der Produktivität und Senkung der Materialkosten Rechnung getragen werden. Hierzu wurden ein vielseitiger und kostengünstiger Matrixwerkstoff sowie angepasste textile Halbzeuge für die Herstellung langlebiger Rotorblätter entwickelt und charakterisiert. Weiterhin wurden Konzepte zum Einsatz automatisierter Performingtechnologien zur Substitution zeit- und personalintensiver manueller Fertigungsschritte entwickelt und bewertet.

Verbundprojekt: Ökologische und ökonomische Hochleistungs-fügetechniken für Stahlrohtürme von Windenergieanlagen (OPTIWELD)

Förderkennzeichen: 0325063A; 0325063B; 0325063C

Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 699.999 Euro

Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Stahlbau (Koordinator); Kjellberg Finsterwalde Schweißtechnik und Verschleißschutzsysteme GmbH; SIAG Tube & Tower GmbH

Die zunehmende Größe von Windenergieanlagen und die damit steigenden Belastungen führen zu einer deutlichen Steigerung der Dimensionen der Turmkonstruktion, die als Hauptelement der Tragstruktur überwiegend als Stahlrohturm ausgeführt wird. Mit den derzeit eingesetzten Schweißverfahren erreichen die Hersteller Grenzen der wirtschaftlichen Effizienz und technischen Durchführbarkeit. Ziel des Vorhabens ist daher, neuartige hybride Schweißverfahren durch die Kombination von Hochleistungs-Lichtbogen- und Strahlschweißverfahren zu entwickeln. Diese Verfahren sollen bei der Verarbeitung dicker Grobbleche größere Einschweißiefen, kürzere Schweißzeiten und hohe Qualität der Schweißnähte ermöglichen. Ein beschleunigter Schweißvorgang hilft zudem, Energie, Ressourcen und Kosten einzusparen.

Entwicklung eines hydrostatischen Triebstranges für Windenergieanlagen über Land und Offshore

Förderkennzeichen: 0325109; 0325109A
Laufzeit: 01.03.2009 – 31.03.2011
Zuwendungssumme: 952.666 Euro
Projektpartner: RLE-Projekt GmbH (Koordinator); Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen – Fakultät 4 – Maschinenwesen – Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen

Die RLE GmbH Köln und das IFAS entwickeln einen Antriebsstrang für WEA mit verstellbarem hydrostatischem Getriebe. Ziel ist der Wegfall der mechanischen Rädergetriebe und eine Entkopplung von Windrad und Generator durch eine voll hydrostatische Leistungsübertragung. Die Generatordrehzahl wird von der Drehzahl des Windrads unabhängig, der erforderliche Frequenzumrichter entfällt. Es werden zuverlässige Synchron-Generatoren eingesetzt, die WEA kann zur Netzstützung verwendet werden. Vorteile bestehen im Packaging, eine Kaskadierung der Pumpen und Motoren ist möglich. Ein hydrostatisches oder leistungsverzweigtes Getriebe reagiert weit weniger auf Drehzahlschwankungen und Lastsprünge als mechanische Rädergetriebe. Einfache schaltungstechnische Maßnahmen ermöglichen höhere Überlastsicherheit.

Blade-Bond – Entwicklung eines Verfahrens zur Bewertung der Betriebsfestigkeit von Blattschalenklebungen für Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325113
Laufzeit: 01.01.2010 – 31.12.2012
Zuwendungssumme: 744.579 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)

In BladeBond werden die mechanischen Eigenschaften von Klebverbindungen in Rotorblättern für Windenergieanlagen untersucht. Ziel ist die Integration der Berechnung der Blattschalenklebung in die numerische Auslegung. Dabei sollen werkstoffmechanische Aspekte und die Langzeitstabilität betrachtet werden können. Das Vorhaben zielt auf den Einsatz gewichtsreduzierter Materialien in Rotorblättern ab. Damit ergibt sich ein Beitrag zur Kostensenkung, Ertragssteigerung und Erhöhung der Verfügbarkeit von Windenergieanlagen. Angestrebte Ergebnisse sind Kennwerte für rotorblattspezifische Klebstoffe, ein Konzept zur rechnerischen Abschätzung der Lebensdauer der Blattschalenklebung sowie Techniken zur Abbildung der Klebfuge in globalen FE-Modellen des Rotorblattes.

OneWind – Modell- und Softwareentwicklung zur ganzheitlichen Analyse von Windenergieanlagen und Windparks

Förderkennzeichen: 0325131
 Laufzeit: 01.07.2009 – 30.09.2011
 Zuwendungssumme: 2.525.007 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
 Institutsteil Bremerhaven

Im Projekt OneWind werden Modelle und Software zur ganzheitlichen Simulation von Windparks, Windenergieanlagen und deren Komponenten entwickelt. Damit sollen alle Komponenten eines Windparks und deren Wechselwirkungen untereinander in einem numerischen Modell vereinigt werden. Es wird möglich sein, variabel und situationsbedingt auf verschiedenen Detaillierungsstufen zu arbeiten und Teilmodelle aus anderen Entwicklungsprozessen flexibel einzubinden. Um diese Herausforderung zu bewältigen, werden die neuesten Entwicklungen aus den Bereichen Hardware- (Rechnergrids) und Softwaretechnik (Modellbildung mit Strukturdynamik) aufgegriffen, um dem Ziel der Entwicklung leistungsfähigerer und zuverlässigerer Windenergieanlagen und Windparks zu dienen.

OneWind Phase 2 – Modell- und Softwareentwicklung zur ganzheitlichen Analyse von Windenergieanlagen und Windparks

Förderkennzeichen: 0325131A
 Laufzeit: 01.10.2011 – 31.12.2013
 Zuwendungssumme: 3.620.748 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
 Institutsteil Bremerhaven

Im Projekt OneWind werden Modelle und Software zur ganzheitlichen Simulation von Windparks, Windenergieanlagen und deren Komponenten entwickelt. Das Projekt ist das Nachfolgeprojekt von 0325131.

Labor für Großverzahnungsmessungen

Förderkennzeichen: 0325140
Laufzeit: 01.08.2009 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 1.035.678 Euro
Projektpartner: Universität Bremen – Bremer Institut für Messtechnik,
Automatisierung und Qualitätswissenschaft (BIMAQ)

Am Bremer Institut für Messtechnik, Automatisierung und Qualitätswissenschaft (BIMAQ), Universität Bremen entsteht das Labor für Großverzahnungsmessungen. Es ist das erste universitäre Prüflabor seiner Art in Deutschland. Im Sommer 2011 wird das Herzstück des klimatisierten Labors, ein Koordinatenmessgerät Leitz PMM-F (Messvolumen 3,0 m x 2 m x 0,7 m; Längenmessabweichung $E < 1,3 \mu\text{m} + L/400 \mu\text{m/mm}$; 18 °C – 22 °C) in Betrieb genommen. Damit untersuchen die Wissenschaftler die Zusammenhänge zwischen Auslegung, Fertigung, Qualität und Funktionseigenschaften von Großverzahnungen. Mit ihm lassen sich Zahnräder bis zu einem Durchmesser von 3,0 Meter hochgenau messen. Ziel der Forschungen in dem Labor ist es, die Zuverlässigkeit von Großgetrieben in Windenergieanlagen entscheidend zu verbessern.

Inside-Sensoring Labor für Großverzahnungen: WG2_3 – Messsysteme

Förderkennzeichen: 0325153
Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2012
Zuwendungssumme: 613.669 Euro
Projektpartner: Universität Bremen – Bremer Institut für Messtechnik,
Automatisierung und Qualitätswissenschaft (BIMAQ)

Getriebe und weitere Antriebskomponenten von Windenergieanlagen (WEA) weisen hohe Ausfallraten zwischen 20 % und 40 % auf und erreichen nicht die kalkulierte Lebensdauer von durchschnittlich 20 Jahren. Nur wenige Zustände lassen sich von außen beobachten. Die Ursachen für auftretende Probleme bei WEA-Getrieben liegen ohnehin überwiegend im Inneren des Gehäuses. Im Betrieb entziehen sie sich daher dem Beobachter. Aussagefähige Messdaten für zielgerichtete Verbesserungen in Konstruktion, Fertigung und Werkstoffwahl fehlen, da die verfügbaren Messmethoden aufgrund besonderer Messbedingungen innerhalb eines Getriebes erheblich eingeschränkt sind. Um diese Situation zu verbessern, bedürfen die Sensoren noch einer weiteren Miniaturisierung sowie Integration in die Getriebe.

Better Blade – Entwicklung eines optimierten, innovativen Prüfverfahrens zur Zertifizierung von Rotorblättern der heutigen und zukünftigen Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325169
 Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012
 Zuwendungssumme: 2.211.813 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
 Institutsteil Bremerhaven

Standardmäßig werden Rotorblätter von Windenergieanlagen während Ermüdungsversuchen in ihren zwei Hauptrichtungen geprüft. Zurzeit erfolgen diese Prüfungen nacheinander, so dass die Prüfung sehr zeitintensiv ist. In den geplanten Forschungsarbeiten soll eine innovative Prüfmethodik auf Basis einer biaxialen dynamischen Anregung entwickelt werden, um einerseits die Prüfzeit zu verkürzen und andererseits die Betriebslasten realistischer abzubilden. Zur Überwachung des Rotorblattes während dieser Prüfung, sowie zur näheren Untersuchung in den Belastungspausen sollen zerstörungsfreie Prüfmethoden weiterentwickelt und angewendet werden. Die Ergebnisse sollen den Herstellern von Rotorblättern helfen, Schwachstellen aus Entwicklung und Produktion zu entdecken, um ihre Blätter zu optimieren.

Windenergienutzung im Binnenland – Erschließung neuer Potentiale im bewaldeten Mittelgebirge

Förderkennzeichen: 0325171
 Laufzeit: 01.10.2009 – 31.12.2011
 Zuwendungssumme: 1.498.682 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
 Institutsteil Kassel

Mit den heute möglichen Nabenhöhen von Windenergieanlagen von bis zu 160 m ergeben sich neue Chancen für die Windenergienutzung an Standorten, die bislang aus wirtschaftlichen Erwägungen nicht in Betracht kamen. Noch fehlen allerdings detaillierte Grundlagen für die gezielte Auslegung von Rotoren und Tragstrukturen und der Abschätzung der Potenziale an diesen Standorten. Im Rahmen des Projekts wurde ein 200 m hoher Messmast auf einem Höhenzug im Mittelgebirge in unmittelbarer Waldnähe errichtet, um die Windbedingungen eines solchen Standorts zu analysieren. Darüber hinaus wurde die Messung der Windgeschwindigkeit mit Laser-Anemometern (LiDAR) erprobt und weiterentwickelt. Dieses Verfahren soll es zukünftig ermöglichen, Windgeschwindigkeiten in großen Höhen ohne großen Mast zu messen.

Verbundvorhaben: MagnetRing – Vorentwicklung von magnetisch gelagerten WEA-Ringgeneratoren

Förderkennzeichen: 0325173A; 0325173B

Laufzeit: 01.10.2009 – 31.03.2012

Zuwendungssumme: 511.067 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel (Koordinator); Universität Kassel – Fachbereich 16 Elektrotechnik/Informatik – Institut für Elektrische Energietechnik – FG Elektrische Energieversorgungssysteme

Im Rahmen des Projekts „MagnetRing“ erarbeiten die Projektpartner eine massearme Realisierung eines neuartigen Generators für Windenergieanlagen (WEA). Das Hauptziel des Vorhabens ist es, einen magnetisch gelagerten Ringgenerator für WEA großer Leistung (ca. 10 MW) zu konzipieren, mit dem sich im Vergleich zu bisherigen Großanlagenkonzepten erhebliche Massenreduzierungen erreichen lassen. Mit Hilfe von drei Generator-Magnetkreismodellen im Maßstab 1:1 sollen Normal-, Tangential- und Magnetlagerkräfte des Generatorkonzepts messtechnisch analysiert werden. Die Ergebnisse werden mit analytischen Rechnungen und FE-Simulationen verglichen. Die aktive und inaktive Masse des Generatorkonzepts werden abgeschätzt bzw. berechnet und mit denen herkömmlicher WEA der Megawattklasse verglichen.

Weiterentwicklung eines Kugelanemometers für die Verwendung in der Windenergie

Förderkennzeichen: 0325207

Laufzeit: 01.09.2010 – 31.03.2013

Zuwendungssumme: 230.774 Euro

Projektpartner: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V – Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik – ForWind – Zentrum für Windenergieforschung

Das Ziel des „Kugelanemometer“-Projektes ist die Entwicklung eines robusten und präzisen Sensors für die simultane Erfassung von Windgeschwindigkeit und -richtung mit einer hohen zeitlichen Auflösung (>30 Hz). Dabei liegt ein Schwerpunkt auf der Optimierung des Prototyps für den Einsatz unter schwierigen Witterungsbedingungen, wie sie in der Offshore-Windenergie auftreten. Hierfür sollen die entwickelten Prototypen gemeinsam mit zwei Standardsensoren auf einer Nearshore-Windenergieanlage des Projektpartners BARD Gruppe und auf einer Nearshore-Plattform der Universität Oldenburg installiert werden. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten in die Weiterentwicklung des Kugelanemometers einfließen und am Projektende zu einer Bewertung hinsichtlich der Einsetzbarkeit in der Windenergie führen.

Verbundvorhaben: Entwicklung gondelbasierter LIDAR-Technologien für die Messung des Leistungsverhaltens und die Regelung von Windenergieanlagen (LIDAR II)

Förderkennzeichen: 0325216A; 0325216B

Laufzeit: 01.11.2010 – 31.10.2013

Zuwendungssumme: 1.345.256 Euro

Projektpartner: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V –
Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik – ForWind –
Zentrum für Windenergieforschung (Koordinator); Universität Stuttgart –
Stiftungslehrstuhl Windenergie am Institut für Flugzeugbau

Die optische Fernerkundungstechnologie LIDAR ermöglicht die Messung von Windgeschwindigkeiten auf mehrere hundert Meter Entfernung. Im Bereich der Windenergie existiert ein enormes Anwendungspotenzial für LIDAR, insbesondere für den Einsatz auf der Gondel von Windenergieanlagen. Das Projekt LIDAR II entwickelt Technologiebausteine dieser gondelbasierten Lidar-Windmessung. Im ersten Arbeitsbereich wird ein kostengünstiges und robustes, gondelbasiertes LIDAR entwickelt. Eine zweite Aufgabe ist die Entwicklung von Verfahren für die Messung und Überwachung des Leistungsverhaltens in Windparks. Weiterhin werden Strategien und Verfahren zur prädiktiven Regelung von Windenergieanlagen zur Böenkompensation und Ertragsmaximierung entwickelt.

Parallelrechner-Cluster für CFD- und WEA-Modellierung

Förderkennzeichen: 0325220

Laufzeit: 01.07.2010 – 31.12.2014

Zuwendungssumme: 2.991.428 Euro

Projektpartner: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V –
Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik – ForWind –
Zentrum für Windenergieforschung

Der Einsatz numerischer Simulationen von Strömungen gewinnt für die aerodynamische Entwicklung in der Windenergie eine immer größere Bedeutung. Es wird für die Entwicklungsarbeit ein hohes Potenzial für Kostensenkungen und Effizienzsteigerungen erwartet. Das BMU fördert an der Uni Oldenburg die Windenergieforschung mit einem Großrechner, der speziell für derartige Berechnungen ausgelegt ist. Haupteinsatzgebiet sind die detaillierte Berechnung des Nachlaufs und die Auswirkungen turbulenter Anströmung von Windenergieanlagen. Das Projekt stellt einen großen Schritt dar, um den Stand der Technik im Bereich der numerischen Strömungssimulation für Windenergieanlagen voran zu bringen.

Neuentwicklung einer Windkraftanlage $\geq$ 3,0 MW für den On- und den Offshoreeinsatz auf Basis des von W2E Wind to Energy GmbH patentierten Triebstrangkonzeptes „Larus Compact“

Förderkennzeichen: 0325228A; 0325228B

Laufzeit: 01.10.2010 – 31.10.2014

Zuwendungssumme: 2.113.351 Euro

Projektpartner: W2E Wind to Energy GmbH (Koordinator); Universität Rostock – Fakultät für Maschinenbau und Schiffstechnik – Lehrstuhl für Technische Mechanik/Maschinendynamik

Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer Windenergieanlage der 3-MW-Klasse. Die Anlage reduziert die Gondelmasse auf ein vergleichbares Niveau einer 2,5-MW-Anlage. Erreicht wird dies durch die Verwendung neuartiger Konzepte wie dem patentierten Kompaktriebstrang von W2E, durch Optimierung der Lastenrechnung und mechanischer Simulation auf Grundlage von universellen Mehrkörper-Programmsystemen (Zusammenarbeit mit dem Verbundpartner Universität Rostock, Lehrstuhl für Technische Mechanik/Dynamik), der Konstruktion von topologieoptimierten Komponenten und einer verbesserten, lastoptimierten Regelungstechnik. Zusätzlich zu den strukturellen Optimierungen werden auch erstmals ein neuentwickelter mittelschnelllaufender permanenterregter Synchrongenerator sowie ein 120 m Rotor verwendet.

Lunkerfest – Ermüdungsfestigkeitsnachweis auf Basis zerstörungsfreier Prüfungen an dickwandigen Eisengussbauteilen in der Windenergie

Förderkennzeichen: 0325239A; 0325239B; 0325239C

Laufzeit: 01.09.2010 – 31.08.2013

Zuwendungssumme: 1.909.744 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF) (Koordinator); I-Deal Technologies GmbH; Robert Bosch GmbH

Die Ziele des Vorhabens Lunkerfest sind: 1.) Objektivierung und Erhöhung der Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen aus Ultraschalluntersuchungen, 2.) Prozess zur eigenschaftsbezogenen zerstörungsfreien Prüfung, der zur Einbindung in Regelwerke geeignet ist, 3.) Erhöhung der realen Betriebssicherheit durch verbesserte Kenntnis der Auslastungsgrenzen von Gussbauteilen, 4.) Erhöhung des Auslastungsgrades des Gusseisens in Windkraftkomponenten, 5.) Vermeidung von Energie- und Ressourcenverbrauch durch wiederholtes Einschmelzen, 6.) Reduzierung von Entwicklungszeit und -kosten in OEMs und Gießereien.

Bei Projekterfolg kann eine Erhöhung der Verfügbarkeit / Zuverlässigkeit von WEAs sowie eine Erhöhung der Anlagenleistung erreicht werden. Hochfeste Eisengusswerkstoffe werden einer Schwingfestigkeitsbewertung zugeführt.

Verbundprojekt: Effizienzsteigerung von Windkraftgetrieben durch Steigerung der Leistungsdichte und Reduzierung des Materialeinsatzes und der Materialkosten

Förderkennzeichen: 0325244A; 0325244B; 0325244C

Laufzeit: 01.07.2011 – 30.06.2014

Zuwendungssumme: 1.361.361 Euro

Projektpartner: Siemens MD (Winergy) R&D Center Aachen (Koordinator);
Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen –
Fakultät 4 – Maschinenwesen – Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik;
Technische Universität München – Fakultät für Maschinenwesen –
Lehrstuhl für Maschinenelemente – Forschungsstelle für Zahnräder und
Getriebebau

Der Antriebstrang von Windkraftanlagen stellt ein zentrales Element im Bereich der Turbinenentwicklung dar. Der Trend bei den Entwicklungsschwerpunkten geht dabei immer stärker zur Gewichtsreduzierung bei zusätzlicher Steigerung der Leistungsdichte aber auch der Zuverlässigkeit. Im betriebsfesten Leichtbau von kostenoptimierten Serienwindgetrieben steckt der Schlüssel für eine zukunftssträchtige Windenergie von morgen. Im Projekt der Siemens Division Mechanical Drives werden zusammen mit den Partner Winergy AG, der RWTH Aachen und dem FZG der TU München die Grundlagen für ein derartig optimiertes Getriebe entwickelt. Die Entwickler planen durch die zertifizierte Verwendung von Sonderverzahnungen und den Einsatz modernster Fügeverfahren diesem Ziel einen großen Schritt näher zu kommen.

Strukturelle und aerodynamische Auslegung eines Rotorblattes mit Active Flow Control (AFC)-Elementen in modularer Hybridbauweise

Förderkennzeichen: 0325274

Laufzeit: 01.04.2011 – 30.09.2013

Zuwendungssumme: 547.325 Euro

Projektpartner: TEMBRA GmbH & Co. KG

Dynamische Kräfte stellen eine große Dauerbelastung für das Rotorblatt dar. Um die Belastungen zu reduzieren, wird der Einsatz einer formflexiblen Hinterkante („Flexible Flap“) untersucht. Mit diesem Element können die aerodynamischen Kräfte auf das Rotorblatt effektiv gesenkt werden. Die für die Struktur schädlichen Ermüdungsbeanspruchungen werden reduziert und das Rotorblatt kann mit weniger Materialeinsatz gefertigt werden. Damit sinken die Kräfte auf andere Strukturen wie Gondel und Turm. Wird die Flap zur (partiellen) Leistungsregelung der Anlage genutzt, wird das anfällige Pitchsystem entlastet. Ein automatisiertes Herstellungsverfahren zur Fertigung der aktiven Blattelemente kann genutzt werden, um dem Gesamtziel noch näher zu kommen: eine kosteneffizientere Turbine.

Entwicklung eines Windkraft Hochfundamentes; Optimierung von konventionellen Windkraftfundamenten/Türmen im Bezug auf Flexibilität, Transport, Höhe, Aussteifung und Kosten

Förderkennzeichen: 0325278

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.05.2014

Zuwendungssumme: 248.833 Euro

Projektpartner: FITT-Institut für Technologietransfer an der Hochschule für Technik
und Wirtschaft des Saarlandes gGmbH

Übliche WKA-Türme leiten ihre Kräfte mithilfe massiger Tellerfundamente in den Boden ein. Das zu erforschende Konstruktionskonzept geht einen anderen Weg. Das WKA-Hochfundament-Konzept sieht einen Fundamentring vor. In diesen Fundamentring werden V-förmig angeordnete Stützen als Fertigteile eingebunden, die in einen in ca. 25 m Höhe angeordneten Fertigteil-Ring münden, der die Standard-Turm-Konstruktion aufnimmt. Die Stützen und die Ringsegmente bleiben in Bezug auf Gewicht und Abmessungen in einem leicht zu transportierenden Bereich. Das Fundierungssystem soll zunächst im Onshore-Bereich Verwendung finden, eine Ausweitung auf den Offshore-Bereich ist jedoch angedacht.

Aeroelastische Analyse von Groß-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325282

Laufzeit: 01.05.2011 – 30.04.2014

Zuwendungssumme: 427.808 Euro

Projektpartner: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen – Fakultät 4
– Maschinenwesen – Lehrstuhl und Institut für Maschinenelemente und
Maschinengestaltung

Die zeitlich veränderlichen Windlasten am Rotor einer Windenergieanlage können zu Schäden im Antriebsstrang führen. Daher soll untersucht werden, inwieweit aktive aerodynamische Maßnahmen, wie z. B. aerodynamische Klappen am Rotor, die Wirkung dieser Lasten auf den Antriebsstrang reduzieren können. Um die Wirksamkeit dieser Maßnahmen nachweisen zu können, fehlen heute geeignete Berechnungsmethoden. Am CATS entwickelte aeroelastische Simulationen mit numerischen Strömungslösern (CFD) werden für die hier beschriebene Fragestellung adaptiert. Anschließend werden aus der CFD abgeleitete, reduzierte Modelle am IME in das detaillierte Mehrkörpersimulationsmodell einer Windenergieanlage integriert. So kann die Wirksamkeit nachgewiesen und die zugehörige Regelungsstrategie entwickelt werden.

Entwicklung von Verfahren zur lasergestützten Erfassung des Schwingungsverhaltens von Windkraftanlagen

Förderkennzeichen: 0325287
 Laufzeit: 01.09.2011 – 31.03.2014
 Zuwendungssumme: 692.786 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung (IOSB) – Standort Karlsruhe

Gegenstand des Vorhabens ist die Erfassung von Schwingungen an Windenergieanlagen mittels Laserabtastung aus größerer Entfernung. Hierzu werden Verfahren entwickelt, die eine zuverlässige Schwingungserfassung an Turm, Gondel und Rotorblatt im laufenden Betrieb der Anlage erlauben. Entwicklungsschwerpunkte sind die kamerabasierte Nachführung des Laserstrahls auf der Oberfläche sich bewegender Anlagenkomponenten, insbesondere des drehenden Rotorblatts, sowie die gleichzeitige Abtastung mehrerer Messpunkte im Hinblick auf die Identifikation von Schwingungsformen und die Untersuchung der Schwingungsausbreitung. Anwendungen sind unter anderem die Validierung von Simulationsmodellen, die Schwingungsüberwachung hoch belasteter Komponenten sowie Untersuchungen zur Schallemission von Anlagen.

Verbundvorhaben: Breaking the Ice (BRICE) – Dynamische Untersuchungen von Offshore-Windenergieanlagen unter dem Einfluss von Meer-Eis

Förderkennzeichen: 0325297A; 0325297B
 Laufzeit: 01.05.2011 – 30.04.2014
 Zuwendungssumme: 918.806 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Bremerhaven (Koordinator); Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt GmbH

Die Windenergie stellt eine der vielversprechendsten Technologien im Bereich der erneuerbaren Energien dar. Die Auswirkungen von Meer-Eis im Zusammenhang mit Offshore Windenergieanlagen (OWEA) werden jedoch aufgrund geringer Erfahrungen und der hohen Komplexität sehr häufig unterschätzt. Nicht nur im nördlichen Bereich der Ostsee, auch vor der deutschen Küste tritt der Eiswintertyp „sehr stark“ im Durchschnitt alle 10 Jahre auf. Es liegen Eisdicken von bis zu 50 cm sowie die Bildung von Presseisrücken und übereinander geschobenem Eis mit Dicken von bis zu 100 cm vor. Gesamtziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung und Verifizierung neuer Methoden zur Erstellung ganzheitlicher numerischer und experimenteller Modelle, welche die Eis-Strukturinteraktion an OWEA realistisch abbilden.

Verbundprojekt Blade Tester

Förderkennzeichen: 0325298A; 0325298B; 0325298D
Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme: 2.670.122 Euro
Projektpartner: Technische Universität Berlin – Fakultät VI – Planen Bauen Umwelt – Institut für Bauingenieurwesen (Koordinator); Steinbichler Optotechnik GmbH; Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) – Fachgruppe 5.6 – Mechanik der Polymerwerkstoffe

In diesem Forschungsvorhaben wird ein automatisiertes Verfahren für kostengünstige und serienmäßige Integritätsprüfungen von Rotorblättern ausgang der Produktion entwickelt. Es handelt sich um die systematische Erfassung von Fertigungsfehlern, ihre Lokalisierung und Auswertung hinsichtlich der Auswirkungen auf die Integrität des Rotorblattes im Betrieb. Dafür werden intelligente, zerstörungsfreie Prüfverfahren (i-ZfP) in Kombination mit ausgewählten statischen und dynamischen Testeinwirkungen entwickelt, welche die Sichtbarkeit von Fertigungsfehlern steigern. Als Testkörper werden spezielle Rotorblätter – die Tuner – mit eingebauten definierten Fertigungsfehlern hergestellt und zur Erprobung der i-ZfP-Verfahren eingesetzt.

Erfassung und Bewertung des Einflusses turbulenter Feuchteflüsse auf die Turbulenz in Offshore Windparks

Förderkennzeichen: 0325304
Laufzeit: 01.08.2011 – 31.07.2014
Zuwendungssumme: 484.439 Euro
Projektpartner: Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)

Ziel ist die vollständige Beschreibung der thermischen Stabilität der marinen Grenzschicht in Nabenhöhe der geplanten offshore-Turbinen durch Messung des vertikalen turbulenten Feuchteflusses an FINO 1. Das soll belastbare Angaben zum Einfluss des Feuchteflusses auf die atmosphärische Turbulenz liefern, die Leistungskennlinienermittlung verbessern und bessere Last- und Ermüdungsabschätzungen ermöglichen. Zudem werden bisher nicht verfügbare Grundlagen für eine verbesserte numerische Simulation der Turbulenzverhältnisse in der marinen Grenzschicht geschaffen. Diese Ergebnisse werden insbesondere eine genauere Abschätzung von Länge und Intensität des Nachlaufs hinter einzelnen Turbinen und ganzen Windparks ermöglichen und damit zur Optimierung der offshore-Windenergienutzung beitragen.

MOEWE – Multimegawatt aus Offshore – Windenergie

Förderkennzeichen: 0325306A; 0325306B; 0325306C; 0325306D; 0325306E

Laufzeit: 01.08.2011 – 31.07.2014

Zuwendungssumme: 2.066.629 Euro

Projektpartner: Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG (Koordinator); Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg – Technische Fakultät – Department Werkstoffwissenschaften – Lehrstuhl Allgemeine Werkstoffeigenschaften; Technische Universität Dortmund – Fachgebiet Werkstoffprüftechnik (WPT); REpower Systems SE – TechCenter; Eickhoff Antriebstechnik GmbH

Erneuerbare Energien stehen im Fokus der Energiewende. Windenergieanlagen sind hierbei ein zentraler Bestandteil. Dabei handelt es sich um komplexe Materialsysteme, bei denen eine hohe Standzeit erforderlich ist. Das Projekt MOEWE unter Leitung der SCHAEFFLER Technologies AG & Co. KG verfolgt einen holistischen Ansatz, bei dem Felderfahrten und Antriebsstrangsimulationen in neue Materialkonzepte (Universität Erlangen-Nürnberg, Institut für Werkstoffwissenschaften I) mit dem Ziel einer robusten, dauerhaftesten Auslegung überführt werden. Die Entwicklung neuer Materialkonzepte wird gekoppelt mit der Entwicklung von neuen Condition Monitoring Systemen (Universität Dortmund, Werkstoffprüftechnik). Die neu entwickelten Material- und Condition Monitoring Konzepte werden in Anlagen validiert.

Gondelprüfstand für getriebelose Windenergieanlagen als Teil des DyNaLab (Dynamic Nacelle Test Laboratory)

Förderkennzeichen: 0325332

Laufzeit: 01.05.2011 – 31.12.2013

Zuwendungssumme: 9.990.000 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Bremerhaven

Am Fraunhofer IWES in Bremerhaven wird ein Prüfstand zur Untersuchung von Windenergiegondeln geplant. Für höchste Dynamik bei der Lastmomenteinprägung soll dieser Großprüfstand durch eine Synchronmaschine (Einzel- oder Tandemmaschine) angetrieben werden. Um grundlegende Auslegungskriterien und Regelungsstrategien für den Großprüfstand zu verifizieren bzw. zu ermitteln, wurde ein Kleinprüfstand aufgebaut. Dieser herunterskalierte Laborprüfstand bildet das elektromechanische Systemverhalten des geplanten Großprüfstandes im Wesentlichen nach.

ADVOCAT – Advanced Composite Repair tooling for Wind Turbine Blade Maintenance; Teilprojekt: Prozessentwicklung für eine neuartige, laserbasierte Verbundmaterialreparatur

Förderkennzeichen: 0325370

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2013

Zuwendungssumme: 465.946 Euro

Projektpartner: Laser Zentrum Hannover e. V. – Abt. TN Gruppe CPM

Die Windenergie ist ein wachsender Markt innerhalb der erneuerbaren Energien. Zur Effizienzsteigerung werden die Windkraftanlagen, vor allem die Rotoren, immer größer. Deshalb wird zu ihrem Bau vermehrt auf Leichtbauwerkstoffe wie faserverstärkte Kunststoffe zurückgegriffen. Da die Anlagen im Betrieb hauptsächlich durch Umwelteinflüsse wie Witterung und Vogelschlag abnutzen, rückt das Interesse für Reparaturen der kostenintensiven, faserverstärkten Rotoren vermehrt in den Blickpunkt der Betreiberfirmen. Ein mögliches Verfahren ist die laserbasierte Reparaturvorbereitung. Ein solches berührungsloses Verfahren lässt sich weitgehend automatisieren und reduziert außerdem den Bedarf hochqualifizierten Personals sowie den beim Bearbeiten von Faserverbundwerkstoffen auftretenden Werkzeugverschleiß.

Offshore Messboje – Entwicklung einer integrierten Messboje für die Messung von Umweltbedingungen an Offshore Windparks

Förderkennzeichen: 0325387

Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2013

Zuwendungssumme: 838.969 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – institutsteil Bremerhaven

In dem Projekt „Offshore Messboje“ soll ein innovatives Messsystem zur Bestimmung von Umweltbedingungen (primär Winddaten) für Offshore-Windparks entwickelt und als Prototyp realisiert werden. Die Messboje stellt dabei eine im Vergleich zu Windmessmasten – als Stand der Technik für Windmessungen an Land – für die Offshore-Anwendung erheblich flexiblere und v. a. kostengünstigere Lösung dar. Kern und wesentliche Innovation des Systems ist die Verwendung von LIDAR-Messtechnik und deren Integration in eine geeignete Boje. Eingesetzt werden soll das fertige Messsystem sowohl für Langzeitmessungen für Offshore-Standortbewertungen, aber auch für kürzere Messungen zur Überprüfung von Leistungskurven von einzelnen Windenergieanlagen oder ganzen Windparks.

Erweiterung und Erprobung eines Schadensfrüherkennungs- und Eis-Detektions-Systems für Rotorblätter von Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325388
 Laufzeit: 01.12.2011 – 30.11.2014
 Zuwendungssumme: 634.117 Euro
 Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik

Rotorblätter sind dynamisch stark beanspruchte Strukturen, bei denen im laufenden Betrieb der Windenergieanlage Ermüdungsschäden in hochbelasteten Bereichen der Struktur auftreten können. Da die Produktion von Rotorblättern nach wie vor wenig automatisiert ist, muss mit Fertigungsungenauigkeiten gerechnet werden, die sich auf das Tragverhalten der Blätter auswirken und somit den Betrieb der Anlage stören können. Insbesondere bei Offshore-WEA spielt die Zuverlässigkeit der einzelnen Komponenten eine entscheidende Rolle. Inspektionen vor Ort sind nur in begrenzten Zeiträumen möglich. Hinzu kommt, dass Reparaturen durch die Notwendigkeit spezieller Schiffe lange im Voraus geplant werden müssen. Wegen der erforderlichen Abschaltung der WEA während der Wartung kommt es zu erheblichen Effizienzverlusten. Sensoren und Systeme zur Ermittlung der Beanspruchungsverhältnisse sind hier unabdingbare Voraussetzungen für einen Wettbewerbsvorsprung.

Entwicklung und Demonstration eines intelligenten, integrierten Naben – Controller – Systems für die lastreduzierende individuelle Blattverstellung auf Basis modernster Rotorblatt- und LIDAR-Sensorik (Triple-I Blade Control)

Förderkennzeichen: 0325391
 Laufzeit: 01.09.2011 – 28.02.2015
 Zuwendungssumme: 1.861.450 Euro
 Projektpartner: REpower Systems SE – TechCenter

Im Rahmen dieses Projektes soll ein multifunktionales Naben-Controller-System (Triple-I- Blade Control) für die speziellen Anforderungen von Multimegawatt WEAs entwickelt, in einer Echtzeit-Simulation validiert und im industriellen Maßstab demonstriert werden. Es wird angestrebt, für diese geschlossene Lösung sämtliche Einzelfunktionen firmenintern weiter- oder neu zu entwickeln und dadurch höchste Zuverlässigkeit bei hoher Verarbeitungsgeschwindigkeit zu gewährleisten. Es wird ermöglicht, sowohl Wechselwirkungen zwischen einzelnen Funktionalitäten zu berücksichtigen und aufeinander abzustimmen, als auch das übergeordnete Steuerungs- und Sicherheitskonzept anwendungsorientiert anzupassen.

Verbundvorhaben: Infrarot-Thermographie als Messtechnik zur Visualisierung von Vortex-Strukturen auf rotierenden Rotorblättern

Förderkennzeichen: 0325401A; 0325401B

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2014

Zuwendungssumme: 673.619 Euro

Projektpartner: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V – Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik – ForWind – Zentrum für Windenergieforschung (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für Holzforschung – Wilhelm-Klauditz-Institut (WKI)

Mit der wachsenden Anzahl an Windenergieanlagen (WEA) besonders in Offshore-Windparks steigt der Bedarf an neuartigen Diagnoseverfahren. Im Verbundprojekt IR-Vortex wird daher die Methode der Thermographie entwickelt, um den Zustand laufender WEA über Wärmebilddaufnahmen zu ermitteln. Neben Aufnahmen an realen WEA durch das Fraunhofer WKI werden im Windkanal der Universität Oldenburg realistische Rotorumströmungen nachgestellt und gleichzeitig mit Thermographie und optischer Messtechnik analysiert, um einen Zusammenhang zwischen Wärmebildstrukturen, Strömungs- und Schadensdetails herzustellen. CFD-Simulationen ergänzen diese Analysen. Die Projektpartner, das Sachverständigenbüro O. Lutz, der WEA Hersteller Kenersys und der Betreiber Renesco, sorgen für die Umsetzung in die Praxis.

Werkstoffentwicklung für Windenergieanlagen im Multi-Megawatt-Bereich Offshore

Förderkennzeichen: 0327593; 0327593A

Laufzeit: 01.08.2006 – 31.10.2011

Zuwendungssumme: 790.325 Euro

Projektpartner: Siempelkamp Giesserei GmbH (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF)

Für die tragenden Bauteile von Windkraftanlagen kommen nur Werkstoffe mit einer hohen Wechselfestigkeit und Zuverlässigkeit in Frage. Deswegen und aufgrund der nahezu unbegrenzten konstruktiven Freiheiten sind schon heute ca. 30 % des Gondelgewichts aus duktilem Gusseisen. Besonders in der Offshore-Windenergie sind aufgrund der hohen Risiken Neuentwicklungen ohne Zertifizierung nicht durchsetzbar. Im vorliegenden Projekt wurde auf Basis des bewährten Sphäroguss ein höherfester Werkstoff entwickelt und untersucht. Für die Zertifizierung durch den Germanischen Lloyd wurden umfangreiche Versuchsreihen durchgeführt und zusätzlich ein bruchmechanisches Sicherheitskonzept erarbeitet.

InnoBladeTeC – Entwicklung neuer Prüfmethodiken und Prüfstände für Rotorblätter und deren Komponenten als wesentlicher Bestandteil des Kompetenzzentrums Rotorblatt

Förderkennzeichen: 0327622
 Laufzeit: 01.11.2006 – 31.07.2011
 Zuwendungssumme: 11.786.881 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Bremerhaven

Für die Zulassung von Rotorblättern der zukünftigen Multimegawatt-Windenergieanlagen existieren nationale und internationale Vorschriften, die u. a. sehr aufwendige Versuche am gesamten Rotorblatt verlangen. Im Rahmen des InnoBladeTeC Projektes werden die notwendigen Prüfstände für die Material-, Komponenten- und Rotorblattprüfungen entwickelt und aufgebaut. Die Prüfstände für die Material- und Komponentenprüfung sowie der erste Rotorblattprüfstand sind in Betrieb. Die Fertigstellung des zweiten Rotorblattprüfstandes für Blätter bis zu einer Länge von 90 m war im Frühjahr 2011. Die Entwicklung und der Aufbau der Prüfstände ist ein wesentlicher Bestandteil des Rotorblatt Kompetenzzentrums in Bremerhaven.

Verbundprojekt: Entwicklung eines innovativen, ertragsoptimierten und kostengünstigen Rotorblatts für Offshore – Windkraftanlagen

Förderkennzeichen: 0327646; 0327646B; 0327646C
 Laufzeit: 01.06.2007 – 31.03.2012
 Zuwendungssumme: 2.051.963 Euro
 Projektpartner: REpower Systems SE – TechCenter (Koordinator); Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik; Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH

Das Projekt befasst sich mit der Entwicklung eines innovativen, ertragsoptimierten und kostengünstigen Rotorblatts für Offshore-Windanlagen. Es soll einen wichtigen Beitrag zu verbesserten Eigenschaften der REpower 5M in Bezug auf Kosten, Langlebigkeit und Servicefreundlichkeit leisten. Auf Grundlage der Erfahrungen, die mit bereits installierten Prototypen gesammelt wurden, sollen die Weiterentwicklungen den Erfordernissen einer Offshore-Umgebung in besonderem Maße Rechnung tragen. Die untersuchten Hauptthemen des Projektes sind die Verbesserung der Aerodynamik und Reduzierung der Kosten.

Verbundprojekt: Weiterentwicklung von Offshore-WEA-Komponenten in Bezug auf Kosten, Langlebigkeit und Servicefreundlichkeit

Förderkennzeichen: 0327647
Laufzeit: 15.03.2007 – 30.06.2012
Zuwendungssumme: 3.249.739 Euro
Projektpartner: REpower Systems SE – TechCenter

Das Projekt ist in mehrere Arbeitspakete unterteilt, die die verschiedenen WEA-Komponenten betreffen und zum Gesamtziel beitragen. Diese umfassen (1) Getriebe, (2) Netz, (3) Advanced Controls, (4) SCADA, und (5) Logistik. Die Selektion zu nutzender Maßnahmen erwächst aus der gesammelten Betriebserfahrung mit der REpower 5M sowie dem Ausblick auf die hervorragenden Möglichkeiten, die das Offshore-Testfeld bietet. Als Ergebnisse der Projektaktivitäten werden im Wesentlichen Beiträge zur Kostensenkung, Ertragssteigerung und Erhöhung der Verfügbarkeit von Offshore-Windenergieanlagen erwartet.

Innovative Weiterentwicklung, Konstruktion und Test der Offshore Windenergieanlage Multibrid M5000 unter erschwerten Offshore Bedingungen im Offshore Testfeld Borkum West

Förderkennzeichen: 0327670
Laufzeit: 15.03.2007 – 30.06.2013
Zuwendungssumme: 4.972.413 Euro
Projektpartner: AREVA Wind GmbH

Das Testfeld bietet exzellente Bedingungen, um die ersten Multibrid M5000 Windenergieanlagen zu überwachen. Das Multibrid Forschungsvorhaben bezieht sich auf (1) den Blattanschluss, (2) die Vorrichtungen zur Installation der Windenergieanlage, (3) den Umrichter und die Transformatoren, (4) das Kühlsystem, (5) diverse Konzepte zur Errichtung und Inbetriebnahme sowie die Wartung, (6) die Datenaustauschnittstelle und (7) die Starkwindabschaltung. Es werden Weiterentwicklungen zu den genannten Themen durchgeführt, die im Rahmen des Forschungsprojekts unter Offshore-Bedingungen getestet werden.

Verbundprojekt: Lastreduzierende Regelungsverfahren für Multimegawatt-Windkraftanlagen im Offshore-Bereich

Förderkennzeichen: 0327676; 0327676A; 0327676B

Laufzeit: 01.07.2007 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 1.504.601 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel (Koordinator); MOOG Unna GmbH; AREVA Wind GmbH

Das Verbundprojekt wird vom Fraunhofer IWES mit der Firma Areva Wind GmbH – einem Hersteller von Offshore-Windenergieanlagen der 5 MW Klasse – und mit der Firma Moog Unna GmbH – einem Zulieferer von Pitchverstellsystemen – durchgeführt. Ziel ist es, ein für die Anlage M5000 zugeschnittenes, lastreduzierendes Regelungssystem zu implementieren und im Feld zu testen. Die für die Tests vorgesehene Anlage wurde im Juni 2008 errichtet. Ein Messsystem wurde installiert und getestet. Numerische Modelle für den Reglerentwurf wurden erstellt und erste Reglerentwürfe durchgeführt. Als weiterführende Forschungsarbeit wird am ISET ein Teststand für eine lastarme Blattverstellung aufgebaut.

Entwicklung und Konstruktion eines teilautomatisierten Finish für große Offshore Rotorblätter

Förderkennzeichen: 0327678

Laufzeit: 01.04.2008 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 846.584 Euro

Projektpartner: AREVA Blades GmbH

Eine qualitativ hochwertige Rotorblattoberflächenbeschichtung, die den Standort- und Erosionsanforderungen im Offshoreeinsatz Rechnung trägt und wirtschaftlich in einer Serienproduktion eingesetzt werden kann, steht im Mittelpunkt des Projektes. Weiterhin ist die Oberflächenbearbeitungszeit zu senken und die Staubbelastung am Arbeitsplatz zu minimieren. Der Einsatz von Immouldbeschichtungen unter Anwendung von 2K-Beschichtungsanlage im Gießverfahren mit lösemittelfreien PU Gelcoat sowie der Einsatz von Flächenschleifern werden getestet. Als Alternative zur Oberflächenlackierung wird der großflächige Einsatz von Folien geprüft. Bedingt durch extreme Erosionen sind spezielle Kantenschutzmaßnahmen notwendig.

mapretec- Ein Verfahren zur preform- Herstellung durch ebene Ablage für ein räumliches Bauteil als Basis einer automatisierten Prozesskette zur Rotorblattherstellung

Förderkennzeichen: 0329926C; 0329926F

Laufzeit: 01.12.2010 – 31.05.2013

Zuwendungssumme: 740.715 Euro

Projektpartner: Universität Bremen – Institut für integrierte Produktentwicklung (BIK)
(Koordinator); SAERTEX GmbH & Co. KG

Das Verbundprojekt mapretec hat zum Ziel, eine automatisierte Prozesskette zur Rotorblattherstellung zu entwickeln und aufzubauen. Mit diesen Prozessen und Verfahren soll es zukünftig möglich sein, die Fertigungszeit eines Rotorblattes durch das Einbringen fertig aufgebauter preforms deutlich zu verringern und zugleich die steigenden Qualitätsanforderungen zu erfüllen. Preforms sind mit Bindertechnik aufgebaute Textilpakete, die anschließend mit Matrixharz injiziert werden. Die kritischen Formbelegungszeiten werden so durch die Kombination von Automatisierung, preforming-Technik und Harzinjektionsverfahren deutlich reduziert. Unterstützt wird das Projekt von der AREVA Blades GmbH, einem Rotorblatthersteller und Tochter des Energiekonzerns AREVA.

3.2 NETZINTEGRATION DER WINDENERGIE

Das Stromversorgungssystem durchläuft zurzeit eine grundlegende Umorientierung, die in den kommenden Jahren umgesetzt werden muss. Noch ist das System auf einen Transport aus den zentralen Kraftwerken hin zum Verbraucher ausgerichtet, von den Übertragungsnetzen in die Verteilnetze. Je mehr Strom aus dezentralen erneuerbaren Quellen eingespeist wird, desto mehr Strom fließt jedoch direkt in die Verteilnetze, welche zusätzliche Funktionen übernehmen müssen. Systemdienstleistungen, um die Netzqualität zu gewährleisten, müssen zukünftig auch dezentral von erneuerbaren Energien gestellt werden.

Der Hauptanteil des Stroms aus erneuerbaren Energien wird in den kommenden Jahren neben den Photovoltaikanlagen voraussichtlich von den Windenergieanlagen kommen – beide produzieren keinen kontinuierlichen Stromfluss. Trotzdem muss die Energieversorgung sichergestellt sein. Bereits jetzt werden durch Windenergie rund 28 Gigawatt Leistung bereitgestellt, bis 2020 wird aufgrund der steigenden Anzahl an Offshore-Windparks eine



Offshore-Windpark Baltic 1 in der Ostsee

installierte Leistung von knapp 50 Gigawatt erwartet. Zum Vergleich: Der Verbrauch in Deutschland schwankt innerhalb eines Jahres zwischen 40 und 80 Gigawatt.

Die Thematik der Regenerativen Energieversorgungssysteme hat mittlerweile eine zentrale Bedeutung für die weitere Umsetzung der Energiewende. Wegen der wachsenden Relevanz ist dem Thema 2008 ein eigener Schwerpunkt innerhalb der Forschungsförderung des BMU zugeordnet worden (siehe Kapitel 2).

In diesem Unterkapitel sind speziell die Projekte enthalten, welche einen entsprechenden Lösungsansatz entwickeln, welcher direkt durch die Windenergieanlagen beziehungsweise den Windpark umzusetzen ist. So geht es zum Beispiel um die Einspeisecharakteristik von großen Offshore-Windparks, deren Analyse und Berechenbarkeit. Ebenfalls wird ein flexiblerer Einsatz konventioneller Kraftwerke (in der Übergangszeit) benötigt, beziehungsweise der Einsatz geeigneter Speicher, der an die Strommengen aus den Offshore-Windparks angepasst sein muss. Ein Lösungsansatz besteht zum Beispiel darin, das dynamische Zusammenspiel aller Einzelanlagen anhand von Regelungssystemen so zu koordinieren, dass sie den Erfordernissen des Netzanschlusses entsprechen (FKZ 0325170A+B). Die produzierte Leistung der Windparks ist auch durch zwischen den Anlagen verursachte Abschattungseffekte schwierig vorherzusagen. Das ist ein Thema, welches sowohl für Offshore- als auch für Onshore-Windparks wichtig ist und bei der Erschließung weiterer Standorte noch an Bedeutung gewinnt. Generell gilt, je besser und präziser die Prognose, desto besser lässt sich das Gesamtsystem auf den Windstrom einstellen und desto mehr Leistung kann in das Netz aufgenommen und genutzt werden.

Verbundprojekt: Netzintegration von Offshore-Windparks

Förderkennzeichen: 0325002
 Laufzeit: 01.07.2008 – 30.06.2012
 Zuwendungssumme: 1.357.714 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
 Institutsteil Kassel

In diesem Projekt wird die Anbindung von Offshore-Windparks in das deutsche Verbundnetz untersucht. Am Beispiel des ersten deutschen Offshore-Windparks „alpha ventus“ werden neue Techniken entwickelt, um Offshore-Windenergie zuverlässig in das elektrische Netz einzubinden. Ziel ist es dabei, die Betriebsführung von Offshore-Windparks möglichst an der von konventionellen Kraftwerken zu orientieren. Dazu muss die fluktuierende Leistung der Windparks (im Moment noch Megawatt, später Gigawattbereich) möglichst ohne größeren Mehraufwand an Systemdienstleistungen, bei maximaler Ausbeute und Systemstabilität, in das elektrische Netz eingebunden werden. Mittel sind dabei die Verbesserung der Windleistungsprognose und die Clusterung von Windparks zu größeren Kraftwerksverbünden.

Effizienzsteigerung und Ertragsverbesserung für im Betrieb befindliche Windparks

Förderkennzeichen: 0325127A; 0325127B
 Laufzeit: 01.04.2011 – 31.03.2014
 Zuwendungssumme: 482.395 Euro
 Projektpartner: Deutsche Wind Guard GmbH (Koordinator);
 Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V –
 Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik –
 ForWind – Zentrum für Windenergieforschung

Analysen der Betriebsdaten von Windenergieanlagen (WEA) innerhalb eines Windparks (WP) zeigen oftmals, dass diese sich sehr stark in ihrer Leistungsfähigkeit unterscheiden. Dies lässt sich jedoch nur z. T. durch Abschattung hintereinander angeordneter WEA erklären. Das Vorhaben widmet sich der Suche nach den Gründen dieser Performance-Unterschiede. Es werden umfangreiche Messungen und Optimierungsmaßnahmen an den WEA eines ausgewählten WP durchgeführt. Lasergestützte Freifeldmessungen des Windregimes am Standort sowie Untersuchungen der Umströmung der WEA-Gondel im Forschungswindkanal der Deutschen WindGuard flankieren die Messungen an den WEA und ermöglichen so die wissenschaftliche Untermauerung der Untersuchungsergebnisse.

Verbundprojekt: Windparkregelung zur Netzintegration

Förderkennzeichen: 0325170A; 0325170B

Laufzeit: 01.10.2009 – 30.09.2012

Zuwendungssumme: 1.273.672 Euro

Projektpartner: AREVA Wind GmbH (Koordinator); Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Für die Einspeisung großer Windenergiemengen aus Offshore-Windparks in das deutsche Verbundnetz sind in Zukunft anspruchsvolle Regelungssysteme auf Windparkebene erforderlich, die das dynamische Zusammenspiel aller Einzelanlagen entsprechend den Erfordernissen des Netzanschlusses koordinieren. Der Entwurf solcher Regelungssysteme ist wegen ihrer Komplexität mit den vorhandenen Entwicklungswerkzeugen schwierig zu realisieren und soll durch die Entwicklung besonderer Werkzeuge beträchtlich erleichtert werden. Die zu entwickelnden Regelungsverfahren ermöglichen eine kostengünstigeren, schnellere und qualitativ hochwertige Integration von großen Windparks in das elektrische Verbundnetz sowie eine verbesserte Leistungsausbeute.

Verbundprojekt: Virtuelles Stromversorgungssystem – Komplettsimulation zukünftiger Stromversorgungssysteme

Förderkennzeichen: 0325172A; 0325172B

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012

Zuwendungssumme: 994.972 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel (Koordinator); Leibniz Universität – Institut für Energieversorgung und Hochspannungstechnik, Fachgebiet elektrische Energieversorgung

Im Jahr 2007 erzeugten die Erneuerbaren Energien 87 TWh elektrische Energie. Dies entspricht etwa 16 % des Nettostromverbrauchs in Deutschland. Damit die Klimaschutzziele bis 2020 eingehalten werden, soll u. a. die installierte Windenergieanlagenleistung von 22 auf über 60 GW erhöht werden. Da es in Regionen mit hohem Anteil von volatilen Erzeugern schon heute bei Starkwind- und Schwachlastzeiten zu Netzengpässen kommt, ist davon auszugehen, dass es in der Zukunft weitaus mehr Netzengpässe geben wird. Um diesen Problemen entgegen zu wirken, soll im Projekt „Virtuelles Stromversorgungssystem“ eine Simulationsumgebung geschaffen werden, die zukünftige Stromversorgungssysteme nachbilden kann. Im Rahmen des Projekts soll die Frage nach einem optimalen Stromversorgungssystem beantwortet werden.

Verbundvorhaben: Regelung von Offshore-Windparks durch lokale Leistungsprognose sowie Monitoring der Leistungs- und Belastungscharakteristik (Baltic I)

Förderkennzeichen: 0325215A; 0325215B; 0325215C

Laufzeit: 01.03.2011 – 31.05.2014

Zuwendungssumme: 1.715.706 Euro

Projektpartner: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V –
Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik – ForWind –
Zentrum für Windenergieforschung (Koordinator); Universität Stuttgart –
Stiftungslehrstuhl Windenergie am Institut für Flugzeugbau;
EnBW Erneuerbare Energien GmbH

Mit dem Verbundforschungsvorhaben »Baltic I« werden die Projektpartner wertvolle Erfahrungen und Erkenntnisse im Bereich Offshore-Windparks von kommerzieller Größe gewinnen. Die Forschungsergebnisse sollen Optimierungspotenziale des Energieertrags, der Betriebskosten und der Erlöse durch Strom einspeisung aufzeigen. Dazu werden Untersuchungen auf den Gebieten Leistungs- und Last-Monitoring, Windleistungsvorhersage, Netzintegration und Betriebsführung am Offshore-Windpark „EnBW Baltic 1“ (Nennleistung 48,3 MW) durchgeführt. Anhand der Forschungsergebnisse wird dargelegt, welche Komponenten und Funktionalitäten in zukünftige kommerzielle Windparkmanagementsysteme zu integrieren sind.

3.3 GRÜNDUNGEN UND LOGISTIK

Offshore-Gründungen spielen eine wesentliche Rolle in den Logistikprozessen beim Bau eines Offshore-Windparks, weswegen diese Themen zusammen in einem Unterkapitel dargestellt werden. Ebenfalls unter diesen Themenbereich fällt die spätere Instandhaltung und Betriebsführung der Windenergieanlagen.

Während der Arbeiten an den Forschungsplattformen und dem Bau des Offshore-Testfelds alpha ventus in den Jahren 2008 bis 2010 hatte sich herausgestellt, dass die Logistik mindestens ebenso wichtig für das Errichten der Anlagen ist wie die technischen Fragen. Um das Ziel zu erreichen, geschätzte 500 Windenergieanlagen durchschnittlich pro Jahr innerhalb der nächsten zehn Jahre auf See zu errichten, muss die dafür notwendige Technik ausreichend verfügbar sein. Transport und Montage müssen fachgerecht – und umweltfreundlich – abgewickelt werden können, zudem sollte der Einfluss von Wellen, Strömung und Wind auf das Baugeschehen minimiert werden. Auch für später anstehende Wartungsarbeiten muss die entsprechende Logistik verfügbar sein, Wartungs- und Reparaturteams muss der Zugang zu den Windenergieanlagen nahezu ganzjährig ermöglicht werden.

In der aktuellen BMU-Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 sind die Forschungsgebiete aufgelistet, die zu Gründungen und Logistik vom BMU aktuell gefördert werden. An dieser Stelle werden diese als Hintergrundinformation in Auszügen wiedergegeben:

- Gründungsvarianten und -verfahren für Offshore-Windenergieanlagen sollen neu- und weiterentwickelt werden.
- Boden-Bauwerksinteraktion soll erforscht werden.
- Herstellungsprozesse für Gründungen sollen optimiert werden.
- Bau und Logistikprozesse offshore (und auch onshore) sollen optimiert werden.
- Praxistaugliche und innovative Offshore-Zugangssysteme sollen entwickelt werden.
- Condition Monitoring Systeme sollen entwickelt werden, um den Zustand der Anlagen zu überwachen.
- Betrieb und Wartung sollen insgesamt optimiert werden.

Um eine lange Lebensdauer der Windenergieanlagen und ein zuverlässiges Betriebsverhalten zu gewährleisten, könnten unter anderem Schadensdatenbanken helfen. Darin werden Daten gesammelt, welche nach einer statistischen Auswertung dazu beitragen können, gezielt aus Fehlern zu lernen.

Zwischen 1989 und 2006 wurde bereits in dem Projekt WMEP (Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm) eine große Datenbank für Windenergieanlagen an Land aufgebaut. In dem neuen Projekt Offshore-WMEP (FKZ 0327695) sollen nun die Daten von Offshore-Windenergieanlagen erfasst werden. Das Projekt wird vom Fraunhofer IWES in Kassel bearbeitet, es gibt bereits unterschriebene Absichtserklärungen großer Betreiber wie E.ON und RWE, sich an der Datenerhebung zu beteiligen. Der Vorteil für die Betreiber besteht darin, dass sie im Gegenzug für ihre Daten anonymisierte Analysen erhalten, die sie aus ihrem eigenen, vergleichsweise kleinen Datenbestand nicht erstellen könnten. Somit erhalten sie fundierte Informationen, um ihre Anlagen zu optimieren.

Verbundprojekt: Ganzheitliches Dimensionierungskonzept für OWEA-Tragstrukturen hinsichtlich Lasten, Langlebigkeit, Gründung und Gesamtstrukturmodellen (GIGAWIND alpha ventus - LUH)

Förderkennzeichen: 0325032; 0325032A

Laufzeit: 01.03.2008 - 30.04.2012

Zuwendungssumme: 3.698.006 Euro

Projektpartner: Leibniz Universität Hannover - Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie - Institut für Statik und Dynamik (Koordinator); Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) - Institutsteil Bremerhaven

Im Rahmen der GIGAWIND-Projekte sind bereits seit 2000 bautechnische Bemessungsmethoden für Offshore-Windenergieanlagen validiert worden.

Das laufende Projekt GIGAWIND alpha ventus deckt sehr viel mehr Aspekte zur Dimensionierung der OWEA-Tragstruktur ab und hat zudem Zugriff auf Messdaten des Offshore-Testfeldes alpha ventus. Insbesondere werden auf folgenden Gebieten Untersuchungen durchgeführt und Softwaretools erstellt: Lastmodelle für Wellen, Fertigungseinflüsse auf die Lebensdaueranalyse, Korrosionsschutz im Offshore-Bereich, Überwachung der Tragstruktur, Kolkenschutzsysteme und Kolkmonitoring, Tragverhalten von Rammpfählen, Gesamtstrukturmodellierung. Durch die ganzheitliche Betrachtungsweise ist die Bündelung der Einzeltools in einem Dimensionierungspaket vorgesehen.

Verbundvorhaben: Optimierte Fertigungsstrategien und Fertigungsprozesse für Offshore-Gründungsstrukturen im Hinblick auf eine erforderliche Serienfertigung

Förderkennzeichen: 0325054; 0325054A

Laufzeit: 01.09.2008 – 31.08.2012

Zuwendungssumme: 2.751.613 Euro

Projektpartner: WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte (Kordinator); Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Bremerhaven

Die Ermittlung geeigneter, ökonomischer und technisch anspruchsvoller Fertigungsstrategien und Fertigungsprozesse soll im Rahmen des Verbundvorhabens aufzeigen, wie eine Serienfertigung aufgesetzt werden muss, um schnell und wirtschaftlich Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen zu fertigen. Die Arbeiten basieren auf den Erkenntnissen, die beim Bau der Prototypen „VARIORASE Jacket“ und „Tripod“ gewonnen werden konnten und sollen den Übergang von Einzelfertigung hin zur automatisierten Serienfertigung liefern. Neben der Weiterentwicklung der Fertigungs-, Mess- und Prüftechniken werden auch Informationstechnologien entwickelt, um eine effiziente Fertigung zu ermöglichen.

Entwicklung und Prüfung eines innovativen Pfahlsystems für die Gründung von Offshore -Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325075

Laufzeit: 01.10.2008 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 947.431 Euro

Projektpartner: WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte

Verschiedene, in den letzten Jahren durchgeführte Untersuchungen zeigen, dass die in den gültigen Normen und Richtlinien vorhandenen Bemessungsansätze für Stahlrohr-Rammpfähle für den Baugrund der Nordsee zu einer teils erheblichen Überdimensionierung der Rammpfähle führen. Die Folge: Erhöhter Aufwand bei Fertigung und Installation. Im Rahmen des Projektes INNOPFAHL sollen daher einerseits die Bemessungsansätze überarbeitet und auf den Baugrund der Nordsee angepasst, und andererseits die Tragfähigkeit des Pfahls selbst durch konstruktive Maßnahmen verbessert werden. Im Laborversuch werden die Ergebnisse dann auf ihre Brauchbarkeit hin überprüft.

Entwicklung von Methoden zur Herstellung, dem Transport und der Montage von Schwergewichtsfundamenten zur Gründung von Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325126
 Laufzeit: 01.09.2009 – 31.12.2011
 Zuwendungssumme: 349.052 Euro
 Projektpartner: Ed. Züblin AG – Direktion Zentrale Technik

Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass Schwergewichtsgründungen aus Beton vor allem in Wassertiefen >20 m große Vorteile gegenüber aufgelösten Stahlstrukturen besitzen. Um dieses Potenzial weiter auszuschöpfen, ist eine ganzheitliche Betrachtung der Bau-, Montage- und Installationsvorgänge erforderlich. Das Vorhaben gliedert sich im Wesentlichen in vier Arbeitspakete mit dem Ziel, die noch offenen Fragen eines wirtschaftlichen Bau- und Montagekonzeptes zu klären. Diese reichen von der Entwicklung einer Produktionsstätte zur Großserienfertigung über die Entwicklung eines speziellen Baugerätes für den Transport und die Installation der gesamten Anlage bis hin zur Erarbeitung des Kolkschutzes. Weiter wird eine wirtschaftliche Verbindung zwischen Betonfundament und Stahlurm erarbeitet.

Verbundvorhaben: Erforschung des „Leistungssystems Offshore-Windpark“ und Entwicklung eines Planungs- und Optimierungswerkzeugs zur systemumfassenden Optimierung

Förderkennzeichen: 0325128A
 Laufzeit: 01.09.2009 – 30.04.2011
 Zuwendungssumme: 69.987 Euro
 Projektpartner: Hochschule Bremen – Institut für Umwelt- und Biotechnik

Neben den technischen Anforderungen, die eine Windenergieanlage auf See erfüllen muss, ist der effiziente und optimale Betrieb Voraussetzung für einen zuverlässigen Offshore-Windpark. Ziel des Verbundvorhabens „SystOp Offshore Wind“ der Hochschule Bremen ist die erstmalige Entwicklung eines OWP-unabhängigen, transparenten und dynamischen Planungs- und Optimierungswerkzeugs. Es soll die an O&M beteiligten Institutionen, wie Betreiber, Projektplaner, Investoren und Versicherer, bei der Entwicklung, Planung, Durchführung und Beurteilung eines effizienten und zuverlässigen Betriebs auf einer nachvollziehbaren Grundlage unterstützen. Zur Qualitätssicherung, Optimierung und Entwicklung eines Risikomanagements werden u. a. die analytischen Methoden FMEA und FHA verwendet.

Shelf GeoExplorer – Baugrundinformationssystem für den Ausbau der Offshore-Windenergie und Vorstudie für die Fortschreibung des BSH-Standards „Baugrunderkundung von Offshore-Windenergieparks“

Förderkennzeichen: 0325134

Laufzeit: 01.07.2009 – 28.02.2013

Zuwendungssumme: 205.188 Euro

Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Das Fachinformationssystem „Shelf Geo-Explorer“ des BSH wird um das Modul „Baugrunddaten und Baugrundinformationen“ zur Erfassung, Speicherung und Darstellung von Bohr-, Drucksondierungs- und Labordaten erweitert. Auf diesem Weg werden die Bohrdaten zentral in der Geodatenbank des Shelf Geo-Explorers archiviert. Die Einbindung von Abfragen über Metainformationen von geotechnischen Aufschlüssen stellt eine redundanzfreie Datenhaltung sicher. Neben aktuellen Baugrunddaten werden im Rahmen des FuE-Vorhabens Informationen aus früheren Baugrund- und Trassenerkundungen erfasst. Zusätzlich wurde ein Auswertungsverfahren entwickelt, welches die Bohrungen klassifiziert und erste Einschätzungen der Bodenverhältnisse für weitere Auswertung ermöglicht.

Unterstützung des BMU bei der deutschen Teilnahme an Task 28 „Social Acceptance of Wind Energy Projects“ im Rahmen des IEA IA Windenergie

Förderkennzeichen: 0325135

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012

Zuwendungssumme: 46.758 Euro

Projektpartner: Universität des Saarlandes – Professur für
Psychologie-Mensch-Technik-Umweltwechselwirkungen

Die Forschungsgruppe Umweltpsychologie (FG-UPSY) vertritt im Auftrag des Bundesumweltministeriums (BMU) Deutschland bei der IEA Task 28. In Zusammenarbeit mit internationalen Experten werden der aktuelle Stand und die bisher vorliegenden wissenschaftlichen Ergebnisse zur sozialen Akzeptanz von Windenergie in Form eines State-of-the-Art-Reports erarbeitet. Darauf aufbauend werden Good-Practice-Beispiele diskutiert und Empfehlungen für die zukünftige Planungspraxis abgeleitet. Hierfür nehmen Vertreter der Forschungsgruppe an den regelmäßig stattfindenden internationalen Treffen teil. Zudem werden unterstützende Treffen mit deutschsprachigen Forschern durchgeführt.

Konzeptstudie zur Entwicklung einer neuartigen Gründungstechnologie unter Einbeziehung von Errichtungslogistik und Schallschutz

Förderkennzeichen: 0325142
 Laufzeit: 01.10.2009 – 30.04.2011
 Zuwendungssumme: 360.773 Euro
 Projektpartner: Overdick GmbH & Co. KG

Die Forderung, ausgefeilte Logistik-Konzepte auf dem Hintergrund zu verbessernder Wirtschaftlichkeit für die Installation von Windkraftanlagen aufzustellen und ingenieurtechnisch umzusetzen, war Veranlassung, mit innovativem Ansatz ein entsprechendes Vorhaben zu strukturieren und zu bearbeiten. Das wurde in Kombination zu technischen Lösungen zur Minderung des Schallaustrages bei Rammarbeiten offshore aufgezeigt und deren Wirksamkeit in Bezug auf den Lärmaustrag nachgewiesen. Dieses Forschungsvorhaben zeigt in der Bearbeitung Lösungsansätze für die zuvor erläuterte Problematik unter Berücksichtigung eines integrierten Logistikansatzes in zwei Teilprojekten: Teilprojekt 1: Errichtungslogistik; Teilprojekt 2: Schallschutz bei Offshore-Rammarbeiten.

Entwicklung der Spannungszustände im Bereich des Pfahlfußes gerammter Offshore – Gründungsstrukturen

Förderkennzeichen: 0325162
 Laufzeit: 01.12.2009 – 30.11.2012
 Zuwendungssumme: 518.113 Euro
 Projektpartner: Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig –
 Fakultät 3 – Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften –
 Institut für Grundbau und Bodenmechanik

Es werden Modellpfähle unterschiedlicher Größe und Ausbildung in einen Modellversuchsstand eingebracht. Der großmaßstäbliche Versuchsstand mit einer Abmessung von $H/D = 5,0/4,0$ m erlaubt es, Versuche im Maßstab 1:5 bis 1:10 durchzuführen. Während und nach dem Einbringvorgang werden die Veränderungen im Baugrund durch ein umfangreiches Messprogramm erfasst. Gemessen werden: Totalspannungen, Porenwasserdruck, Pfahldehnung und Pfahlbeschleunigung. Bei den Versuchsreihen sollen die Veränderungen des Baugrundes durch den Einbringvorgang anhand der folgenden Variationen quantifiziert werden: Durchmesser, Wandstärke, Pfahlfußausbildung, Rammenergie und Lagerungsdichte.

Beschreibung des Bodenverhaltens bei zyklisch belasteten Flachgründungen für Offshore-Windenergieanlagen durch Versuche im Originalmaßstab

Förderkennzeichen: 0325175

Laufzeit: 01.11.2009 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 1.243.073 Euro

Projektpartner: Ed. Züblin AG – Direktion Zentrale Technik

Um das bodenmechanische Verhalten des entwickelten Schwerkraftfundamentes für Offshore-Windenergieanlagen zu überprüfen, wurden auf dem späteren Gelände für die Serienproduktion der Fundamente in Cuxhaven Versuche an einem Testfundament im Originalmaßstab durchgeführt. Die zyklische Belastung, die sowohl in ihrer Größe als auch ihrem zeitlichen Verlauf den Wellen- und Windbelastungen während Sturmereignissen entsprach, wurde mit hydraulischen Pressen und am Fundament befestigten Zugseilen aufgebracht. Mit insgesamt mehr als 150 Messsensoren wurden sowohl die Verschiebungen des Fundamentes als auch die Porenwasserdrücke, Totalspannungen sowie Verschiebungen im Baugrund während der insgesamt mehr als 1,3 Millionen Lastzyklen simultan gemessen.

Experimenteller Tragfähigkeitsnachweis und Qualitätssicherung von Pfahlgründungen für Offshore Windkraftanlagen

Förderkennzeichen: 0325227; 0325227A

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013

Zuwendungssumme: 1.387.811 Euro

Projektpartner: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) –
Abt. VII – Fachgruppe VII.2 – Ingenieurbau (Koordinator);
Technische Universität Berlin – Fakultät VI – Planen Bauen Umwelt –
Institut für Bauingenieurwesen – Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik

Die BAM bearbeitet zusammen mit der TU Berlin, dem BSH, dem BAW und Industriepartnern ein gemeinsames Forschungsvorhaben, dessen wesentliches Ziel die Ermittlung der Tragfähigkeit von Pfahlgründungen mit dynamischen Pfahlprobelastungen in Abhängigkeit des Pfahleinbringverfahrens, der Pfahlstandzeit sowie zyklischer Einwirkungen ist. Dieses Ziel soll durch die Bearbeitung folgender Aufgaben erreicht werden: Entwicklung von Rechen- und Bemessungsmodellen; Modellversuche zum Einbringverfahren; In-Situ Versuche zum Einbringverfahren; In-Situ Versuche zu Langzeit- und zyklischen Effekten, Demonstration und Validierung an einem Feldobjekt, Ableitung eines Nachweiskonzeptes. Die Ergebnisse führen zu verbesserten Berechnungsvorschriften und werden auch in Richtlinien des BSH verankert.

Marktreife Weiterentwicklung der VSM-Technologie für die Erstellung von Fundamenten für Offshore Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325233

Laufzeit: 01.12.2010 – 31.07.2012

Zuwendungssumme: 574.983 Euro

Projektpartner: HERRENKNECHT AKTIENGESELLSCHAFT – Business Unit Utility Tunneling

Nach erfolgreich durchgeführter Machbarkeitsstudie entwickelt die Herrenknecht AG auf der Basis der erfolgreichen VSM-Technologie ein Bohrverfahren zur umweltverträglichen, kostengünstigen und unabhängig von der Geologie universal einsetzbaren Einbringung von Gründungspfählen in den Meeresgrund. Die dabei entstehenden Lärm-Schallpegel liegen deutlich unter den gesetzlichen Vorgaben von 160 dBA. Abhängig vom Durchmesser der zu bohrenden Pfähle werden zwei Maschinentypen als Teilschnitt- und als Vollschnitt-Variante parallel entwickelt. Weitere Einsatzmöglichkeiten der Technologie erschließen sich in der Errichtung von Brückenfundamenten, Boat Landings und schweren Verankerungen im Meeresboden.

Mon²Sea – Echtzeitmonitoring des Transports und Umschlags von Komponenten zur Offshore-Montage von Windkraftanlagen

Förderkennzeichen: 0325236A; 0325236B

Laufzeit: 01.12.2010 – 30.11.2013

Zuwendungssumme: 860.883 Euro

Projektpartner: BLG CONTRACT LOGISTICS GmbH & Co. KG (Koordinator);
BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH

Ziel des Verbundprojekts ist die Unterstützung der Produktions- und Logistikprozesse bei der industriellen Serienfertigung und Errichtung von Offshore-Windkraftanlagen. Hierzu ist die Entwicklung einer IT-Forschungsplattform vorgesehen, welche die Validierung der im Vorhaben zu entwickelnden Konzepte ermöglicht. Diese Konzepte sind beispielsweise die Steuerung und das Echtzeitmonitoring von Einzelteilen und Anlagenkomponenten sowie der für den Transport von Großkomponenten verwendeten Ladungsträger. Das Ziel des Gesamtsystems aus Prozessdesign, innovativem Einsatz von IuK-Technologie und IT-Funktionalitäten besteht in der Optimierung der gesamten Supply Chain, ab Zulieferer über Hersteller bis zur Offshore-Montage, als auch in der Steuerung der Rückführung der Ladungsträger zum Hersteller.

Neuartige Gründungspfähle für Offshore-Windenergieanlagen – Bemessung, Zuverlässigkeit und Installation

Förderkennzeichen: 0325240; 0325240A

Laufzeit: 01.07.2011 – 30.06.2013

Zuwendungssumme: 1.049.542 Euro

Projektpartner: Technische Universität Hamburg-Harburg – Institut für Geotechnik und Baubetrieb (Koordinator); Ludwig Freytag GmbH & Co. KG

Lateral belastete Pfähle tragen ihre Lasten über die Bettungsreaktion des Bodens ab. Hierbei ist eine große Bettungsreaktion in den oberflächennahen Schichten günstig. I.d.R. sind diese Schichten jedoch wenig tragfähig. Um die Tragwirkung zu verbessern, wurde von Prof. Grabe die Idee des Flügelpfahls erfunden. Im Bereich der oberen Bodenschichten werden am Pfahl sog. Flügel angeschweißt, die den Widerstand erhöhen. Zusätzlich könnten die Flügel das Driften des Pfahls bei veränderlicher Lastrichtung reduzieren. Im Rahmen des gemeinsamen Projektes von Ludwig Freytag GmbH & Co. KG und TUHH soll das Konzept in 3 Schwerpunkten untersucht werden: 1) Großmaßstäblicher Feldversuch, 2) Simulation mit der Finite-Elemente-Methode, 3) Untersuchung des Bodenverhaltens mit speziellem Einfachscherversuch.

Überwachungsverfahren und Bewertungsmodell für die Gründungen von Offshore Windkraftanlagen

Förderkennzeichen: 0325249

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013

Zuwendungssumme: 834.293 Euro

Projektpartner: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Die BAM Berlin bearbeitet zusammen mit mehreren Partnern ein Forschungsvorhaben, dessen wesentliches Ziel die Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit von Pfahlgründungen auf der Basis von Messungen (Beobachtungsmethode) ist. Dieses Ziel soll mit Hilfe folgender Arbeitspakete erreicht werden: Ableitung von Verfahren zur Lastermittlung; Rechen- und Bemessungsmodelle; Degradationserkennung und -bewertung; Zuverlässigkeit der Beobachtungsmethode; Grenzwerte für Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit; Sensoren, Messsysteme und Datenerfassung; Validierung des Verfahrens (Demonstrator). Damit soll eine wirtschaftliche Bemessung auch bei ungenügendem Kenntnisstand hinsichtlich der erforderlichen Nachweisformate ermöglicht werden.

Verbundvorhaben: SystOp Offshore Wind – Entwicklung eines Planungs- und Optimierungswerkzeugs zur systemumfassenden Optimierung des Leistungssystems Offshore-Windpark

Förderkennzeichen: 0325283A; 0325283B; 0325283C; 0325283D

Laufzeit: 01.05.2011 – 30.04.2014

Zuwendungssumme: 747.161 Euro

Projektpartner: Hochschule Bremen – Institut für Umwelt- und Biotechnik (Koordinator); Ingenieurgesellschaft Zuverlässigkeit und Prozessmodellierung Dresden (IZP) Partnerschaft Hentzschel und Jung (Diplommathematiker und Diplomingenieur); Universität Hamburg – Fachbereich Informatik; BTC Business Technology Consulting AG

Neben den technischen Anforderungen, die ein Windpark auf See erfüllen muss, sind effiziente Betriebs- und Instandhaltungsprozesse Voraussetzung für ein zuverlässiges Gesamtsystem. Zur Optimierung dieser komplexen Prozesse müssen beteiligte Einheiten und Schnittstellen sowie Material-, Personal- und Informationsflüsse und deren Zusammenwirken erfasst und analysiert werden. Dieses, als Leistungssystem Offshore Windpark bezeichnete Gesamtsystem, stellt sich offshore wesentlich komplexer dar als onshore. Zielsetzung ist die Weiterentwicklung dieser bisher unerprobten O&M-Prozesse in der Offshore-Windenergie zu standardisierten und etablierten Maßnahmen und Strategien. Diese werden analysiert, entwickelt und optimiert.

Überwiegend axial wechselbeanspruchte Grout-Verbindungen in Tragstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen (GROWup)

Förderkennzeichen: 0325290

Laufzeit: 01.06.2011 – 31.05.2014

Zuwendungssumme: 1.230.085 Euro

Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Stahlbau

Obwohl bereits zahlreiche Erfahrungen mit Grouted Joints in der Offshore-Erdölindustrie vorliegen, gibt es noch keine Bemessungsgrundlagen für wechselbeanspruchte Grout-Verbindungen mit großen Spaltmaßen, wie sie typischerweise bei Offshore-Windenergieanlagen in aufgelösten Tragstrukturen vorkommen. Zudem ist die Kontrolle einer erfolgreichen Groutspalt-Verfüllung in keiner Offshore-Richtlinie festgeschrieben. Im Rahmen des Forschungsvorhabens GROWup wird das Trag- und Ermüdungsverhalten von Grouted Joints mit großen Spaltmaßen experimentell und numerisch untersucht. Weiterhin werden offshore-spezifische Herstellbedingungen in Großpumpversuchen nachgebildet und bewertet. GROWup leistet damit einen Beitrag zur Optimierung und Zuverlässigkeitssteigerung von Offshore-Windenergieanlagen.

Testzentrum Tragstrukturen – Prüfeinrichtungen

Förderkennzeichen: 0325320

Laufzeit: 01.06.2011 – 30.11.2014

Zuwendungssumme: 12.179.583 Euro

Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik – Institut für Stahlbau

Im Testzentrum für Tragstrukturen an der Leibniz Universität Hannover soll das Trag- und Ermüdungsverhalten von Tragstrukturen experimentell getestet werden. Die Projektgruppe „Tragstrukturen“ des Fraunhofer IWES Bremerhaven ist als zukünftiger Hauptnutzer von Beginn an in das Projekt eingebunden. Zwei Großversuchsgeräte bilden das Kernstück der neuen Versuchshalle. In einem Teil der Halle ist ein Spannfeld geplant, das 18,5 m lang und 9 m breit ist sowie mit 8 m hohen Belastungswänden ausgestattet sein wird. Dort werden Tragstrukturen in großem Maßstab eingespannt, um aus verschiedenen Richtungen realitätsnahe statische und dynamische Belastungen auf die Bauteile auszuüben. Das Zweite ist eine Grundbauversuchsgrube, in der die besondere Lastverteilung der im Wasser stehenden Tragstrukturen und Einrammprozesse von z. B. Monopiles in großem Maßstab getestet werden können. Sie wird mit Innenabmessungen von 9 m x 14 m im Grundriss, einer Tiefe von 10 m und einer dazugehörigen Widerlagerkonstruktion von bis zu 8 m Höhe, weltweit einmalige Dimensionen aufweisen. Die Untersuchungen werden für zukünftige Forschungs- und Industrieprojekte zur Verfügung stehen, um das Know-how im Bereich Tragstrukturen auszubauen und auf dem Weltmarkt erfolgreich zu bestehen.

MAS-ZIH – Einsatz von Multi-Agenten-Systemen als Unterstützung für eine zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung

Förderkennzeichen: 0325395

Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014

Zuwendungssumme: 417.573 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Ziel ist es, die zukünftige Instandhaltungsplanung von Windenergieanlagen auf belastbaren Zahlen und Kennwerten aufzubauen und so intuitive, nicht optimale Entscheidungen zu vermeiden. Durch Abschätzung von Ausfallwahrscheinlichkeiten und Restnutzungsdauern sowie frühzeitiges Erkennen von eventuellen Schädigungen können Instandhaltungsarbeiten und Ersatzteilbeschaffung besser geplant und unvorhergesehene Stillstände vermieden werden. Ein Multi-Agenten-System soll entwickelt werden, welches die Zuverlässigkeitskennwerte und Kosteninformationen aus dem Betrieb von Windenergieanlagen nutzt, gegenläufige Interessen verschiedener Aspekte, z. B. Wetter, Logistik, Personal mathematisch beschreibt, gegeneinander abwägt und dem Betriebsführer favorisierende Instandhaltungsmaßnahmen vorschlägt.

Verbundvorhaben: Erhöhung der Verfügbarkeit von Windenergieanlagen (EVW) – Phase 2

Förderkennzeichen: 0327574D; 0327574E; 0327574F; 0327574G; 0327574H

Laufzeit: 01.12.2010 – 30.11.2013

Zuwendungssumme: 1.065.946 Euro

Projektpartner: Ingenieurgesellschaft Zuverlässigkeit und Prozessmodellierung Dresden (IZP) (Koordinator); ENERTRAG Aktiengesellschaft; Fraunhofer IWES Kassel; WindStrom Betriebs- und Verwaltungsgesellschaft mbH; GEO mbH

Ziel des Vorhabens ist es, die im EVW-1-Projekt gewonnenen Erkenntnisse und Musterlösungen zu einem vermarktungsfähigen Gesamtsystem für ein zuverlässigkeitsorientiertes Betriebs- und Instandhaltungsmanagement für Windenergieanlagen auszubauen. Zum Nachweis der Praxistauglichkeit und zur Kommunikation mit der Windbranche soll ein Test- und Demonstrationssystem implementiert werden. Die Lösungen werden so ausgelegt, dass diese den spezifischen Anforderungen des Offshore-Einsatzes gerecht werden und prinzipiell für den Bereich Erneuerbare Energien insgesamt anwendbar sind. Es sollen Erfahrungen aus anderen Branchen genutzt werden, in denen durch Anwendung von RAMS/LCC-Methoden die Verfügbarkeit von Produkten und Prozessen bei gleichzeitiger Senkung der Kosten erhöht bzw. stabilisiert wurden.

Verbundprojekt: Geotechnische Robustheit und Selbstheilung bei der Gründung von Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0327618; 0327618A; 0327618B

Laufzeit: 01.11.2006 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 2.176.595 Euro

Projektpartner: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften – Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik – Lehrstuhl für Bodenmechanik und Grundbau (Koordinator); Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM); Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH

Fokus des Verbundvorhabens ist das Langzeitverhalten von Gründungen für Offshore-Windenergieanlagen, das mit gängigen Bemessungsverfahren nur unzureichend erfasst wird. Entfestigungs- und Selbstheilungseffekte bei hochzyklischer Bodenbeanspruchung werden durch Materialprüfung, numerische Berechnungsmethoden, Modellversuche und Feldbeobachtungen identifiziert, beschrieben und verifiziert. Ziel ist es, sichere Bemessungskonzepte für Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von Monopile-, Tripod- und Flachgründungen zu entwickeln. Einer höheren Betriebssicherheit dient die Entwicklung eines Dauerüberwachungssystems mit strukturintegrierter Sensorik zur Erfassung kritischer Veränderungen der Systemdynamik. Der angestrebte Nutzen ist eine wirtschaftlichere Dimensionierung von OWEA-Gründungen.

3.4 FORSCHUNG IM OFFSHORE-TESTFELD

Für Deutschland bedeutete die offizielle Inbetriebnahme des Offshore-Testfeldes alpha ventus im April 2010 den Einstieg in die Offshore-Windenergienutzung. Mit diesem Testfeld für Windenergieanlagen der 5-Megawatt-Klasse und für neue Gründungstechnologien soll für Deutschland ein führender Platz im internationalen Wettbewerb gesichert werden. Der Bau des Parks ist vom BMU gefördert worden, aktuell werden dort in verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten grundlegende Kenntnisse über die herausfordernden Standortbedingungen und eine optimale Betriebsweise von Offshore-Windenergieanlagen erworben.

Die Forschungsarbeiten im Offshore-Testfeld apha ventus werden durch die Forschungsinitiative RAVE (Research at alpha ventus) begleitet. RAVE vereint circa 40 forschende Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die Initiative wurde vom BMU mit bisher 51,7 Millionen Euro gefördert. Koordiniert vom Fraunhofer-Institut für Windenergieforschung und Energiesystemtechnik (IWES) arbeiten die Forschungseinrichtungen und Unternehmen in RAVE in thematischen Forschungsverbünden zusammen an folgenden



Wartungsarbeiten an alpha ventus in der Nordsee

Aufgaben:

- Weiterentwicklung von Windenergieanlagen und Rotorblättern,
- Optimierung von Gründungen,
- Reduzierung der Lasten auf die Windenergieanlagen,
- Strömungsoptimierung in Offshore-Windparks,
- Netzintegration von Windstrom aus Offshore-Windparks,
- Wind-Fernmessmethoden,
- Konzipierung eines technischen Evaluierungsprogramms für Offshore-Windparks,
- Wechselwirkung mit der Umwelt, Umweltentlastung und Umweltsicherheit,
- soziale Akzeptanz von Offshore-Windparks.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf Untersuchungen an den Gründungen und Tragstrukturen, die circa ein Drittel der Investitionskosten für eine Offshore-Windenergieanlage ausmachen. Ein im Jahr 2011 neu hinzu gekommenes Forschungsvorhaben der Hochschule Bremerhaven namens UFO befasst sich mit der Untersuchung verschiedener Materialien, die in einer Windenergieanlage Verwendung finden, unter den rauen Umweltbedingungen auf See (FKZ 0325255A).

Insbesondere an zwei ausgewiesenen Forschungsanlagen in alpha ventus – je eine AREVA Wind M5000-Anlage und eine REpower 5 M – erfasst RAVE Daten von über 1.000 Sensoren. Diese werden in das vom Oldenburger OFFIS – Institut für Informatik – entwickelte Data Warehouse System eingespeist. Akkreditierte RAVE-Projektpartner können dadurch über ein Web-Portal auf mittlerweile mehr als drei Terabyte Daten aus dem technischen Leben von alpha ventus zugreifen. Die Daten werden seit Dezember 2009 erfasst. Ergebnisse der Forschung wurden auf nationalen und internationalen Konferenzen, wie der EWEA-Offshore (European Wind Energy Association) im November 2011 umfangreich präsentiert. Ein von RAVE organisiertes Side-Event auf der Konferenz brachte die RAVE-Forscher mit anderen großen europäischen Forschungsinitiativen wie zum Beispiel we@sea, FLOW (Niederlande), AZIMUT und EOLIA (beide Spanien), NORCOWE, NOWITECH und SINTEF (Norwegen) zusammen.

Ein auf YouTube eingestelltes populärwissenschaftliches Video zeigt die Arbeiten der Wissenschaftler im Windpark alpha ventus und die begleitenden Laboruntersuchungen (RAVE-Science Documentary, <http://www.youtube.com/watch?v=3OHOQG8fpTI>).

RAVE-Messserviceprojekt: Zentrale Durchführung der Messungen im Rahmen der RAVE-Forschungsprojekte und ozeanographische und geologische Untersuchungen

Förderkennzeichen: 0325026

Laufzeit: 01.02.2008 – 31.10.2011

Zuwendungssumme: 8.821.741 Euro

Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Die Forschungsinitiative RAVE begleitet den Bau und Betrieb des Offshore-Testfeldes „alpha ventus“, um eine breite Basis an Erfahrungen zur umweltschonenden Realisierung von Offshore-Windpark-Projekten zu gewinnen. Als Grundlage dieser Forschung sind umfassende Messdaten unabdingbar. Aufgabe des BSH ist es, zusammen mit den Projektpartnern DEWI und Germanischer Lloyd Garrad Hassan Deutschland, die gesamten Messungen zentral zu planen, zu installieren sowie die Durchführung ozeanographischer und geologischer Untersuchungen. Fokus der Messungen liegt sowohl auf technischen Fragestellungen (z. B. Lastannahmen) wie auch auf ökologischen und geologischen Basisinformationen (z. B. Sedimentdynamik).

RAVE-Messserviceprojekt: Zentrale Durchführung der Messungen im Rahmen der RAVE-Forschungsprojekte und ozeanographische und geologische Untersuchungen

Förderkennzeichen: 0325026A

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2014

Zuwendungssumme: 7.130.916 Euro

Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Es handelt sich hier um das Nachfolgeprojekt von 0325026. Die Arbeiten werden entsprechend der Ziele des Vorgängerprojektes fortgeführt: Die Forschungsinitiative RAVE begleitet den Bau und Betrieb des Offshore-Testfeldes „alpha ventus“, um eine breite Basis an Erfahrungen zur umweltschonenden Realisierung von Offshore-Windpark-Projekten zu gewinnen.

Verifikation der Turbulenzparametrisierung und der Beschreibung der vertikalen Struktur der maritimen atmosphärischen Grenzschicht in numerischen Simulationsmodellen zur Windanalyse und -vorhersage (VERITAS)

Förderkennzeichen: 0325060
 Laufzeit: 01.07.2008 – 31.12.2011
 Zuwendungssumme: 227.424 Euro
 Projektpartner: Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)

Ziel war die Verbesserung der Turbulenzbeschreibung in regionalen numerischen Windfeldmodellen (wie WRF) für Seegebiete von einigen 10.000 km² wie z. B. die Südliche Nordsee. Die bisherigen Modellansätze, basierend auf über Land gewonnenen Daten, wurden hier mit Wind- und Turbulenzdaten von der Plattform FINO 1 neu analysiert und verbessert. Für typische Wetterlagen und Windgeschwindigkeiten zeigt sich, dass die Turbulenz über der Nordsee mit der neuen Beschreibung deutlich höher und damit näher an den Messungen simuliert werden kann. Zudem wurde die Rauigkeit der Meeresoberfläche abhängig vom Wellengang neu beschrieben. Beides wird präzisere Ermüdungsprognosen und Nachlaufberechnungen für Offshore Windturbinen ermöglichen. Das Vorhaben war auch Arbeitspaket 5 im RAVE-Vorhaben OWEA.

Verbundprojekt: Erforschung von Sonartranspondern für Offshore-Windparks und technische Integration in ein Gesamtkonzept

Förderkennzeichen: 0325104A; 0325104B
 Laufzeit: 01.03.2009 – 31.03.2011
 Zuwendungssumme: 638.465 Euro
 Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik (Koordinator); THALES instruments GmbH

Offshore-Windparks stellen künstliche Unterwassergefahrenquellen für U-Boote dar und erfordern daher eine akustische Kenntlichmachung durch Sonartransponder. Im Rahmen des Vorhabens wurde ein Sonartranspondersystem, bestehend aus Unterwasser-Schallwandler und Steuerungseinheit, entwickelt und erfolgreich getestet. Die durchgeführten numerischen Simulationen der Entfernungs- und Richtungsabhängigkeit des Schallfeldes zeigen eine hohe Übereinstimmung mit den Messwerten, die im Rahmen zweier Messkampagnen im Testfeld alpha ventus gewonnen wurden. Ferner ergaben die begleitenden biologischen Untersuchungen, dass bei einer bestimmungsgemäß seltenen Aktivierung von Sonartranspondern mit keiner signifikanten Beeinträchtigung der marinen Umwelt zu rechnen ist.

Verbundprojekt: Analyse der Abschattungsverluste und Nachlaufturbulenzcharakteristika großer Offshore-Windparks durch Vergleich von «alpha ventus» und «BARD Offshore 1» (GW Wakes)

Förderkennzeichen: 0325397A
Laufzeit: 01.08.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme: 3.848.211 Euro
Projektpartner: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V –
Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik –
ForWind – Zentrum für Windenergieforschung

Das Projekt „GW Wakes“ wird dazu beitragen, die Planungsunsicherheiten neuer Offshore-Windparks zu minimieren, die Erträge zu optimieren und die Anlagenbelastungen zu reduzieren. In den Windparks „alpha ventus“ und „BARD Offshore 1“ wird mit Hilfe von LIDAR das turbulente 3D-Strömungsfeld hochaufgelöst vermessen. Diese Daten ermöglichen die Validierung parallel durchgeführter dynamischer Large-Eddy-Simulationen (LES) der Windparkströmung und deren Interaktion mit der atmosphärischen Grenzschicht. Die regionalen Strömungsbedingungen und Fernwirkungen sehr großer Offshore-Windparks werden modelliert. Ebenfalls werden die in großen Offshore-Windparks generierten Turbulenzcharakteristika experimentell und analytisch abgeleitet.

Koordination der RAVE-Forschungsinitiative – Research at Alpha Ventus

Förderkennzeichen: 0327686A
Laufzeit: 01.05.2010 – 30.06.2012
Zuwendungssumme: 1.282.690 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
Institutsteil Kassel – Abt. Energieaufbereitungstechnik

Dieses Projekt ist die Fortsetzung des Koordinationsprojekts zur technisch-wissenschaftlichen Begleitforschung im Offshore-Testfeld alpha ventus. Die Forschungsinitiative RAVE begleitet den Bau und Betrieb des Testfeldes alpha ventus, um eine breite Basis an Erfahrungen und Erkenntnissen für zukünftige Offshore-Windparks zu gewinnen. Hierzu führen die Anlagenhersteller und diverse Forschungseinrichtungen Projekte aus verschiedenen Disziplinen durch. Die Forschungsschwerpunkte zielen auf Kostensenkung, Ertragssteigerungen, Erhöhung der Verfügbarkeit, Optimierung der Anlagentechnik sowie Reduzierung ökologischer Beeinträchtigungen. Ziel des Koordinationsprojektes ist es, die assoziierten RAVE-Forschungsprojekte zu vernetzen sowie die RAVE-Initiative zu koordinieren und zu repräsentieren.

Messung der Betriebsgeräusche von Offshore-WEA zur Bestimmung des Schalleintrags durch die Schallübertragungsfunktion zwischen Turm und Wasser an Anlagen im Testfeld Offshore

Förderkennzeichen: 0327687

Laufzeit: 01.01.2008 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 416.495 Euro

Projektpartner: Fachhochschule Flensburg – Institut für Physik und Werkstoffe

Die marinen Säugetiere in Nord und Ostsee, Seehunde und Schweinswale, werden in Zukunft durch den Betrieb von Offshore Windenergieparks einer erhöhten Lärmbelastung in der Umgebung der Parks ausgesetzt sein. Im Rahmen dieses Projekts wurde der Unterwasserschalleintrag von 5 MW Windenergieanlagen verschiedener Hersteller im Windpark alpha ventus (Nordsee) bestimmt. Durch die Installation von stationären Unterwasserschallmesseinrichtungen im Windpark konnten ferngesteuert bei allen Wetterbedingungen Schallmessungen durchgeführt werden. Die in der Projektlaufzeit aufgebaute Datenbasis erlaubt die Aussagen, dass die Windenergieanlagen relativ leise sind und ihr Schalleintrag auch bei Volllast maximal dieselbe Größenordnung hat wie der natürliche und durch Schiffe erzeugte Schalleintrag.

Verbundprojekt: Windenergieforschung am Offshore-Testfeld (WIFO): Monitoring der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland – Konzipierungsphase Offshore-WMEP

Förderkennzeichen: 0327695

Laufzeit: 01.09.2007 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 1.122.274 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Das Offshore-WMEP soll Fragestellungen zur Wirtschaftlichkeit, zur Verfügbarkeit und zur Versorgungssicherheit, die sich während der ersten Jahre der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland und Europa ergeben, formulieren und aufgreifen. In gemeinsamer Arbeit von Offshore-Windparkbetreibern, Wissenschaftlern und anderen Beteiligten sollen Betriebsdaten systematisch in einem gemeinsamen Datenpool erfasst werden. Diese Datenbasis wird zur Gewinnung grundsätzlicher Erkenntnisse bezüglich Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit sowie für künftige strategische Entscheidungen in Politik und Windindustrie beitragen. In der Konzipierungsphase wurden die Konzepte zur Datenerfassung, Datenübertragung und Vertraulichkeit erarbeitet. Die erste Durchführungsphase des Offshore-WMEP ist ab 2012 geplant.

Verbundprojekt: Verifikation von Offshore-WEA (OWEA)

Förderkennzeichen: 0327696B; 0327696A; 0327696C; 0327696D

Laufzeit: 01.12.2007 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 2.390.283 Euro

Projektpartner: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V –
Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik –
ForWind – Zentrum für Windenergieforschung (Koordinator);
Universität Stuttgart – Stiftungslehrstuhl Windenergie am Institut
für Flugzeugbau; Leibniz Universität Hannover – Fakultät für
Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Stahlbau;
DEWI GmbH – Deutsches Windenergie-Institut

Das Verbundprojekt RAVE-OWEA widmet sich den Schlüsselaspekten des Entwurfs und des Betriebs von Offshore-Windenergieanlagen. Die Themen reichen von atmosphärischen Einflüssen auf und Messmethoden für Offshore-Leistungskurven über die Verifikation der Strömungsbedingungen und Nachlaufbelastungen in Windparks sowie der Anlagendynamik und der aero- und hydrodynamischen Belastungen bis hin zum Monitoring des Betriebs. Hauptziele sind die Verringerung von Ertragsrisiken von Offshore-Windparks, die genauere Bestimmung von Belastungen in der Entwurfsphase und während des Betriebs sowie die Entwicklung und Erprobung von neuen Berechnungsverfahren. ForWind an der Universität Oldenburg koordiniert diese Zusammenarbeit von Herstellern, Zertifizierern, Forschungsinstituten und Universitäten.

3.5 FORSCHUNGSPLATTFORMEN

FINO steht als Abkürzung für „Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee“. Mit Hilfe von FINO 1, FINO 2 und FINO 3 gewinnen Wissenschaftler Daten und grundlegende meteorologische, ozeanographische und ökologische Erkenntnisse, um Windenergie auf hoher See nutzen und den künftigen Ertrag abschätzen zu können. Auch im Jahr 2011 gab es einen kontinuierlichen Messbetrieb und die Einspeisung von Wind- und ozeanographischen Daten in die öffentlich zugängliche Datenbank des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH). Ende 2011 waren beim BSH circa 600 Nutzer der FINO-Daten registriert. Circa zwei Drittel der Nutzer bezogen Daten aus Nord- und Ostsee.

FINO 1 erfasst bereits seit Sommer 2003 ein umfangreiches Datenspektrum in der Nordsee. Die Plattform liegt circa 45 km nördlich von Borkum und befindet sich somit, wie von Anfang an geplant, in direkter Nähe zum Offshore-Testfeld alpha ventus. Die FINO 1-Messungen liefern unter Anderem wichtige Referenzdaten für die Forschungsprojekte an den Windenergieanlagen von alpha ventus.

Die Plattform FINO 2 wurde einige Jahre später, im Sommer 2007, in circa 40 Kilometer Entfernung nördlich der Insel Rügen in der Ostsee errichtet. Dort werden mit FINO 1 vergleichbare Windmessungen vorgenommen, weitere Schwerpunkte bestehen in Untersuchungen des Vogelzugs als auch des Benthos (alle in der Bodenzone vorkommenden Lebewesen) sowie Seeverkehrserfassungen. Zwei Offshore-Windparks sind bereits für das nahe gelegene Gebiet namens Kriegers Flak genehmigt. Die Bauarbeiten zum deutschen Windpark EnBW Baltic 2 (ehemals „Kriegers Flak 1“ genannt) mit 80 Anlagen zu je 3,6 Megawatt sollen 2012 beginnen. Außerdem ist von schwedischer Seite der Windpark Kriegers Flak 2 mit 120 Anlagen der 5-Megawatt-Klasse genehmigt. Im Jahr 2011 wurde ein Projekt beim BSH genehmigt (FKZ 0325026A), in dem unter anderem die Datenerfassung der FINO-Plattformen fortgesetzt werden soll, aber auch zusätzliche ozeanographische Messtechnik an FINO 2 installiert werden soll. Die Arbeiten werden durch das Institut für Ostseeforschung Warnemünde ausgeführt. Damit wird FINO 2 künftig weitgehend das gleiche Messspektrum aufweisen wie FINO 1 und FINO 3 in der Nordsee.

FINO 3 schließlich liegt wie FINO 1 in der Nordsee, 75 Kilometer westlich von Sylt. Das Messprogramm für meteorologische und ozeanographische Werte

orientiert sich ebenfalls an dem von FINO 1. FINO 3 hat bis Ende 2011 nun zweieinhalb Jahre zuverlässig Messdaten aufgezeichnet.

Im Mai 2011 hat der GL Garrad Hassan im Auftrag des BMU die erste FINO-Konferenz in Hamburg veranstaltet. Die Konferenz stellte für Interessenten aus Forschung, Industrie und Öffentlichkeit das Gesamtspektrum der bisherigen FINO-Untersuchungen vor. Bei dem Vergleich der Windmessungen in Nordsee und Ostsee wurde deutlich, dass entgegen den bisherigen Annahmen die durchschnittliche Windgeschwindigkeit in 100 Meter Höhe in der Ostsee nicht geringer ist als in der Nordsee. Angeregt von den Ergebnissen der Konferenz hat der Deutsche Wetterdienst in Zusammenarbeit mit FINO-Messinstituten ein Vorhaben initiiert, in dem die Windmessdaten aller FINO-Plattformen vertieft vergleichend analysiert werden sollen. Dabei sollen Einflussfaktoren wie die Mastgeometrien und geringfügig variierende Messhöhen bei der Winddatenauswertung berücksichtigt werden (www.gl-garradhassan.com/en/offshore/fino_2011_conference.php).

Weitere Informationen zu den FINO-Plattformen befinden sich im Internet: www.fino-offshore.de/ www.fino2.de/ www.fino3.de



Forschungsplattform FINO 3 in der Nordsee

Ozeanographische Messungen auf den FINO-Plattformen, meteorologische und strukturelle Messungen auf FINO 1 sowie Betrieb der FINO-Datenbank

Förderkennzeichen: 0325321

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2014

Zuwendungssumme: 3.095.300 Euro

Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Um die Untersuchungen der Auswirkungen von Offshore-Windkraftanlagen auf die marine Flora und Fauna weiterzuführen, wurde das FINO-Projekt (Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee) 2011 fortgesetzt und erweitert. Das Vorhaben wird vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und dem Deutschen Windenergie-Institut (DEWI) sowie dem Leibniz-Institut für Ostseeforschung (IOW) durchgeführt. Es werden an den drei FINO-Stationen relevante umweltphysikalische Parameter gemessen. Die Online-Datenbank wird von zahlreichen wissenschaftlichen und privaten Einrichtungen genutzt.

FINO 3 – NEPTUN „Kompetenzzentrum Offshore-Windenergienutzung Nordsee-Entwicklungsplattform für Technologietransfer und Naturschutz“ – Betrieb der Plattform

Förderkennzeichen: 0327533A

Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 3.588.270 Euro

Projektpartner: Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH

Forschungsplattform FINO 3: 45 Seemeilen nordwestlich der Insel Sylt bildet FINO 3 die Basis für eine Vielzahl von Forschungsprojekten, welche umfassend Technologien und Risiken rund um die Offshore-Windenergie untersuchen. Im näheren Umfeld liegen die genehmigten Offshore-Windparks Sandbank 24, Nördlicher Grund, DanTysk und OSB Butendiek mit insgesamt etwa 320 geplanten Windenergieanlagen. Auf der Plattform werden zurzeit zehn wissenschaftliche Projekte durchgeführt. Weitere Projekte sind in Planung. Die Messungen und die Datenübertragung erfolgen automatisch bzw. werden von Land aus ferngesteuert. Zur Wartung ist die Plattform per Hubschrauber oder Schiff zu erreichen. Die Ergebnisse der Untersuchungen und die Messdaten werden archiviert und bei Bedarf bereitgestellt.

Öffentlichkeitsoffensive für die drei Forschungsplattformen FINO 1, FINO 2 und FINO 3

Förderkennzeichen: 0327533B

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2013

Zuwendungssumme: 191.330 Euro

Projektpartner: Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH

Im Januar 2002 wurde von der Bundesregierung der Beschluss gefasst, drei Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee (FINO) zu errichten, damit die Strategie der Bundesregierung zur Windenergienutzung auf See umgesetzt werden kann. Die Forschungsplattformen FINO 1, FINO 2 und FINO 3 nahmen zwischen den Jahren 2003 und 2009 ihren laufenden Betrieb in unmittelbarer Nähe von größeren geplanten Offshore-Windparks auf. Ziel ist die Entwicklung einer gemeinsamen und verstärkten Kommunikationspolitik für alle drei Forschungsplattformen, damit sie national aber auch international vermarktet werden können und somit ihr Betrieb in den kommenden Jahren gesichert wird. Dadurch entsteht ein hoher Bekanntheitsgrad, so dass weiterhin neue Projekte auf den Plattformen umgesetzt werden können.

Betrieb der Forschungsplattform FINO 1 für Offshore Windenergie in der Nordsee

Förderkennzeichen: 0329905B

Laufzeit: 01.04.2005 – 31.03.2012

Zuwendungssumme: 5.009.562 Euro

Projektpartner: Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH

Ziel des Vorhabens ist die Durchführung des weiteren Betriebs der Forschungsplattform FINO 1, die seit September 2003 in der Nordsee am Standort „Borkum Riff“ steht. Die Plattform dient als Basis für eine Reihe von Messungen und Untersuchungen, die im Zusammenhang mit der zukünftigen Nutzung der Offshore-Windenergie von großem Interesse sind. Der allgemeine Betrieb der Forschungsplattform ist Grundvoraussetzung für die Fortführung der Messungen und Untersuchungen auf der Plattform. Es ist die erste Plattform, die zur Erkundung der Umgebungsbedingungen für die Belange der Windenergienutzung in der deutschen Nordsee aufgestellt wurde. Das umfangreiche Programm beinhaltet meteorologische, technische, ozeanographische und biologische Messungen und Untersuchungen verschiedenster Projektpartner.

Betrieb und Erweiterung der FINO-Datenbank für FINO 1, FINO 2 und FINO 3, Fortsetzung der Umwelt- und Belastungsmessungen FINO 1 sowie Aufnahme des ozeanographischen Messbetriebes FINO 3

Förderkennzeichen: 0329905C

Laufzeit: 01.07.2008 – 31.10.2011

Zuwendungssumme: 1.501.087 Euro

Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Um die Untersuchungen der Auswirkungen von Offshore-Windkraftanlagen auf die marine Flora und Fauna weiterzuführen, wurde das Projekt FINO (Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee) 2011 fortgesetzt. Das Vorhaben wird vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und dem Deutschen Windenergie-Institut, Wilhelmshaven (DEWI) durchgeführt. Das DEWI erfasst meteorologische und strukturdynamische Daten auf der Station FINO 1, das BSH die ozeanographischen Parameter auf den Stationen FINO 1 und FINO 3. Die Online-Datenbank wird von zahlreichen wissenschaftlichen und privaten Einrichtungen genutzt.

Betrieb der Forschungsplattform FINO 2

Förderkennzeichen: 0329905D

Laufzeit: 01.01.2010 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 3.190.748 Euro

Projektpartner: GL Garrad Hassan Deutschland GmbH

Die Forschungsplattform FINO 2 wurde 2007 im Dreiländereck Deutschland – Dänemark – Schweden im Bereich der Untiefe Kriegers Flak errichtet und dient primär zur Untersuchung der atmosphärischen Grenzschicht und der marinen Umwelt sowie zur Erstellung eines verkehrstechnischen Gesamtkonzepts im Hinblick auf Anwendungen für den Bereich der Offshore-Windenergie. Ziel von GL Garrad Hassan ist es, einen sicheren und zuverlässigen allgemeinen Betrieb der Plattform zu gewährleisten. Die Sicherstellung der technischen Einsatzbereitschaft der Plattform sowie die Koordinierung aller Plattformaktivitäten bilden die Voraussetzungen für die Fortführung der bestehenden Messungen und Forschungsarbeiten der Projektpartner und für eine Integration möglicher neuer Forschungsvorhaben.

3.6 ÖKOLOGISCHE BEGLEITFORSCHUNG UND TECHNISCHER UMWELTSCHUTZ

Bei einem so rasanten Ausbau der Windenergie dürfen die ökologischen Aspekte nicht vernachlässigt werden. So ist auch im Energiekonzept der Bundesregierung festgehalten, dass der Ausbau „umwelt- und naturverträglich“ geschehen solle. Wegen der aktuell hohen Relevanz der Offshore-Windenergie liegt ein Schwerpunkt der ökologischen Begleitforschung auf diesem Bereich, Auswirkungen der Windenergie an Land werden jedoch ebenfalls weiterhin untersucht. Neben der Technologieentwicklung auf See und an Land wird der umweltverträgliche Ausbau in der aktuellen Förderbekanntmachung des BMU zum 6. Energieforschungsprogramm als ein Schwerpunkt der Forschungsförderung herausgehoben. Potenzielle Konflikte zwischen Windenergieanlagen und der Natur müssen frühzeitig aufgedeckt, in geeigneter Weise benannt und gelöst werden. Dabei werden Einflüsse untersucht, die vom Bau, vom Betrieb und auch vom Rückbau der WEA auf die Umgebung ausgehen.

Seit 2001 wurden insgesamt 76 Projekte mit einem Volumen von rund 45,7 Millionen Euro bewilligt. Die Forschung zum natur- und umweltverträglichen Ausbau der Windenergie hat im Jahr 2010 rund 15 Prozent des vom BMU für die Windenergieforschung bereitgestellten Budgets eingenommen. Ein Teil der Projekte ist unter



Vorbereitung des Hydroschalldämpfers beim Projekt ESRA

dem Dach der Forschungsinitiative RAVE bei alpha ventus angesiedelt (siehe Abschnitt 3.4).

Laut der Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 sollen sich die Projekte auf folgende Schwerpunkte beziehen:

- Methoden, Modelle, Mess- und Bewertungsverfahren sollen entwickelt und standardisiert werden, um Umweltauswirkungen der Windenergie zu erfassen und Umweltrisiken beurteilen zu können.
- Untersuchung der Auswirkungen von Windenergienutzung auf die Tierwelt.
- Geeignete Verfahren, um negative Umweltauswirkungen zu vermeiden beziehungsweise zu minimieren, sollen entwickelt werden.
- Erkenntnisse der ökologischen Begleitforschung sollen in die Planungspraxis übermittelt werden.
- Die Anlagentechnik soll ökologisch optimiert werden.
- Konzepte und technische Lösungen sollen entwickelt werden, um die Akzeptanz von Windenergieanlagen zu erhöhen.

Im Jahr 2011 haben sieben Projekte mit einem Budget von zusammen 2,4 Millionen Euro begonnen.

Bei den zahlreichen geplanten Windparks hat sich die Schalldämmung beim Errichten der Fundamente für die Offshore-Windenergieanlagen als wichtiger Optimierungsfaktor herausgestellt. In der Regel werden die Fundamente mit schweren Gewichten tief in den Boden gerammt. Der dabei entstehende Schall wird in die Meeresumwelt getragen, was insbesondere die geschützten Schweinswale, die sich durch Schallwellen akustisch orientieren, beeinträchtigen kann. Laut den Forderungen des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie soll die Schallimmission künftig in 750 Meter Entfernung vom Rammort entfernt einen Grenzwert von 160 Dezibel nicht mehr überschreiten. Dazu werden zurzeit verschiedene Konzepte erforscht, wobei das Prinzip der Schalldämmung durch Luft generell schnell umsetzbare Erfolge verspricht. In einigen BMU-Projekten werden unterschiedliche Ansätze dazu untersucht, etwa das des Großen Blasenschleiers, des Kleinen Blasenschleiers oder auch eines ganz neuen Konzepts, des Hydroschalldämpfers. Beim großen Blasenschleier wird am Meeresboden ein Ring aus einem perforierten Schlauch um den späteren Rammort gelegt, der dann per Druckluft gefüllt wird, wodurch ein Schleier an Luftblasen zur Oberfläche perlt und den Schall zum Teil einschließt. Beim Kleinen Blasenschleier werden dahingegen mehrere vertikale Schläuche um den Rammort herabgelassen, die ebenfalls perforiert

sind, deren Luftblasen aber durch die vertikale Konstruktion näher am Pfahl entstehen, weswegen der Umfang insgesamt „kleiner“ ist. Beim Hydroschall-dämpfer schließlich handelt es sich um einen ganz neuen Ansatz, bei dem die Luftblasen in Form gasgefüllter Ballons an einer bestimmten Stelle fixiert werden. Auch, wenn hierzu bereits ein Prototyp getestet wurde, stehen in dem dazugehörigen Projekt grundlegende physikalische Untersuchungen im Vordergrund.

Das Konzept des Großen Blasenschleiers wird bereits von den Firmen BioConsult SH GmbH, Hydrotechnik Lübeck GmbH und Institut für Angewandte Physik GmbH für den

serienreifen Einsatz weiterentwickelt, parallel zum Aufbau des Offshore-Windparks Borkum West II in dem Verbundvorhaben HYDROSCHALL-OFF BW II (FKZ 0325309A-C). Der Kleine Blasenschleier wird noch entwickelt und in ersten Probeeinsätzen getestet, im Forschungsverbund HYDROSCHALL-OFF BO I (FKZ 0325334A-C) haben drei Unternehmen der BARD Gruppe und die MENCK GmbH das prinzipielle Wirkungsprinzip des „Kleinen Blasenschleiers“ (SBC) in einem ersten Offshore-Test im November 2011 experimentell untersucht. Das Testsystem war für den einmaligen Einsatz konstruiert, das Prinzip wird jetzt anhand der vorliegenden Messwerte weiterentwickelt. Während die grundlegenden



Schalldämpfungssysteme vor dem Test: Feuerwehrschauchsystem (vorne links), Noise Mitigation Screen (dahinter) und BEKA-Schale (im Hintergrund, pink)

Untersuchungen zum Konzept des Hydroschalldämpfers im gleichnamigen Projekt „Hydroschalldämpfer“ (FKZ 0325365) am Institut für Grundbau und Bodenmechanik der TU Braunschweig (IGB-TUBS) durchgeführt werden, konnte ein entsprechender Prototyp der gasgefüllten Ballons bereits innerhalb eines anderweitigen Projekts namens ESra (FKZ 0325307) getestet werden. Unter der Koordination der RWE Offshore Logistics Company hatten sich dafür mehrere Firmen zusammengeschlossen, um erstmals eine größere Zahl von Schallminderungssystemen verschiedener Hersteller unter vergleichbaren Randbedingungen zu testen. Bei den Untersuchungen wurde besonderer Wert auf ein einheitliches Messkonzept gelegt. Getestet wurden zusätzlich zum erwähnten Hydroschalldämpfer erstens ein Hüllrohr mit innen liegendem Blasenschleier („Noise Mitigation Screen“) der Firma IHC, zweitens ein modular aufgebautes Schalldämmsystem in Leichtbauweise („BEKASchale“) der Firma Weyres und drittens ein Ring aus mit Druckluft gefüllten Feuerwehrschräuchen der Firma MENCK.

Telemetrische Untersuchungen zu räumlich-zeitlichen Aufenthaltsmustern von Sterntauchern bei der Überwinterung und auf dem Zug

Förderkennzeichen: 0325020
Laufzeit: 01.01.2008 – 31.07.2012
Zuwendungssumme: 294.753 Euro
Projektpartner: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel –
Forschungs- und Technologiezentrum Westküste

Die in Skandinavien und Russland brütenden Sterntaucher konzentrieren sich während ihrer Rast und Nahrungssuche im Winter und während der Zugzeiten in der östlichen Deutschen Bucht. Da dort ein Großteil der deutschen Offshore-Windparks geplant ist und diese Vogelart gegenüber anthropogenen Aktivitäten sehr stöempfindlich ist, sollen mit diesem Projekt die räumlich-zeitlichen Aufenthaltsmuster individuell markierter Sterntaucher außerhalb der Brutzeit erforscht werden. Neben der Erprobung der Methode sollen die Wanderbewegungen von Sterntauchern vom Ende der Brutzeit bis zum nächsten Jahr beschrieben sowie die Raumnutzung in Bezug zur Lage der geplanten Offshore-Windparks analysiert werden. Die von den Sterntauchern genutzten Lebensräume sollen hydrographisch charakterisiert werden.

Modifizierung eines Zielverfolgungsradars zur Vogelzugforschung im Bereich der Deutschen Bucht „FINORAD“

Förderkennzeichen: 0325083
Laufzeit: 01.06.2008 – 30.06.2011
Zuwendungssumme: 174.930 Euro
Projektpartner: Institut für Vogelforschung „Vogelwarte Helgoland“ –
Inselstation Helgoland

In den vergangenen Jahren hat das IfV zwei Forschungsprojekte durchgeführt, um potenzielle Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf den Vogelzug abzuschätzen. Weitgehend unbeantwortet geblieben sind Fragen nach dem Ausmaß von Kollisionen von Zugvögeln mit den Windturbinen und nach Veränderungen von Flugwegen von Vögeln im Bereich der Windparks. Zu ihrer Beantwortung ist eine individuelle automatische Verfolgung der Vögel im Raum nötig, was nur per Zielfolgeradar möglich ist. Dafür wird ein ausgemustertes Wetterballon-Verfolgungsradar der Bundeswehr umgerüstet und erprobt. Das Gerät wird auch kleine Vögel auf etliche Kilometer Entfernung hin detektieren und verfolgen können. Auch können damit Flügelschlagmuster gemessen werden, die Hinweise auf das Artenspektrum bieten.

Validierung der akustischen Belastungsgrenze von Schweinswalen für WEA-Rammschall

Förderkennzeichen: 0325117
 Laufzeit: 01.07.2009 – 30.04.2012
 Zuwendungssumme: 453.870 Euro
 Projektpartner: Tierärztliche Hochschule Hannover – Institut für terrestrische und aquatische Wildtierforschung

Die Errichtung von Offshore-Windkraftanlagen (WEA) wird mit einem hohen Schalleintrag in den Wasserkörper verbunden sein, da die meisten Fundamente der Anlagen in den Untergrund gerammt werden. Die Geräusche, die beim Rammen entstehen, sind besonders intensive Schallimpulse, die bei Schweinswalen zu einer zeitweiligen Verschlechterung des Hörvermögens führen können. Im Rahmen des Projektes MINOS+ wurde an einem in Dauerhaltung lebenden Schweinswal bei einmaliger Beschallung ein akustischer Belastungsgrenzwert von 200 dB_{pp} re 1 uPa (Schalldruck) bzw. 164 dB re 1 uPa²s (Schallenergie) ermittelt (Lucke et al. 2009). Das Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es nun, die in der vorangegangenen Studie ermittelten Erkenntnisse zur Belastbarkeit des Gehörs an weiteren Schweinswalen zu validieren.

Akzeptanz der Offshore-Windenergienutzung

Förderkennzeichen: 0325137
 Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2013
 Zuwendungssumme: 443.409,34 Euro
 Projektpartner: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg –
 Philosophische Fakultät I – Sozialwissenschaften und historische
 Kulturwissenschaften – Institut für Psychologie

Um den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung zu steigern, soll eine Offshore-Leistung von 7.000-10.000 MW erzeugt werden. Das ist nur erreichbar, wenn die Offshore-Windenergienutzung durch die Bevölkerung mitgetragen wird. Um Meinungen, Erwartungen und Erfahrungen vor und nach der Errichtung von Offshore-Windparks zu sammeln, fördert das BMU das interdisziplinäre Projekt. Experten aus Umwelt- und Sozialpsychologie, Marketing und Tourismus sowie Architektur- und Planungswissenschaften arbeiten hier eng zusammen. Mittels standardisierter Fragebögen werden Anwohner, Touristen und regionale Experten in Nord- und Ostseeregionen interviewt. Die Ergebnisse ermöglichen, Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger abzuleiten.

Entwicklung und Erprobung einer Beleuchtung für Offshore-Windparks und andere Bauwerke mit geringer Attraktionswirkung auf ziehende Vögel – AVILUX

Förderkennzeichen: 0325189A; 0325189B

Laufzeit: 15.07.2010 – 30.09.2012

Zuwendungssumme: 148.814 Euro

Projektpartner: Avitec Research GbR (Koordinator);
REETEC Regenerative Energie und Elektrotechnik GmbH

Nachts beleuchtete Objekte auf See können eine große Anziehungskraft auf Zugvögel ausüben. Nun stellt sich die Frage, ob die Anziehungskraft der Beleuchtung von der Lichtfarbe abhängt, wie widersprüchliche Studien dazu aus den USA und NL nahelegen. Dies könnte helfen, die Vögel zu schützen. Im Forschungsprojekt AVILUX arbeiten die REETEC GmbH und Avitec Research daran, diese Frage aufzuklären. Sechs farbige LED-Scheinwerfer, davon vier mit automatisch wechselnder Farbe, wurden an der Ostseeküste mit Kameras zur Aufzeichnung von Vögeln und Lichtmessern zur Kontrolle der Bedingungen ausgestattet. Derzeit läuft die statistische Analyse. Erste Ergebnisse scheinen zu belegen, dass grünes Licht die wenigsten Vögel anlockt. Ein Gegenabgleich mit den Daten der Lichtmesser steht jedoch noch aus.

Multiple Nutzung und Co-Management von Offshore-Strukturen: Marine Aquakultur und Offshore Windparks (Open Ocean Multi-Use)

Förderkennzeichen: 0325206

Laufzeit: 01.08.2010 – 29.02.2012

Zuwendungssumme: 151.311 Euro

Projektpartner: IMARE – Institut für Marine Ressourcen GmbH –
Abteilung Marine Aquakultur für nachhaltige Fischerei

Im Projekt Open Ocean Multi-Use soll durch eine Kombination von Offshore Windparks und Marikulturanlagen eine Lösung für das bestehende Problem des unzureichenden Flächenangebots für kommerzielle Aquakultur im Deutschen Nordseeraum gefunden werden. Durch die Integration von Fischkäfigen in die Fundamente von Windrädern könnten die Investitionskosten für beide Anwendungen in der Konstruktion wie im Betrieb verringert werden sowie komplett ungenutzte Meeresräume für die Aquakultur erschlossen werden. In diesem multidisziplinären Forschungsprojekt soll die Realisierbarkeit eines solchen Vorhabens in biologischer, technischer sowie in sozioökonomischer Sicht geprüft werden sowie konkrete technische Lösungsansätze für die Integration von Fischkäfigen in Windkraftanlagen entwickelt werden.

Realistische Hydroschallszenarien auf der Basis von Prognosemodellen und Monitoring für den Bau von Offshore-Windparks in der deutschen Nordsee (HyproWind)

Förderkennzeichen: 0325212
 Laufzeit: 01.09.2010 – 31.08.2013
 Zuwendungssumme: 849.863 Euro
 Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik

Der Bau von Offshore-Windparks verursacht aufgrund der durchgeführten Schlagrammungen zur Errichtung der Fundamente hohe Schalldruckpegel im Wasserkörper, die zu einer empfindlichen Beeinträchtigung der marinen Umwelt führen können. Derzeit fehlen auf realistischen Szenarien und validierten Modellen basierende Prognoseberechnungen für die zu erwartenden Schalldruckpegel im Wasser. Das Vorhaben hat zum Ziel, quantitative Prognoseberechnungen für zu erwartende Schalldruckpegel in der Nordsee für die Jahre 2011 bis 2015 durchzuführen und die Ergebnisse in Form von Lärmkarten in übersichtlicher Form zur Verfügung zu stellen.

Untersuchungen zur Vergleichbarkeit von verschiedenen statisch passiv akustischen Monitoringmethoden zur Erfassung von Schweinswalen und anderen Zahnwalen – COSAMM

Förderkennzeichen: 0325238
 Laufzeit: 01.09.2010 – 30.11.2013
 Zuwendungssumme: 377.808 Euro
 Projektpartner: Deutsches Meeresmuseum Stralsund

Ob und welchen Einfluss Baulärm auf Schweinswale hat, wird in ökologischen Begleitforschungen in der Nord- und Ostsee untersucht. Dazu werden Schweinswal-Klick-Detektoren eingesetzt. Diese registrieren die Klicks, also die Echoortungslaute der Tiere. Es kommen verschiedene Gerätetypen zum Einsatz, welche im COSAMM-Projekt direkt miteinander verglichen werden. Dazu werden die verschiedenen Geräte erst in einem Test-Tank mit Schweinswal-Lauten beschallt, um die akustischen Eigenschaften zu ermitteln. Als nächster Schritt sollen die Geräte dann zusammen auf See ausgebracht werden, um dort Schweinswale aufzuzeichnen. So soll die Vergleichbarkeit der verschiedenen Geräte-Typen unter realen Bedingungen getestet werden.

UFO – Umgebungseinflüsse auf Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325255A; 0325255B

Laufzeit: 01.07.2011 – 30.06.2014

Zuwendungssumme: 543.651 Euro

Projektpartner: fk-wind: Institut für Windenergie (Koordinator); IMARE – Institut für Marine Ressourcen GmbH – Abteilung Marine Physik und Sensorik

Die mit Hochschultechnologie ausgerüsteten Windenergieanlagen sind auf dem Meer veränderten klimatischen Umgebungsbedingungen aufgrund von erhöhtem Feuchteinfluss und Salzgehalt in der Luft ausgesetzt. Im Verbundprojekt UFO untersuchen das Institut für Windenergie an der Hochschule Bremerhaven und das Institut für Marine Ressourcen die Umweltauswirkungen auf Gondel, Nabe und Rotorblatt. Hierzu werden Klimadaten auf Plattformen, Messmasten und Anlagen im Offshore- und Nearshore-Bereich messtechnisch erfasst und ausgewertet. Eine innovative Messtechnik zur Erfassung von Salzablagerungen wird entwickelt. Zusätzlich werden der Feuchteinfluss im Rotorblatt sowie mikrobiell induzierte Korrosion an Materialproben und in Ölen untersucht.

Horizontale und vertikale Flugmuster von Heringsmöwen und Basstölpeln in Bezug zu Windparks in der AWZ der deutschen Nordsee (WINDBIRD)

Förderkennzeichen: 0325281

Laufzeit: 01.10.2011 – 31.12.2014

Zuwendungssumme: 316.223 Euro

Projektpartner: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel – Forschungs- und Technologiezentrum Westküste

Um die möglichen Auswirkungen der in Betrieb befindlichen Windparks in der AWZ der deutschen Nordsee auf die Flugmuster brütender Seevögel der deutschen Nordseeküste zu untersuchen, stehen in diesem Projekt drei Hauptziele im Vordergrund:

- (1) Aufzeichnung und Analyse der horizontalen und vertikalen Flugmuster von auf Helgoland bzw. an der deutschen Nordseeküste brütenden Seevogelarten (Heringsmöwe und Basstölpel);
- (2) Beschreibung und Quantifizierung möglicher Auswirkungen im Betrieb befindlicher Offshore-Windparks in der deutschen AWZ auf die Flugmuster von Heringsmöwen und Basstölpeln;
- (3) Abschätzung der möglichen positiven, neutralen oder negativen Auswirkungen des Betriebs von Offshore-Windparks auf die Nahrungssuchflüge und das Verhalten von Heringsmöwen und Basstölpeln.

Ermittlung der Kollisionsraten von (Greif-)Vögeln und Schaffungsplanungsbezogener Grundlagen für die Prognose und Bewertung des Kollisionsrisikos durch Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325300A; 0325300B; 0325300C; 0325300D

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2014

Zuwendungssumme: 1.155.733 Euro

Projektpartner: BioConsult SH GmbH & Co. KG (Koordinator);
ARSU-Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH;
IfAÖ Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH;
Universität Bielefeld – Fakultät für Biologie – Lehrstuhl für Animal Behaviour

Ziel des Projektes ist es, mit einer mehrjährigen systematischen Freilandstudie in mehreren norddeutschen Bundesländern repräsentative Daten zur Kollisionsrate von Vögeln mit Windenergieanlagen an Land zu erhalten. Dazu werden regelmäßige Transektsuchen von Kollisionsopfern durchgeführt. Mit Hilfe von experimentell bestimmten Korrekturfaktoren wird die Anzahl tatsächlich kollidierter Vögel berechnet. Weiterhin werden Verhaltensbeobachtungen von Vögeln zur Bestimmung des kleinräumigen Ausweichverhaltens an bestehenden Anlagen durchgeführt. Darüber hinaus soll der Einfluss der zusätzlichen Mortalität modelliert und damit die Frage der Erheblichkeit auf Populationsniveau behandelt werden. Das Projekt soll das in der öffentlichen Wahrnehmung sehr präsente Thema möglichst abschließend bewerten.

Evaluation von Systemen zur Rammschallminderung an einem Offshore-Testpfahl (ESRa)

Förderkennzeichen: 0325307

Laufzeit: 01.03.2011 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 905.155 Euro

Projektpartner: RWE Offshore Logistics Company GmbH

Die aus dem Rahmen konventioneller Fundamente von Offshore-Windenergieanlagen resultierenden Schallemissionen werden aus naturschutzfachlicher Sicht insbesondere für marine Säuger als problematisch eingeschätzt. Um die technische Entwicklung geeigneter Systeme voranzutreiben und verlässliche Aussagen über den Stand der Technik treffen zu können, wurden im August 2011 in der deutschen Ostsee fünf neuartige Schallminderungssysteme erprobt. Durch die Verwendung eines einheitlichen Messkonzepts sind alle erhobenen Daten und damit das Schallminderungspotential direkt vergleichbar. Alle getesteten Schallminderungssysteme haben signifikante Minderungseffekte erbracht. Korrigiert um den standortbedingten Bodeneinfluss ergeben sich für den breitbandigen SEL Minderungen von etwa 7-9 dB.

Entwicklung und Erprobung des Großen Blasenschleiers zur Minderung der Hydroschallemissionen bei Offshore-Rammarbeiten

Förderkennzeichen: 0325309A; 0325309B; 0325309C
Laufzeit: 01.04.2011 – 31.12.2012
Zuwendungssumme: 1.793.899 Euro
Projektpartner: BioConsult SH GmbH & Co. KG (Koordinator);
Hydro-Technik Lübeck GmbH;
ITAP – Institut für technische und angewandte Physik GmbH

Zunehmend wird der mögliche negative Einfluss von Unterwasserlärm diskutiert, da dieser zu Störungen und Schädigungen geschützter Arten (z. B. dem Schweinswal) führen kann. Das BSH fordert, dass bei Rammarbeiten die Schallemissionen den Grenzwert von 160 dB SEL (in 750 m Entfernung) einhalten, wofür es bislang noch keinen Stand der Technik gibt. In einem Verbundprojekt wird die Minderung des Schalls bei Rammarbeiten mittels eines „Großen Blasenschleiers“ entwickelt und erprobt, bei dem der Schall durch aufsteigende Luftblasen reduziert wird. Die Wirkung der Schallminderung wird dabei durch akustische Messungen und Untersuchungen des Verhaltens von Schweinswalen überprüft.

Verbundprojekt: Untersuchung und Erprobung eines „Kleinen Blasenschleiers“ zur Minderung von Unterwasserschall bei Rammarbeiten für Gründungen von OWEA

Förderkennzeichen: 0325334A; 0325334B; 0325334C
Laufzeit: 01.05.2011 – 30.06.2012
Zuwendungssumme: 3.650.862 Euro
Projektpartner: BARD Engineering GmbH (Koordinator);
BARD Building GmbH & Co. KG; Cuxhaven Steel Construction GmbH

Im Forschungsverbund „SBC“ haben 3 Unternehmen der BARD Gruppe und die MENCK GmbH das prinzipielle Wirkungsprinzip einer alternativen Konstruktion des „Kleinen Blasenschleiers“ in einem ersten Offshore-Test experimentell untersucht. Die Auswertung der Unterwasserschallmessungen hat gezeigt, dass mit diesem vertikal ausgerichteten System eine signifikante Schallreduktion erreicht werden kann. Das erfolgreich getestete Prinzip des SBC1 wird weiterentwickelt und in einem 2. Offshore Test erprobt. Neben der Optimierung des Systems hinsichtlich seiner Schallminderung liegt der Fokus in diesem 2. Test auf seiner Integration in die Logistik und in den Errichterprozess. Eine umfangreiche Messkampagne des universitären Forschungsprojektes „BORA“ begleitet diesen Test.

Untersuchung und Erprobung von Hydroschalldämpfern (HSD) zur Minderung von Unterwasserschall bei Rammarbeiten für Gründungen von Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325365
 Laufzeit: 01.09.2011 – 31.08.2014
 Zuwendungssumme: 1.932.855 Euro
 Projektpartner: Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig –
 Fakultät 3 – Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften –
 Institut für Grundbau und Bodenmechanik

Neuartige und kostengünstige Hydroschalldämpfer-Netze (HSD) als Verfahren zur Hydroschallminderung bei Offshore-Rammarbeiten für die Gründung von OWEA sollen theoretisch und messtechnisch untersucht, weiterentwickelt und optimiert werden. Es sollen Prototypen unter realen Bedingungen im Offshoreeinsatz getestet und gemessen werden, um belastbare Ergebnisse zur Wirksamkeit der HSD als neues, wirtschaftliches und effektives Schallminderungsverfahren zu erhalten, da der zulässige UBA-Grenzwert für Offshore Rammarbeiten 160 dB(SEL) in 750 m Entfernung nicht überschritten werden darf. Neben den Laborversuchen an der TU Braunschweig wurde das System erstmalig beim ESRA-Test 2011 erfolgreich getestet. Weitere Offshore-Tests sind mit dem Verbundpartner ABJV bei LONDON ARRAY und DAN TYSK geplant.

Verbundprojekt: Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0327638D; 0327638C
 Laufzeit: 01.09.2011 – 31.08.2013
 Zuwendungssumme: 962.884 Euro
 Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Architektur und Landschaft –
 Institut für Umweltplanung (Koordinator); Friedrich-Alexander-Universität
 Erlangen-Nürnberg – Technische Fakultät – Department Elektrotechnik,
 Elektronik und Informationstechnik – Sensorik

Untersuchungen der letzten Jahre haben weltweit gezeigt, dass Fledermäuse an Windenergieanlagen (WEA) durch Rotorschlag ums Leben kommen können. Fehlende Untersuchungen zu möglichen Lösungsansätzen führen in der Praxis zu Problemen bei der Genehmigung von neuen WEA. In einem bereits abgeschlossenen Vorhaben wurde eine Methode zur Vorhersage der Aktivität und damit der Gefährdung von Fledermäusen im Rotorbereich von WEA anhand zeitlicher, naturräumlicher und meteorologischer Einflussfaktoren entwickelt. Vorrangiges Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, den entwickelten Methoden zu einer zeitnahen und breiten Umsetzung zu verhelfen. Dazu wird an ausgewählten WEA eine Reduktion des Kollisionsrisikos durch einen „fledermausfreundlichen Betrieb“ erprobt und wissenschaftlich begleitet.

Konzeption, Erprobung, Realisierung und Überprüfung von lärmarmen Bauverfahren und Lärminderungsmaßnahmen bei der Gründung von Offshore-WEA

Förderkennzeichen: 0327645

Laufzeit: 01.12.2007 – 31.08.2011

Zuwendungssumme: 1.170.671 Euro

Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen
und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik

Stand der Technik bei der Verankerung von Offshore-WEA ist nach wie vor die Rammpfahlgründung. Der Einbringvorgang ist mit Hydroschallimmissionen verbunden, die die Schallimmissionsvorsorgewerte 160 dB re 1 μ Pa für den SEL und 190 dB re 1 μ Pa für den LPeak in einer Entfernung von 750 m in der Regel deutlich überschreiten, sofern keine Schallminderungsmaßnahmen eingesetzt werden. Seit Juli 2010 werden die genannten Vorsorgewerte vom Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) als Grenzwerte in den Genehmigungen festgeschrieben. Daher ist zum Schutz mariner Lebewesen die Notwendigkeit von Schallminderungsmaßnahmen während der Rammarbeiten gegeben. Als wesentliche Ziele des Schall 3-Projekts sind zu nennen:

1. Die Erforschung und Optimierung der physikalischen Wirksamkeit von primären und sekundären Schallminderungskonzepten.
2. Die Erarbeitung von Empfehlungen für praxistaugliche und wirtschaftliche Minderungskonzepte.

Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben „alpha ventus“ zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH

Förderkennzeichen: 0327689A

Laufzeit: 01.05.2008 – 30.04.2012

Zuwendungssumme: 6.466.233 Euro

Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Im Projekt zur ökologischen Begleitforschung alpha ventus werden die im vorangegangenen Projekt zur Konzepterstellung (siehe FKZ 0327689) beschriebenen Untersuchungen realisiert. Das BSH koordiniert die ökologischen Untersuchungen mit dem Ziel, einen Erkenntniszugewinn zu den Auswirkungen des Windparks auf marine Säugetiere, auf Rast- und Zugvögel, Fische und benthische (bodenlebende) Lebewesen zu erlangen. Auch Schallmessungen werden durchgeführt. Die Untersuchungen gehen dabei hinsichtlich des Umfangs, der Untersuchungsintensität sowie der Erprobung neuer Erfassungsmethoden über das Standarduntersuchungskonzept (StUK) hinaus. Anhand der Untersuchungsergebnisse wird das StUK evaluiert und ggf. fortgeschrieben. Die Untersuchungen werden bau- und betriebsbegleitend durchgeführt.

3.7 STUDIEN UND TAGUNGEN

Mitunter sind Arbeiten fällig, die nicht in die üblichen Aufgabenstellungen der technischen Forschungsprojekte einzuordnen sind. So wurde es 2011 zum Beispiel notwendig, den Betrieb der Forschungsplattform FINO 1 neu zu vergeben. Hier musste die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen an einen Auftragnehmer vergeben werden, der die anfallenden Arbeiten beim Betrieb einer Forschungsplattform exakt beschreiben konnte.

Auch die Organisation von Veranstaltungen gehört nicht zu den üblichen Projektaufgaben, ist aber dennoch als regelmäßige Leistung für den Bereich Forschung und Entwicklung an erneuerbaren Energien vertreten. Das BMU legt großen Wert darauf, die geförderten Projekte sowie die hier investierten Mittel transparent nach außen darzustellen. In Veranstaltungen wie zum Beispiel wissenschaftlichen Konferenzen soll Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung ein Überblick über das jeweilige Themenfeld, hier speziell die Windenergie, und den aktuellen Stand in Deutschland und Europa gegeben werden.

Angebot für die Unterstützung bei der Teilnahme an Task 28 ,Soziale Akzeptanz von Windenergie' im Rahmen des Internationalen Energieagentur Implementing Agreement Wind

Förderkennzeichen: 0325138
 Laufzeit: 01.10.2009 – 30.04.2012
 Zuwendungssumme: 46.073 Euro
 Projektpartner: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg –
 Philosophische Fakultät I – Sozialwissenschaften und historische
 Kulturwissenschaften – Institut für Psychologie

Wissenschaftler/innen unterschiedlicher Fachdisziplinen forschen zur sozialen Akzeptanz von Windenergieanlagen. Um einen internationalen, interdisziplinären Austausch zu ermöglichen, wurde die Task 28 der Internationalen Energieagentur initiiert. Eine Arbeitsgruppe, zusammengesetzt aus ausgewählten Wissenschaftler/innen und Experten/innen, trifft sich über einen Zeitraum von drei Jahren. Zusätzlich werden in Unterstützungsgruppen ausgewählte Experten/innen hinzugezogen. Die Unterstützung des BMU bei der Teilnahme am Task 28 trägt dazu bei, bestehende Untersuchungen und Erfahrungen zur sozialen Akzeptanz von WEA zu systematisieren und in praktische Handlungsempfehlungen umzusetzen. Offene Fragen werden eruiert und weiterführende Forschungsfragen abgeleitet.

Erstellung von Ausschreibungsunterlagen und Mitwirkung im Vergabeverfahren gem. VOL/A ,Betrieb von FINO 1'

Förderkennzeichen: 0325312
Laufzeit: 01.03.2011 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 68.620 Euro
Projektpartner: Inros Lackner AG

Zur Erforschung der meteorologischen, hydrologischen und ökologischen Randbedingungen der Offshore-Windenergienutzung wurde im Jahr 2003 die Forschungsplattform FINO 1 mit einem 101,5 m hohem Messmast in Betrieb genommen. Sie befindet sich in der Deutschen Bucht (Nordsee) 45 km nordwestlich von Borkum in direkter Nachbarschaft zum OWP „alpha ventus“. Bis 2011 wurde FINO 1 vom „Germanischen Lloyd Windenergie GmbH“ betrieben. Zur Sicherstellung des kontinuierlichen Forschungsbetriebs wurde durch die INROS LACKNER AG im Auftrag des PtJ die Betriebsführung für 5 Jahre europaweit ausgeschrieben. Die Vergabe erfolgte gemäß VOL im Verhandlungsverfahren. Im Ergebnis konnte die Leistung fristgemäß mit einem qualitativ hochwertigen Konzept und zu finanziell attraktiven Bedingungen vergeben werden.

Untersuchung zu den Potentialen von Flugwindenergieanlagen (FWEA)

Förderkennzeichen: 0325394
Laufzeit: 01.10.2011 – 31.12.2012
Zuwendungssumme: 225.306 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Bremerhaven

Windenergie trägt bereits heute in beachtlichem Maße zur Stromgewinnung in Deutschland bei. Dabei hat sich das Konzept der dreiblättrigen horizontalachsigen Windturbine, abgesehen von kleinen Nischen, durchgesetzt. Unter den alternativen Ansätzen, die sich in den letzten Jahren gezeigt haben, scheint das Konzept der Energiegewinnung mit Lenkdrachen, bzw. Flugwindenergieanlagen, besonders vielversprechend. Inzwischen verfolgen mehrere Firmen diese Technik und haben teilweise schon erste Erprobungsflüge durchgeführt. Ziel des Projektes ist es, die grundlegenden Potenziale der Flugwindenergieanlagen sowie deren heutigen Entwicklungsstand zu ermitteln und daraus ggf. weiteren Forschungsbedarf abzuleiten.

4. PHOTOVOLTAIK

Verbesserte Herstellungsprozesse, höhere Wirkungsgrade, neues Zell- und Moduldesign – die Photovoltaik besitzt hohes Innovationspotenzial. Neue Entwicklungen tragen dazu bei, dass die Kosten für Photovoltaik-Strom weiter kontinuierlich sinken, leistungsfähigere Module sind für weniger Geld zu bekommen. Lag der Preis für eine typische Dachanlage mit einer Leistung von 5 Kilowatt etwa 2006 noch bei 25.000 Euro, ist eine vergleichbare Anlage nun für bereits 11.000 Euro zu kaufen. Strom aus Photovoltaik-Anlagen macht bereits einen großen Anteil an der Stromerzeugung aus regenerativen Energien aus. Laut Berechnungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) hat die Photovoltaik einen Anteil von 15,6 Prozent an den 121,9 Terawattstunden Strom beigetragen, die im Jahr 2011 durch erneuerbare Energien produziert werden konnten. Damit liegt sie ungefähr gleichauf mit der etablierten Wasserkraft, welche 16 Prozent beitragen konnte. Ende 2011 waren Anlagen mit einer Leistung von insgesamt rund 25 Gigawatt in Deutschland installiert, der Zubau lag laut Angaben der Bundesnetzagentur bei insgesamt 7,5 Gigawatt und schloss sich somit nahtlos an das Rekordjahr 2010 an. Allein 3 Gigawatt wurden im Monat Dezember verbaut, um der vorgesehenen Kürzung der EEG-Förderung ab Januar 2012 zuvorzukommen.

Mit der im Frühjahr 2012 beschlossenen Anpassung der Vergütung für Solarstrom soll der Zubau zukünftig reduziert werden, um die Marktintegration der erneuerbaren Energien zeitgleich voranzubringen. Für Europa geht die Schweizer Bank Sarasin in ihren Prognosen für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien von einem Rückgang von durchschnittlich 3 Prozent pro Jahr bis 2015 aus, der globale Markt soll dahingegen insgesamt weiter wachsen. Im Jahr 2011 haben sich für den globalen Markt deutlich geringere Zuwachsraten als in den letzten beiden Jahren ergeben. Weltweit wurden nach den Zahlen der Bank 21 Gigawatt neu installiert, was einem Wachstum von 3 Prozent gegenüber dem Vorjahr entspricht. Für 2012 prognostiziert die Studie einen Nachfrageanstieg um 20 Prozent, der sich voraussichtlich auf den Ausbau in den USA, China und Japan stützen wird.

Für die deutsche Photovoltaik-Branche war trotz des Marktwachstums bereits das Jahr 2011 ein herausforderndes Jahr, vor allem aufgrund der wachsenden Konkurrenz aus Asien. Für die Zukunft ist hier wegen der massiven wirtschaftlichen Förderungen insbesondere in China weiterhin mit einem starken Konkurrenzdruck zu rechnen. Die rasante Marktentwicklung in der Photovoltaik geht einher mit einem deutlichen Preisverfall. Für die europäischen

Länder kommt hinzu, dass die Elektroschrott-Richtlinie der EU geändert wird, von der Photovoltaik-Module bisher ausgenommen waren. Zukünftig sollen auch diese in speziellen Sammelsystemen entsorgt werden, wodurch ein zusätzlicher logistischer Aufwand auf die Photovoltaik-Unternehmen zukommen wird.

Die Forschungsförderung des BMU soll die deutsche Photovoltaik-Branche darin unterstützen, ihre Stärken in Qualität und Zuverlässigkeit der Anlagen weiter auszubauen. „Made in Germany“ soll weiterhin ein Qualitätssiegel sein, das deutsche Produkte gegenüber anderen auszeichnet und somit deren Abnahme sichert.

Die Erfolge der deutschen Forschung sprechen nach wie vor für sich. Deutsche Forschungsinstitute, Hochschulen und Forschungsabteilungen der Unternehmen konnten in den vergangenen Jahren die Technologie in wichtigen Bereichen entscheidend voranbringen. Auf internationalen Tagungen sind deutsche Autoren dominant. Eine vorausschauende Ausbildungspolitik hat zudem dazu beigetragen, dass sich das auch nicht ändern wird. Bei der Anzahl von Wissenschaftlern, Ingenieuren und Technikern im Bereich der Photovoltaik hat Deutschland noch immer eine Spitzenposition.

Zusätzlich zu den Förderungen für Forschung und Entwicklung der Photovoltaik aus dem Haushalt des BMU hat die Bundesregierung 2010 die Förderinitiative Innovationsallianz Photovoltaik aufgelegt, im Jahr 2011 haben die ersten Projekte begonnen. Durch die innerhalb der Innovationsallianz geförderten Projekte sollen die notwendigen technischen und Prozessinnovationen besonders schnell in den Markt überführt werden, indem dort prozesskettenübergreifend sowie übergreifend zwischen Ausrüstungs- und An-



Lichtabsorption einer mit dünnem amorphem Silicium beschichteten Glasplatte

lagentechnologieunternehmen sowie der PV-Industrie geforscht und entwickelt wird. Das Programm wird von BMU und BMBF mit zusammen 100 Millionen Euro gefördert. Die 2011 begonnenen, der BMU-Förderung zugeordneten Projekte werden in einem gesonderten Abschnitt innerhalb dieser Broschüre vorgestellt (siehe Kapitel 4.1).

Es gibt verschiedene technologische Ansätze innerhalb der Photovoltaik, wie der nutzbare Strom mit Hilfe von Halbleitermaterialien zu erzeugen ist. Die BMU-Forschungsförderung konzentriert sich hauptsächlich auf die Silizium-wafertechnologie, CIGS-Dünnschichttechnologie und Silizium-Dünnschichttechnologie. Jede Technologielinie weist sowohl Vor- als auch Nachteile gegenüber den jeweils anderen auf. Zumindest auf absehbare Zeit erscheint es sinnvoll, die verschiedenen Konzepte parallel weiterzuentwickeln. Ist absehbar, dass eine der Technologien keine Zukunft mehr haben wird, wird die anwendungsorientierte Forschungsförderung in diesem Bereich eingestellt.

Die konzentrierende Photovoltaik ist eine weitere Variante. Dabei wird das einfallende Sonnenlicht durch einen speziellen Modulaufbau auf das Absorbermaterial konzentriert, wodurch die teure Solarzellenfläche verkleinert werden kann. Ebenfalls gefördert wird die Forschung zur Systemtechnik. Zunehmend werden dabei übergreifende Fragestellungen aufgegriffen. Die Lebensdauer der Systemkomponenten soll erhöht werden, belastende Stoffe für Umwelt und Gesundheit sollen vermieden werden und der Energieeinsatz in der Produktion soll reduziert werden. Die Netzintegration von Photovoltaikstrom wird hauptsächlich in dem 2008 eingerichteten Förderbereich „Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien“ untersucht.

Wie bereits in den vergangenen Haushaltsjahren hat es auch im Jahr 2011 eine deutlich höhere Nachfrage nach Fördermitteln gegeben, als zur Verfügung standen. 2011 wurden neue Projekte für insgesamt 74 Millionen Euro bewilligt, wobei die Mittel für die Innovationsallianz in dieser Summe mit eingerechnet worden sind. Hier ist also ein beachtlicher Anstieg an Fördermitteln erreicht worden, 2010 lagen die Neubewilligungen noch bei einem Gesamtwert von rund 40 Millionen Euro. Gleichzeitig wurden für 2011 Skizzen mit einem Gesamtvolumen von rund 115 Millionen Euro eingereicht, zusätzlich zu denen der Innovationsallianz, die sich auf insgesamt 145 Millionen Euro summierten.

Dem 6. Energieforschungsprogramm entsprechend liegen die thematischen Schwerpunkte der geförderten Projekte auf folgenden Zielen:

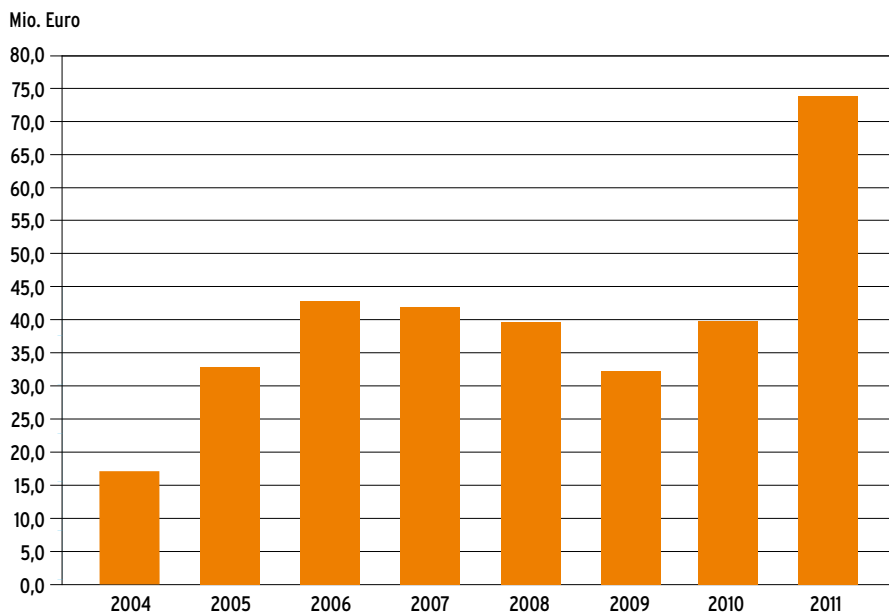
- Die Wirkungsgrade der Photovoltaik-Zellen müssen weiter erhöht werden, insbesondere soll die Lücke der im Labor erzielten Wirkungsgrade und der in der Produktion erreichten Wirkungsgrade geschlossen werden.
- Die Kosten sollen durch effizientere Produktionsverfahren und den Einsatz neuer Prozessschritte weiter gesenkt werden.
- Der Materialeinsatz soll durch Effizienzmaßnahmen sowie den Einsatz neuer Materialien und Materialkombinationen reduziert werden.
- Die Lebensdauer aller Komponenten soll weiter erhöht werden.

Vor der Veröffentlichung der BMU-Förderbekanntmachung zum 6. Energieforschungsprogramm, im November 2011, fanden die Strategiegespräche zur zukünftigen Photovoltaik-Forschungsförderung des BMU wie alle zwei Jahre in Glottertal nahe Freiburg im Breisgau statt. Dazu lädt das BMU stets ausgewählte Vertreter aus Industrie und Forschung ein, um aktuelle Entwicklungen zu diskutieren und Forschungsansätze zu besprechen. Dort wurde festgestellt, dass auch für Projekte außerhalb der Innovationsallianz eine engere Zusammenarbeit der deutschen Photovoltaik-Industrie angestrebt werden sollte. Auch wurde betont, dass die Entwicklung vom Labor in die Produktion beschleunigt werden muss, etwa durch Plattformentwicklungen in Forschung und Entwicklung oder indem Allianzen gebildet werden.

Verteilung der Fördermittel auf die unterschiedlichen PV-Förderschwerpunkte:

2011	Mittelabfluss Millionen Euro	in Prozent	Neubewilligungen Millionen Euro	in Prozent
Siliziumwafer-Technologie	21,5	56	40,7	56
Silizium-Dünnschicht	5,3	14	17,6	24
Verbindungshalbleiter, überwiegend CIS-/ CIGS-Dünnschicht	5,1	13	7,3	10
Übergreifende Vorhaben zur Dünnschicht	1,0	3	?	
Konzentrierende Photovoltaik	2,5	6	2,7	4
Systemtechnik, Netzintegration	1,7	4	3,2	4
Technologieübergreifende Vorhaben, Alternativkonzepte	1,7	4	1,7	2
Summe	38,8	100	73,2	100

Quelle: PtJ



Entwicklung des Neubewilligungsvolumens seit 2004 / Quelle: BMU

4.1 INNOVATIONSALLIANZ PHOTOVOLTAIK

Um Innovationen besonders schnell in die Produktion und in den Markt zu überführen, hat die Bundesregierung 2010 die Förderinitiative „Innovationsallianz Photovoltaik“ ins Leben gerufen. Durch das Programm sollte die Branche ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit auch unter den neuen EEG-Bedingungen sichern und ausbauen können. Für die Finanzierung des Programms stellen BMU und BMBF gemeinsam Mittel in Höhe von bis zu 100 Millionen Euro über drei bis vier Jahre zur Verfügung. Von den Unternehmen sollen im Gegenzug insgesamt 500 Millionen Euro für die Forschungsprojekte und weitere Investitionsmaßnahmen ausgegeben werden.

Mit dem Programm werden industriegeführte Forschungsverbünde gefördert, die die gesamte Prozesskette mit einbeziehen. Auf die Siliziumwafer-Technologie bezogen umfasst das sämtliche Schritte von Siliziumproduktion bis zur Fertigung der Photovoltaik-Module. Ebenfalls sollten innerhalb des Programms Kooperationen zwischen Ausrüstungs- und Anlagentechnologieunternehmen und der Photovoltaik-Industrie entstehen.

Von 117 eingegangenen Projektvorschlägen wurden 28 Projekte für eine Förderung ausgewählt. Das BMU hat 2011 innerhalb der Innovationsallianz Photovoltaik 10 Verbundvorhaben mit einem Gesamtfördervolumen von rund 33 Millionen Euro bewilligt.

Im Jahr 2011 haben die ersten Projekte mit ihren Arbeiten begonnen. Eines der erfolgsversprechenden ersten Projekte ist das Projekt SONNE (Silizium-Hocheffizienzzellen und -module). Hier haben sich insgesamt 13 Unternehmen und vier Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen, koordiniert von der Firma SolarWorld Innovations GmbH. Sie arbeiten daran, den Wirkungsgrad bei kristallinen Siliziumzellen im Vergleich zu bisherigen Standardmodulen zu steigern. Durch eine erhöhte Modullebensdauer und optimierte Fertigungsabläufe zielen die Projektpartner auf eine Kostenreduktion des Photovoltaik-Stroms um 33 Prozent. Es sind umfassende Arbeiten am Zell- und Moduldesign, zu industriell relevanten Prozessfolgen, zur Auswahl optimaler Materialien sowie Prozessschritte und der dazu benötigten Technologie sowie die Herstellung von Demonstratoren geplant.

Verbundprojekt „SONNE‘ Silizium Hocheffizienzmodulen und -module

Förderkennzeichen: 0325277A; 0325277B; 0325277C; 0325277E; 0325277F;
0325277G; 0325277H; 0325277J; 0325277K

Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2013

Zuwendungssumme: 9.935.750 Euro

Projektpartner: SolarWorld Innovations GmbH (Koordinator);
Hochschule Mittweida University of Applied Sciences – Laserinstitut;
Momentive Performance Materials GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare
Energiesysteme (ISE); Berkenhoff GmbH – Werk Merkenbach;
SITEC Solar GmbH; Solar Factory GmbH; Technische Universität Chemnitz –
Fakultät für Maschinenbau – Institut für Werkstoffwissenschaft und
Werkstofftechnik – Professur Oberflächentechnik / Funktionswerkstoffe;
KUKA Systems GmbH – Entwicklung

Im Projekt „SONNE“ haben sich unter der Koordinierung der Firma SolarWorld Innovations GmbH 11 Unternehmen und 4 Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen, um bei Modulen aus kristallinen Siliziumzellen einen gesteigerten Wirkungsgrad im Vergleich zu bisherigen Standardmodulen zu erreichen. Die Modulleistung soll von heute 240 W auf deutlich über 300 W erhöht werden. Durch eine erhöhte Modullebensdauer und optimierte Fertigungsabläufe zielen die Projektpartner auf eine Kostenreduktion des PV-Stroms um 33 %. Es sind Arbeiten am Zell- und Moduldesign, zu geeigneten industriell relevanten Prozessfolgen, zur Auswahl optimaler Materialien sowie Prozessschritte, als auch die Herstellung von Demonstratoren geplant. In vier Teilprojekten arbeiten jeweils ausgewählte Arbeitskreise zusammen.

Verbundvorhaben: Innovative Netzwechselrichtertopologien für kleine Photovoltaikanlagen, INET-PV

Förderkennzeichen: 0325289A; 0325289B

Laufzeit: 01.12.2011 – 28.02.2014

Zuwendungssumme: 2.230.299 Euro

Projektpartner: Steca Elektronik GmbH (Koordinator); Fraunhofer-Institut für Solare
Energiesysteme (ISE)

Dieses Vorhaben konzentriert sich auf kleine PV-Anlagen um den Leistungsbereich von 5 kWp. Zunächst sollen unterschiedliche Topologien simulatorisch untersucht werden. Ziel der simulatorischen Analyse ist die Frage, welche Topologien sich für eine deutliche Kostensenkung eignen. Durch den Einsatz neuer Systemkonzepte und Komponenten (z. B. SiC) soll eine deutliche Wirkungsgradsteigerung bei einer gleichzeitigen deutlichen Kostenreduktion erreicht werden. Die geeignetste Topologie fließt in die Hard- und Softwareentwicklung ein. Es werden Labortestgeräte aufgebaut. Diese zeigen in einem Feldtest Ihre Eignung.

Verbundvorhaben: CIGSfab – Kostenreduzierung bei der Herstellung von CIGS Dünnschichtsolarmodulen durch Produktivitäts- und Effizienzsteigerung

Förderkennzeichen: 0325305A; 0325305B; 0325305C; 0325305D

Laufzeit: 01.03.2011 – 28.02.2014

Zuwendungssumme: 6.045.649 Euro

Projektpartner: Würth Solar GmbH & Co. KG (Kordinator); Manz Coating GmbH;
Manz Automation AG – Geschäftsbereich thin film solar; Zentrum für
Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Ziel des Vorhabens ist die technologische Weiterentwicklung der CIGS-Solarmodultechnologie auf Basis des Koverdampfungsprozesses für CIGS auf Glassubstraten im Hinblick auf Modulwirkungsgrad, Produktivität und Herstellkosten. Schwerpunkte der Arbeiten sind die Abscheideprozesse für CIGS-Absorber und Puffer, die Strukturierungsprozesse zur integrierten Serienverschaltung mittels Lasern sowie Inline-fähige Qualitätskontrollen. Innovative Prozesse, Komponenten und Anlagen werden entwickelt, optimiert und in der Fertigungslinie qualifiziert. Mit den Projektergebnissen wird die CIGS Technik von Manz (turn-key CIGSfab) im globalen PV-Markt wettbewerbsfähig sein. Der Verbund stellt im Förderprogramm Innovationsallianz Photovoltaik eine ideale Konstellation der notwendigen Expertisen dar.

Verbundvorhaben: StringControl – Kostenreduktion und Effizienzsteigerung durch Prozessintegrierte Messtechnik vom Siliziumgranulat bis zum PV-Modul

Förderkennzeichen: 0325310A; 0325310B; 0325310C; 0325310D

Laufzeit: 01.06.2011 – 31.05.2014

Zuwendungssumme: 1.226.035 Euro

Projektpartner: Sovello AG (Kordinator); Cascade Microtech GmbH;
Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP) –
Standort Dresden; dresden elektronik ingenieurtechnik gmbh

Das Verbundprojekt String Control startete im Juni 2011. Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Implementierung von verschiedenen Prüf- und Messmethoden entlang der Produktionskette von Solarwafer, -zelle und -modul. Die Evaluierung der Messsysteme erfolgt durchgängig am String Ribbon Material der Sovello GmbH. Die Messparameter umfassen die orts aufgelösten Dicken, mechanischen Spannungen und spezifischen Widerstände sowie den optimierten Zelltest und die Prüfung der Verlötlung. Schwerpunkt 2011 war das Finden geeigneter Messverfahren. In 2012 steht die Entwicklung von Prototypen sowie deren Evaluierung im Vordergrund.

Steigerung der Produktionsleistung der Silizium-basierten Dünnschichtmodulfertigung durch verbesserte Moduleffizienz bei hohen Abscheideraten – SiliziumDS12plus

Förderkennzeichen: 0325317A; 0325317B; 0325317C; 0325317D

Laufzeit: 01.07.2011 – 30.06.2014

Zuwendungssumme: 3.763.729 Euro

Projektpartner: Inventux Technologies AG (Koordinator); EWE – Forschungszentrum für Energietechnologie e. V.; Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie Gesellschaft mit beschränkter Haftung – Bereich E, PVcomB; Hüttinger Elektronik GmbH + Co. KG

Die Mikromorphe Silizium-Dünnschichtphotovoltaik hat das Potenzial, eine kostengünstige und nachhaltige Technologie zu werden. Voraussetzung hierfür ist, dass die in Forschung und Wissenschaft labortechnisch untersuchten Konzepte zu hocheffizienten Solarzellen schnellstmöglich in die Produktion überführt werden können. Diese Überführung wird neben der Anpassung der theoretisch erarbeiteten Konzepte auch Modifikationen an Anlagen und Materialinnovationen erfordern. In unserem Vorhaben wird auf einer produktionsnahen Anlage zur plasmaunterstützten chemischen Gasphasenabscheidung (PECVD) untersucht, wie diese Konzepte für Solarzellen auf Substratgrößen von 1,3 x 1,1 übertragen werden können.

Verbundvorhaben ALPHA – Auf Lichtstreuung basierte Prozessregelung für die Herstellung von Aluminium und Bor dotierten Zinkoxid-Frontkontakten für Siliziumdünnschichtsolarzellen

Förderkennzeichen: 0325356B; 0325356A; 0325356C

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2013

Zuwendungssumme: 870.720 Euro

Projektpartner: Forschungszentrum Jülich GmbH – Institut für Energie- und Klimafor-schung – Photovoltaik (IEK-5) (Koordinator); LayTec in-line GmbH; Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik (IPM)

Die Qualität der transparenten, leitfähigen Oxyd-Schichten (TCO) ist entscheidend für den Wirkungsgrad von Silizium-Dünnschicht-Solarmodulen. Während leitfähige und transparente Schichten zuverlässig herstellbar sind, können für den Lichteinfang geeignete Oberflächen nur in einem engen Prozessfenster eingestellt werden. Die Lichtstreuung der rauen TCO-Schicht lässt Rückschlüsse auf die Oberflächenrauigkeit sowie das zu erwartende Lighttrapping in der Solarzelle zu. Die Partner Forschungszentrum Jülich, Fraunhofer IPM und Laytec erarbeiten ein Mess- und Regelkonzept für die Qualitätskontrolle und Prozessregelung von gesputtertem und geätzttem ZnO für die Anwendung als Frontkontakt in Siliziumdünnschichtsolarmodulen.

Verbundprojekt: DIASIP: Entwicklung von diamantbesetzten Drähten und darauf angepasster Sägeprozesse für die kostengünstige Herstellung von Silizium-Wafern für die Photovoltaik-Industrie

Förderkennzeichen: 0325372A; 0325372B; 0325372C; 0325372D; 0325372E

Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014

Zuwendungssumme: 4.591.166 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG) – Fraunhofer Technologiezentrum Halbleitermaterialien (THM) (Koordinator); Bosch Solar Energy AG – Entwicklung kristalline Wafer SE/ECW; Wendt GmbH; Steinbeis Innovation gGmbH – Steinbeisinnovationszentrum Entwicklungstechnologie; PV Silicon Forschungs- und Produktions GmbH

In diesem Verbundprojekt soll das Diamantdrahtsägen an die Erfordernisse der PV-Technik angepasst und damit Sägekosten deutlich gesenkt werden. Dazu haben sich fünf Industrie- und Forschungspartner zusammengeschlossen. Zunächst werden geeignete Diamantdrähte hergestellt (Wendt GmbH) und in Einzeldrahtversuchen getestet (Steinbeis Innovation). Auf einer Industriesäge am FhG-THM werden die entsprechenden Säge- und Reinigungsprozesse für mono- und multikristalline Wafer entwickelt. Bei Bosch Solar Energy und PV Silicon F&P GmbH werden die Drähte und Prozesse dann im industriellen Maßstab eingesetzt und das Potenzial evaluiert.

Verbundprojekt: Entwicklung innovativer und kostengünstiger Technologien für höchsteffiziente Solarzellbaugruppen für Konzentratormodule nächster Generationen

Förderkennzeichen: 0325379A; 0325379C; 0325379E; 0325379F; 0325379G; 0325379H

Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014

Zuwendungssumme: 2.661.860 Euro

Projektpartner: AZUR SPACE Solar Power GmbH (Koordinator); Philipps-Universität Marburg – Wissenschaftliches Zentrum für Materialwissenschaften; SEMPA SYSTEMS GmbH; CS CLEAN SYSTEMS AG; Dausinger & Giesen GmbH; Concentrator Optics GmbH

Das Verbundprojekt strebt die Entwicklung eines optimierten Fertigungsprozesses für die Solarzellen und Baugruppen für PV Konzentratormodule an, mit dem Ziel, bis 2015 die Herstellungskosten pro Watt auf Modulebene um 40 % zu senken. Ausgehend von der beim Projektpartner AZUR SPACE etablierten Fertigung soll die Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette vom Substrat und Zellfertigung bis zur Baugruppe vorangetrieben werden. Dabei spielen neben den angestrebten Verbesserungen einzelner Schritte die Entwicklung von neuen Fertigungsverfahren sowie die Modifizierung der Solarzellenstruktur für Wirkungsgrade bis zu 42 % eine besondere Rolle.

Verbundprojekt: Entwicklung eines plasmagestützten Chalkogenisierungsverfahrens zur Herstellung von Cu(In, Ga)(Se,S)-Dünnschichtsolarzellen (PLASMA-CIGS)

Förderkennzeichen: 0325383A

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2014

Zuwendungssumme: 1.249.361 Euro

Projektpartner: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V –
Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik,
Energie- und Halbleiterforschung

In diesem Vorhaben wird eine innovative Produktionstechnologie für elektronisch hochwertige Cu(In,Ga)Se₂-Dünnschichten zum Einsatz in Dünnschichtsolarzellen entwickelt. Im Vordergrund steht dabei ein verbesserter und materialsparender Einbau des flüchtigen Selen in das Kristallgitter während der Reaktion der schichtbildenden Elemente. Hierzu wird mit Hilfe einer anlagenspezifisch ausgelegten Plasmaquelle ein reaktiver Selen-Radikalstrom generiert, bevor dieser mit der Cu-In-Ga-Vorläuferschicht reagiert. Das Verfahren wird parallel für die Koverdampfung (Solteature) als auch für die Selenisierung elementarer Schichtstapel (Univ. Oldenburg, Von Ardenne Anlagentechnik) im Technikumsmaßstab entwickelt, optimiert und bezüglich der Übertragbarkeit auf industrierelevante Skalen bewertet.

4.2 SILIZIUMWAFER-TECHNOLOGIE

Wie in den vergangenen Jahren hat die Solarzelle aus kristallinem Silizium weiterhin den größten Marktanteil der Solarzellentypen. Der Vorteil dieser Technologie war von Beginn an, dass für ihre weitere Entwicklung bereits Erfahrungen der Halbleiterindustrie genutzt werden konnten. Sowohl die Prozessschritte als auch das Materialverständnis konnten als Wissensgrundlage übernommen werden. Die Forschungsroadmap, die das BMU zusammen mit der Industrie 2005 erstellt hatte, belegt einige Entwicklungserfolge in diesem Bereich, die zu dem hohen Stellenwert der Siliziumwafer beigetragen haben. 2005 lag der Siliziumbedarf noch bei zwölf Gramm pro Watt, heute werden nur noch sieben Gramm benötigt – das Roadmap-Ziel für 2010 lag bei zehn Gramm. Der Wirkungsgrad der multikristallinen Siliziumwaferzellen aus industrieller Fertigung lag 2005 bei 14 Prozent, heute werden bis zu 19,5 Prozent erreicht. Hier lag das Roadmap-Ziel für 2010 bei 18 Prozent.

Die Kosten für Strom aus Siliziumwaferzellen müssen kontinuierlich weiter sinken, durch weiter steigende Wirkungsgrade und bei sinkenden Produktionskosten. Innovationen aus dem Labor müssen möglichst schnell in die Fertigung übertragen werden.



Kammförmig ineinandergreifende Metallkontakte auf der sonnenabgewandten Seite der Rückseiten-solarzellen mit Siliziumheterokontakten aus dem Projekt TopShot

Ein Forschungsansatz besteht zum Beispiel darin, zu untersuchen, wie multikristallines Silizium so hergestellt werden kann, dass es den Wirkungsgraden von monokristallinem Silizium möglichst nah kommt. Letzteres erreicht Wirkungsgrade um 19 Prozent, die Kristallzüchtung ist aber teurer. Multikristallines Silizium erreicht mit der gegenwärtig industriell eingesetzten Technik bereits Wirkungsgrade um 17 Prozent. Gelingt es, die Wirkungsgrade anzugleichen, indem sich die teilgeordnete Kristallstruktur der multikristallinen Zellen so einheitlich wie möglich ausbildet, könnten weitere Kostensenkungen erreicht werden.

Ein mittlerweile häufig genutzter Ansatz ist es, Solarzellen zu entwickeln, die als Basismaterial n- statt p-dotiertes Silizium verwenden. Damit kann mehr Strom aus einer Solarzelle entnommen werden. Andere Ansätze bestehen darin, die Abschattung auf der Vorderfläche einer Solarzelle so gering wie möglich zu halten, entweder indem die darauf angebrachten Leiterbahnen besonders fein strukturiert werden oder auf die Rückseite der Zelle verlegt werden. Kostenintensive Prozesse wie etwa Hochtemperaturbehandlungen sollen möglichst vermieden werden. Wichtig für eine schnelle Umsetzung und Verbreitung ist es stets, Entwicklungen voranzubringen, für die die existierenden Prozessanlagen genutzt werden können. Entsprechende Forschungsansätze müssen jedoch ebenso ergänzt werden durch ganz neue Ansätze, um das mögliche Entwicklungspotenzial dieser Technologie in vollem Umfang auszunutzen.

Mit unterschiedlichen Konzepten konnte zum Beispiel das Institut für Solar-energieforschung Hameln (ISFH) zu Anfang des Jahres 2012 in seinen Projekten, teils zusammen mit anderen Partnern, mit Erfolgsmeldungen aufwarten. Für die rückkontaktierte Heteroübergang-Solarzelle erreichte das ISFH zusammen mit dem Institut für Silizium-Photovoltaik am Helmholtz-Zentrum Berlin (HZB) durch Arbeiten im Projekt TopShot (FKZ 0325114A+B) einen Wirkungsgrad von 20,2 Prozent. Damit hat es den höchsten, von einem unabhängigen Institut bestätigten Wirkungsgrad dieser Art Solarzelle erreicht. Mit der Kombination aus Rückkontakten und Heterokontakttechnologie sind darin zwei erfolgversprechende Konzepte verbunden, die einzeln jeweils bereits industriell umgesetzt werden. In dem Projekt HighScreen (FKZ 0325296) konnte das ISFH mit verschiedenen Partnern aus der Industrie für Silizium-waferzellen einen Rekordwert erreichen, die in dem üblichen Siebdruckverfahren und größtenteils industrietypischen Prozesssequenzen hergestellt werden konnten. 20,1 Prozent Wirkungsgrad war hier das Ergebnis, das die Zelle zum einen einer neuartigen Rückseitenpassivierung, einer Doppel-

schicht aus Aluminiumoxid und Siliziumnitrit, und zum anderen einer Metallisierung per Doppelsiebdruck verdankt. In der Industrie sind für vergleichbare Zellen bisher Wirkungsgrade von 17 bis 18,5 Prozent üblich.

Laut Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 lassen sich die geförderten Projekte im Bereich der Siliziumwafer-Technologie in folgende Hauptgruppen einteilen:

- Rohstoff, Kristallisation und Scheibenfertigung – durch geeignete Verfahren soll das Wirkungsgradpotenzial des Siliziums vollständig ausgenutzt werden.
- Zellherstellung – Zellkonzepte aus dem Labor sollen in die industrielle Fertigung getragen werden.
- Modulherstellung – umweltbelastende Stoffe sollen vermieden und die Lebensdauer der Module bei hoher gleichbleibender Qualität erhöht werden.
- Prozessausbeute – diese soll parallel zu den anderen Forschungsbereichen weiter gesteigert werden.

Verbundprojekt: Grundlegende produktionsnahe Untersuchungen zur Herstellung und dem Einsatz von kosteneffektivem und qualitäts-gerechtem Solarsilizium nach dem JSSi-Verfahren (SUNSIL 2010)

Förderkennzeichen: 0325006A; 0325006B; 0325006C

Laufzeit: 01.10.2007 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 1.545.757 Euro

Projektpartner: JSSi GmbH (Koordinator); Deutsche Solar Aktiengesellschaft; Sunicon AG

Im Jahr 2003 haben Degussa AG (heute Evonik) und SolarWorld AG zusammen Joint Solar Silicon GmbH & Co.KG (heute JSSi GmbH) gegründet, um ein neues Verfahren für die kosteneffektive und energieeffiziente Herstellung von Silizium zu etablieren. Eine erste Pilotanlage mit einer Kapazität von 850 t wurde 2008 realisiert. Um das ökologische und ökonomische Potenzial des JSSi-Verfahrens voll zu entwickeln, wurde das Verbundprojekt SUNSIL 2010 zwischen der JSSi, Sunicon und der Deutsche Solar gestartet. Alle Verfahrensabschnitte der Wertschöpfungskette wie die Silanpyrolyse, das Abscheiden des Siliciumpulvers, die mechanische oder thermische Nachbehandlung des Produktes sowie dessen universelle Einsetzbarkeit in den folgenden Verarbeitungsschritten der Photovoltaik werden systematisch untersucht.

Entwicklung von Hochleistungsemitterstrukturen auf industriell gefertigten kristallinen Siliziumsolarzellen unter Verwendung innovativer und kostengünstiger Technologien

Förderkennzeichen: 0325033
 Laufzeit: 01.05.2008 – 30.04.2011
 Zuwendungssumme: 992.296 Euro
 Projektpartner: Universität Konstanz – Fachbereich Physik

Das Projekt hat das vollständige Verständnis der Bildung eines Phosphor-Emitters aus der Gasphase zum Ziel. Insbesondere die Wechselwirkung zwischen Prozesstemperatur, verwendeten Prozessgasen und jeweiligen Bedingungen während des Prozessablaufs werden eingehend untersucht. Hierdurch sollen die bisher im Emitter von kristallinen Siliziumsolarzellen auftretenden elektrischen Verluste in Form von Sperrsättigungsströmen durch Optimierung des Dotierprofils deutlich reduziert und der Wirkungsgrad der Zellen um 0,3 % absolut erhöht werden. In einem weiteren Schritt wird durch Einführung einer selektiven Emitterstruktur der Wirkungsgrad der Zellen nochmals um 0,5 % absolut gesteigert. Als Basissubstrat werden mono- und multikristalline, bordotierte Siliziumwafer verwendet.

Atomic Layer Deposition für die Oberflächenpassivierung von hocheffizienten Siliziumsolarzellen (ALD)

Förderkennzeichen: 0325050
 Laufzeit: 01.05.2008 – 31.10.2012
 Zuwendungssumme: 1.983.894 Euro
 Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Ziel dieses Vorhabens ist es, das Potential von Aluminiumoxid-Schichten, die mit dem Atomic Layer Deposition (ALD)-Verfahren abgeschieden werden, für die Oberflächenpassivierung von hocheffizienten kristallinen Siliziumsolarzellen zu evaluieren. Es soll eine ALD-Laboranlage aufgebaut werden, die Abscheidungen mittels thermischer und plasmaunterstützter ALD erlaubt, sowie ein Inline „Spatial“ ALD-Tool. Die abgeschiedenen Schichten sollen bezüglich ihrer Passivierungswirkung auf diffundierten und undiffundierten Siliziumoberflächen optimiert werden. Die optimal passivierenden Schichten werden detailliert auf ihre elektrischen, optischen und strukturellen Eigenschaften untersucht. Es werden außerdem Stapelschichten aus Aluminiumoxid und PECVD-Siliziumnitrid und Siliziumoxid untersucht.

Verbundprojekt: Neue innovative Ansätze zur laserbasierten Kantenisolation mit dem Ziel der Effizienzsteigerung und Kostenreduzierung (GOAL1) – Verfahrensentwicklung für die laserbasierte Kantenisolation und Laserstrahlquellen

Förderkennzeichen: 0325053B; 0325053A; 0325053C; 0325053D
 Laufzeit: 01.09.2008 – 30.11.2011
 Zuwendungssumme: 999.882 Euro
 Projektpartner: Manz Automation AG (Koordinator); LZH Laserzentrum Hannover e.V.; SCHOTT Solar AG; TRUMPF Laser GmbH + Co. KG

Im Verbundprojekt GOAL1 sind neue innovative Ansätze zur laserbasierten Kantenisolation mit dem Ziel der Effizienzsteigerung und Kostenreduzierung untersucht worden. Die Isolation der Silizium-Solarzellen kann durch Einbringen eines umlaufenden Grabens mittels Laserabtrag erfolgen. Hierbei ist die Bearbeitungszeit auf 1 s pro Zelle reduziert worden. Dies ist mittels eines optimierten Gesamtsystems und einer schnellen Datenaufbereitung erreicht worden. Für den Kantenisoliationsprozess sind unterschiedliche Laserstrahlquellen und Prozessatmosphären getestet worden. Je nach Dotierprofil ergeben sich unterschiedliche Laserparameter. Bei einer Dotiertiefe von ca. 500 nm ist eine Pulsdauer von wenigen ns vorteilhaft. Die Normalatmosphäre ist im Vergleich zu O_2 , N_2 und Argon zu präferieren. Manz Automation entwickelte ein System zur optischen Datenaufbereitung mit verbesserter Positioniergenauigkeit. In das Gesamtsystem wurde eine von Trumpf Laser bereitgestellte Ultrakurzpuls Laserstrahlquelle integriert. Die Schott Solar stellte Solarzellen bereit und übernahm die Auswertung und Tests der Proben. Das Laser Zentrum Hannover entwickelte die neuartigen Ansätze zur LKI.

Optimierte Prozessierung von RGS-basierten Solarzellen (OP-RGS)

Förderkennzeichen: 0325056
 Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2012
 Zuwendungssumme: 1.231.950 Euro
 Projektpartner: SolarWorld Innovations GmbH

Die SolarWorld Innovations GmbH, die Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft der SolarWorld AG, entwickelt mit Unterstützung der Universität Konstanz optimierte Solarzellen-Prozesse für Silizium-Substrate auf Basis des Ribbon-Growth-on-Substrate (RGS)-Verfahrens. Bei dieser Technologie werden die Wafer unter vollständiger Vermeidung von aufwendigen Sägeprozessen direkt aus dem flüssigen Silizium gegossen bzw. gezogen. Der dadurch verhinderte Materialverlust sowie der hohe realisierbare Durchsatz von ca. einem Wafer pro Sekunde belegen das hohe Kostenreduktionspotenzial und begründen die Notwendigkeit, bestehende Zellprozesse für RGS Material weiter zu optimieren und insbesondere industrienahen Prozesse zu entwickeln, um diese Gesamttechnologie in den Bereich der Wirtschaftlichkeit zu führen.

Verbundprojekt: Entwicklung leistungsstärkerer Solarmodule unter Verwendung von quasi-monokristallinen Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325061A; 0325061B
 Laufzeit: 01.05.2008 – 31.10.2011
 Zuwendungssumme: 4.936.879 Euro
 Projektpartner: SCHOTT Solar AG – Forschung und Entwicklung (Koordinator);
 SCHOTT Solar Wafer GmbH – R&D EFG

Ziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung leistungsstarker Solarmodule basierend auf multikristallinen Wafern höchstmöglicher Qualität. Bedingt durch den Ausstieg aus der EFG-Waferfertigung ergab sich eine Umorientierung der Projekthalte von einer Verbesserung der Materialqualität von EFG-Foliensilizium auf eine Verbesserung der Materialqualität von multikristallinen Siliziumwafern. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum EFG-Prozess und zu EFG-Wafern wurden plangemäß abgeschlossen. Die bisher erzielten Projektergebnisse sollen von EFG-Foliensilizium auf multikristallines Silizium übertragen werden. Mit der Erarbeitung einer angepassten leistungsfähigen Solarzellen- und Modultechnologie wurde begonnen.

Verbundprojekt: Randversiegeltes Solarzellenmodul

Förderkennzeichen: 0325081; 0325081A
 Laufzeit: 01.12.2008 – 31.10.2011
 Zuwendungssumme: 614.000 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
 Bystronic Lenhardt GmbH

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer neuen Modultechnologie für wafer-basierte Solar-Module mit dünnen Solarzellen. Dabei kommt ein Verfahren zur automatisierten Randversiegelung von Glasscheiben zum Einsatz, das bereits aus der Bauglasbranche bekannt ist. Die Randversiegelung ersetzt den üblichen Laminationsschritt. Mit der neuen Technologie lassen sich Material- und Prozesskosten bei der Modulproduktion einsparen. Das Fraunhofer Institut ISE bewertet Konzepte für den Modulaufbau im Hinblick auf optische und thermische Effizienz sowie auf Beständigkeit. Die Firma Bystronic Lenhardt entwickelt Produktionsanlagen für den neuen Prozess.

Verbundvorhaben: TopShot – Technologie und Wirkprinzipien siliciumbasierter Heteroübergang-Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325114A; 0325114B
Laufzeit: 01.06.2009 – 30.11.2012
Zuwendungssumme: 973.694 Euro
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH (Koordinator);
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH.
Institut Silizium-Photovoltaik (E-I)

In den nächsten drei Jahren wollen das Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) und das Helmholtz Zentrum Berlin (HZB) zusammen mit vier Industriepartnern (Bosch-Ersol, Schott Solar, Stiebel Eltron und Sunways) Konzepte für Heteroübergang-Solarzellen erarbeiten. Aufgrund eines besonderen Schichtaufbaus verspricht dieser Typ von Solarzelle Wirkungsgrade (η), die deutlich über 20 % liegen. Durch die im Projekt geplante Übertragung der Konzepte auf industrierelevante Flächen von 10 x 10 cm² und mehr soll die spätere wirtschaftliche Nutzung technologisch abgesichert werden. Im Vorhaben selber sollen Laborzellen mit einem Wirkungsgrad von mindestens 21 % erreicht werden. Es soll helfen, die Konkurrenzfähigkeit deutscher Zellhersteller abzusichern.

Grenzflächenpräparation mit Durchlaufprozessen für Silizium-Wafersolarzellen der nächsten Generation – GreG

Förderkennzeichen: 0325116
Laufzeit: 01.04.2009 – 31.03.2012
Zuwendungssumme: 4.200.261 Euro
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Ziel dieses Projekts ist ein verbessertes Verständnis der Präparation von Siliziumgrenzflächen, die mittels neuartigen PECVD-a-Si:H-Schichten behandelt werden. Aufgaben dieses Projekts: Aufbau einer PECVD-Beschichtungsanlage für die Herstellung von Heterojunction-Solarzellen und einer Durchlaufanlage für die nasschemische Ätzung von SiO₂. Abhängigkeiten der gemessenen elektronischen Grenzflächeneigenschaften von der Präparationstechnik im Durchlaufverfahren sollen im Projekt verstanden werden. Eine Zellentwicklung findet im Projekt „TopShot“ (Förderkennzeichen 0325114A) statt. Eine Aufstockung des Projekts in 2009 beinhaltet den Aufbau eines Oxidations- & Diffusionsofens für industrierelevante Solarzellenprozesse mit großen Chargen und auf großen Waferformaten.

Verbundprojekt: enSol- Entwicklung einer Silizium n-Typ Hocheffizienz-Solarzelle für die industrielle Fertigung

Förderkennzeichen: 0325120A; 0325120B
 Laufzeit: 01.06.2009 – 31.05.2011
 Zuwendungssumme: 438.806 Euro
 Projektpartner: International Solar Energy Research Center Konstanz e.V. (Koordinator);
 Bosch Solar Energy AG – Forschung und Entwicklung

Im Projekt enSol entwickeln das ISC-Konstanz und die Bosch Solar Energy AG gemeinsam einen Herstellungsprozess für n-Typ Wafer und Solarzellen, der auf industriell erprobten Fertigungsmethoden basiert. Das wichtigste Projektziel besteht in der Demonstration einer Solarzelle mit über 19 % Wirkungsgrad, ein Wert der deutlich über dem Wirkungsgrad von derzeitigen monokristallinen Standard-Industrie Solarzellen (18 %) liegt. Auf n-Typ Wafern, welche bei Bosch hergestellt wurden, soll eine kostengünstige Solarzelle hergestellt werden, welche die Vorzüge des n-Typ Materials, z. B. hohe Lebensdauern, optimal nutzt. Die Zielstruktur ist daher eine 156x156 mm² große Zelle mit siebgedruckten Kontakten auf beiden Seiten, welche in einem einfachen Prozess stabile Wirkungsgrade von über 19 % ermöglicht.

QUASSIM – Qualitätssicherung in der PV mittels schneller Inline-Messverfahren

Förderkennzeichen: 0325132A; 0325132B
 Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2012
 Zuwendungssumme: 1.829.093 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
 advanced clean production Information Technology AG

In diesem Projekt soll am ISE ein innovatives Konzept der Qualitätssicherung für eine wafer-basierte Solarzellenfertigung entwickelt und erprobt werden. Hierzu wird ein kommerzielles Produktionskontrollsystem um innovative Funktionalitäten für den effizienten Einsatz in einer F&E-Linie erweitert mit dem Ziel, auch bei geringen Losgrößen und hoher Produktvielfalt statistisch belastbare Aussagen aus den QS-Daten ableiten zu können. Um insb. im Bereich der Texturprozesse bekannte QS-Lücken zu schließen, werden analytische Methoden der Badkontrolle und inline-fähige Inspektionsverfahren zur Kontrolle der optischen / elektrischen Texturqualität entwickelt. Mittels statist. Prozesskontrolle sollen der Gesamtprozess analysiert und die Möglichkeiten einer aktiven Prozesssteuerung untersucht werden.

VANTAGE – Weiterentwicklung von Laser Chemical Processing

Förderkennzeichen: 0325143
 Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2012
 Zuwendungssumme: 1.148.930 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

In dem Projekt VANTAGE betreibt das Fraunhofer ISE zusammen mit Industriepartnern die Weiterentwicklung eines neuartigen Laserverfahrens: Laser Chemical Processing (LCP). Das LCP Verfahren beruht auf einem flüssigkeitsstrahlgeführten Laser, bei dem eine reaktive Chemikalie eingesetzt wird. Das Hauptziel ist die industrielle Umsetzung der selektiven Emittiererzeugung mittels LCP. Die Prozesse für die n- und p-Dotierung sollen dabei in dem Projekt weiter optimiert werden, um die bestmöglichen Parameter für verschiedene Anwendungen und Solarzellenkonzepte zu bestimmen. Ebenso wird nach neuen bzw. alternativen Dotierquellen gesucht, die in dem LCP Prozess eingesetzt werden können.

Forschungsarbeiten zum Einsatz dünner Schichten in Verbindung mit innovativen Abscheidetechnologien in der Photovoltaikindustrie (Aladin)

Förderkennzeichen: 0325150
 Laufzeit: 01.08.2009 – 30.04.2012
 Zuwendungssumme: 786.977 Euro
 Projektpartner: Q-Cells SE

Das Projekt ALADIN umfasst die Entwicklung von neuartigen Materialien und Abscheidemethoden für die Passivierung von Siliziumoberflächen von Solarzellen. Als Passivierungsmaterialien werden einzelne dielektrische Schichten sowie Schichtsysteme auf ihre optischen und chemischen Eigenschaften hin untersucht. Die Entwicklung der dielektrischen Schichten sowie Abscheidemethoden findet in Kooperation mit der TU Eindhoven statt. Die optimierten dielektrischen Schichtsysteme werden in eine bestehende Kleinserienproduktion von Solarzellen im Q-Cells Forschungszentrum integriert. Diese Implementierung führte zu einer Wirkungsgradsteigerung um bis zu 1 % absolut gegenüber konventionell hergestellten Siebdrucksolarzellen.

Entwicklung von Hochleistungssolarzellenrückseitenstrukturen zur Passivierung von industriell gefertigten Siliziumsolarzellen unter Verwendung von innovativen und kostengünstigen Technologien

Förderkennzeichen: 0325168
 Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012
 Zuwendungssumme: 1.074.889 Euro
 Projektpartner: Universität Konstanz – Fachbereich Physik

Ziel dieses Vorhabens ist es, alternative Prozesse für die Herstellung der Solarzellenrückseite zu erarbeiten, die zeitnah in die Fertigungslinien überführt werden können. Hierzu gehören zum einen die Passivierung mit einem Dielektrikum und das Bor-Back-Surface-Field und zum anderen die Definition von lokalen Kontaktbereichen. Die Frontseite wird nach industriellem Standard mit Hilfe von Siebdruckmetallisierung ausgeführt, um die Einführung in die Fertigungslinien zu erleichtern. Die im Projekt entwickelten Passivierschichten werden bezüglich ihrer optischen, elektrischen und strukturellen Eigenschaften untersucht und auf ihre Eignung zum Einsatz für Solarzellen aus monokristallinem Czochralski-Silizium sowie blockgegossenem, multikristallinem Silizium hin überprüft.

NANOTEX – Texturierung multikristalliner Si-Solarzellen durch Nanoimprint-Lithographie

Förderkennzeichen: 0325176
 Laufzeit: 01.10.2009 – 30.09.2012
 Zuwendungssumme: 735.646 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Die Texturierung einer Siliziumsolarzelle bietet die Möglichkeit, den durch Sonnenlicht generierten Strom, und somit ihren Wirkungsgrad, erheblich zu steigern. Während für Hocheffizienz-Solarzellen im Labormaßstab photolithographische Prozesse zur Herstellung definierter Texturen zum Einsatz kommen, werden im industriellen Produktionsmaßstab aus Kostengründen ausschließlich maskenlose Ätzprozesse genutzt. Im Rahmen des Projektes NANOTEX werden am Fraunhofer ISE Prozesse entwickelt, um definierte Texturen für Hocheffizienz-Solarzellen in einem für eine industrielle Fertigung attraktiven Durchlaufprozess zu realisieren. Dabei soll die nötige Ätzmaske in einem Rollen-Nanoimprint-Lithographie Verfahren auf die zu texturierenden Siliziumwafer aufgebracht werden.

Technologieentwicklung zur galvanischen Nickelkontaktierung für kristalline Silicium-Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325187
 Laufzeit: 01.04.2010 – 31.03.2013
 Zuwendungssumme: 890.000 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Das Forschungsvorhaben TechNick fokussiert auf die Entwicklung einer für die industrielle Solarzellenherstellung geeigneten Anlagentechnologie zur chemischen Nickelabscheidung und weiterhin die Entwicklung eines vollständig galvanisch erzeugten Kontaktaufbaus. Im Labormaßstab konnten hier am Fraunhofer ISE bereits auf kleiner Fläche Wirkungsgrade von über 20 % auf monokristallinem Silizium mit zweistufiger galvanischer Kontaktierung der Vorderseite erzielt werden, womit das hohe Potenzial dieser Kontaktierungstechnologie angedeutet wird. Es verbleibt, diese Prozesse zum einen auf großflächige Solarzellen zu übertragen sowie zum anderen geeignete Anlagen für eine industrielle Anwendung zu entwickeln.

Dünnschicht-Modultechnik für die kristalline Siliciumphotovoltaik (CrystalLine)

Förderkennzeichen: 0325192
 Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013
 Zuwendungssumme: 1.337.698 Euro
 Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Das Ziel des Projekts CrystalLine ist, die höheren Wirkungsgrade von c-Si Solarzellen mit den niedrigeren Herstellungskosten von Dünnschichtmodulen zu kombinieren. Hierzu sollen möglichst viele der großflächigen Dünnschichtprozesse, wie Metallisierung, TCO-Abscheidung und Laserstrukturierung für die Herstellung und die Serienschaltung von c-Si Solarzellen auf großflächigen Substraten angewendet werden. Am Ende der CrystalLine Projektlaufzeit sollen hocheffiziente Solarmodule aus kristallinen Silizium-Wafern mit einer prinzipiell inline-fähigen Prozesssequenz ähnlich der Dünnschichttechnologie demonstriert worden sein. Kleinmodulwirkungsgrade ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) von 14 % mit serienschalteten c-Si Heterojunction-Solarzellen sowie von 17 % mit c-Si Rückseitenkontaktsolarzellen werden angestrebt.

Verbundvorhaben: Lötfähige Vakuummetallisierung für beidseitig kontaktierte hocheffiziente Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325195A; 0325195B
 Laufzeit: 01.05.2010 – 30.04.2013
 Zuwendungssumme: 2.851.547 Euro
 Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH (Koordinator);
 Applied Materials GmbH & Co. KG – Geschäftsbereich Großflächenbe-
 schichtung – Abt. Entwicklung

Das Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal (ISFH) führt zusammen mit der Applied Materials GmbH, Alzenau (AMAT) das Verbundvorhaben durch. Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer industriell einsetzbaren, lötbaren und langzeitstabilen Vakuummetallisierung für beidseitig kontaktierte Solarzellen. Hierzu soll auf aufgedampften Aluminiumschichten eine lötfähige Schicht aufgebracht werden. Alle Projektergebnisse sollen in einem schlanken Zellprozess zusammengeführt werden, der Wirkungsgrade von 20 % erlaubt.

KALUS – Kontaktierung von Aluminiumschichten auf Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325196A; 0325196B
 Laufzeit: 01.08.2010 – 28.02.2013
 Zuwendungssumme: 945.072 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
 Schmid Technology Systems GmbH

Mit einer neuen Verbindungstechnologie sollen Zellen ohne gedruckte Silberkontakte zu Modulen verarbeitet werden können. Kernpunkt ist die direkte Kontaktierung von Aluminiumschichten. Bei konventionellen Siebdruckzellen geht es um die Einsparung eines Prozessschrittes in der Zellherstellung, verbunden mit einer deutlichen Kostensenkung und einer Leistungssteigerung von ca. 1-2,5 %. Bei derzeit in Entwicklung befindlichen Hocheffizienz-Solarzellen, die Wirkungsgradverbesserungen um 4-8 % versprechen, soll die neue Verbindungstechnologie eine Serienschaltung und Modulherstellung überhaupt erst ermöglichen. Das Verfahren soll an Modul-Prototypen nachgewiesen werden und wesentliche Beständigkeitsprüfungen sollen bestanden werden.

EpiEm – Epitaktische Emmitter für mono- und multikristalline Silizium Hocheffizienz-Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325199A; 0325199B
Laufzeit: 01.08.2010 – 31.07.2012
Zuwendungssumme: 1.311.690 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
RENA Solar Technology Center GmbH – Standort Freiburg

Für die industrielle Fertigung fortgeschrittener Solarzellenkonzepte mit Wirkungsgraden > 20 % stößt die derzeit verwendete Diffusion im Bezug auf Prozesszeit und Prozesskosten an ihre Grenzen. Ziel des Projektes ist es, Hocheffizienz-Emitter mit Hilfe der Homoepitaxie von Silizium zu realisieren. Die Homoepitaxie von Silizium ermöglicht es, die Dicke und die Dotierung einer Schicht nahezu unabhängig voneinander einzustellen und das bei ca. 10-fach kürzerer Prozesszeit. In Verbindung mit optimierten Metallisierungs- und Passivierungskonzepten der Firma Rena sollen im Rahmen des Projektes Hocheffizienz-Solarzellenkonzepte realisiert werden.

Verbundprojekt: SIMPUREM – Innovative Erstarrungs- und Mahltechnologie und deren Anwendung zur Herstellung von Solarsilizium

Förderkennzeichen: 0325203A; 0325203B; 0325203C
Laufzeit: 01.06.2010 – 31.08.2012
Zuwendungssumme: 664.441 Euro
Projektpartner: Adensis GmbH – Bereich Forschung und Entwicklung –
Arbeitsgruppe Siliziumreinigung (Koordinator); Leibniz-Institut für
Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e. V.; Hochschule Lausitz
(FH) – Fachbereich Bio-, Chemie- und Verfahrenstechnik

Es wird ein Verfahren entwickelt, welches aus metallurgischem Silizium solartaugliches Silizium herstellt. Aufbauend auf schmelzmetallurgischen Prozessen werden dabei Verunreinigungszentren in dem Festkörper segregiert, welche zur weiteren Verarbeitung freigelegt und schließlich nasschemisch entfernt werden. Als Schlüsseltechnik dient dazu die Schockwellenmahlung. Sie sorgt einerseits für einen sehr geringen Verunreinigungseintrag bei der Mahlung, da keine festen Mahlkörper nötig sind und andererseits für einen stark phasenselektiven Bruch, welcher das Gesamtverfahren erst ermöglicht. Die für diese Technologie notwendigen, spezialisierten Impulsgeneratoren und Stoßwellenreaktoren wurden auf Grundlage der umfangreichen Erfahrungen der Adensis GmbH im Bereich Impulstechnik realisiert.

Verbundprojekt: Simulation von Mono- und Polykristallinen Solarzellen aus nachhaltiger Standardproduktion (SIMPSONS)

Förderkennzeichen: 0325204A; 0325204B; 0325204C
 Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013
 Zuwendungssumme: 1.039.357 Euro
 Projektpartner: SolarWorld Innovations GmbH (Koordinator);
 Deutsche Cell GmbH; Leibniz Universität Hannover –
 Fakultät für Mathematik und Physik – Institut für Festkörperphysik

Im Projekt SIMPSONS werden die Potenziale zur schnellen, nachhaltigen, kosteneffizienten Wirkungsgradsteigerung industrieller Solarzellen durch Simulationsrechnungen in zwei und drei Dimensionen untersucht. Die Arbeitsgruppe an der Universität Hannover konzentriert sich auf die Entwicklung eines Modells für die Simulation von multikristallinen Zellen. Von der Deutschen Cell werden Daten aus der Produktion aufbereitet und zur Modellbildung bereitgestellt. Dabei koordiniert die SolarWorld Innovations die Verknüpfung zwischen anfallenden Produktionsdaten und Modellbildung und charakterisiert eingehend die Solarzellen im Labormaßstab. Die gewonnenen Erkenntnisse zu Hauptverlustmechanismen auf halbleiterphysikalischer Basis ermöglichen eine effiziente Einführung technologischer Verbesserungen.

Entwicklung eines hochauflösenden ultraschnellen Laserbearbeitungssystems für die Massenfertigung in der Photovoltaik (UltraLas)

Förderkennzeichen: 0325205A; 0325205B; 0325205C
 Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013
 Zuwendungssumme: 1.022.766 Euro
 Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH (Koordinator);
 SCANLAB Aktiengesellschaft; InnoLas Systems GmbH

Ziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung eines Laserbearbeitungssystems, welches in der Lage ist, Siliziumwafer mit einer Kantenlänge von 156 mm innerhalb von 5 Sekunden mit einem Laser ganzflächig zu bearbeiten. Dabei soll es erstmals möglich sein, hochrepetierende Ultrakurzpuls laser im Megahertzbereich für Einzelpulsanwendungen nutzen zu können. Hierfür ist es notwendig, Strahlablenkgeschwindigkeiten von über 100 m/s zu erzielen. Gleichzeitig soll die Präzision der Bearbeitungsanlage es erlauben, Solarzellstrukturen mit einer Genauigkeit von $\pm 50 \mu\text{m}$ zu erzeugen. Um diese Ziele zu erreichen, arbeitet das ISFH als Laserprozessentwickler und -charakterisierer mit InnoLas Systems GmbH als Anlagenbauer und SCANLAB AG als Komponentenhersteller im Bereich Strahlablenkung zusammen.

Vermeidung von Versetzungsclustern in mc-Si im Rahmen der Silizium-Kristallisations-Technologie (SilKriT)

Förderkennzeichen: 0325209A; 0325209B

Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013

Zuwendungssumme: 1.386.735 Euro

Projektpartner: SolarWorld Innovations GmbH (Koordinator); ACCESS e.V.

Im Rahmen des Verbundprojektes soll in multikristallinem blockierstarrtem Silizium für photovoltaische Anwendungen die Versetzungsdichte, insbesondere das Auftreten von Versetzungsclustern, verringert werden. Dadurch wird der Wirkungsgrad der Solarzellen gesteigert und so der Unterschied zu einkristallinem Silizium weiter verkleinert. Hierzu wird bei Access e.V. ein Kristallisationsofen (Chargen < 20 m kg) aufgebaut. Die Prozessentwicklung wird durch Simulation der Spannungsverteilung und Versetzungsentwicklung unterstützt. Die im Versuchsofen erzeugten Blöcke werden bei der SolarWorld zu Wafern verarbeitet sowie Testsolarzellen hergestellt. Die Qualitätsanalysen erfolgen entlang der gesamten Herstellungskette und werden auf die speziellen Fragestellungen dieses Projekts weiterentwickelt.

Untersuchung des Elektrischen Asymmetrischen Effektes zur Anwendung für die Herstellung von Siliziumdünnschicht Solarzellen (ELIAS)

Förderkennzeichen: 0325210A; 0325210B

Laufzeit: 01.07.2010 – 30.06.2013

Zuwendungssumme: 1.914.526 Euro

Projektpartner: Leybold Optics GmbH (Koordinator); Ruhr Universität Bochum, Institut für Plasma und Atomphysik, Fakultät für Physik und Astronomie

Der „Elektrische Asymmetrie Effekt“ (EAE) ermöglicht in PECVD-Prozessen, die beiden wichtigen Prozessparameter Ionenenergie und Ionenfluss unabhängig zu regeln. Das Verfahren ist anwendbar auf großflächige Entladungen, die für die Herstellung von Siliziumdünnschicht-Solarzellen geeignet sind. Zwischenergebnisse aus dem Projekt werden in der Zeitschrift „Vacuum“ veröffentlicht: <http://dx.doi.org/10.1016/j.vacuum.2012.02.020>

Es konnte gezeigt werden, dass mit dem EAE:

- 1) die Depositionrate gesteigert werden kann, ohne Einbußen bei der Schichtqualität;
- 2) die Depositionrate auf der Live Elektrode und dem Substrat sich separat einstellen und kontrollieren lassen;
- 3) sich die elektrischen und optischen Eigenschaften der abgeschiedenen Siliziumschichten gezielt beeinflussen lassen.

Rückseiten-Siliziumzelle mit Laserdotierung (Rück-Si)

Förderkennzeichen: 0325213
 Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013
 Zuwendungssumme: 2.626.505 Euro
 Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 5 Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik – Institut für Photovoltaik

Das Projekt untersucht die Umsetzbarkeit von kostengünstigen *ipv*-Niedertemperaturprozessen in die industrielle Fertigung von hocheffizienten n-Typ Solarzellen. Aufbauend auf die Laserdotierung von einerseits selektiven Emittlern sowie andererseits das vollflächige Laserdotieren bildet „RückSi“ beide selektiv dotierte Bereiche auf der Rückseite der Solarzelle mit der Hilfe der Laserdotierung von Phosphor und Bor bzw. Aluminium ab. Die Anzahl an Hochtemperaturschritten ist somit auf ein absolutes Minimum reduziert, und der Prozess verzichtet komplett auf photolithografische Schritte. Wesentliche Innovation ist die lokale Herstellung der hochdotierten n-Typ und p-Typ Gebiete auf der Rückseite der Zelle durch Laserdotieren.

GRIPS – Grundlagenentwicklung für industriennahe passivierte Siliziumsolarzellen

Förderkennzeichen: 0325241
 Laufzeit: 01.08.2010 – 31.07.2013
 Zuwendungssumme: 1.303.469 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Das GRIPS-Projekt hat zum Ziel, die Grundlagen für die industrielle Fertigung von oberflächenpassivierten Siliziumsolarzellen zu erarbeiten. Hierzu sollen am Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Zusammenarbeit mit den führenden deutschen Solarzellenherstellern Einzelprozesse und Gesamtprozessfolgen erforscht und entwickelt werden. Ein Schwerpunkt bildet hier insbesondere die lokale Kontaktierung mittels Laser-Legieren (Laser Fired Contacts, LFC). Weitere Arbeitspunkte sind die Anwendung und Optimierung des Konzepts auf multikristallines Silizium-Material sowie der Einsatz einer Vorderseitenstruktur mit deutlich erhöhtem Wirkungsgradpotential.

ECOClean – Ökonomische und ökologische Reinigungsprozesse für die Photovoltaik

Förderkennzeichen: 0325243
 Laufzeit: 01.10.2010 – 30.06.2013
 Zuwendungssumme: 1.100.000 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Solarzellen aus kristallinem Silizium beherrschen seit Jahrzehnten den Photovoltaikmarkt. Da 90 % der Systemkosten flächenbezogene Kosten sind, ist eine Erhöhung des Zellwirkungsgrades prinzipiell von Vorteil. Ein Schlüssel zur Erhöhung des Wirkungsgrades liegt hierbei in der Passivierung der Oberflächen, was wiederum eine effektive Reinigung der Oberflächen voraussetzt. In diesem Projekt sollen daher neue Reinigungsmethoden entwickelt und erforscht werden, welche eine effektive, ökologisch verträgliche und kostengünstige Möglichkeit bieten, hochwertige Passivierungskonzepte in die industrielle Umsetzung zu integrieren.

Verbundvorhaben Innovative qualitätsoptimierte Laser-Verbindungstechnik für Photovoltaik-Module

Förderkennzeichen: 0325265A; 0325265B; 0325265C; 0325265D;
 0325265E; 0325265F; 0325265G
 Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2013
 Zuwendungssumme: 1.610.995 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT) (Koordinator);
 SCHOTT Solar AG – Forschung und Entwicklung;
 teamtechnik Maschinen und Anlagen GmbH; Amtron GmbH;
 Precitec KG; INGENERIC GmbH; Laserline Gesellschaft für Entwicklung
 und Vertrieb von Diodenlasern mbH

Der Lötprozess nimmt bei der Modulherstellung eine herausragende Rolle ein, da nur bei richtiger Prozessführung und Materialauswahl die Qualität des Moduls und die Langfristigkeit des erzielbaren Ertrags sichergestellt werden kann. Die Herausforderungen der Verbindungstechnik schließen die Ermittlung des minimal erforderlichen Energieeintrags, die Auswahl der richtigen Materialien, die Auslegung der zugehörigen Maschinenteknik und Komponenten zur Sicherung der Prozessqualität mit ein. Mit dem Laserlöten kann die Energie örtlich und zeitlich selektiv in die Fügezone eingebracht und gesteuert werden. Zu diesem Zweck werden im Rahmen des Projekts verschiedene Ansätze zum Energieeintrag und zur korrespondierenden Prozessüberwachung getestet und in konventionelle Stringer-Maschinen integriert.

Solarzellenprozess mit hoher Industrierelevanz – SHINE

Förderkennzeichen: 0325268
 Laufzeit: 01.10.2010 – 31.07.2012
 Zuwendungssumme: 3.774.069 Euro
 Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Das Ziel dieses Projekts ist die Erweiterung der Infrastruktur des ISFH, um vom Wafer bis zum Modul die Qualität der Solarzellenentwicklung zu verbessern und eine schnellere Überführung der Ergebnisse in die Industrie zu ermöglichen. Das Vorgehen gliedert sich in folgende Arbeitspakete: Installation einer PECVD Anlage; Installation einer RCA/Textur Anlage; Installation einer Heizung für die ATON 500; Installation Homogenitätsmessung und Spektrometer für IV-Kennlinienmessung; Aufbau eines spektralen Ellipsometers für den fernen IR Bereich; Ionenstrahl Cross Section Polishing für REM Aufnahmen; Installation eines Stringers; Aufbau einer Klimakammer für die Zuverlässigkeitsuntersuchung an Modulen.

EMASOL – Erhöhung der Materialnutzung in der Solarzellenherstellung durch hocheffizienten Drahtsägeprozess und ressourcenschonende Folgeprozesse

Förderkennzeichen: 0325269D; 0325269A; 0325269B; 0325269C
 Laufzeit: 01.02.2011 – 31.01.2014
 Zuwendungssumme: 1.319.963 Euro
 Projektpartner: SolarWorld Innovations GmbH (Koordinator); Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM); Petrofer Chemie H.R. Fischer GmbH & Co. KG; ESK Ceramics GmbH & Co. KG;

Der Sägeprozess zur Herstellung von Siliziumwafern ist nach dem Stand der Technik ein sehr zeit- und kostenintensiver Verfahrensschritt, bei dem bis zu 30 % der Kosten zur Herstellung eines Solarmodules anfallen. Ziel des Verbundvorhabens ist es, die Kosten bei der Waferproduktion um 20 % zu senken. Erreicht werden soll dies durch die Entwicklung und den Einsatz eines neuen, ressourcenschonenden, hocheffizienten Drahtsägeprozesses, der darauf angepassten Vereinzelungs- und Reinigungstechniken sowie der nachfolgenden Prozess- und Handlungsschritte bis hin zur fertigen Zelle. Der neue Sägeprozess ermöglicht einen deutlich höheren Scheibendurchsatz bei gleichzeitig hoher Waferqualität und niedrigem Energie- und Ressourcenverbrauch pro Waferscheibe.

SolarWinS: Solar- Forschungscluster zur Ermittlung des maximalen Wirkungsgradniveaus von multikristallinem Silicium

Förderkennzeichen: 0325270G; 0325270A; 0325270B; 0325270C;
0325270D; 0325270E; 0325270F; 0325270H

Laufzeit: 01.02.2011 – 31.01.2014

Zuwendungssumme: 5.496.751 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
Georg-August-Universität Göttingen; Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik; IHP/BTU Joint Lab; Institut für Solarenergieforschung GmbH;
Universität Konstanz; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Im Verbundprojekt „SolarWinS“ haben sich elf Firmen und 13 Forschungsinstitute mit dem Ziel zusammengeschlossen, das Wirkungsgradpotenzial von multikristallinem Silizium für die Herstellung von Solarzellen auszuloten. Hierfür wird der Verunreinigungseintrag aus der Umgebung (Tiegel und Beschichtung, Atmosphäre) während der Kristallisation in Laboranlagen minimiert und die Auswirkungen auf die Materialeigenschaften untersucht. Aus den Daten werden grundlegende Erkenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen Schmelze und Umgebung gewonnen. Hocheffizienzzellprozesse geben darüber hinaus Aufschluss über den erreichbaren Wirkungsgrad und die noch bestehenden Limitierungen.

ForTeS – Entwicklung fortschrittlicher Technologien zur Effizienzsteigerung von Silicium-Solarzellen der nächsten Generation

Förderkennzeichen: 0325292

Laufzeit: 01.07.2011 – 30.06.2015

Zuwendungssumme: 4.881.351 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

In diesem Projekt sollen fortschrittliche Technologien zur Effizienzsteigerung von Silizium-Solarzellen entwickelt werden. Dabei sollen zum einen alternative Emmitter, welche sich durch geringere Rekombination und eine einfache Strukturierung auszeichnen, untersucht werden. Ein Fokus liegt hierbei auch auf dem Bereich der Metallkontakte, welche bei klassischen Emittern zu hohen Rekombinationsströmen führen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt in der Realisierung multifunktionaler Oberflächenbeschichtungen, welche sich durch verbesserte optische und elektrische Eigenschaften auszeichnen.

Mechanische Belastung von Photovoltaik-Modulen aus kristallinen Silizium-Solarzellen (Hermes)

Förderkennzeichen: 0325295A
 Laufzeit: 01.05.2011 – 30.04.2014
 Zuwendungssumme: 590.959 Euro
 Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Die mechanische Stabilität von Solarmodulen gewinnt aufgrund dünner werdender Solarzellen an Bedeutung für die Zuverlässigkeit der Solarmodule. Neben einsatzbedingten mechanischen Belastungen wie Wind- und Schneelast ist der Transport von Solarmodulen vom Hersteller bis zum Endkunden und anschließend bis zur Installation eines der Belastungszeiträume mit der stärksten mechanischen Belastung. Das Ziel dieses Projektes ist es, mechanische Schädigungen in Solarmodulen durch mechanische Belastungen wie Transport und Montage zu minimieren. Nach erfolgreichem Projektabschluss ist damit die Grundlage für eine geringere Reklamationsrate und einen höheren Gesamtertrag der Solarmodule gelegt.

Hocheffiziente Siebdrucksolarzellen mit dielektrischer Rückseitenpassivierung und selektivem Emittter (HighScreen)

Förderkennzeichen: 0325296
 Laufzeit: 01.05.2011 – 30.04.2014
 Zuwendungssumme: 714.316 Euro
 Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Heutige industriell produzierte Silizium Solarzellen mit siebgedruckten Metallkontakten erreichen typischerweise Wirkungsgrade zwischen 16,5 und 18,5 %. Ziel des HighScreen Projektes ist es, diesen Wirkungsgrad auf über 20 % zu steigern. Hierzu werden neue, verbesserte Prozesse zusammen mit den Industriepartnern entwickelt wie z. B. Feinliniensiebdruck mit Fingerbreiten kleiner 70 μm , neue selektive Emittter-Prozesse, neuartige Rückseitenpassivierungen auf der Basis von AlOx und SiON sowie nasschemische Politurprozesse zur Präparation der Zellrückseite vor der Passivierung. Bereits nach einem Jahr Projektlaufzeit konnte ein Wirkungsgrad von 20,1 % demonstriert werden. Die Arbeiten fokussieren sich nun darauf, den Wirkungsgrad weiter zu steigern sowie den Herstellungsprozess zu vereinfachen. Weitere Projektpartner sind: Schott Solar AG, Solar World AG, Solland Solar Cells GmbH, RENA GmbH und SINGULUS AG.

Demonstration MWT-TPedge am Neubau R

Förderkennzeichen: 0325355
 Laufzeit: 01.06.2011 – 31.12.2013
 Zuwendungssumme: 1.720.000 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Das Projekt zielt auf die Demonstration einer innovativen Zell- und Modultechnologie am Neubau R des Fraunhofer ISE in Freiburg. Dafür werden erstmals hocheffiziente Solarzellen und -module in großen Stückzahlen und Modulformaten produziert. Es sollen 12.000 MWT (Metal Wrap Through)-Solarzellen mit passivierter Rückseite im PV-TEC des Fraunhofer ISE ausschließlich auf Industrieanlagen hergestellt werden. Ziel ist ein mittlerer Wirkungsgrad von 19 %. Die MWT-Zellen sollen mit weniger als 1,5 % Serienwiderstandsverlusten zu Strings verbunden werden. Die daraus hergestellten Module in randversiegelter Bauweise (TP-Edge-Konzept) sollen die kritischen Prüfsequenzen der IEC 61215 erfolgreich durchlaufen. Schließlich werden ca. 250 dieser Module hergestellt und in die Fassade des Neubaus integriert.

Verbundvorhaben: Entwicklung einer hocheffizienten kontaktierten n-Typ Solarzelle mit Bor-Emitter

Förderkennzeichen: 0325369A; 0325369B
 Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014
 Zuwendungssumme: 1.094.734 Euro
 Projektpartner: International Solar Energy Research Center Konstanz e.V. (Koordinator);
 Bosch Solar Energy AG – Engineering Crystalline Cells (SE/ECC)

Im Rahmen des Projektes nSolar soll das Potenzial der beidseitig kontaktierten Bor-Emitter n-Typ Solarzelle mit Siebdruck Kontakten gezeigt werden. Diese Zelle wurde im Projekt enSol entwickelt. Limitierungen und deren Überwindung im Emitter, bei der Passivierung und bei der Metallisierung sollen untersucht werden. Ziel ist es, 21 % Wirkungsgrad mit einem industriell nutzbaren Prozess zu erreichen. Darüber hinaus soll die Zelle im Modul untersucht werden und es sollen Möglichkeiten zur Charakterisierung bifazialer Zellen geschaffen werden.

Entwicklung von ultra-hocheffizienten Rückkontakt-Silizium-Solarzellen unter Verwendung industriell anwendbarer Strukturierungsmethoden

Förderkennzeichen: 0325374A; 0325374B
 Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014
 Zuwendungssumme: 1.113.253 Euro
 Projektpartner: Universität Konstanz – Fakultät für Physik (Koordinator);
 MERCK Kommanditgesellschaft auf Aktien – Abt. PM-LOS-Research & Development

Rückkontaktsolarzellen mit rückseitigem pn-Übergang bieten das höchste Wirkungsgradpotenzial für die kristalline Siliziumsolarzellentechnologie. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung einer hocheffizienten, großflächigen, rückseitig kontaktierten Solarzelle mit rückseitigem pn-Übergang. Die Herausforderungen liegen in der erfolgreichen Herstellung der entsprechenden Struktur mit kostengünstigen, industriell anwendbaren Prozessschritten. Diese Prozessschritte basieren auf Sieb- oder Inkjetdruck und ermöglichen so das lokale Aufbringen der notwendigen Medien. Des Weiteren beinhaltet dieses Vorhaben die Entwicklung geeigneter druckbarer Medien zur Herstellung und Strukturierung der p- und n-dotierten Bereiche.

GECKO – Großflächig kontaktlose Druckverfahren und Materialien zur Erzeugung feiner Strukturen für hocheffiziente Silicium-Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325404
 Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014
 Zuwendungssumme: 1.821.009 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Im Rahmen des Projektes GECKO werden kontaktlose Druckanwendungen, insbesondere verschiedene Dispensierverfahren, für die Verwendung bei der Herstellung von Silizium-Solarzellen untersucht, geeignete Produktionsanlagen hierfür entwickelt und Druckprozesse zur späteren Skalierung auf den Produktionsmaßstab optimiert. Bei Dispensierverfahren, die bereits häufig in der Klebe- und Löttechnik zum Einsatz kommen, werden die zu dispensierenden Medien durch eine dünne Dosiernadel gedrückt und in einem definierten Abstand zum Werkstück (hier: Solarzelle) aufgetragen. Im Rahmen des Projektes kommen dabei einerseits Metallpasten zur Erzeugung feinsten Vorderseitenkontaktstrukturen zum Einsatz. Andererseits werden funktionale Medien evaluiert, z. B. Ätzpasten zum Ätzen von Strukturen in Silizium.

Neue Technologien für höchsteffiziente Siliciumsolarzellen

Förderkennzeichen: 0329849A

Laufzeit: 01.07.2007 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 6.054.800 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Aufgrund des starken Trends in der Silizium-Photovoltaik zu höheren Wirkungsgraden beschäftigen sich zahlreiche industrielle Projekte mit der Umsetzung von bisher nur im Labor genutzten Zellstrukturen und Technologien. Derzeit und in den kommenden Jahren profitiert die Branche dabei im Wesentlichen noch von der Entwicklung von Labortechnologien der letzten 20 Jahre. Um solche Entwicklungen auch in Zukunft erfolgreich fortführen zu können, ist es nun erforderlich, neue Technologien für hocheffiziente Siliziumzellen zu entwickeln, die dann wieder für einen Transfer in die Fertigung zur Verfügung gestellt werden können. In diesem Projekt sollen verschiedene Technologien evaluiert werden. Dabei soll maßgeblich auf den Erfahrungsschatz der Mikroelektronik zurückgegriffen werden.

MASSE – Massenfertigungstaugliche Verfahren für die Herstellung von monokristallinen Solarzellen mit 20 % Wirkungsgrad

Förderkennzeichen: 0329849B

Laufzeit: 01.03.2008 – 31.05.2012

Zuwendungssumme: 6.563.775 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Es sollen verschiedene Ziele für die Wegbereitung einer neuen Generation von hocheffizienten Solarzellen erreicht werden:

- Entwicklung von Prozessen für die industrielle Herstellung von Solarzellen basierend auf der PERC- und MWT-PERC Struktur mit einem Wirkungsgrad von 20 %. Hierbei ist entscheidend, eine sehr hochwertige Passivierung und sehr feine Metallisierungs- und Dotierstrukturen zu erreichen.
- Demonstration der Machbarkeit erfolgt in PV-TEC. Es werden die innovativen Prozesskomponenten der PV-TEC-Anlagen weiter optimiert und weitere Anlagen werden aufgebaut. Darüber hinaus werden Module mit Wirkungsgradzielen von 17,5 % für PERC und 18 % für MWT-PERC gefertigt.

Verbundvorhaben: Zuverlässigkeit von PV-Modulen II

Förderkennzeichen: 0329978A; 0329978B; 0329978C
 Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2013
 Zuwendungssumme: 1.775.929 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
 Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM); TÜV Rheinland Energie
 und Umwelt GmbH

Eine nachhaltige Energieversorgung mittels Solartechnik erfordert Komponenten, die mehrere Jahrzehnte der Bewitterung standhalten. Innovative Materialien sollen weitere Kostensenkungen bei dieser Zukunftstechnologie ermöglichen. Die beschleunigte Prüfung ihrer Gebrauchstauglichkeit und Beständigkeit unter künstlicher Bewitterung muss durch den Vergleich mit der realen Bewitterung unter verschiedenen Klimaten verifiziert werden. Dazu wurden identische Photovoltaik-Module in den Tropen (Indonesien), in der Wüste (Israel), in der Großstadt (Köln), unter hoher Ultraviolett-, Schnee- und Windlast (Zugspitze) und korrosiver Salzbelastung (Gran Canaria) exponiert. Ihre Belastungen werden aufgezeichnet und die Veränderung ihrer Leistungsfähigkeit in-situ durch Kennlinienmesssysteme untersucht.

Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Wirkungsgradoptimierung eines EWT Hocheffizienzkonzeptes auf multikristallinem Silizium – Alba II

Förderkennzeichen: 0329988C
 Laufzeit: 01.04.2009 – 31.03.2012
 Zuwendungssumme: 3.517.550 Euro
 Projektpartner: Q-Cells SE

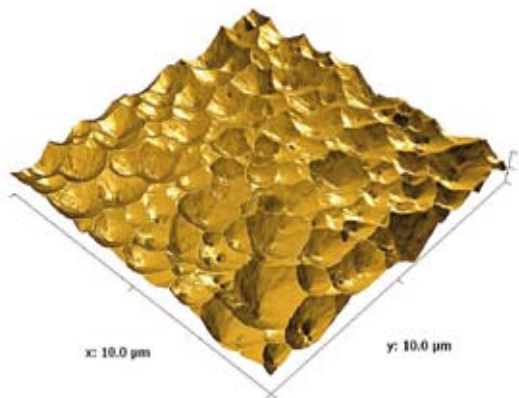
Zielsetzung des Alba II Projektes ist die Entwicklung einer hocheffizienten Emitter-Wrap-Through Solarzelle für die industrielle Massenfertigung. Hierzu wird in Zusammenarbeit mit den führenden deutschen Forschungszentren eine Prozessfolge erarbeitet, mit welcher Wirkungsgrade von 21,0 % auf einer Zellfläche von 243,36 cm² auf n-Typ Cz Silizium als Basismaterial demonstriert werden konnten. Im Fokus stand hierbei, die Prozessfolge unter dem Aspekt der Übertragbarkeit auf die Demonstrationsanlagen im Q-Cells Forschungszentrum auszulegen, so dass das entwickelte Konzept auf den vorhandenen Industrieanlagen erfolgreich umgesetzt werden kann. Das Projekt verfolgt somit konsequent den Ansatz der Senkung der Herstellungskosten für photovoltaisch erzeugten Strom durch technologische Innovation.

4.3 SILIZIUM-DÜNNSCHICHTTECHNOLOGIE

In der siliziumbasierten Dünnschicht-Photovoltaik konnten verschiedene Unternehmen den Wirkungsgrad von marktreifen Dünnschichtsolarmodulen auf zuletzt 10 Prozent für Tandemzellen erhöhen. Für Module, in denen ausschließlich amorphes Silizium verwendet wird, wird zurzeit maximal ein Wirkungsgrad von 8 Prozent erreicht (Masdar PV). Noch sind einfache Dünnschichtzellen aus amorphem Silizium der Standard am Markt, Möglichkeiten zur Weiterentwicklung werden dagegen hauptsächlich bei den Tandemzellen gesehen. Der im Vergleich zu Siliziumwafer-solarzellen niedrige Wirkungsgrad der Silizium-Dünnschichtzellen wird durch günstigere Herstellungsprozesse und den drastisch geringeren Bedarf an Silizium zum Teil ausgeglichen.

Die Vorteile der Dünnschichttechnologie sind die mögliche großflächige Beschichtung, hohe Materialeinsparung und die Realisierung flexibler Module im Rolle-zu-Rolle Prozess. Dünnschichtmodule werden zudem vom Substrat bis zum Endprodukt (Modul mit integriert verschalteten Zellen) in einer Produktionslinie hergestellt. Auch ergeben sich kürzere Energierücklaufzeiten. Ist genug Fläche für Solarmodule und somit kein durch Platzmangel limitierender Faktor vorhanden, sind siliziumbasierte Dünnschichtmodule eine günstige Alternative für Siliziumwafer, die zudem gut in Gebäude zu integrieren sind und architektonische Gestaltungsmöglichkeiten bieten. Im wirtschaftlichen Wettbewerb bestehen kann diese Technologie jedoch nur, wenn zukünftig höhere Wirkungsgrade erreicht werden, was durch Forschung und Entwicklung vorangetrieben wird.

In einem vom BMU geförderten Projekt werden für Dünnschichtsolarzellen auf Siliziumbasis zum Beispiel stabile Zellwirkungsgrade von 14 Prozent angestrebt.



Rasterkraftmikroskopische Aufnahme einer geätzten Zinkoxidschicht, Projekt LIMA

„Demo 14“ (FKZ 0325237) ist ein Projekt der Masdar PV GmbH, des Kompetenzzentrums PVcomB am Helmholtz- Zentrum Berlin (HZB), des Instituts für Energie und Klimaforschung der Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ) und des Konrad-Zuse-Zentrums für Informationstechnik Berlin. Die 14-Prozent-Zellen sollen als Grundlage für kosteneffiziente industriell zu fertigende Solarmodule mit stabilen Wirkungsgraden von über 13 Prozent dienen. Während der Projektarbeiten entwickeln die Partner unter anderem ein quantitatives mathematisches Modell. Dieses soll als Design- und Entwicklungstool für die industrielle Entwicklung genutzt werden, mit dem der Wirkungsgrad neuer Zellkonzepte vorhergesagt werden kann. Auch soll ein besseres Verständnis für die Vorgänge innerhalb der Zellen erlangt werden, durch das neue Entwicklungen möglich werden sollen. Speziell die Vorgänge an Grenzflächen sind von Interesse, beispielsweise zwischen der auf der Vorderseite aufgetragenen TCO-Schicht aus leitfähigen Oxiden und der darunter liegenden Schicht aus amorphem Silizium.

Ein Wirkungsgrad von 10,6 Prozent für Tandemzellen konnte bereits im Februar 2011 in dem mittlerweile abgeschlossenen Projekt LIMA „Lichtmanagement für industriell gefertigte Silizium-Dünnschichtsolarmodule“ erreicht werden. Dabei ätzten die Projektpartner eine definierte Krateroberfläche auf das Oxidmaterial des elektrischen Frontkontakts, wodurch sie den Lichtweg des Sonnenlichts verlängerten. Im Labor konnten mit dieser Methode bereits Wirkungsgrade von 12 Prozent erreicht werden, die auf großformatige Industriemodule übertragen werden sollen. Die erfolgreichen Arbeiten werden mittlerweile in dem Verbundprojekt LIST (FKZ 0325299A-J) weitergeführt.

Gefördert werden laut Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 folgende Forschungsaktivitäten für Dünnschichttechnologien:

- Neue, effiziente Verfahren wie etwa Drucktechniken sollen etabliert werden, der Rolle-zu-Rolle-Prozess soll umgesetzt werden.
- Prozesse sollen optimiert werden mit den Zielen erhöhte Abscheideraten, reduzierter Materialverbrauch, reduzierter Energieeinsatz und verbesserter Wirkungsgrad.
- Aspekte der Langzeitstabilität der Module sollen untersucht werden.

Verbundprojekt: Entwicklungsarbeiten zur Dünnschicht-Si-Photovoltaik: Einsatz von kontinuierlicher VHF-Plasma-CVD mittels Linearquellen zur Deposition von a-Si:H/ μ c-Si:H Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325024A; 0325024B

Laufzeit: 01.03.2008 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 1.366.461 Euro

Projektpartner: Forschungszentrum Jülich GmbH – Institut für Energieforschung (IEF 5) (Koordinator); VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH

Das Projekt befasst sich mit der Deposition von Dünnschicht-Silizium Solarzellen mit einer neuartigen Depositionsmethode, der kontinuierlichen (dynamischen) Beschichtung mit Hilfe einer „Very High Frequency“ Linienquelle. Dieses Verfahren, bei dem das zu beschichtende Substrat an einer oder mehreren Plasmaquellen vorbeifährt, ist ein vielversprechendes Konzept. Es ermöglicht die Aufskalierung der VHF Deposition auf quadratmetergroße Flächen. Eine kontinuierliche Beschichtung könnte zu einer deutlichen Produktivitätssteigerung und Kostenreduzierung der Dünnschicht-Si-Solarzellen führen. In Zusammenarbeit mit VAAT (Dresden) werden die Quellen und der Reaktionsraum so konstruiert, dass hohe Schichtqualitäten und eine hohe Produktivität erreicht werden.

In-situ Serienverschaltung flexibler a-Si Module (ISS)

Förderkennzeichen: 0325029

Laufzeit: 01.07.2008 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 890.589 Euro

Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 5 Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik – Institut für Physikalische Elektronik (IPE)

Das Vorhaben erprobt das an unserem Institut entwickelte und patentierte Verfahren der in-situ Serienverschaltung (ISS), das für alle Dünnschichtsolarzellen auf flexiblen Substraten anwendbar ist. Ohne Lasereinsatz definiert die ISS direkt im großflächigen Herstellungsprozess einzelne Solarzellen und verschaltet diese zugleich elektrisch in Reihe. Untersuchungen der stationären ISS optimieren die Vorrichtungen zur lokalen Abschattung einzelner Schichtabscheidungen und testen das Verfahren an Dünnschichtsolarzellen aus amorphem und nanokristallinem Silizium. Die dynamische Abscheidung in Reel-to-Reel Kassetten bildet einzelne Prozessschritte einer Durchlaufbeschichtung nach und erlaubt eine erste Bewertung der ISS hinsichtlich der kostengünstigen Herstellung flexibler Dünnschichtmodule.

Herstellung kristalliner Silizium-Dünnschicht-Solarzellen auf biologisch abgeleiteten Substraten (HELIOS)

Förderkennzeichen: 0325031B; 0325031A
 Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012
 Zuwendungssumme: 2.053.193 Euro
 Projektpartner: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) – Abt. 3 – Thermosensorik und Photovoltaik (Koordinator); Schunk Kohlenstofftechnik GmbH – Abt. Composites

Im Verbundprojekt HELIOS wird ein industrierelevanter Silizium-Dünnschicht-Solarzellenprozess für die Erfordernisse von biogen abgeleiteten Keramiksubstraten entwickelt. Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt auf der Optimierung eines weltweit einmaligen Epitaxieverfahrens für Silizium auf Basis eines neuartigen konvektionsunterstützten CVD-Abscheideprozesses. Die Rekristallisation der Siliziumkeimschicht wird mit neuen Lampenverfahren durchgeführt. Das ZAE Bayern übernimmt die Aufgaben der Siliziumabscheidung, der Charakterisierung der Epitaxieschichten und die Herstellung von Zellen und Modulen, während der Partner Schunk Kohlenstofftechnik GmbH für die Substratentwicklung zuständig ist. Ziel ist es, hocheffiziente Si-Zellen mit einer Absorberdicke von wenigen μ m kostengünstig herzustellen.

Makroporöses Silizium für ultradünne monokristalline Waferphotovoltaik (MacPSI)

Förderkennzeichen: 0325147
 Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2012
 Zuwendungssumme: 584.407 Euro
 Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Monokristalline Silizium Solarzellen verwenden zurzeit Wafer mit Dicken um 200 μ m und haben einen Sägeverlust von etwa 100 μ m. Diese Waferdicke ist nicht nötig, um hohe Wirkungsgrade von 20 % zu erreichen. Das Ziel dieses Projektes ist die Herstellung sehr dünner einkristalliner Silizium-Schichten mit Dicken um 20 μ m und einem „Sägeverlust“ von 5 μ m. Dazu werden Makroporen (das sind kleine zylinderförmige Löcher) elektrochemisch in ein Substrat geätzt und in einer Tiefe von 20 μ m so verbreitert, dass sich eine hochporöse Trennschicht ausbildet. Die niedrigporöse Schicht wird anschließend mechanisch vom Substratwafer getrennt und soll als Absorber in Solarzellen verwendet werden. Die gemessenen Lebensdauern von lichtgenerierten Ladungsträgern lassen hohe Solarzellenwirkungsgrade erwarten.

Aufskalierung einer VHF-Linienquelle für höhere Frequenzen und größere Bearbeitungsbreiten

Förderkennzeichen: 0325156

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012

Zuwendungssumme: 990.212 Euro

Projektpartner: Technische Universität Dresden – Fakultät Elektrotechnik und Informatik – Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik (IHM)

Das Gesamtziel des Projektes ist die Erweiterung der Leistungsfähigkeit der VHF-PECVD-Linienquelle zur hochproduktiven Abscheidung von amorphen und mikrokristallinen Siliziumschichten. Die erste Untersuchungsrichtung beinhaltet die Anpassung der Abscheidungstechnologie zur dynamischen Herstellung der pin-Solarzellen bei höheren Anregungsfrequenzen bis 162 MHz. Ziel ist die Abscheidung der Solarzellen bei wesentlich höheren Abscheideraten ohne Verschlechterung der Schichtalterung und des stabilen Wirkungsgrades. Im zweiten Schwerpunkt des Projektes wird der Arbeitsbereich der VHF-Linienquelle bis zu einer Länge von 70 cm vergrößert, um die Produktivität des Abscheidungsprozesses zu erhöhen.

Optimierung und Transfer der Elektronenstrahl-Rekristallisationstechnologie für kristalline Dickschicht-Silizium-Solarzellen mit a-Si-Emitter auf Float-Glas

Förderkennzeichen: 0325200

Laufzeit: 01.06.2010 – 30.05.2012

Zuwendungssumme: 505.570 Euro

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie Gesellschaft mit beschränkter Haftung – Institut Silizium-Photovoltaik (E-11)

Ziel des Projekts ist, die an der Technischen Universität Hamburg-Harburg (TUHH) entwickelte Elektronenstrahl-Kristallisationstechnologie an das Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB) zu transferieren.

Im Zuge des Transfers wird zudem die an der TUHH vorhandene Infrastruktur zur Herstellung kristalliner Siliziumabsorber auf Glassubstraten hoher elektronischer und kristallographischer Qualität mit der am HZB vorhandenen Technologie zur Herstellung von a-Si:H / c-Si Hetero-Solarzellen zusammengeführt. Der beabsichtigte Austausch des bisher an der TUHH eingesetzten LPCVD Prozesses zur Abscheidung der Siliziumschichten durch einen hochraten Elektronenstrahl-Aufdampfprozess ermöglicht zudem eine zeit- und ressourceneffiziente Herstellung der realisierten Zellstruktur.

Design und Demonstration der Technologie für Silizium-Dünnschicht-solarzellen mit 14 % Zell- und 13 % stabilem Modulwirkungsgrad (Demo 14)

Förderkennzeichen: 0325237
 Laufzeit: 01.12.2010 – 30.11.2014
 Zuwendungssumme: 1.671.497 Euro
 Projektpartner: Masdar PV GmbH

Die Herstellung eines stabilen Wirkungsgrades von über 14 % für siliziumbasierte Dünnschicht-Solarzellen ist das Ziel des Projekts „Demo14“ der Masdar PV GmbH. Die Zellen sollen als Grundlage für kosteneffiziente, industriell zu fertigende Solarmodule mit stabilem Wirkungsgrad von über 13 % dienen. Ein Ansatz zum Erreichen des Projektziels ist es, ein besseres Verständnis für die verwendeten Materialien zu erhalten. Auch die Option, neue Halbleitermaterialien einzusetzen, die hochtransparent, hoch leitfähig und stabil sind sowie Reflexionsverluste vermeiden, wird untersucht. Schließlich sind auch alternative Mehrfachzellkonzepte mit innovativen Zwischen- und Rückreflektoren denkbar. Die neuen Konzepte werden mit Hilfe des entwickelten mathematischen Konzepts untersucht.

Verbundvorhaben: LASO – Entwicklung von neuen Laserablationsprozessen für effizienzoptimierte Dünnschichtsolarmodule

Förderkennzeichen: 0325245A; 0325245B; 0325245C; 0325245D; 0325245E; 0325245F
 Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2013
 Zuwendungssumme: 1.567.655 Euro
 Projektpartner: Malibu GmbH & Co. KG – Bereich Forschung und Entwicklung
 (Koordinator); EdgeWave GmbH; Fraunhofer-Institut für Lasertechnik
 (ILT); LIMO Lissotschenko Mikrooptik GmbH;
 Forschungszentrum Jülich GmbH – Institut für Energieforschung (IEF 5);
 Universität Duisburg-Essen – Fakultät für Physik

Die Vorhabensbeschreibung lag bei Redaktionsschluss nicht vor.

Industrielle Schnellabscheidung von $\mu\text{c-Si}$ Schichten für Photovoltaik Anwendungen (Quick $\mu\text{c-Si}$)

Förderkennzeichen: 0325260A; 0325260B; 0325260C

Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2013

Zuwendungssumme: 2.865.880 Euro

Projektpartner: Robert Bosch GmbH – Zentralbereich Forschung und Vorausentwicklung – Angewandte Forschung 1 – (Koordinator); Forschungszentrum Jülich GmbH (IEF 5)

Das Gesamtziel besteht darin, einen neuartigen Prozess zu entwickeln, um hochwertige optoelektronische Schichten aus mikrokristallinem Silizium mit einer Rate von bis zu 2.5 nm/sec abzuscheiden. Die Projektpartner erhoffen sich eine deutliche Reduktion der Herstellkosten durch die schnell abgeschiedenen Schichten und eine Verbesserung des Produkts, gegeben hauptsächlich durch Material mit einer kompakten Mischphase aus kristallinen und amorphen Bereichen mit niedriger Defektdichte. Beide Faktoren führen zu einer erheblichen Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Produkte. Partner im Verbund sind das Institut für Energieforschung 5 des Forschungszentrums Jülich, das Institut für Photovoltaik der Universität Stuttgart und die Forschungsabteilung CR/ART der Robert Bosch GmbH.

Verbundvorhaben: LIST – Großflächiger Lichteinfang in der Silizium-basierten Dünnschichtsolarzellen-Technologie

Förderkennzeichen: 0325299A; 0325299B; 0325299C; 0325299D; 0325299E; 0325299F; 0325299G; 0325299H; 0325299I; 0325299J

Laufzeit: 01.06.2011 – 31.05.2014

Zuwendungssumme: 5.728.267 Euro

Projektpartner: Forschungszentrum Jülich GmbH – Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-5) (Koordinator); u. a.

Ein wichtiger Bestandteil von Dünnschichtsolarzellen ist der Frontkontakt aus einer transparenten und leitfähigen Oxidschicht (TCO). Speziell in Si-basierten Dünnschichtsolarzellen dient die TCO-Schicht nicht nur als elektrischer Kontakt, sondern übernimmt eine wichtige Funktion für den Lichteinfang. Etwa ein Drittel der Leistung eines Tandem-Si-Solarmoduls kann auf diesen Lighttrapping-Effekt zurückgeführt werden. Um die Effizienz von Si-Dünnschichtsolarzellen signifikant steigern zu können, müssen die unvermeidlichen Verlustmechanismen genauer verstanden werden. Verlustanalysen zeigen, dass Wirkungsgradunterschiede zwischen Labor und Produktion im Wesentlichen auf die Qualität der TCO-Schicht zurückzuführen sind. Die Ausnutzung dieses Potenzials ist das Ziel des LIST-Vorhabens.

Innovative Technologien und Prozesse für die Dünnschicht Modul-Herstellung und Charakterisierung – TeSiD

Förderkennzeichen: 0325364
Laufzeit: 01.06.2011 – 31.05.2013
Zuwendungssumme: 1.116.714 Euro
Projektpartner: Forschungszentrum Jülich GmbH – Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK-5)

Das Investitionsprojekt TeSiD hat zum Ziel, den Bereich der Solarmodultechnologieentwicklung des Instituts für Energie und Klimaforschung (IEK5-Photovoltaik) des Forschungszentrums Jülich zu stärken und auszubauen. Es werden Investitionen im Bereich Laserstrukturierung und Modulcharakterisierung getätigt, mit dem Ziel zukünftig innovative und industrierelevante Verschaltungstechniken wie beispielsweise Punktkontakt-Verbindungen zur seriellen Verschaltung siliziumbasierter Dünnschicht Solarmodule zu entwickeln und auf industrierelevanten Flächen zu demonstrieren. Investitionen im Bereich der Modulcharakterisierung haben als Ziel, schnelle und großflächige Analyseverfahren für Dünnschicht Solarmodule zu schaffen, mit dem Fokus auf Verbesserung und Erweiterung industrieller Inline-Analytik.

4.4 CIS-/CIGS-DÜNNSCHICHTTECHNOLOGIE

Neben Siliziumdünnschicht ist CIS- bzw. CIGS-Dünnschicht die zweite relevante Dünnschichttechnologie im Bereich der Solarzellen. Die Module sind entsprechend der darin enthaltenen Elemente Kupfer, Indium, Gallium und Selen benannt. Erstmals wurden die CIS-/ CIGS-Module 1999 im Pilotmaßstab (1 Megawatt pro Jahr) gefertigt, seit 2006 läuft die Serienproduktion.

Ihre Vorteile gegenüber Siliziumwafern sind prinzipiell dieselben wie die der siliziumbasierten Dünnschichtmodule: großflächige Beschichtung, integrierte Serienverschaltung, hohe Materialeinsparung, Möglichkeit zur Fertigung flexibler Module. Im Gegensatz zur siliziumbasierten Dünnschichttechnologie wird hier bereits ein hohes Wirkungsgradniveau erreicht. Bereits Ende 2010 erreichte das Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) für Laborzellen einen Wirkungsgrad von 20,3 Prozent und erreichte somit den Weltrekord. Mittlerweile konnten bei ersten kommerziellen Modulen bereits 14,7 Prozent auf der Aperturfläche der Module erreicht werden. Das ist eine deutliche Steigerung gegenüber den 12 bis 13 Prozent, die noch im Vorjahr erreicht werden konnten. In der Anlagen-



Gebäudeintegrierte CIGS-Module

technik zur Herstellung der CIGS-Module hält Deutschland weltweit die Marktführerschaft.

Das Entwicklungspotenzial dieser Technologie ist weiterhin groß. Erfolge wie der Weltrekord am ZSW machen zudem die Spitzenstellung der deutschen Forschung in diesem Bereich deutlich. Das Niveau von 20,3 Prozent erreicht bereits das Niveau der Siliziumwafersolarzellen. Letztere sind noch insgesamt kostengünstiger als CIGS-Zellen, mit ihnen lässt sich mehr Strom für das gleiche investierte Geld produzieren. Durch den aktuellen Preisverfall der Siliziumwafermodule wird sich das so bald auch nicht ändern, ein wirtschaftlicher Gleichstand zwischen den beiden Photovoltaik-Technologien könnte jedoch in Zukunft erreicht werden.

Während deutsche Solarmodulhersteller insgesamt für das Jahr 2012 eher mit Stagnation statt Marktwachstum rechnen, wollen die Dünnschichthersteller ihre Produktion weiter ausbauen. Nach Unternehmensbefragungen der Fachzeitschrift Photon (Januarausgabe 2012) wurden im Jahr 2011 in Deutschland Module mit rund 190 Megawatt produziert, für das Jahr 2012 werden schätzungsweise Module mit einer Leistung von rund 330 Megawatt produziert. Die Produktionskapazität in Deutschland liegt 2012 bei 515 Megawatt.

Auch im Ausland entwickelt sich der Markt weiter: Im August 2011 gab der japanische Hersteller Solar Frontier bekannt, dass alle drei Produktionslinien der Kunitomi Anlage in Miyazaki (Japan) vollständig in Betrieb genommen wurden. Damit erreicht die Fertigungsstätte eine Modulkapazität von 900 Megawatt. Die dort hergestellten 150-Watt-Module haben einen Wirkungsgrad von 12,2 Prozent. In Deutschland erreichen einzelne Produktionslinien bislang maximale Kapazitäten von 100 Megawatt. Allerdings bietet zum Beispiel das Unternehmen Manz Automation schlüsselfertige Produktionslinien mit bis zu 146 Megawatt an.

Die Forschung und Entwicklung in der CIS-/CIGS-Technologie wird seit 1989 kontinuierlich durch die Bundesregierung gefördert. Bisher konnten deutliche Erfolge erreicht werden, zuletzt der Weltrekord am ZSW, und Arbeitsplätze durch neue Produktionsstätten geschaffen werden. Weiterhin müssen grundlegende Fragestellungen zu Grenzflächen und der strukturellen Zusammensetzung des Halbleiters weiter untersucht werden. Bei einer steigenden Zahl an Modulen wird zudem eine hinreichende Qualitätssicherung zunehmend relevant.

Geförderte Forschungsaktivitäten betreffen dieselben Bereiche wie auch die der siliziumbasierten Dünnschichtmodule, entsprechend der Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011:

- Neue, effiziente Verfahren wie etwa Drucktechniken sollen etabliert werden, der Rolle-zu-Rolle-Prozess soll umgesetzt werden.
- Prozesse sollen optimiert werden mit den Zielen erhöhte Abscheideraten, reduzierter Materialverbrauch, reduzierter Energieeinsatz und verbesserter Wirkungsgrad.
- Aspekte der Langzeitstabilität der Module sollen untersucht werden.

Verbundprojekt: Effizienzsteigerung bei der Produktion von Dünnschicht-Solarzellen durch die Strukturierung mittels Ultrakurzpuls-Lasern mit industrieller Prozessgeschwindigkeit

Förderkennzeichen: 0325043A; 0325043B

Laufzeit: 01.05.2008 – 31.10.2011

Zuwendungssumme: 1.207.160 Euro

Projektpartner: Hochschule für angewandte Wissenschaften – Fachhochschule München – Fakultät für Feinwerk- und Mikrotechnik, Physikalische Technik (FK06) (Koordinator); AVANCIS GmbH & Co. KG

Im Projekt SECIS wird mit Dünnschicht-Solarzellen aus Kupfer-Indium-Diselenid (CIS) gearbeitet, die im Vergleich zu anderen Dünnschicht-Solarzellen einen relativ hohen Modul-Wirkungsgrad von über 13 % aufweisen. Bislang führt die industrielle Strukturierung zur monolithischen Serienschaltung der Dünnschichten mit Nanosekunden-Lasern oder mit Ritzwerkzeugen zur Schädigung der einzelnen Schichten. Mit einer Strukturierung durch Pikosekunden-Laser können einzelne Schichten selektiv ohne thermische Schädigung strukturiert werden. Im Projekt SECIS soll die Prozessgeschwindigkeit für eine industrielle Anwendung der Pikosekunden-Strukturierung auf über 1.000 mm/s gesteigert werden und der Wirkungsgrad der CIS-Zelle durch eine Optimierung der Materialzusammensetzung erhöht werden.

Reliability von CIS-Dünnschichtsolarzellen (RECIS) Verifizierung der Zuverlässigkeit von Stresstests

Förderkennzeichen: 0325148A; 0325148B; 0325148C
 Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2012
 Zuwendungssumme: 493.340 Euro
 Projektpartner: Würth Solar GmbH & Co. KG (Koordinator); Hochschule Ulm – Fakultät Mechatronik und Medizintechnik; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Für die CIS-Dünnschicht-Technologie besteht die Notwendigkeit einer Qualitätssicherung, die sowohl den Auslieferungszustand als auch die Langzeitstabilität berücksichtigt. Hierbei wird das Verhalten der CIS-Solarzellen unter verschiedenen – für das reale Leben eines Solarmoduls relevanten – Bedingungen untersucht und bewertet. Stresstests und Dauerläufe zur Bestimmung von Parameterdriften werden durchgeführt und Fehlerbilder analysiert. Mit der Evaluierung der physikalischen und chemischen Ursachen für Parameterdriften (Grenzflächenphänomene, etc.) werden CIS-Solarzellen/-module charakterisiert und in Hinblick auf die Zuverlässigkeit bewertet. Daraus sollen Lebensdauermodelle, die eine Extrapolation der Zuverlässigkeit unter realen Feldbedingungen erlauben, erarbeitet werden.

Verbundprojekt: Qualitätskontrolle von CIS-Modulen mittels Elektrolumineszenz- und Infrarot-Messtechnik (PV-IR-EL)

Förderkennzeichen: 0325149A; 0325149B
 Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012
 Zuwendungssumme: 1.400.887 Euro
 Projektpartner: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) – Abt. 3 – Thermosensorik und Photovoltaik (Koordinator); Würth Solar GmbH & Co. KG

Ziel des Vorhabens ist die Analyse von Defekten an PV-Dünnschichtmodulen mit schnellen, bildgebenden Verfahren wie der Messung der Infrarot-Strahlung und Elektrolumineszenz. Diese analytischen Methoden erlauben die orts aufgelöste Darstellung der Störstellen. Die experimentellen und theoretischen Untersuchungen des ZAE Bayern und des Forschungszentrums Jülich zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen IR- bzw. EL-Signal und bestimmten Modulkenngrößen besteht. Die Ergebnisse werden zur Optimierung des Herstellungsprozesses und Effizienzsteigerung genutzt, um so das Potenzial der CIS-Technologie auszuschöpfen. Bei erfolgreicher Bewertung der genannten Messmethoden ist geplant, diese in die Qualitätskontrolle von CIS-Modulen zu integrieren.

Erhöhung des Wirkungsgrades von galvanischen CIS-Solarzellen bei gleichzeitiger Verbesserung der Alterungseigenschaften

Förderkennzeichen: 0325151
Laufzeit: 01.10.2009 – 30.09.2011
Zuwendungssumme: 1.302.364 Euro
Projektpartner: CIS Solartechnik GmbH & Co. KG

CIS Solartechnik hat ein kostengünstiges sequentielles Produktionsverfahren für flexible CIS Solarzellen entwickelt und alle Prozessschritte in einer Pilotlinie erprobt. Die wesentlichen Merkmale bestehen in der galvanischen CIS Precursorherstellung und kontinuierlichen Rolle-zu-Rolle-Prozessen auf flexiblen Metallbändern. Das Projektziel war eine Verbesserung der Leistungsparameter des CIS Absorbers, um die Qualität zu steigern und die Produktionskosten zu verringern. Im Projekt wurden folgende Aspekte erfolgreich bearbeitet: 1. Flächenhomogenisierung des CIS Absorbers; 2. Stabilisierung von Photostrom, Photospannung und Füllfaktor der Solarzelle; 3. Vergrößerung der Bandlücke der Solarzelle. Im Projekt wurde ein Zellwirkungsgrad von über 10 % in der eigenen Pilotlinie (Labor ca. 13 %) erzielt.

HT CIGS – Entwicklung von $\text{Cu(In, Ga)}\text{S}_2$ -Dünnschichtsolarmodulen

Förderkennzeichen: 0327589E; 0327589F; 0327589G; 0327589H
Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2012
Zuwendungssumme: 1.494.619 Euro
Projektpartner: Solteature Solartechnik GmbH (Koordinator); Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH; Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V – Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik – AG GRECO (Halbleiterphysik/Strahlungswandlung); Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V – Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik, Energie- und Halbleiterforschung

In der ersten Projekthälfte konnten erstmals Selen-freie Dünnschichtsolarmodule auf Chalkopyrit-Halbleiterbasis mit Wirkungsgraden von bis zu 10 % entwickelt, zertifiziert und in den Fertigungsprozess der Firma Solteature integriert werden. Solarmodule auf Basis dieses Verbindungshalbleiters $\text{Cu(In,Ga)}\text{S}_2$ weisen einen sehr geringen, den Jahresertrag stark positiv beeinflussenden Temperaturkoeffizienten der Modulleistung von nur -0.20 %/K auf. Solteature und seine Verbundpartner HZB und CVO sind darüber hinaus bestrebt, dieses Material für den zukünftigen Einsatz in einer CIS Tandem-Solarzelle weiter zu optimieren. In der zweiten Projekthälfte liegt ein weiterer Fokus auf der Effizienz-, Stabilitäts- und Ertragsoptimierung von mittels Koverdampfung hergestellten CIGSe-Dünnschichtsolarmodulen.

Verbundprojekt: Pufferschichten durch ILGAR Bandbeschichtung für Cu(In, Ga) (S, Se)₂ Solarzellen

Förderkennzeichen: 0327657

Laufzeit: 01.11.2007 – 31.10.2011

Zuwendungssumme: 958.929 Euro

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH

Es wurde eine low-cost Roll-to-roll- / in-line Pufferschicht-Abscheidung für Dünnschichtsolarzellen mit der Spray-ILGAR Methode entwickelt. Ergebnisse: Detaillierte Erforschung des Reaktionsmechanismus mittels Massenspektrometer, Steuerung der Zusammensetzung und Effekt auf die PV Performance als Grundlage für zertifizierten Effizienz-Weltrekord für In₂S₃ gepufferte Zellen (16,1 %). Neue ILGAR Methode für nanodot Filme. ZnS nanodots als Passivierungspuffer in Kombination mit In₂S₃ Deckschichten (Punktkontaktpuffer) ergeben bis 1 % höhere Effizienz als In₂S₃ allein. Beste Wirkungsgrade: Zellen 16,4 % (nach dem Projekt 16,8 %), Module (30x30 cm²) 13,7 % (ILGAR in-line, 10 mm/s), gleichwertig mit CdS-Referenzen, ebenso wie in der CIS-Solar-technik Pilotline für CIGSe Solarzellen auf Stahlband.

Verbundprojekt: Computational Materials Science gestützte Optimierung des Wirkungsgrades von CIGS-Dünnschichtsolarzellen – comCIGS

Förderkennzeichen: 0327665A; 0327665B; 0327665C; 0327665D; 0327665E

Laufzeit: 01.06.2007 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 3.976.264 Euro

Projektpartner: IBM Deutschland GmbH – Technology Center ISC EMEA (Koordinator); SCHOTT AG – Forschung und Technologieentwicklung – FTM Materialentwicklung; Johannes Gutenberg-Universität Mainz – FB 09 Chemie, Pharmazie und Geowissenschaften – Institut für Anorganische Chemie und Analytische Chemie; Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH; Friedrich-Schiller-Universität Jena – Physikalisch-Astronomische Fakultät – Institut für Festkörperphysik

Das comCIGS Projekt hat das Ziel, mit ab initio Computersimulationen einen Zugang zum Verständnis der Einflussparameter auf atomarer Ebene zu schaffen, die für die CIGS Solarzellenperformance kritisch sind. Die Komplexität des Schichtsystems erfordert dabei die Erarbeitung von neuen Näherungsmethoden und hohe Rechenkapazität, insbesondere wenn zur Beobachtung von Ordnungs- und Defektstrukturen große Superzellen berechnet werden müssen. Die Berechnungen werden begleitet von experimentellen Studien, die die theoretischen Ergebnisse am Schichtsystem umsetzen und wiederum Fragestellungen aufwerfen, die in die Ansätze der theoretischen Simulationen einfließen. Im Rahmen des Projektes konnten auf der Basis von ab initio und Monte Carlo Simulationen Wirkungsgrade bis 19,4 % erreicht werden.

CIS-Dünnschichttechnologie – Neue Technologien und Verfahren zur Effizienzsteigerung und Kostensenkung

Förderkennzeichen: 0329585G
Laufzeit: 01.04.2010 – 31.03.2014
Zuwendungssumme: 2.600.488,5 Euro
Projektpartner: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW)

Cu(In,Ga)Se₂ (CIGS) weist das höchste Wirkungsgradpotenzial aller Dünnschicht-PV-Technologien auf. In diesem Vorhaben wird die erfolgreiche Entwicklung der CIGS-Technologie und deren Transfer in die Industrie weiter fortgesetzt. Durch ein tieferes Verständnis des CIGS-Wachstums soll ein neuer Zellrekord von 21 % erzielt und durch Verbesserungen aller Einzelprozesse eine Steigerung des Wirkungsgrades für 30x30 cm² Module auf > 17 % umgesetzt werden. Nachdem 2010 ein neuer CIGS-Weltrekord von 20,3 % (0,5 cm², zertifiziert) erreicht wurde, lag der Schwerpunkt 2011 auf der Weiterentwicklung der Teilprozesse. Erfolgreich wurde ein neuer CBD-Zn(S,O)-Prozess entwickelt, der mit identischen Reaktionszeiten wie CBD-CdS und unter Nutzung des Standard-Equipments vergleichbare Wirkungsgrade ermöglicht.

Vorbereitung der CIS-Technologie für die Netzparität „CIS GP“

Förderkennzeichen: 0329843F
Laufzeit: 01.08.2010 – 31.07.2013
Zuwendungssumme: 1.820.396 Euro
Projektpartner: Würth Solar GmbH & Co. KG

Das Ziel des Vorhabens ist die weitere Reduktion der Herstellkosten in der Produktion von CIGS-Solarmodulen auf unter 1 Euro pro Watt zur Erreichung der Netzparität. Das Projekt konzentriert sich einerseits auf die Qualifizierung verbesserter Verfahren mit Schwerpunkt Modifikation des CIGS-Prozesses und Ersatz des kadmiumhaltigen Puffers durch ein Material ohne Kadmium und höherem Bandabstand. Damit sollen Modulwirkungsgrad, Taktzeit und Ausbeute wesentlich verbessert werden. Andererseits werden neue und hoch lukrative Themen aus der Grundlagenforschung aufgegriffen und zur technologischen Reife gebracht. Dies sind die CIGS-Abscheidung und Kristallisation mit vakuumfreien Methoden und der Einsatz innovativer Lasertechnik für alle Strukturierungsprozesse.

4.5 SYSTEMTECHNIK, NETZANBINDUNG UND ÜBERGREIFENDE FRAGESTELLUNGEN

Photovoltaikanlagen sind heutzutage einfach und auch kostengünstig an vorhandene Stromnetze anzuschließen. Hierzu werden Wechselrichter installiert, die den Gleichstrom der Photovoltaikanlage in Wechselstrom wandeln. Neben dieser grundlegenden Funktion können die Geräte auch Systemdienstleistungen zur Verfügung stellen, mit denen das Netz stabilisiert werden kann. Der deutsche Wechselrichterhersteller SMA Solar Technologies AG mit einer Produktionskapazität von 10.000 Megawatt ist der Marktführer in diesem Bereich. Deutschland behauptet eine Spitzenposition gegen starke internationale Konkurrenz. Innovative Produkte und stetige Weiterentwicklungen sind dafür allerdings unerlässlich, was sich auch an aktuellen Produkten zeigt. Mittlerweile haben Wechselrichter von SMA einen Spitzenwirkungsgrad von 99 Prozent erreicht, vergangenes Jahr waren es noch 98 Prozent gewesen. Dieser eine Prozentpunkt sieht auf den ersten Blick nicht sehr viel aus, bedeutet jedoch, dass die bisherigen Verluste halbiert werden konnten. Dadurch reduzieren sich die Kosten, außerdem ergibt sich eine längere Lebensdauer. Die Leistungssteigerung erreichte das Unternehmen durch neuartige Bauelemente aus Siliziumkarbid. Eine ähnliche Entwicklung erfolgt bei der Firma Kostal, die auf diesem Gebiet mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) kooperiert. Dabei sollen die verbesserten Eigenschaften der Siliziumkarbid-Halbleiter dazu beitragen, das Gesamtsystem zu optimieren. Der Wechselrichter soll den Anforderungen aktueller und zukünftiger Netz- und Systemdienstleistungen genügen, zum Beispiel durch Blindleistungseinspeisung. Zur Verbesserung des Eigenverbrauchs wird der Wechselrichter auch den Anschluss von Batteriespeichersystemen zulassen.

Aktuell werden mehr Zentralwechselrichter und sogenannte Stringwechselrichter für größere Dachanlagen verkauft. Die kleineren Umrichter für private Dachanlagen dagegen, die bislang den größeren Geschäftsanteil ausgemacht haben, bleiben in den Lagern liegen. Insgesamt ergibt sich somit auch für den Markt der Wechselrichter ein leichter Rückgang. Der Innovationsdruck ist auch deswegen stark, weil der Anteil der Kosten einer Photovoltaikanlage, den der Wechselrichter stellt, bei den stark sinkenden Preisen der Module sichtbar ansteigt.

Laut dem Marktforschungsunternehmen IHS iSuppli hat der Markt für Solar-Wechselrichter gute Wachstumschancen. Nach den Schätzungen der

Analysten steigt die Zahl der weltweit verkauften Wechselrichter von im Jahr 2012 4 Millionen Einheiten bis 2015 auf 30,2 Millionen an.

Bei dem hohen Zuwachs an Photovoltaikanlagen in den vergangenen beiden Jahren rückt verstärkt die Frage in den Vordergrund, wie so viel Strom in das Netz integriert werden kann beziehungsweise wie die regenerativen Stromnetze der Zukunft organisiert werden sollen. Seit 2008 wurde zu dem Thema, auch in Bezug auf die anderen Technologien im Bereich der erneuerbaren Energien, ein eigener Förderschwerpunkt eingerichtet. Dieser hat, mittlerweile unter dem Namen „Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien“, eine zentrale Rolle in den Forschungsanstrengungen zum Erreichen der Energiewende eingenommen (siehe Kapitel 2). Weiterhin dem Förderschwerpunkt Photovoltaik zugeordnet werden Projekte, die direkt an der Anlagentechnik ansetzen. Gefördert wird die Weiterentwicklung dezentraler Leistungselektronik für die Netzeinspeisung und für Inselssysteme.

Intelligente Technologie in den Photovoltaikanlagen kann dabei helfen, eine Überlastung der Netze zu vermeiden. Wechselrichter spielen zum Beispiel eine Rolle, wenn sie als Schnittstelle zwischen Netz und Gebäude zur Netzregelung eingesetzt werden. Möglich wäre es auch, die Photovoltaikanlagen mit modernen Speichern zu kombinieren, welche sowohl dazu eingesetzt werden könnten, in das Netz einzuspeisen, als auch dazu, ein isoliertes Inselnetz zu versorgen.

Inselssysteme sind dort notwendig, wo es kein Stromnetz gibt oder dessen Ausbau zu teuer ist. Dies ist nicht nur in Schwellen- und Entwicklungsländern der Fall, sondern auch in Deutschland – dann, wenn im ländlichen Raum beispielsweise entlegene Funkstationen betrieben werden müssen. Speziell für diese Anwendungen sind Systeme, die durch Photovoltaik betrieben werden, heute kostengünstiger, als wenn Dieselgeneratoren eingesetzt werden. Die regenerativen Systeme sind jedoch komplexer, weswegen es ein Forschungsansatz ist, zu untersuchen, wie Erzeuger, Speicher und Verbraucher optimal zusammen funktionieren können. Hierfür werden zum Beispiel neue Speichermöglichkeiten wie etwa lithiumbasierte Akkus getestet.

Auch übergreifende Fragestellungen zum gesamten Photovoltaik-Netz werden gefördert. Die Aufgaben bestehen darin, die gebäudeintegrierte Photovoltaik voranzubringen, Stoffe zu vermeiden, die Umwelt und Gesundheit belasten könnten, den Energieeinsatz in der Produktion zu verringern sowie ein geeignetes Recycling für Photovoltaikmodule zu entwickeln. Auch

wird die ökologische Begleitforschung unter den Bereich der übergreifenden Fragestellungen geordnet, insbesondere für Freiflächenanlagen, ebenso wie die begleitende Akzeptanzforschung.

Deutschland beteiligt sich außerdem am Implementing Agreement on Photovoltaic Power Systems (IEA PVPS) der Internationalen Energieagentur. In verschiedenen Arbeitsgruppen (Tasks) mit internationaler Beteiligung werden dort Fragen mit vorwettbewerblichem Charakter untersucht. Im Jahr 2011 wurde Task 12 PV Environmental Health and Safety Activities erfolgreich abgeschlossen. In den vergangenen fünf Jahren wurde hier die Frage der Ökobilanzen von Photovoltaikanlagen untersucht. Dabei wurde auf der Basis von Zahlen aus dem Jahr 2006 für eine dachmontierte Photovoltaikanlage in Südeuropa mit Siliziummodulen eine Energierücklaufzeit von 1,7 Jahren erhoben. Nimmt man weiterhin eine Lebenszeit von 25 Jahren an, wird in dieser Zeit rund das 15-fache der Energie bereitgestellt, die für die Herstellung der Anlage aufgewendet wurde. Steht dieselbe Anlage im sonnenärmeren Deutschland, kann noch rund das 8,5-fache an Energie erzeugt werden. Neuere Daten einzelner Unternehmen aus 2009 weisen zudem mittlerweile auf eine um noch einmal 30 bis 40 Prozent kürzere Energierücklaufzeit hin.

PV-EMS – Photovoltaische Energiemanagement-Station, Netzintegration und Kostensenkung von PV-Anlagen im Leistungsbereich von 10 kW bis in den Megawattbereich

Förderkennzeichen: 0325028
 Laufzeit: 01.06.2008 – 31.05.2012
 Zuwendungssumme: 2.030.304 Euro
 Projektpartner: SMA Solar Technology AG

Im Projekt PV-EMS werden mit String-Wechselrichtern dezentral aufgebaute Photovoltaik-Großanlagen (100 kW bis mehrere MW) unter verschiedenen Aspekten untersucht und systemtechnisch optimiert. Zum Einen steht hierbei die weitere Kostensenkung im Fokus, die insbesondere bezüglich des Gesamtkostenansatzes (Total Cost of Ownership) beleuchtet wird. Zum Anderen liegt der Schwerpunkt auf der Verbesserung der Netzintegrationseigenschaften und der Erbringung von Netzsystemdienstleistungen, was zunehmend an Bedeutung gewinnt. Eine wichtige Rolle spielt hierbei auch die zukunftsfähige Kommunikationsanbindung der Anlage. Die theoretischen Untersuchungsergebnisse werden durch die Erprobung und Demonstration solcher dynamisch steuerbarer PV-Großanlagen verifiziert.

Verbundprojekt: Beitrag zu PVPS Task 12 – PV Environmental Health & Safety Activities; Subtask: Recycling of Manufacturing Waste and Spent Modules

Förderkennzeichen: 0325037A; 0325037B
Laufzeit: 01.04.2008 – 31.05.2012
Zuwendungssumme: 68.881 Euro
Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 2 Bau- und Umweltingenieurwissenschaften – Lehrstuhl für Bauphysik – Abt. Ganzheitliche Bilanzierung (Kordinator); Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Das Arbeitspaket 12 des PVPS Projekts betrachtet Umwelt- und Sicherheitsaspekte („EH&S“) von Photovoltaikanlagen. Es sollen dabei u. a. denkbare Infrastrukturen zur Rücknahme und Verwertung von PV-Abfällen mit bestehenden Recyclingkonzepten verglichen werden. Weiterhin wird die internationale Zusammenarbeit und der gegenseitige Wissenstransfer gefördert, um die gesammelten Erkenntnisse aller EH&S Aspekte zwischen den Partnerländern, Interessenten und Entscheidungsträgern zugänglich zu machen. Dazu werden LBP-GaBi, ZSW und Deutsche Solar AG kontinuierlich die Weiterentwicklungen in den PV-Herstellprozessen beobachten und deren Auswirkung auf aktuell diskutierte Recyclingkonzepte bewerten. Eine umweltliche Betrachtung dieser Konzepte wird im Rahmen einer begleitenden Ökobilanz durchgeführt.

Untersuchungen zur Entwicklung von Fertigungs-, Prüf- sowie Einbaumethoden von multifunktional nutzbaren Photovoltaik-Bauelementen / Baugruppen in der Gebäudetechnik – MULTIELEMENT

Förderkennzeichen: 0325067
Laufzeit: 01.10.2008 – 31.03.2012
Zuwendungssumme: 1.413.261 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Im Projekt MULTIELEMENT befasst sich das Fraunhofer IWES zusammen mit 15 Industriepartnern mit „Untersuchungen zur Entwicklung von Fertigungs-, Prüf- sowie Einbaumethoden von multifunktional nutzbaren Photovoltaik Bauelementen/Baugruppen in der Gebäudetechnik“. Ziel des Projekts ist es, die technischen und wirtschaftlichen Potenziale für PV-Bauelemente zu erschließen und damit die Kosten unter systematischer Einbeziehung der Multifunktionalität zu senken. Dazu werden die physikalischen Eigenschaften im Rahmen entwicklungsbegleitender Untersuchungen beschrieben, Richtlinien/Normen erarbeitet, sowie Prüfequipment und Prüfprozeduren entwickelt.

Verbundprojekt: Langzeitstabilität und Leistungscharakterisierung von Dünnschicht-Solarmodulen

Förderkennzeichen: 0325070A; 0325070B

Laufzeit: 01.10.2008 – 30.09.2012

Zuwendungssumme: 3.436.486 Euro

Projektpartner: TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH (Koordinator); Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Ziel des Vorhabens ist es, die Hersteller von Dünnschicht(DS)-Solarmodulen bei der Technologieentwicklung zu unterstützen. Hierzu wurden Prüfkapazitäten zur Leistungscharakterisierung und für Stabilitätsuntersuchungen an DS-Solarmodulen beim TÜV Rheinland und am ZSW aufgebaut. In diesem Vorhaben wurden Mess- und Prüfmethoden entwickelt und der deutschen Dünnschicht-PV-Industrie Testkapazität für entwicklungsbegleitende Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Schwerpunkte der F&E-Arbeiten sind dabei: Entwicklung von spezifischen Messverfahren zur Leistungscharakterisierung von DS-Modulen, Bewertung des Leistungsverhaltens und des Energieertrages, Untersuchung der Langzeitstabilität durch beschleunigte Alterungstests, produktionsbegleitende Untersuchungen zur Produktverbesserung.

Innovative Photovoltaik-Hybrid-Systemtechnik für die Dorfstromversorgung der nächsten Generation (Inno-System)

Förderkennzeichen: 0325121

Laufzeit: 01.05.2009 – 30.04.2013

Zuwendungssumme: 2.219.142 Euro

Projektpartner: KACO new energy GmbH

Um die Märkte von dieselbetriebenen größeren Inselnetzen für die Photovoltaik zu erschließen, wird in diesem Projekt ein neues PV-Hybrid-Inselsystem entwickelt, das den gestellten Anforderungen derartiger Anwendungen hinsichtlich Größe, Effizienz, Nutzerfreundlichkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit gerecht wird. Dies umfasst effiziente Wechselrichter, DC/DC-Wandler und Batteriesysteme in Leistungsgrößen, mit denen Dieseldgeneratoren in Inselnetzen im signifikanten Maßstab durch erneuerbare Energien substituiert werden können. Ferner wird durch ein übergeordnetes Energiemanagementsystem und eine standardisierte Kommunikationsinfrastruktur die Effizienz und die Zuverlässigkeit der Energieversorgung sichergestellt.

Verbundprojekt: Leitung und Mitarbeit im Task 13 im Rahmen des Photovoltaic Power Systems (PVPS) Programme der internationalen Energieagentur (IEA)

Förderkennzeichen: 0325194A; 0325194B; 0325194C

Laufzeit: 01.04.2010 – 30.09.2014

Zuwendungssumme: 979.206 Euro

Projektpartner: TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE);
Institut für Solarenergieforschung GmbH

Ziel des Vorhabens ist es, die Marktteilnehmer dabei zu unterstützen, den Betrieb und die Zuverlässigkeit von PV-Systemen zu optimieren sowie die Qualität von Systemen und deren Komponenten zu verbessern. Dazu werden aus Betriebsdaten von PV-Anlagen in verschiedenen Klimazonen begründete Aussagen zur Zuverlässigkeit und Ertragsstärke gewonnen. Im Rahmen des Vorhabens wird im Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS) der Internationalen Energieagentur unter dem Titel „Performance and Reliability of PV Systems“ ein internationaler Task geleitet. Ziel des IEA PVPS Task 13 ist es, aus den Informationen über die Zuverlässigkeit von PV-Anlagen und -Komponenten, die in den beteiligten Ländern verfügbar sind, technische Berichte und Handlungsempfehlungen zu erstellen und zu verbreiten.

Entwicklung eines Demonstrationsprozesses für ein ökologisch und ökonomisch effizientes Recycling von Solarmodulen zur langfristigen wirtschaftlichen Stabilisierung „SoMoRec“

Förderkennzeichen: 0325218

Laufzeit: 01.07.2010 – 30.06.2013

Zuwendungssumme: 876.314 Euro

Projektpartner: Sunicon AG

Im Ergebnis des Projektes „Somozell II“ wurde auf der Basis umfangreicher Versuche und konzeptioneller Arbeiten ein Verfahrens- und Anlagenkonzept für das typenunabhängige Recycling von PVN-Modulen als Basis für die Realisierung einer automatisierten Recyclinganlage bereitgestellt. Dabei zielt das Recycling aller Arten von Modultypen auf die weitgehend vollständige Rückführung der Wertstoffe in die jeweiligen Produktkreisläufe ab. Basierend auf den erarbeiteten Grundlagen ist die Entwicklung eines Demonstrationsprozesses unter ökonomischen und ökologischen Aspekten für ein hochwertiges Recycling von PV Modulen das Ziel des Projektes „Somorec“. In dem zu entwickelnden Demonstrationsprozess sollen die einzelnen Prozessstufen verkettet, aufeinander abgestimmt und miteinander optimiert werden.

Variabilitätsreduzierende Verfahren der Qualitätssicherung in der Photovoltaik

Förderkennzeichen: 0325226

Laufzeit: 01.09.2010 – 31.10.2012

Zuwendungssumme: 143.860 Euro

Projektpartner: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, Lehrstuhl für Stochastik und Wirtschaftsmathematik

Wesentliche Größe für Rentabilität von PV-Systemen ist die Qualität i. S. der Leistung in Wp bei Auslieferung. Aufgrund der hohen Prüfkosten muss sich die Qualitätskontrolle auf Verfahren der statistischen Annahmeprüfung stützen. Da die Leistungsdaten i.d.R. nicht normal verteilt sind und die Attributprüfpläne zu hohen Kosten führen, werden in dem Projekt innovative variabilitätsreduzierende Prüfpläne für die Photovoltaik entwickelt und durch MC-Studien optimiert und analysiert, um die Kosten zu senken, die Planungsgenauigkeit zu erhöhen und den Einfluss der Technologien zu untersuchen. Ferner werden spezielle Prüfverfahren für den Vergleich von Standorten entwickelt. Schließlich sollen Vorschläge für eine Harmonisierung der Verfahren ausgearbeitet werden.

Entwicklung hochpräziser Kalibrierprozeduren für Dünnschichttechnologien

Förderkennzeichen: 0325242

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013

Zuwendungssumme: 910.946 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG)

Rückführbare Messungen (Kalibrierung) von Solarzellen und Modulen sollen für Dünnschicht-Solarzellen zu einem Stand vergleichbar dem bei Silicium-Solarzellen entwickelt werden. Basis sind die umfassenden Erfahrungen in der Bewertung der Einflussgrößen bei kalibrierten Messungen und aus der Kalibrierung von III-V-Mehrfachzellen am ISE Callab PV Cells. Dabei steht die Vergleichbarkeit der Messungen unterschiedlicher Technologien im Kalibrierlabor ebenso im Vordergrund wie die Entwicklung von Referenzzellen, die optimal an aktuelle Dünnschichtzellen angepasst sind und deren Kalibrierung für die Industrie. Die hierfür entwickelten Prozeduren sollen für die genauere Bestimmung der Zellen- und Modul-Wirkungsgrade in der Produktion angepasst und weiterentwickelt werden.

Hi²SiC – Hocheffizienter und kompakter Wechselrichter mit Siliziumkarbid-Halbleitern

Förderkennzeichen: 0325251
Laufzeit: 01.12.2010 – 30.06.2013
Zuwendungssumme: 817.157 Euro
Projektpartner: Kostal Industrie Elektrik GmbH

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Photovoltaikwechselrichters mit Siliziumkarbid (SiC) Halbleitern. Dabei sollen die verbesserten Eigenschaften der SiC Halbleiter nicht ausschließlich zur Wirkungsgradoptimierung dienen. Im Fokus steht vielmehr eine Optimierung des Gesamtsystems. Der Hi²SiC Wechselrichter soll den Anforderungen aktueller und zukünftiger Netz- und Systemdienstleistungen genügen. An dieser Stelle sind in erster Linie die Blindleistungseinspeisung, die dynamische Netzstützung (FRT) und eine Oberwellenkompensation zu nennen. Zur Verbesserung des Eigenverbrauchs wird der Hi²SiC Wechselrichter über mehrere bidirektionale DC/DC-Steller verfügen, die den Anschluss von Batteriespeichersystemen zulassen.

Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaik-Anlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung

Förderkennzeichen: 0325259A; 0325259B
Laufzeit: 01.02.2011 – 31.01.2014
Zuwendungssumme: 1.725.651 Euro
Projektpartner: TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Innerhalb eines breit aufgestellten Projektkonsortiums analysierten bisher Prüfer, Forscher, Sachverständige und Experten aus dem Bereich der Brandtechnik und des Rettungswesens systematisch Brandereignisse an PV-Anlagen. Unter Nachstellung von Rettungseinsätzen wird eine Gefährdungseinschätzung abgeleitet, die zur gezielten Erstellung von brandschutz-relevanten Sicherheitskonzepten und Risikominimierung führt. Als erweiterte Schutzmaßnahmen werden im Bereich der Neuentwicklung von spezifischen Alterungssequenzen für Module und Komponenten auch Detektionsverfahren zur Vermeidung und Entdeckung von Lichtbögen entwickelt. Mit Erkenntnissen aus brandtechnologischen Prüfverfahren kann das Brandverhalten zur Widerstandsfähigkeit und Brandweiterleitung von PV-Produkten bestimmt werden.

HiPe-PV: High-Penetration of PV Systems in Electricity Grids – Deutsches Teilvorhaben

Förderkennzeichen: 0325266
 Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2012
 Zuwendungssumme: 306.074 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Das Projekt „High-Penetration of PV-Systems in Electricity Grids“ (HiPe-PV) ist ein internationales Forschungsprojekt zur Verbesserung der Netzintegration von Photovoltaik im Rahmen des Photovoltaic European Research Area Network (PV ERA NET). Ziel des Projekts ist die Identifikation technischer Anforderungen an PV Systeme und Elektrische Netze auf nationaler Ebene, um eine verbesserte Netzintegration hoher PV-Leistung zu gesamtwirtschaftlich minimalen Kosten zu erreichen. Eine Besonderheit von HiPe-PV ist hierbei die internationale Ausrichtung des Projekts, die einen Vergleich der technischen Effektivität und der wirtschaftlichen Effizienz der einzelnen technischen Anforderungen zwischen den Teilnehmerländern ermöglichen soll.

Entwicklung eines fortschrittlichen Modellierungs-Tools mit der Software DigSILENT/PowerFactory zur Evaluierung der Einwirkung der Masseneinspeisung von PV-Strom auf das Verteilungs- und Übertragungsnetz

Förderkennzeichen: 0325272
 Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2012
 Zuwendungssumme: 206.329 Euro
 Projektpartner: Energynautics GmbH

Der zunehmende Anteil der fluktuierenden Photovoltaikeinspeisung wird eine wesentliche Auswirkung auf den Betrieb der Stromnetze haben. Mit Blick auf den in der Zukunft zu erwartenden hohen Anteil (bis 50 % des Energieverbrauches) dieser Stromerzeugungstechnologie stellt sich die Frage der optimalen wirtschaftlichen Auslegung und des optimalen Betriebs des Verteil- und Übertragungsnetzes in Europa. Zusammen mit mehreren europäischen Partnern wird ein Modellierungs- und Simulationswerkzeug in DigSILENT PowerFactory entwickelt, mit dessen Hilfe neben der Untersuchung der Problematik auf der Verteilnetzebene das wirtschaftliche Optimum zwischen dem zukünftigen Erzeugungsmix und dem Netzausbau auf Basis des europäischen Hochspannungsnetzmodells von Energynautics ermittelt wird.

Untersuchung des Einflusses dezentraler Stromerzeugung aus Photovoltaik auf Niederspannungs-Verteilnetze – PV ERA NET-Teil Antrag zu “Simulation Approach to Investigate the Impact of Distributed Power Production with PV on a Power Grid”

Förderkennzeichen: 0325367
Laufzeit: 01.09.2011 – 31.12.2012
Zuwendungssumme: 75.200 Euro
Projektpartner: Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V –
Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik

Das übergeordnete „PV ERANET“-Vorhaben untersucht spezielle technische Auswirkungen einer umfangreichen, verteilten Einspeisung von photovoltaisch erzeugtem Strom in das Mittel- und Niederspannungsnetz. Gegenstand dieses Vorhabens ist der Einfluss der meteorologischen Randbedingungen auf Umfang sowie zeitliche und räumliche Struktur der photovoltaischen Erzeugung. Hierzu werden zeitlich und räumlich hoch aufgelöste Leistungsdaten der PV-Systeme generiert. Dazu werden Solarstrahlungszeitreihen in Minutenauflösung aus geringer aufgelösten Satellitendaten generiert sowie Korrelationen zwischen der Solarleistung und der Verbrauchslast in dem betrachteten Gebiet bestimmt. Diese Daten zur solaren Erzeugung dienen als Eingangsinformation für die Netzsimulation im übergeordneten Projekt.

Untersuchungen und Optimierung von Prüf- sowie Testprozeduren zur Qualitätssicherung und Normenharmonisierung an Photovoltaik-Stromrichtern – OPTINOS

Förderkennzeichen: 0327576
Laufzeit: 01.07.2006 – 30.06.2011
Zuwendungssumme: 1.578.327 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
Institutsteil Kassel

IWES hat in dem Zeitraum von Juli 2006 bis Juni 2011 das Projekt Optinos koordiniert, bei dem zahlreiche deutsche PV-Stromrichterhersteller, ein Prüf- und Zertifizierungsinstitut sowie ein Prüfsystem-Hersteller vertreten waren. In Diskussion mit den Industriepartnern hat IWES im Labor erprobte Prüfprozeduren entwickelt, die in nationale und internationale Standardisierungsprozesse eingeflossen sind. Damit hat das Projekt einen wesentlichen Beitrag zur Funktion, Qualitäts- und Leistungssicherung von PV-Systemen beigetragen. Ausführliche Informationen zu den Forschungsergebnissen sind im Abschlussbericht enthalten.

Photovoltaische Inselssysteme mit langlebigen Energiespeichersystemen auf Basis von Blei- und Lithium Ionen Batterien (PILEBI)

Förderkennzeichen: 0327656
Laufzeit: 01.06.2007 – 31.12.2013
Zuwendungssumme: 1.510.585 Euro
Projektpartner: Steca Elektronik GmbH

Um die Attraktivität von solaren Inselssystemen zu erhöhen, beschäftigt sich das Projekt mit der Verbesserung geeigneter Energiespeicher. Im Vordergrund steht die Technologie zur Ladung der Batterien. Die Projektpartner Steca GmbH, Fraunhofer ISE und das Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoffforschung vergleichen dabei unterschiedliche Blei- und Lithium-Batterietechnologien und entwickeln neue Ansätze zur Ladung von Batterien in Solarsystemen. Ergänzend dazu entwickeln sie Prototypen, die als universelle photovoltaische Ladesysteme unterschiedliche Batterietechnologien unterstützen können. Die innovativen Ansätze werden in Labor- und Feldtests mit herkömmlichen Verfahren verglichen.

4.6 ALTERNATIVKONZEPTE

Mit den Mitteln zur Projektförderung des BMU werden auch Alternativkonzepte zu den Wafer- und Dünnschichttechnologien gefördert.

Konzentrierende Photovoltaik

Bei der konzentrierenden Photovoltaik werden hochwertige und teure Solarzellen eingesetzt, die unter konzentriertem Licht so hohe Wirkungsgrade erzielen, dass dadurch Kostenvorteile entstehen.

Die Zellen bestehen in den meisten Fällen aus Verbindungshalbleitern, die übereinander gestapelt werden, so genannte Stapelzellen. Beispiele für geeignete Verbindungen sind Gallium-Indium-Phosphid und Gallium-Arsenid. Die Zellen besitzen durch die unterschiedlichen Elemente unterschiedliche Bandabstände und sind dadurch in der Lage, verschiedene Teile des Farbspektrums der Sonne in elektrische Energie umzuwandeln. So entstehen die hohen Wirkungsgrade dieser Stapelzellen.

Die eigentliche Zellgröße ist oft kleiner als ein Quadratzentimeter. Mit Linsen oder Spiegeln wird das Licht auf diese Punkte konzentriert. Dadurch entsteht eine 500- bis 1.000-fache Konzentration, wodurch ein Zellwirkungsgrad von über 40 Prozent erreicht werden kann. Dadurch, dass wenig Halbleitermaterial verbraucht wird, sollen sich im Endeffekt die Kostenvorteile ergeben. Allerdings ist diese Technologie ausschließlich für Gebiete mit direkter Sonneneinstrahlung geeignet, da sich nur dieses Licht konzentrieren lässt. Südeuropa etwa bietet die richtigen Voraussetzungen. Um die Module optimal einsetzen zu können, müssen sie der Sonne nachgeführt werden, was die Entwicklung hochpräziser Tracker erfordert.

Momentan gibt es viele Unternehmen aus den USA und aus Spanien, die diese Systeme verkaufen. In Deutschland bietet ein Unternehmen konzentrierende Photovoltaik-Systeme. Weltweit stellen mehrere Firmen aus den USA, ein japanisches Unternehmen sowie die deutsche AZUR Space das passende Zellmaterial her, überwiegend die oben beschriebenen III – IV Halbleiter, mit Elementen der dritten und vierten Hauptgruppe. Anfang 2009 hatte das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE) in Freiburg mit 41,1 Prozent Wirkungsgrad den Weltrekord für konzentrierende Photovoltaiksysteme erreicht. Für die Entwicklung ihrer metamorphen Dreifachsolarzelle wurden die Wissenschaftler mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2010 ausgezeichnet, außerdem wurde der Rekord mit dem Preis der „Fondati-

on Louis D“ ausgezeichnet, dem höchst dotierten Wissenschaftspreis Frankreichs. Im Sommer 2009 wurde der Weltrekord von Spectrolab, einem Boeing-Tochterunternehmen in Kalifornien, mit 41,6 Prozent nochmals übertroffen, der aktuelle Rekord liegt bei 43,5 Prozent.

Die Entwicklungsziele für konzentrierende Photovoltaiksysteme, speziell für die industrielle Produktion, liegen bei der Reduktion der Herstellungskosten, gesteigerten Wirkungsgraden sowie Zuverlässigkeit und Langlebigkeit. Auch die nachführenden Tracker müssen zuverlässig funktionieren. Ziel ist es, einen Systemwirkungsgrad von über 25 Prozent zu erreichen.

Neue Forschungsansätze

Es gibt regelmäßig neue Vorschläge zu geeigneten Asorbermaterialien und andersartigen Strukturen, die für Solarzellen genutzt werden könnten. Sollten diese Vorschläge geeignet sein, sich für Leistungsanwendungen nutzen zu lassen und vom Prinzip in den industriellen Maßstab übertragen werden zu können – und können die Antragsteller dieses nachweisen – können auch solche Neuentwicklungen durch Förderungen des BMU unterstützt werden.

Organische Solarzellen

Die Grundlagenforschung zu organischen Solarzellen wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (siehe www.ptj.de/grundlagenforschung-energie2020).

Wirtschaftliche Fertigungsfähigkeit für III-V Konzentratorsolarzellen (WiFerKon)

Förderkennzeichen: 0325125
Laufzeit: 01.05.2009 – 30.04.2012
Zuwendungssumme: 2.797.403 Euro
Projektpartner: AZUR SPACE Solar Power GmbH

Höchsteffiziente GaInP/GaAs/Ge Tripelsolarzellen dominieren seit mehreren Jahren den Weltraummarkt und werden neuerdings auch auf der Erde in Konzentratorsystemen eingesetzt, vorzugsweise in Ländern mit viel direkter Solarstrahlung. Der hohe Wirkungsgrad und die Einsparung von teurem Halbleitermaterial durch Verwendung von vergleichsweise billiger konzentrierender Optik stellen einen effektiven Weg dar, die Kosten für Solarstrom weiter zu senken. Ingenieure und Wissenschaftler von AZUR SPACE in Heilbronn und des Fraunhofer ISE in Freiburg wollen alle Aspekte der Fertigung und Anwendung dieser Konzentrationssolarzellen unter die Lupe nehmen. Ein Ziel ist es u. a., am Ende des Projektes, die kostengünstige Fertigung von Solarzellen mit einem mittleren Wirkungsgrad von über 39 % zu realisieren.

Verbundprojekt: Neuartige Photovoltaik mit „Schwarzem Silizium“ und „Schwarzem Zinkoxid“ (NEPHOS)

Förderkennzeichen: 0325157A; 0325157B; 0325157C
Laufzeit: 01.08.2009 – 31.10.2011
Zuwendungssumme: 851.722 Euro
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI) – Projektgruppe für Faseroptische Sensorsysteme (FS) (Koordinator); Universität Bremen -Fachbereich 1: Physik, Elektro- und Informationstechnik – Institut für Festkörperphysik – Bereich Halbleiteroptik; Technische Universität Clausthal – Energie-Forschungszentrum Niedersachsen

Laserstrukturiertes Schwarzes Silizium mit einem Schwefelemitter wird als neues Ausgangsmaterial für Solarzellen untersucht. Es hat eine besonders hohe Absorption bis weit in den nahen Infrarotbereich hinein. Der theoretisch mögliche Wirkungsgrad auf Basis von Schwarzem Silizium ist somit viel höher als bei herkömmlichen Solarzellen. Zusätzlich wird eine Übertragung der Technik auf andere Ausgangsmaterialien wie Zinkoxid untersucht. Das Projekt wurde mit einem Rekordwirkungsgrad von 4,5 % auf laserstrukturiertem Silizium mit Schwefelemitter abgeschlossen.

KoMGenb – Entwicklung von Konzentratormodulen der nächsten Generation

Förderkennzeichen: 0327567A
 Laufzeit: 01.04.2010 – 31.03.2014
 Zuwendungssumme: 3.041.590 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

In diesem Projekt werden am Fraunhofer ISE neue Konzepte für die photovoltaische Konzentratortechnologie entwickelt. Einerseits wird durch den Einsatz von Spiegeloptiken der Konzentrationsfaktor erhöht. Zudem werden spezielle Solarzellen zur Fertigung einer dicht gepackten, zentralen Empfängereinheit verwendet, welche von der Optik mechanisch getrennt ist. Weiter kann mit einem solchen aktiv gekühlten, zentralen Empfänger zusätzlich die Wärmeenergie genutzt und so der Gesamtwirkungsgrad erhöht werden (CPVT, engl. „concentrating photovoltaic and thermal“ system). Die Konzepte werden im Projekt sowohl technisch als auch ökonomisch evaluiert und bilden die Grundlage für zukünftige photovoltaische Konzentratorsysteme.

Entwicklung der nächsten Generation von FLATCON Konzentratormodulen mit reduzierten Kosten (CPV-Gen2)

Förderkennzeichen: 0327662A
 Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2011
 Zuwendungssumme: 862.620 Euro
 Projektpartner: Soitec Solar GmbH

Die Soitec Solar GmbH ist im Bereich der Konzentratorphotovoltaik (CPV) aktiv. In diesem Projekt wurde mit dem Fraunhofer ISE die simulationsgestützte Entwicklung der nächsten Modulgeneration mit deutlich verringerten Kosten durchgeführt. Hierzu wurde eine umfangreiche Kostenoptimierung durchgeführt, neue Wärmesenken entwickelt und ein Prozess zur Verarbeitung von Solarzellenchips neuer Geometrie etabliert. Ferner wurde ein CPV-Modulflasherprototyp zu einer ausgereiften Qualitätssicherungsanlage weiterentwickelt. Grundlage dafür war die ausführliche Charakterisierung des CPV-Flashers am Fraunhofer ISE. Als dritter Schwerpunkt wurde eine massenfertigungstaugliche Sekundäroptik entwickelt, 100 Module damit hergestellt und auf einem komplett bestückten Nachführsystem im Feldtest evaluiert.

n-i-p CdTe Hochleistungs-Dünnschichtsolarzellen: Wissensbasierte Optimierung der Materialien, Bauelemente und Präparation

Förderkennzeichen: 0329857B
Laufzeit: 01.05.2008 – 31.07.2011
Zuwendungssumme: 1.338.931 Euro
Projektpartner: Technische Universität Darmstadt – FG Oberflächenforschung –
Institut für Materialwissenschaft

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung einer verbesserten CdTe-Dünnschicht-Bauelementstruktur. Die vorgesehene n-i-p-Struktur könnte mit kontrollierter Morphologie, reduzierter Dicke der Absorberschicht und gradierten Heterokontakten die inhärenten Vorteile des Absorbermaterials CdTe voll zur Geltung kommen lassen und damit weitere Wirkungsgradsteigerungen und vereinfachte Produktionsschritte ermöglichen. Durch die Erweiterung des Cluster-Tools (DAISY-SOL) und Aufbau zusätzlicher Charakterisierungsmethoden soll die Abscheidung und Charakterisierung von Puffer-, Absorber und Rückkontaktschichten optimiert werden. Alternative Puffer- und ohmsche p-(hetero)-Kontakte werden evaluiert und die Kontrolle von Nukleation und Wachstum zur Herstellung optimierter Schichtdicken verbessert.

CdTe-CdS-Solarzellen hoher Effizienz für eine verbesserte Modul-Produktionstechnologie

Förderkennzeichen: 0329881A
Laufzeit: 01.09.2008 – 30.04.2013
Zuwendungssumme: 891.000 Euro
Projektpartner: Friedrich-Schiller-Universität Jena – Physikalisch-Astronomische Fakultät –
Institut für Festkörpertheorie und -optik

Dünnschicht-Solarzellen aus Cadmium-Tellurid (CdTe) sind am Photovoltaikmarkt derzeit für den geringsten Preis pro Leistung erhältlich und haben großes Potential zur weiteren Kostensenkung. Die Wirkungsgrade industrieller CdTe-Solarmodule liegen heute bereits über 11 %. Unser Forschungsprojekt hat sich als Ziel gesetzt, die Materialeigenschaften von CdTe besser zu verstehen und sie durch gezielte Dotierung mit bestimmten Fremdmaterialien zu verändern. Theoretische Überlegungen versprechen eine Erhöhung der p-Dotierung und damit der Leitfähigkeit des Materials, so dass die im Labor erreichbaren Wirkungsgrade von derzeit 16 % auf über 20 % gesteigert werden können. Durch die Übertragung der gewonnenen Ergebnisse in die industrielle Produktion wären Modulwirkungsgrade bis zu 15 % realistisch.

5. GEOTHERMIE

Geothermie bezeichnet die Nutzung von Erdwärme, die kontinuierlich durch natürliche Prozesse im Inneren der Erde erzeugt wird, für Nutzwärme oder Stromgewinnung. Das BMU fördert Forschungsprojekte zur tiefen Geothermie, bei der Erdwärme aus geothermischen Reservoiren in Tiefen ab 400 Metern genutzt wird, die mittels Bohrungen erschlossen werden. Während die Geothermie im oberflächennahen Bereich zur direkten Wärmenutzung oder Klimatisierung verwendet wird, ist es möglich, aus der tiefen Geothermie bei Temperaturen ab circa 120 °C Strom zu erzeugen.



Dubletten-Bohrung der Forschungsanlage Groß Schönebeck, Norddeutsches Becken

Je nachdem, wie der Untergrund beschaffen ist, wird die Energie auf verschiedene Arten gewonnen. Die Lagerstätten werden grob in hydrothermale und petrothermale Lagerstätten aufgeteilt. In hydrothermalen Systemen wird das im Untergrund vorhandene Wasser genutzt. Ein Beispiel dafür sind Aquifere, also warm- oder heißwasserführende Grundwasserleiter, die in Tiefen zwischen 2.500 Metern bis 5.000 Metern anzutreffen sind. Sie können direkt Wärme liefern aber auch Wärme beziehungsweise Kälte speichern. Bei petrothermalen Systemen wird die im Gestein gespeicherte Energie genutzt. Als Beispiel für petrothermale Lagerstätten können Hot-Dry-Rock-(HDR) oder Enhanced-Geothermal-Systems (EGS) genannt werden. Sie befinden sich in größeren Tiefen, im

kristallinen Gestein ab etwa 5.000 Metern, das heiße Gestein wird dabei als Wärmetauscher genutzt. Petrothermale Lagerstätten müssen durch Stimulationsmaßnahmen erschlossen werden. Beim sogenannten hydraulic fracturing wird Wasser unter hohem Druck in den Untergrund verpresst, so dass dort kleine Risse entstehen und somit Wegsamkeiten für die Zirkulation von Wasser geschaffen werden. An der Erdoberfläche wird das heiße Wasser dann entweder direkt genutzt oder in geeigneten Kraftwerken wie etwa Organic-Rankine-Cycle- oder Kalina-Anlagen in Strom umgewandelt.

Es gibt in Deutschland drei Regionen, die für die tiefe Geothermie besonders geeignet sind: das norddeutsche Becken, der Oberrheingraben und das süddeutsche Molassebecken. Dort steigt die Temperatur mit zunehmender Tiefe bedeutend stärker an als die durchschnittlich – bei regional variierenden Temperaturgradienten – 3 Kelvin pro 100 Meter in den sonstigen Gebieten. An den genannten drei Standorten werden unterschiedliche Projekte durchgeführt, um die charakteristischen Merkmale der jeweiligen Region und deren Konsequenzen für die tiefe Geothermie zu erforschen. Im norddeutschen Becken etwa herrschen gemäßigte Fließraten und moderate Temperaturen, zudem ist das Thermalwasser zum Teil sehr salzhaltig. Dagegen zeichnet sich



Geothermiekraftwerk Bruchsal

das süddeutsche Molassebecken durch teilweise hohe Fließraten, hohe Temperaturen und einen geringen Salzgehalt aus. Der Oberrheingraben schließlich ist wegen vieler Störungszonen im Untergrund schwerer zu erschließen, bietet aber in Deutschland wegen der hohen Temperaturen und hohen Fließraten die besten Bedingungen für eine wirtschaftliche Nutzung der Geothermie.

Deutschlandweit waren nach Angaben des Bundesverbands Geothermie e.V. (GtV) im Jahr 2011 21 geothermisch versorgte Heizkraftwerke in Betrieb, die über Fernwärmenetze Haushalte, Unternehmen und öffentliche Gebäude mit Wärmeenergie versorgen. Drei Standorte konnten bisher bis zur Stromgewinnung entwickelt werden: Landau (Rheinland-Pfalz, 2007), Unterhaching (Bayern, 2008/2009) und Bruchsal (Baden-Württemberg, 2009). Fünf weitere Geothermieprojekte zur Stromgewinnung sind im Bau: Insheim (Rheinland-Pfalz), Kirchstockach, Kirchweidach und Sauerlach (Bayern) sowie Oberhaching (ebenfalls Bayern, Strom nur als Nebennutzung) – siehe auch www.geotis.de.

Um die Technologie in Zukunft wirtschaftlich einsetzen zu können, müssen die Kosten für die Nutzung der tiefen Geothermie weiter sinken. Die gesamte technologische Wertschöpfungskette innerhalb der Geothermie muss dafür weiter erforscht beziehungsweise optimiert werden. Dazu trägt die Technologieentwicklung in allen Projektphasen bei – in der Planungs- und Explorationsphase, in der Bohr-, Errichtungs- und Bauphase sowie in der Test- und Betriebsphase. Der Forschungs- und Optimierungsbedarf bei Projekten der tiefen Geothermie ist weiterhin hoch, es ist aber eine positive Entwicklung zu erkennen. Zum Beispiel konnten die Bohrarbeiten am Geothermieprojekt im bayrischen Kirchweidach im Dezember 2011 mit sehr guten Fündigkeitsergebnissen abgeschlossen werden.

5.1 PLANUNGS- UND EXPLORATIONSPHASE

Forschungsprojekte, durch die das Fündigkeits- und Erfolgsrisiko von geothermischen Bohrungen verringert werden soll, bilden einen Schwerpunkt der Forschungsförderung des BMU. Zurzeit ist dieses Risiko noch hoch. Projektierern soll durch geeignete Erkundungsmethoden eine bessere Voraussicht darauf ermöglicht werden, welcher Zielhorizont eines Gebiets für eine erfolgreiche Bohrung angesteuert werden muss. Eine zielgenaue Auswahl neuer möglicher Standorte würde die Kosten kalkulierbarer gestalten und somit auf Dauer mehr Projekte ermöglichen.

Die Schwierigkeiten für einen Projektierer werden an den typischen Abläufen deutlich, die im Vorfeld einer geothermischen Bohrung stattfinden. Zunächst wird in der Explorationsphase das Potenzial des Untergrunds ermittelt. In einem ersten Schritt werden Altdaten recherchiert, bevor neue geophysikalische Daten anhand von 2D- und 3D-seismischen Messungen erhoben werden. Anschließend folgt das Abteufen einer Erkundungsbohrung, die bei Erfolg später zur Förder- oder Injektionsbohrung ausgebaut werden kann. Die Finanzierung inklusive Versicherung muss jedoch bereits vor dieser ersten Bohrung geklärt werden. Es müssen Aussagen zu den Reservoireigenschaften getroffen werden, obwohl es noch keine direkten Informationen gibt. Die indirekten Methoden geben zwar einen Eindruck von der Beschaffenheit des Untergrunds, allerdings ist dieser viel komplexer aufgebaut, als durch indirekte Messungen erfasst werden kann. Zum Beispiel müssen existierende Risse und Klüfte nicht immer standfest sein oder können mit erodierten Gesteinen verschmiert sein.



Potenzielles Analog zu Reservoirgesteinen: Buntsandstein Steinbruch Hanbuch bei Neustadt an der Weinstraße

In einem aktuellen Projekt (FKZ 0325302A-D) wird die Frage untersucht, ob und inwiefern die Beschaffenheit des Untergrunds durch Gesteinsanalogien an der Oberfläche vorhergesehen werden kann. An ausgesuchten repräsentativen oberirdischen Gesteinsformationen studieren die Projektpartner Eigenschaften, die sich für die Fündigkeitsprognose als relevant herausstellen könnten. Schon in frühen Explorationsphasen könnte es durch diese Erkenntnisse möglich sein, die richtigen weiteren Erkundungsmethoden auszuwählen. Auch könnten Parameter wie Thermalwassertemperatur, Porosität und Permeabilität in deutlich belastbarer Form erarbeitet werden, als es ohne die Analogstudien möglich wäre.

In einem weiteren Forschungsprojekt (FKZ 0325279A+B) geht es darum, das Potenzial bereits existierender Klüfte als Fluidwegsamkeit für den Vorgang des hydraulic fracturing zu untersuchen. Die bereits vorhandenen Klüfte werden bei den großtechnischen Anwendungen bisher nicht berücksichtigt, könnten jedoch mit genutzt werden, um ein geeignetes Reservoir mit ausreichenden Wegsamkeiten für das Wasser zwischen Injektions- und Förderbohrung zu schaffen. Ebenfalls zu berücksichtigen sind existierende Klüfte beim Einpressen von Wasser, da sie dadurch unbeabsichtigt aktiviert und unkontrolliert wachsen könnten, was zu seismischen Ereignissen führen könnte. In dem Projekt wird zunächst in Laborversuchen der Einfluss des existenten Riss-Kluftnetzwerks auf hydraulisch induzierte Risse systematisch untersucht, anschließend in georissmechanischen Modellen abgebildet und durch numerische Simulation verifiziert. Nach dem Test an in-situ Daten sollen Strategien entwickelt werden, die Stimulation des Untergrunds zu optimieren.

Laut BMU-Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 werden Projekte gefördert, in denen Methoden, Verfahren und Entscheidungshilfen für die Exploration entwickelt werden, um das Erfolgsrisiko zu verringern. Des Weiteren wird die Sammlung und Aufbereitung geologischer, mineralogischer, geo- und petrophysikalischer, geochemischer sowie mikrobiologischer Daten gefördert, die eine umfassende Übersicht geothermischer Daten zum Ziel haben.

Verbundprojekt: Geothermische Charakterisierung von karstig-klüftigen Aquiferen im Großraum München

Förderkennzeichen: 0325013A; 0325013B

Laufzeit: 01.05.2008 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 3.416.522 Euro

Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) (Koordinator);
Bayerisches Landesamt für Umwelt – Referat 107

Der Malm (Oberer Jura) des süddeutschen Molassebeckens ist als Kluft-Karst-Aquifer das bedeutendste hydrothermische Reservoir in Mitteleuropa, sowohl für die Wärmebereitstellung wie für die Erzeugung von elektrischem Strom. Dreizehn in Produktion befindliche oder abgeteufte Dubletten und Tripletten im Großraum München verdeutlichen das große, auch wirtschaftlich nutzbare geothermische Potenzial. Die potenzielle gegenseitige Beeinflussung geothermischer Dubletten und die Erforschung des Zusammenhangs seismischer und hydraulischer Parameter standen im Mittelpunkt des Verbundvorhabens. Die 3D-Seismik Unterhaching, ein 3D-Strukturmodell, ein hydrogeologisches Modell sowie ein 3D-Temperaturmodell bilden die Grundlage für die numerische thermisch-hydraulische Modellierung.

Entwicklung eines Prognosetools zur Unterstützung standardbezogener Aussagen zur Fündigkeit hydrogeothermischer Projekte in Baden-Württemberg

Förderkennzeichen: 0325136

Laufzeit: 01.06.2009 – 31.03.2013

Zuwendungssumme: 292.545 Euro

Projektpartner: Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 5, Referat 54.2

Im Rahmen der Vorbereitung von Geothermieprojekten mit hydrothormaler Wärmeenergienutzung sind die erreichbare Förderrate, die Fördertemperatur sowie Dichte und spezifische Wärmekapazität des heißen, z. T. hochkonzentrierten Tiefenwassers die ausschlaggebenden Kenngrößen. Darüber hinaus sind Informationen über hydrochemische Analysen unverzichtbar, da sie Rückschlüsse auf deren technische Handhabbarkeit unter dem Aspekt Lösung/Fällung zulassen. Im Forschungsvorhaben werden aktuell sämtliche Informationen über den Untergrund zusammengetragen und ausgewertet, insbesondere auch hydraulische Testdaten. Es ist vorgesehen, anhand von Algorithmen ein Prognosetool zur Abschätzung der relevanten Parameter für die baden-württembergischen Teile des Oberrheingrabens und Molassebeckens zu entwickeln.

Entwicklung eines Werkzeuges zur Auslegung von HDR-Risssystemen

Förderkennzeichen: 0325167
 Laufzeit: 01.09.2010 – 31.08.2013
 Zuwendungssumme: 919.142 Euro
 Projektpartner: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen –
 E.ON Energy Research Center – Institute for Applied Geophysics
 and Geothermal Energy

Gegenwärtig werden Anstrengungen unternommen, das hohe Energiepotenzial in trockenen, dichten Gesteinshorizonten in Tiefen bis über 4.000 m nachhaltig und wirtschaftlich nutzbar zu machen (Hot-Dry-Rock-[HDR-]Technologie). Durch Einpressen eines Fluids in eine Bohrung werden Kluftsysteme geweitet bzw. neue aktiviert. Das lokale Spannungsfeld kontrolliert dabei, wie das vorhandene Kluftsysteem auf Stimulationen reagiert und ob ökonomisch ausreichend hohe Durchflussraten erzielt werden. Numerische Werkzeuge zur Planung und Auslegung von HDR-Systemen werden entwickelt bzw. erweitert. Parallel werden im Labor in Gesteinsblöcken bei Variation des Spannungsfeldes Klüfte erzeugt und deren Ausbreitung messtechnisch erfasst. Die Resultate dienen der Verifikation und Weiterentwicklung der Programmcodes.

Verbundprojekt MAGS: Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund, Koordination, EP3 (Echtzeitauswertung induzierter Erdbeben) und EP4 (Seismische Gefährdung)

Förderkennzeichen: 0325191A; 0325191B; 0325191C; 0325191D; 0325191E; 0325191F
 Laufzeit: 01.05.2010 – 30.04.2013
 Zuwendungssumme: 2.329.372 Euro
 Projektpartner: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (Kordinator);
 Karlsruher Institut für Technologie (KIT); LMU München; FU Berlin;
 TU Clausthal - Energie-Forschungszentrum Niedersachsen; Technische
 Universität Bergakademie Freiberg

Im Rahmen des Verbundprojekts MAGS werden Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund entwickelt. Hierzu wird die Seismizität an Nutzungsstandorten der tiefen Geothermie (Oberrheingraben, Molasse) gemessen und charakterisiert. Anschließend soll die seismische Gefährdung berechnet und mit der Gefährdung durch natürliche Erdbeben verglichen werden. Außerdem werden Strategien zur Vermeidung spürbarer Seismizität bei hydraulischer Stimulation und im Zirkulationsbetrieb geothermischer Kraftwerke entwickelt. Schließlich soll MAGS das Prozessverständnis zum Entstehen fluidinduzierter Mikrobeben verbessern.

Verbundprojekt: Ökonomische und ökologische Effizienz tiefegeothermischer Anlagen in Süddeutschland – Untersuchungen zu Betriebserfahrung und Optimierungsansätze

Förderkennzeichen: 0325262A; 0325262B

Laufzeit: 01.03.2011 – 28.02.2014

Zuwendungssumme: 481.934 Euro

Projektpartner: Erdwerk GmbH hydrogeologie geothermie (Koordinator);
Fachhochschule München – Fakultät 05 Versorgungstechnik,
Verfahrenstechnik, Druck- und Medientechnik

Ziel des Projektes ist, an vier Standorten im Süddeutschen Raum die Wirtschaftlichkeit sowie ökologische und energetische Effizienz der Anlagen zu untersuchen. Geothermische Anlagen setzen sich aus einer Reihe von über- und untertägigen Komponenten zusammen, die von verschiedenen, auf die einzelnen Komponenten spezialisierten Planungsbüros möglichst effizient geplant werden. Die Gesamteffizienz einer Anlage zeigt sich jedoch meist erst durch das Zusammenwirken der Komponenten während des Betriebes. Es ist davon auszugehen, dass sich mit gezielten und unter den einzelnen Komponenten abgestimmten Optimierungsmaßnahmen die Gesamteffizienz deutlich steigern lässt. Neben der Aufnahme und Auswertung von Betriebsparametern werden Modellierungen durchgeführt und Optimierungsansätze vorgeschlagen.

Erforschung der Mechanismen und Simulation hydraulisch induzierter Risse in geklüfteten Gesteinen für die Optimierung des Aufschlusses geothermischer Lagerstätten

Förderkennzeichen: 0325279A; 0325279B

Laufzeit: 01.06.2011 – 31.05.2014

Zuwendungssumme: 1.007.896 Euro

Projektpartner: geomecon GmbH (Koordinator); Ruhr-Universität Bochum –
Fakultät für Geowissenschaften – Institut für Geologie,
Mineralogie und Geophysik – Gesteinsphysik

Maßgeblich für den Erfolg eines geothermischen Projektes ist der effiziente Aufschluss der Lagerstätte. Die Lagerstätte wird häufig durch einen hydraulisch induzierten Riss an die Bohrung angeschlossen. Durch einen solchen ‚hydro frac‘ wird das energietragende Fluid der Bohrung zugeführt. In der herkömmlichen Praxis des hydraulic fracturing werden die existenten Risse nicht berücksichtigt. Eine gezielte Vernetzung der Risse würde aber eine Effizienzsteigerung und Reduktion des seismischen Risikos bedeuten. Die Aktivierung der Risse steht im Mittelpunkt der Studie. Aus Laborversuchen werden geomechanische Modelle entwickelt, numerisch verifiziert und an in-situ Daten getestet. Daraus werden Strategien entwickelt, um die Stimulation von geothermischen Lagerstätten zu optimieren.

Identifikation hydraulisch geeigneter Bereiche innerhalb der mesozoischen Sandsteinaquifere in Norddeutschland

Förderkennzeichen: 0325285A; 0325285B

Laufzeit: 01.06.2011 – 31.05.2014

Zuwendungssumme: 587.940 Euro

Projektpartner: Geothermie Neubrandenburg GmbH (Koordinator);
Technische Universität Bergakademie Freiberg – Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau – Institut für Geologie

Gesamtziel des Verbundprojektes (GTN, TUBAF) ist die Minimierung des Erkundungsrisikos bei der Exploration mesozoischer Sandsteinaquifere (Keuper, Jura) zur geothermischen Strom- und Wärmeerzeugung in Norddeutschland. Hierzu wird ein detailliertes Kartenwerk geschaffen. Im Gegensatz zu früheren Arbeiten wird mit Hilfe kombinierter sedimentologisch-fazieller und petrologischer Untersuchungen eine Differenzierung der Sandsteine entsprechend ihrer Ablagerungsbedingungen durchgeführt, was eine Zuordnung der Sandsteine zu „hydraulisch geeignet/nicht geeignet“ ermöglicht. Erste Untersuchungen belegen, dass sich deltaische und fluviatile Rinnensysteme kartieren lassen und dass sich die hydraulischen Eigenschaften, z. B. der „Rinnen“- und „Schichtsand“, deutlich unterscheiden.

Charakterisierung des geothermischen Reservoirpotenzials des Permokarbons in Hessen und Rheinland-Pfalz

Förderkennzeichen: 0325286

Laufzeit: 01.07.2011 – 30.06.2013

Zuwendungssumme: 181.410 Euro

Projektpartner: Technische Universität Darmstadt – Fachbereich Material- und Geowissenschaften – Institut für Angewandte Geowissenschaften

Die Oberkante der 2 km mächtigen aus Sedimentiten und Vulkaniten bestehenden Rotliegend- abfolge liegt im Oberrheingraben in einer Tiefe von 1 bis 3 km. Somit überschreiten die Reservoirtemperaturen 150 °C und erfüllen die Voraussetzung für eine geothermische Strom- erzeugung. Es werden Aufschlussanalogstudien im Saar-Nahe-Becken westlich des Grabens durchgeführt. Sedimentgesteinsproben jeder Formation und Faziestyps werden auf ihre petrophysikalischen Eigenschaften untersucht. Die mittleren Ergebnisse von rund 70 Proben weisen eine Porosität von 13,2 %, Permeabilität von $3,1 \cdot 10^{-15}$ qm und Wärmeleitfähigkeit von $2,2 \text{ W/(m}^{\circ}\text{K)}$ auf. Neben Bohr- und Seismikdaten dienen sie als Eingangsdaten für ein 3D-Reser- voirmodell des nördlichen Oberrheingrabens, das eine belastbare Potenzialausweisung ermöglicht.

Verbundprojekt AuGE: Aufschlussanalogstudien und ihre Anwendbarkeit in der geothermischen Exploration – Entwicklung von Methoden zur Ermittlung von Permeabilitäten und Transmissivitäten aus Reservoir-Informationen des ORG

Förderkennzeichen: 0325302A; 0325302B; 0325302C; 0325302D

Laufzeit: 01.08.2011 – 31.07.2014

Zuwendungssumme: 1.489.343 Euro

Projektpartner: Geothermal Engineering GmbH (Koordinator); Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg - Geozentrum Nordbayern; Georg-August-Universität Göttingen; Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Geothermische Reservoirs zu erschließen, ist eine Herausforderung für alle Beteiligten. Mit Untergrundmodellen werden Förderleistung und -temperatur prognostiziert, die in die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung eines Geothermieprojekts einfließen. Strukturgeologische und lithologische Reservoirseigenschaften wurden bisher überwiegend mit theoretischen Daten modelliert. Mit dem Projekt AuGE sollen aus geologischen Aufschlussanalogien reale Porositäts- und Permeabilitäts-Kenndaten abgeleitet werden, die Kompaktions- und Diageneseprozesse des Reservoirs integrieren. Die Erfahrung zeigt, dass eine Vergleichbarkeit zwischen Aufschluss und Reservoir gegeben ist. So könnten verlässlichere Prognosen zu potenziellen Förderleistungen getroffen werden. Erste Geländeaktivitäten starteten bereits 2011.

Verbundprojekt Seismik im Kristallin: 3D-seismische Messungen im Kristallin unter besonderer Berücksichtigung lithologischer und struktureller Klassifizierungen des geothermischen Reservoirs durch seismische Attributanalysen

Förderkennzeichen: 0325363A; 0325363B; 0325363C

Laufzeit: 01.09.2011 – 31.03.2014

Zuwendungssumme: 5.846.074 Euro

Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) (Koordinator); u. a.

Nach dem Erfolg der seismischen Erkundung geothermischer Reservoirs in Sedimentbecken ist es das Ziel des Forschungsvorhabens, eine entsprechend angepasste seismische Exploration auch für den kristallinen Untergrund weiter zu entwickeln. Das Forschungsobjekt ist ein komplexes Störungssystem bis zu einer Tiefe von 6 km in einem durch den Bergbau gut erschlossenen Gebiet des Westerzgebirges. Der hohen Heterogenität und Inhomogenität des Untergrundes wird durch ein 100 km² großes 3D-seismisches Messgebiet mit einer hohen Datendichte Rechnung getragen. Durch Anpassung der Verfahren der Datenbearbeitung und Interpretation werden die Lage der Störungen und deren Durchlässigkeit analysiert. Projektziel ist eine Aussage über eine mögliche Nutzung des Störungssystems als geothermisches Reservoir.

Entwicklung und Synthese thermosensitiver organisch-chemischer Verbindungen zur Bestimmung der räumlichen und zeitlichen geothermischen Reservoirseigenschaften REAKTHERM

Förderkennzeichen: 0325417

Laufzeit: 01.12.2011 – 30.11.2014

Zuwendungssumme: 665.128 Euro

Projektpartner: Georg-August-Universität Göttingen – Geowissenschaftliches
Zentrum der Universität Göttingen – Abt. Angewandte Geologie

Effizienz und Nachhaltigkeit geothermaler Anlagen sind derzeit heiß diskutierte Themen, denn ihr wirtschaftlicher Erfolg hängt von der Auskühlung der Gesteine im Untergrund ab. Daher ist es Projektziel von Reakttherm, neue Werkzeuge für die Erstellung von Wärmebildern des tiefen Untergrundes zu entwickeln und somit zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit beizutragen. Hierzu werden thermosensitive Tracer (=synthetische Verbindungen) mit entsprechenden Eigenschaften und basierend auf ökologisch unbedenklichen Molekülen entwickelt. Ergänzt werden diese mit Computermodellen. Dies ermöglicht künftig die Berücksichtigung spezieller Standort- und Versuchsbedingungen, wodurch die neu entwickelten Werkzeuge universell einsetzbar werden.

Aufbau eines Internet basierten Informationszentrums für geothermische Energienutzung

Förderkennzeichen: 0327542A

Laufzeit: 01.06.2009 – 31.05.2012

Zuwendungssumme: 1.389.910 Euro

Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Auf der Basis des Geothermischen Informationssystems (GeotIS) wurde ein Internet basiertes Informationszentrum für geothermische Energienutzung aufgebaut. Das System stellt u. a. geothermisch relevante Daten über das Internet unter Wahrung der rechtlichen Rahmenbedingungen zur Verfügung. Auf der kontinuierlich aktualisierten Datengrundlage kann das Fündigkeitsrisiko für geothermische Bohrungen quantitativ bewertet werden. Es stellt somit eine zentrale Entscheidungshilfe für Investoren, Versicherungen und öffentliche Geldgeber dar. Des Weiteren können Daten von bestehenden Geothermieprojekten eingesehen und Energiestatistiken erstellt werden. Das System wird beständig erweitert und soll in Zukunft weitere interessante Regionen und andere geothermische Nutzungssysteme mit einbeziehen.

Fertigung eines Testaggregates auf Basis der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten im Rahmen des Förderprojektes 0327600 (Vorgängerprojekt)

Förderkennzeichen: 0327600A

Laufzeit: 01.08.2010 – 31.07.2013

Zuwendungssumme: 2.433.371 Euro

Projektpartner: Flowserve Hamburg GmbH

Um die Geothermie langfristig „marktfähig“ zu machen, nimmt neben der Bohr- und Kraftwerkstechnik auch die Pumpentechnik eine Schlüsselrolle ein. Den hierfür notwendigen technischen Anforderungen wie Lagertechnik, thermische Ausdehnung, Robustheit, Motorisolation, Material etc. haben wir uns gestellt und im Rahmen des Förderprojektes 0327600 ein Aggregat entwickelt, welches in einer Vielzahl von Prüfläufen im Teststand alle Vorgaben erfüllte. Ziel des Folgeprojektes ist die Fertigung eines Testaggregates im Leistungsbereich > 1.000 kW (rund 130 l/s), welches in einem Geothermieprojekt der bayrischen Molasse unter realen Bedingungen betrieben werden soll. Hierbei stehen der Betrieb bei unterschiedlichen Lastprofilen sowie eine permanente Fernüberwachung des Aggregates im Vordergrund.

Einsatz von 3D-Seismik zur Reduzierung des Fündigkeitsrisikos bei Geothermieprojekten

Förderkennzeichen: 0327630

Laufzeit: 01.11.2006 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 1.670.780 Euro

Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Eine Verminderung des Fündigkeitsrisikos, dem wesentlichen Hemmnis bei der Nutzung der Hydrogeothermie, kann durch den Einsatz seismischer Verfahren erreicht werden. Im Projekt wurde untersucht, ob und wie moderne Techniken (z. B. 3D-Seismik, Analyse seismischer Attribute) übernommen und angepasst werden können. Dafür wurden 3D-Datensätze aus den drei für die Geothermie relevanten Regionen (Molassebecken, Oberrheingraben, Norddeutsches Becken) analysiert. Einzelne Arbeitsschritte waren die Bearbeitung der 3D-Datensätze und Einbeziehen von 2D-Daten, Spezialprocessing für einen Vergleich 2D-/3D-Seismik und spezielle seismische Messungen. Es wurde eine Handlungsanweisung als Handbuch erstellt, um die Vorerkundung qualitativ zu bewerten und das Fündigkeitsrisiko besser einzuschätzen zu können.

Verbundprojekt: Wissenschaftliche und technische Grundlagen für ein strukturgeologisches und hydrogeologisches Modell zur Nutzung des geothermischen Potentials im Großraum München

Förderkennzeichen: 0327671A; 0327671B

Laufzeit: 01.03.2008 – 29.02.2012

Zuwendungssumme: 649.130 Euro

Projektpartner: Freie Universität Berlin – Fachbereich Geowissenschaften –
Institut für Geologische Wissenschaften (Koordinator);
Erdwerk GmbH hydrogeologie geothermie

Ziel des Vorhabens ist die Erarbeitung wissenschaftlicher Grundlagen als Basis für die Erstellung hydrogeologischer und numerischer Modelle sowie technischer Empfehlungen bei der Planung von Projekten zur Erschließung tiefer geothermischer Ressourcen. Die Forschungsergebnisse dienen der Abgrenzung von Erlaubnis- und Bewilligungsfeldern sowie der Reduzierung des Fündigkeitsrisikos. Berücksichtigung finden strukturgeologische Untersuchungsmethoden, Untersuchungen zur Hydraulik karbonatischer Grundwasserleiter sowie die Analyse der Wasserführung tektonischer Elemente. Weiterhin wird mit Hilfe eines Monitorings an ausgewählten Bohrungen die physikalische und chemische Beschaffenheit des Grundwassers untersucht. Ein Schwerpunkt wird hierbei auf die Bewertung der Gasführung (insb. H_2S) gelegt.

5.2 BOHR-/ERRICHTUNGS-/BAUPHASE UND TECHNOLOGIEENTWICKLUNG

Den Hauptteil der Investitionskosten verursachen momentan die Bohrungen. Es ist deswegen erforderlich, dass diese zukünftig kostengünstiger und schneller ablaufen. Das BMU fördert Projekte, in denen die Bohrtechnologie sowie Werkzeuge und Verfahren weiterentwickelt werden, um die Bohr- und Komplettierungskosten zu reduzieren. Außerdem sollen Stimulationsmaßnahmen optimiert und grundwasserverträgliche Stimulanzen entwickelt werden, mit denen Wegsamkeiten im Gestein geschaffen, erhalten oder auch erweitert werden können, etwa durch die Anbindung an natürliche Störungszonen.

Das BMU fördert ebenfalls Projekte, in denen die Komponenten einer Geothermieranlage, insbesondere Pumpen, Filter, Messsysteme und Rohre entwickelt beziehungsweise optimiert werden, welche hitze-, druck- und korrosionsbeständig sind und den typischen geothermischen Bedingungen genügen. Ein weiteres Thema wird in der Weiterentwicklung von Systemen zur Stromerzeugung in geothermischen Kraftwerken, wie Organic-Rankine-Cycle- sowie Kalina-Anlagen und weiteren Anlagen gesehen. Außerdem sollen weitere Untersuchungen stattfinden, um seismische Aktivitäten im Zusammenhang mit der Errichtung und dem Betrieb einer geothermischen Anlage zu verstehen, zu erklären und vorherzusagen.



Geothermie-Kraftwerk in Soultz-sous-Forêts mit Organic-Rankine-Anlage

Zu seismischen Ereignissen kann es prinzipiell kommen, da bei der geothermischen Nutzung des Untergrunds in diesen Untergrund eingegriffen wird. Dort können Spannungen existieren, die durch Eingriffe wie Bohrung und Stimulation gelöst werden. Dadurch kann es letztendlich zu induzierter Seismizität kommen, in der Regel jedoch so schwach, dass es sich lediglich um Mikrobeben handelt. Da es jedoch 2006 im schweizerischen Basel und 2009 in Landau zu spürbaren Beben kam, werden hier verstärkte Forschungsanstrengungen investiert. Experten sind sich einig, dass es sich bei den erwähnten stärkeren Vorfällen um Ausnahmen handelt, bei denen durch die Injektion von Wasser zu hohe Drücke erzeugt worden sind. Mit einer angepassten Betriebsweise der hydraulischen Systeme sei dieser Umstand demnach kontrollierbar, wenn an jedem Standort ein optimiertes Monitoringsystem installiert wird, welches den Zustand des Untergrunds überwacht. Bei Überschreiten einer Grenze können die Arbeiten zurückgefahren beziehungsweise gestoppt werden, damit es zu keinem größeren Beben kommen kann. Monitoringsysteme sind bereits von vielen Bergbehörden vorgeschrieben, sollen aber noch empfindlicher und somit präziser werden.

Konzept, Entwicklung, Fertigung und Test eines innovativen und kostengünstigen Geothermie-Verrohrungssystems

Förderkennzeichen: 0325073
 Laufzeit: 01.01.2009 – 31.03.2013
 Zuwendungssumme: 4.023.626 Euro
 Projektpartner: Baker Hughes INTEQ GmbH

Wesentliches Ziel der Forschungsarbeiten ist die Entwicklung neuartiger Verfahren zur Herstellung von Tiefbohrungen auf Geothermie, die die Gesamtkosten eines Geothermie-Projekts signifikant senken sollen. Bisherige Untersuchungen im Rahmen des Projekts haben gezeigt, dass dazu ein ganzheitlicher Ansatz gewählt werden muss, der insbesondere alternative Verrohrungsschemata, Strategien zur optimierten Bohrlochintegrität sowie einen hohen Automatisierungsgrad beim Bohr- und Verrohrungsprozess beinhaltet. Es wurden unkonventionelle Verrohrungen geplant, die u. a. die in situ-Umformung von Rohren im Bohrloch erfordern, und ebenfalls praktische Labortests durchgeführt. Hiermit erzielbare Einsparungen wurden im Vergleich zu synthetischen und tatsächlichen Bohrungen in Deutschland ermittelt.

PIPE EXPRESSTM) – Entwicklung eines Systems zur halboffenen Verlegung von Erdwärmeleitungen

Förderkennzeichen: 0325076

Laufzeit: 01.09.2008 – 30.04.2012

Zuwendungssumme: 1.866.709 Euro

Projektpartner: HERRENKNECHT AKTIENGESELLSCHAFT – Business Unit Utility Tunneling

Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer neuen technischen Lösung in der Verletechnik von Verbindungsleitungen zwischen Erdwärmebohrungen. Die hierzu entwickelte Verletechnologie lässt sich ebenso für die Verlegung von Fern- und Nahwärmetrassen einsetzen. Diese Trassen sind nicht nur speziell für den Einsatz bei der Anbindung von Geothermiekraftwerken einsetzbar, sondern ermöglichen auch die kostengünstige Anbindung anderer erneuerbarer Energien, die Wärme produzieren, wie z. B. Biomasseanlagen. Mit dieser Forschungs- und Entwicklungsarbeit werden verschiedene Fragestellungen der Versorgungs- und Vortriebstechnik angesprochen und so weitere Entwicklungen und Verbesserungen für kostengünstige Verlegesysteme in der Zukunft angestoßen.

Geothermische Horizonte – Untersuchung von weiteren Zielhorizonten für die geothermische Nutzung an der Bohrung GeneSys GT1, Hannover, und Methodenentwicklung für die Charakterisierung geothermischer Reservoirs

Förderkennzeichen: 0325097

Laufzeit: 01.12.2008 – 30.09.2012

Zuwendungssumme: 2.060.974 Euro

Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

In dem Vorhaben sollen durch geophysikalische und hydraulische Verfahren während und nach der Abteufung der Bohrung GeneSys GT1 in Hannover potenzielle Zielhorizonte für die geothermische Nutzung untersucht werden, die jedoch nicht Bestandteil des Konzepts für das Demonstrationsprojekt GeneSys Hannover sind. Ferner soll an dieser Bohrung die Methodik der NMR-Messungen (kernmagnetische Resonanzspektroskopie) weiter entwickelt werden, um perspektivisch eine zuverlässige Prognose der hydraulischen Durchlässigkeit von Gesteinsschichten allein aufgrund von Untersuchungen am Bohrklein (Cuttings) zu ermöglichen. Zudem sollen seismische Verfahren untersucht und weiter entwickelt werden, um Gesteinsparameter ablesen zu können, die speziell für die Geothermie von Interesse sind.

Konzept, Entwicklung, Fertigung und Test optimierter Förderpumpen für die Geothermie in Deutschland

Förderkennzeichen: 0325105
Laufzeit: 01.01.2009 – 31.12.2012
Zuwendungssumme: 3.913.766 Euro
Projektpartner: Baker Hughes INTEQ GmbH

Ziel des Projektes ist die Bereitstellung zuverlässiger Tauchpumpen für geothermale Anwendungen. Baker Hughes entwickelt solche Pumpensysteme inklusive Frequenzumrichter, Kabel und Untertage-Sensoren. Die für hydrothermale Anwendungen entwickelten „Hochvolumenpumpen“ kommen bereits im Geothermie-Kraftwerk Unterhaching zum Einsatz. Dort gewonnene Erkenntnisse fließen in die Konstruktion sowie die Betriebsbedingungen der Pumpen ein. Um diese Pumpen unter verschärften Bedingungen testen zu können, wurde in Celle ein Hochtemperatur-Teststand errichtet. Dort können die bis zu 40 m langen Pumpen mit max. 2 MW Wellenleistung dauerhaft bei max. 190 °C betrieben werden. Auch der eigens für diese Pumpen entwickelte 8 kV-Frequenzumrichter kann hier voll belastet und seine Effizienz optimiert werden.

Gasgeochemische Untersuchungen als Grundlage zur Bestimmung von Gas- und Mineralgleichgewichten in Geothermischen Anlagen

Förderkennzeichen: 0325161
Laufzeit: 01.08.2009 – 31.01.2012
Zuwendungssumme: 90.788 Euro
Projektpartner: BWG Boden Wasser Gesundheit Gesellschaft des bürgerlichen Rechts

Parallel zu Vor-Ort Entgasungen mit einem mobilen Entgaser können neu konzipierte Druckbehälter bei T bis 180 °C und p bis 40 bar mit Fluid auch unter schwierigen Anlagenverhältnissen befüllt werden. Im Labor erfolgt die Entgasung der Proben unter kontrollierten p- und T-Bedingungen. Die anfänglich beobachteten geringen Gasverluste während des Transportes konnten auf eine lokal begrenzte Korrosion an den Edelstahlventilen zurückgeführt werden. Durch Test verschiedener Schließmechanismen ist nun eine Lagerung der Proben bis mindestens 4 Tage ohne Druckverlust möglich. Gasuntersuchungen erfolgten an verschiedenen geothermischen Anlagen (je 2 Anlagen im NDB, im ORG und im Molassebecken). Die Ergebnisse beider Messmethoden ergab eine gute Übereinstimmung.

Verbundprojekt NanoCoating: Nanodiamant mit integrierter optischer Sensorik zum Schutz vor Korrosion und Scaling sowie Entwicklung technisch-normativer Planungs- und Service-Guidelines für Geothermieranlagen

Förderkennzeichen: 0325190A; 0325190B; 0325190C

Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013

Zuwendungssumme: 1.194.935 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP) – Standort Dresden (Koordinator); Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.; VETCO COATING GmbH – Abt. Labor

Korrosion und Abscheidungen im Rohrleitungs- und Pumpensystem geothermischer Anlagen können eine kontinuierliche Energienutzung verhindern. Die an sehr unterschiedlichen Werkstoffen auftretende Korrosion erfordert für die kilometerlangen unterirdischen Komponenten einen allgemein anwendbaren, sicheren und langzeitstabilen Korrosionsschutz einschließlich einer spezifischen Online-Sensorik. Im hier dargestellten Projekt wird dazu auf den inneren Oberflächen der Anlagen eine innovative festhaftende Schutzschicht aus chemisch aktiviertem Nanodiamant (CaNDiT) aufgebracht. Darüber hinaus werden Auswahlrichtlinien für die eingesetzten Werkstoffe und ein Leitfaden zur Anlagenwartung erarbeitet.

Entwicklung eines untätigen Druckhalteventils für den Thermalwasserkreislauf zur Vermeidung oder Verminderung von Ausgasungen und Ablagerungen.

Förderkennzeichen: 0325198A; 0325198B

Laufzeit: 01.08.2010 – 30.04.2013

Zuwendungssumme: 361.092 Euro

Projektpartner: gec-co Global Engineering & Consulting – Company GmbH (Koordinator); Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg – Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik (IPAT)

Ausfällungen von gelösten Substanzen wie Salze, Gase und metallische Verbindungen sollten in geothermischen Kraftwerken möglichst vermieden werden. Im schlimmsten Fall verstopfen solche Ausfällungen Leitungen und andere Bauteile. Indem der Druck im Thermalwasserkreislauf konstant gehalten wird, können die Stoffe in Lösung gehalten werden. Zusammen mit der FAU Nürnberg-Erlangen arbeitet die gec-co GmbH in einem Forschungsprojekt an der Entwicklung eines neuartigen Druckhalteventils. Dieses Ventil soll unterhalb des Wasserspiegels der Re-Injektionsbohrung eingesetzt werden. In einer Tiefe von ca. 100 m unter dem Ruhewasserspiegel sind die Bedingungen besonders günstig, da das Thermalwasser direkt hinter dem Ventil einem Druck ausgesetzt wird, der Ausgasungen und Ausfällungen verhindert.

Qualifizierung geothermischer Technologie – Integration von Untertage- und Übertagesystemen

Förderkennzeichen: 0325217

Laufzeit: 01.09.2010 – 31.08.2013

Zuwendungssumme: 1.934.750 Euro

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ –
Internationales Geothermiezentrum

Geothermische Technologie umfasst Exploration, bohrtechnische Erschließung, Reservoiengineering, Systemkomplettierung, Betrieb des Thermalwasserkreislaufes und Wandlung der Wärme in die jeweilige Nutzenergie. Effiziente geothermische Energiebereitstellung hängt von dem Zusammenwirken dieser Elemente ab und ist die Basis für eine großtechnische Nutzung. Im Projekt werden die Kopplung der Prozesse untertage und übertage untersucht und neue Ansätze für verbesserte Systemeffizienz entwickelt. Die Forschungsplattform Groß Schönebeck ermöglicht mit der Inbetriebnahme des Thermalwasser- und Kraftwerkskreislaufes sowie der Korrosionsteststrecke die Betrachtung und Qualifizierung aller Komponenten des Gesamtsystems unter den spezifischen geothermalen in situ Bedingungen sedimentärer Lagerstätten.

Entwicklung eines Diagnose- und Überwachungssystems für Spülpumpen und Bohranlagen, sowie die Entwicklung nachhaltiger Pulsationsdämpfersysteme und der Erarbeitung von Grundlagen für bessere Planungssicherheit für zukünftige Bohranlagen

Förderkennzeichen: 0325225A; 0325225B; 0325225C

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013

Zuwendungssumme: 646.567 Euro

Projektpartner: Herrenknecht Vertical GmbH (Koordinator);
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg – Lehrstuhl für
Prozessmaschinen und Anlagentechnik (iPAT); Schäfer und Urbach GmbH

Der Einsatz von Verdrängerpumpen in Tiefbohranlagen hat sich in den letzten Jahren bewährt. Die Bohrlochsicherheit hängt in erster Linie von einem funktionierenden Spülkreislauf ab. Um einen unvorhersehbaren Ausfall von Spülpumpen zu vermeiden, soll die Studie zunächst untersuchen, inwieweit sich eine Früherkennung von Verschleiß und eine Ankündigung von Störfällen automatisch diagnostizieren lassen. Darüber hinaus soll geprüft werden, ob es durch Änderung des Verfahrens der druckseitigen Pulsationsdämpfung an den Spülpumpen möglich wird, diese für einen größeren Betriebsbereich zu optimieren. Insgesamt sollen zur Steigerung der Zuverlässigkeit für die gesamte Tiefbohranlage Grundlagen zur sicheren Auslegung der Spülpumpen erarbeitet und ein Gesamtdiagnosesystem entwickelt werden.

Verbundprojekt SPWD – BUSData: Seismic Prediction While Drilling – Bring Up Seismic Data

Förderkennzeichen: 0325246A; 0325246B; 0325246C

Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 1.317.341 Euro

Projektpartner: GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) – Sektion wissenschaftliches Bohren (Koordinator); Technische Universität Bergakademie Freiberg – Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau – Institut für Bohrtechnik und Fluidbergbau; Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI)

Für die unmittelbare Auswertung von seismischen Bohrlochmessdaten ist eine schnelle und sichere Datenübertragung während des Bohrbetriebes eine notwendige Voraussetzung. Dadurch können geologische Störungen früher erkannt werden und eine rechtzeitige Anpassung der Bohrrichtung wird ermöglicht. Im Rahmen des Projektes SPWD-BUSData soll die Machbarkeit einer kabellosen, praxistauglichen und schnellen Übertragung von seismischen Daten in Geothermiebohrungen überprüft werden. Die Daten sollen dabei unter Verwendung modernster nachrichtentechnischer Methoden mittels akustischer Wellen entlang des Bohrgestänges übertragen werden. Als akustische Quellen werden magnetostriktive Vibratoren mit hoher Sendeleistung eingesetzt.

Untersuchung der Machbarkeit des Zweischichtverfahrens zum Aufbau einer netzgebundenen Wärmeversorgung in bestehenden dezentralen Infrastrukturen im Norddeutschen Becken

Förderkennzeichen: 0325247

Laufzeit: 01.09.2011 – 30.06.2013

Zuwendungssumme: 300.685 Euro

Projektpartner: DISA energy GmbH

Im Rahmen von geothermischen Bohrungsarbeiten am Standort „Kaiserbäder Usedom“ werden Untersuchungen vorgenommen, die über das normale Maß einer Dublettenerstellung hinausgehen und die Problematik des Zweischichtverfahrens behandeln. Ob dieses Verfahren am Standort einsetzbar ist, soll während der Untersuchungen geklärt werden. Dafür ist es notwendig, die Auswirkungen des Verfahrens auf die übertägige Netzgestaltung sowie die Bewertung seiner Potenziale mit Blick auf die Ablösung bestehender dezentraler Wärmeversorgungsstrukturen durch optimale geothermische Niedertemperaturnetze vorzunehmen. Schwerpunkt werden die Untersuchungen und die Optimierung des Netzbetriebes im Rahmen des Zweischichtverfahrens sein.

Verbundvorhaben: Entwicklung und Erprobung eines EIV-Bohrkopfes für Tiefengeothermie (Elektro-Impuls-Verfahren)

Förderkennzeichen: 0325253A; 0325253B; 0325253C

Laufzeit: 01.11.2010 – 31.10.2013

Zuwendungssumme: 1.680.375 Euro

Projektpartner: Technische Universität Dresden – Fakultät Maschinenwesen –
Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile Arbeitsmaschinen –
Professur für Baumaschinen- und Fördertechnik (Koordinator);
Thomas Werner Industrielle Elektronik; Bauer Maschinen GmbH

Die Kosten tiefer Geothermieprojekte sind eng mit der verfügbaren Bohrtechnologie verbunden. Konventionelle Bohrmeißel bohren im Hartgestein sehr langsam und verschleifen schnell. Das Elektro-Impuls-Verfahren (EIV) löst das Gestein nahezu verschleißfrei durch elektrische Entladungen. Das Ziel des Vorhabens ist es, einen EIV-Bohrkopf (Impulsquelle und Elektroden) zu entwickeln und umzusetzen. Mit ihm werden experimentelle Untersuchungen unter bohrloch-ähnlichen Bedingungen durchgeführt, um dessen Leistungsfähigkeit aufzuzeigen. Dazu gehört der Nachweis einer stabilen Funktion und einer entsprechenden Bohrgeschwindigkeit bei einer Bohrung im Hartgestein mit einer Hochtemperaturspülung. Mit den gewonnenen Erkenntnissen wird eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt.

Entwicklung einer modular aufgebauten Kalina oder ORC-Anlage zur geothermischen Stromerzeugung

Förderkennzeichen: 0325263

Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2013

Zuwendungssumme: 965.728 Euro

Projektpartner: Exorka GmbH

Mittels Kalina- und ORC-Kraftwerkstechnologie wird derzeit geothermische Energie in Strom und Wärme umgewandelt. Jedes Kraftwerk zeichnet sich jedoch durch eine mehr oder weniger komplett eigenständige Berechnung und Planung aus – standardisierte Verfahren bei Planung und Bau sowie ein hoher Vorfertigungsgrad haben noch keinen Einzug gehalten. Daraus resultieren neben hohen Planungs- und Baukosten auch eine relativ lange Bauzeit mit entsprechend langer Finanzierungsphase sowie lange Stillstandszeiten bei Revisionsarbeiten. Ziel des Forschungsprojekts ist die Optimierung der vorgenannten Phasen – standardisierte Vorkonzeption des Kraftwerks, standardisierte Planung, standardisierter Bau mit entsprechend hohem Vorfertigungsgrad einzelner Module und damit Zeit- und Kostenreduzierung.

Geothermie Allgäu 2.0 – Stimulationsexperiment im Malmkalk in einer tiefen Geothermiebohrung in Mauerstetten

Förderkennzeichen: 0325267A; 0325267B; 0325267C

Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 2.453.130 Euro

Projektpartner: Exorka GmbH (Koordinator);
Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ;
Technische Universität Bergakademie Freiberg – Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau – Institut für Geotechnik

Um das geothermische Potenzial auch bei undurchlässigen oder nur sehr gering durchlässigen Malmkalken zu erschließen, ist der Einsatz diverser Stimulationsmaßnahmen in der bayerischen Molasse zu untersuchen. Zu diesem Zweck wird von der TU Bergakademie Freiberg und dem Geoforschungszentrum Potsdam ein Testprogramm ausgearbeitet, welches an der im Jahr 2008 abgeteuften Bohrung in Mauerstetten in einem eigentlich hydrothermalen aber dennoch fast undurchlässigen Reservoir die Stimulierbarkeit und die Stimulationsmöglichkeiten untersuchen und darlegen soll. Begleitend zur vorgenannten Testreihe wird im Rahmen eines Kommunikationskonzepts die Öffentlichkeit bereits im Vorfeld und auch während der Versuche mit Informationen versorgt.

Optimierung der Stromerzeugung mit ausgekoppelter Wärmeerzeugung aus Geothermieranlagen in Deutschland

Förderkennzeichen: 0327596

Laufzeit: 01.09.2006 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 199.341 Euro

Projektpartner: Technische Universität Hamburg-Harburg – Maschinenbau –
Institut für Energietechnik

Der wirtschaftliche Einsatz der Geothermie zur Stromerzeugung bedarf neben der Lösung der Probleme bei der Erschließung geothermischer Ressourcen auch einer Optimierung der Kraftwerksprozesse. Das Forschungsvorhaben beschäftigt sich mit Kraftwerksprozessen zur Stromerzeugung aus Geothermie für die in Deutschland vorliegenden Bedingungen. Durch Simulationen werden Optimierungen für Prozessschaltungen und Arbeitsmittel unter Berücksichtigung des elektrischen Eigenbedarfes der Gesamtanlage und der Randbedingungen einer gleichzeitigen Erzeugung von Strom und Wärme durchgeführt. Die Untersuchung liefert Bewertungen der Kraftwerksprozesse und der optimierten Schaltungen hinsichtlich eines energetisch sinnvollen und wirtschaftlichen Einsatzes der Geothermie zur Stromerzeugung in Deutschland.

Verbundprojekt: (Seismic) Prediction While Drilling (S) PWD-Entwicklung einer Messeinrichtung zur vorausschauenden Erkundung beim Bohren

Förderkennzeichen: 0327683A; 0327683B
 Laufzeit: 01.06.2007 – 31.03.2012
 Zuwendungssumme: 2.190.027 Euro
 Projektpartner: GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ) –
 Sektion wissenschaftliches Bohren (Koordinator);
 Herrenknecht Vertical GmbH

Bohrlochseismische Verfahren sind für die Erkundung geothermaler Reservoirs von großer Bedeutung, da nur sie über die notwendige Auflösung für die Exploration von geringmächtigen, hydraulisch aktiven Schichten oder Störzonen verfügen. Das Projekt SPWD entwickelt ein Bohrlochmesssystem zur Vorauserkundung, das die seismischen Quellen und Empfänger in einem Gerät vereint und damit unabhängig von der Einsattztiefe eine Strukturerkundung im Meter-Bereich ermöglicht. Ein erstes Modell einer kabelbasierten Bohrlochsonde steht vor seiner Fertigstellung und wird in zwei Bohrungen im Vergleich mit konventionellen Bohrlochmessverfahren zum Einsatz kommen. Perspektivisch soll SPWD als System für einen Einsatz in einem bis zu fünf Kilometer langen Bohrstrang weiterentwickelt werden.

5.3 TEST- UND BETRIEBSPHASE

Der Betrieb fertig gestellter Anlagen muss effizient, wartungsarm und zuverlässig funktionieren. Nicht zuletzt müssen durch Forschungsprojekte die Grundlagen dafür geschaffen werden, dass die Geothermie überall einsetzbar ist. Die Bedingungen für eingesetzte Materialien sind bei den sehr salzhaltigen Wässern, niedrigen pH-Werten und hohen Temperaturen schwierig, durch Forschung und Entwicklung wird daran gearbeitet, die Komponenten einer geothermischen Anlage entsprechend anzupassen.

Das BMU fördert unter anderem die Entwicklung von Verfahren zum Schutz vor Scaling und Korrosion. Korrosion etwa ist problematisch, da einerseits das Material schneller verschleißt, andererseits Partikel freigesetzt werden, die in den Anlagen zu Ablagerungen und Abrieb führen. Dadurch werden Funktionalität und Betriebssicherheit von Anlagenkomponenten wie Pumpen und Wärmetauschern beeinträchtigt, die Wartungsarbeiten sind aufwendig und teuer.

In einem Projekt an der Geothermie-Forschungsplattform in Groß Schönebeck in Brandenburg werden die Korrosionserscheinungen über einen längeren Zeitraum sowohl im Labor als auch in-situ untersucht, um die verwendeten



Probekammern an der Korrosionsteststrecke in Groß Schönebeck

Materialien entsprechend optimieren zu können (FKZ 0325069A-C). Die gewonnenen Erkenntnisse sollen in die industrielle Anwendung und auf andere Standorte in Deutschland übertragen werden. Eines der Ziele ist ein regionaler, fluidspezifischer Materialeinsatzkatalog unter ökonomischen Gesichtspunkten.

Ebenfalls durch das BMU gefördert werden Projekte, in denen Monitoring-Systeme entwickelt werden, um die gesamte Anlage sowie einzelne Komponenten technisch zu überwachen. Störungen sollen frühzeitig detektiert und Standzeiten reduziert werden, um den Betrieb der Anlage zu optimieren und die Wirtschaftlichkeit der Anlage zu erhöhen. Ein weiteres Forschungsthema ist die Entwicklung von Methoden, mit denen schwach- bis mittelradioaktive Rückstände aus dem Betrieb geothermischer Anlagen vermieden, immobilisiert oder auch entsorgt werden können. Zuletzt werden auch Forschungsprojekte gefördert, in denen die Auswirkung des Betriebs geothermischer Anlagen auf das Grundwasser untersucht wird. Das Ziel liegt darin, mögliche Beeinträchtigungen zu reduzieren beziehungsweise zu verhindern.

Monitoring des Aquifers und der Maschinentechnik nach der Kapazitätserweiterung durch leistungsstärkere Pumpe (Prototyp) und Nebenanlagen

Förderkennzeichen: 0325041A
 Laufzeit: 01.02.2011 – 31.03.2013
 Zuwendungssumme: 564.533 Euro
 Projektpartner: Geothermie Unterhaching GmbH & Co. KG

Im Thermalwasserkreislauf einer geothermischen Dublette im Malm der bayerischen Molasse wurden bisher dauerhaft keine Zirkulationsraten > 120 l/s realisiert. Die geothermische Kraft-Wärme-Kopplungsanlage in Unterhaching ist die bisher größte und erste ihrer Art, die dieses Niveau erreichte. Darüber hinaus gehende deutlich höhere Volumenströme machen einen besonderen technischen und innovativen Aufwand erforderlich und es ist mit unerwarteten technischen Anforderungen und Betriebsverhalten der Förderpumpe und ihrer Peripherie, der Obertageanlage, den Bohrungen sowie im bohrlochnahen Aquifer zu rechnen. Höhere Förderraten sind für die Tiefengeothermie jedoch von großer Bedeutung, wofür die hier geplanten Untersuchung in Unterhaching erste belastbare Ergebnisse liefern sollen.

Verbundprojekte: Langzeitkorrosionsuntersuchungen und -monitoring in salinarem Thermalwasser

Förderkennzeichen: 0325069A; 0325069B; 0325069C

Laufzeit: 01.08.2008 – 29.02.2012

Zuwendungssumme: 2.473.087 Euro

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ – Internationales Geothermiezentrum (Koordinator); Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) – Abt. VI – Fachgruppe VI.1 – Korrosion und Korrosionsschutz; Schmidt + Clemens Edelstahlwerk Kaiserau

Die hohe Salinität geothermaler Fluide kann zur Korrosion in geothermischen Anlagen und damit zu massiven Beeinträchtigungen des Betriebs führen. Um eine standortgeeignete Werkstoffauswahl treffen zu können, werden in Groß Schönebeck Untersuchungen zur Materialqualifizierung durchgeführt. In einer Teststrecke wird die Korrosionsbeständigkeit metallischer Werkstoffe unter in situ Bedingungen anhand elektrochemischer Messungen untersucht. Rohrleitungen, Materialcoupons, Sensoren und ein Wärmetauscher sind in den obertägigen Thermalwasserkreislauf integriert und liefern zeitabhängige Informationen über den Korrosionsprozess. Im Ergebnis soll ein fluidspezifischer Materialeinsatzkatalog Empfehlungen für zuverlässige wartungsarme Anlagenkomponenten geben.

Nachhaltige Produktion und Injektion von Thermalwasser der tiefen sedimentären geothermischen Lagerstätten in Groß Schönebeck

Förderkennzeichen: 0325088

Laufzeit: 01.10.2008 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 3.464.418 Euro

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ – Internationales Geothermiezentrum

Am Referenzstandort Groß Schönebeck werden nach der Stimulation und Produktivitätssteigerung der Bohrungsdublette Förder- und Injektionsarbeiten durchgeführt. Das Kommunikationsexperiment liefert Aussagen zur nachhaltigen Nutzung von Thermalwässern aus tiefen sedimentären Lagerstätten. Dabei werden Leistungskriterien wie Produktivität und Injektivität, Druck und Temperatur im Reservoir gemessen. Untersuchungen zur chemischen Zusammensetzung des Thermalwassers und zur Abschätzung des beteiligten Reservoirvolumens sowie zu verfahrenstechnischen Fragestellungen wie Material- und Komponentenverhalten werden durchgeführt. Anhand der Ergebnisse kann die Machbarkeit der geothermischen Nutzung stimulierter Lagerstätten des Norddeutschen Beckens besser abgeschätzt werden.

Verbundprojekt LOGRO: Langzeitbetrieb und Optimierung eines Geothermiekraftwerks in einem geklüftet-porösen Reservoir im Oberrheingraben

Förderkennzeichen: 0325111A; 0325111B; 0325111C

Laufzeit: 01.01.2009 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 1.016.138 Euro

Projektpartner: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften – Geologisches Institut – Lehrstuhl für Angewandte Geologie (Koordinator); Georg-August-Universität Göttingen – Fakultät für Geowissenschaften und Geographie – Geowissenschaftliches Zentrum – Angewandte Geologie; European Institute for Energy Research – IfER, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

LOGRO ist ein gemeinschaftlich durch das Bundesministerium für Umwelt- und Reaktorsicherheit (BMU) und die EnBW Energie Baden-Württemberg AG gefördertes Verbundprojekt, in dem gezielt die Wechselwirkungen zwischen einem komplexen hydrothermalen Georeservoir und dem Langzeit-Kraftwerksbetrieb untersucht werden. Begleitende geowissenschaftliche Untersuchungen und Prozessquantifizierungen sollen der Schlüssel zu einer qualifizierten Reservoircharakterisierung und nachhaltigen thermischen Bewirtschaftung des Untergrunds sein. Das Untersuchungsprogramm konzentriert sich auf hydraulische, thermische, mechanische und chemische Prozesse im Untergrund mit einer Optimierung der Kraftwerksprozesse in Bezug auf Wechselwirkungen zwischen Reservoir und Stromerzeugungsanlage unter ökonomischen Kriterien.

Gewinnung geothermischer Energie durch Entwicklung und Zirkulation eines Störungssystems im Kristallin und deren mikroseismische Überwachung am Beispiel des Geothermieprojektes Insheim

Förderkennzeichen: 0325158

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.10.2012

Zuwendungssumme: 638.270 Euro

Projektpartner: BESTEC GmbH

Die Pfalzwerke geofuture GmbH beabsichtigt, in Insheim das zweite industriell betriebene Geothermiekraftwerk im Oberrheingraben zu errichten. Die Bedingungen für die Förderung von Erdwärme sind hier besonders vorteilhaft: In 3.800 m Tiefe wurde Wasser mit einer Temperatur von mehr als 160 °C vorgefunden. Für die geplante Geothermieanlage wurden in 2009 und 2010 hydraulische Untersuchungen in den zwei vorhandenen Tiefbohrungen durchgeführt. Ziel der Tests war es, die Bohrungen optimal für die sichere, saubere und grundlastfähige Energiegewinnung vorzubereiten. In 2011 wurde mit dem Bau des Kraftwerks begonnen, das voraussichtlich im Sommer 2012 mit einer elektrischen Leistung von mehr als 4 MW in Betrieb gehen wird, um rechnerisch rund 8.000 Haushalte mit elektrischer Energie zu versorgen.

Test und Probetrieb des HDR Kraftwerks Soultz

Förderkennzeichen: 0325159
Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012
Zuwendungssumme: 2.439.484 Euro
Projektpartner: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Im Jahr 2008 wurde in Soultz-sous-Fôrets eine ORC-Kraftwerksanlage mit einer Leistung von 1,5 MW elektrisch errichtet. Die aktuelle Phase von September 2009 bis Ende August 2012 dient der wissenschaftlichen Langzeitbegleitung und der Optimierung des Kraftwerkbetriebes. Durch hydraulisches, thermisches, chemisches und seismisches Reservoirmonitoring werden Daten generiert, um ein aussagekräftiges Reservoirmodell zu erstellen und Prognosen für den Langzeitbetrieb abzuleiten. Ziel ist die Optimierung der Energieausbeute durch das Anpassen der Zirkulationsregime in den Reservoirs. In den Jahren 2010 und 2011 wurde die Stromproduktion durch Heißwasserförderung aus einer Bohrung (GPK2) realisiert. Für 2012 ist eine Erhöhung der Förderrate aus der GPK2 von bisher max. 25 l/s auf 35 l/s geplant.

Untersuchung der Kinetik von Barytausfällungen aus Geothermalwasser unter dem Einfluss von Scherung und verschiedenen typischen Wärmetauscher-Geometrien

Förderkennzeichen: 0325160
Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2011
Zuwendungssumme: 471.770 Euro
Projektpartner: Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Institut für Kern- und Energietechnik (IKET)

In Geothermieranlagen können Mineralausfällungen zu Verstopfungen führen. Baryt nimmt unter den Ausfällungen eine Sonderstellung ein, da es aus konzentrierten Salzlösungen verzögert ausfällt und nur schwer mit einfachen Mitteln (z. B. Ansäuern) wieder gelöst werden kann. Untersuchungen zeigten einen Einfluss der Bewegung der Lösung auf die Fällungsgeschwindigkeit. In einer Ringspalt-Apparatur wurde diese Abhängigkeit genauer untersucht, ebenso wie in Laborexperimenten die Bildung von Ba-Sr-Mischkristallen. Es wurden typische Geometrien von Wärmetauschern identifiziert und mit Hilfe von fluiddynamischen Rechnungen hinsichtlich der Ablagerungswahrscheinlichkeit untersucht. Zum Vergleich mit den Rechnungen wurde ein Experiment in einer Anlage mit typischen Geometrien durchgeführt.

Scaling und Ausgasung in Geothermieranlagen – Einflussfaktoren, Kinetik, Inhibitoren und technische Maßnahmen

Förderkennzeichen: 0325160A

Laufzeit: 01.12.2011 – 30.11.2015

Zuwendungssumme: 1.757.886 Euro

Projektpartner: Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Institut für Kern- und Energietechnik (IKET)

Dieses Vorhaben schließt an das Projekt FKZ 0325160 an. Die Arbeiten haben das Ziel, den Einfluss verschiedener Parameter auf Scaling und Ausgasung in Geothermieranlagen zu quantifizieren. Dazu gehören: Temperatur, Druck, Schergeschwindigkeit, chemische Zusammensetzung und Übersättigung, Zusatz organischer Stoffe und Beschichtungen. Mit Kenntnis dieser Abhängigkeiten kann der Anlagenbetreiber durch gezielte Variation der Parameter zum einen Ausfällungen reduzieren oder in unkritische Bereiche abdrängen und zum anderen die Anlage dichter an der Entgasungsgrenze fahren. Beides spart Betriebs- und Reinigungskosten, sorgt für einen stabilen Anlagebetrieb sowie längere Anlagenlaufzeiten und erhöht dadurch insgesamt die energetische Ausbeute von Geothermiekraftwerken.

Untersuchungen zum Umgang mit natürlicher Radioaktivität bei tiefer Geothermie

Förderkennzeichen: 0325166

Laufzeit: 01.09.2009 – 28.08.2012

Zuwendungssumme: 382.580 Euro

Projektpartner: Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e. V.

Ablagerungen natürlicher Radionuklide (NORM) gewinnen bei der energetischen Nutzung hydrothermaler Tiefenwässer hoher Salinität, wie sie im Oberrheingraben und im Norddeutschen Becken auftreten, an Bedeutung. Das Ziel des Projektes ist es, eine Risikoabschätzung für die Ablagerung relevanter NORM-Mengen, eine radiologische Bewertung der Arbeitssituation in betroffenen Anlagen und eine allgemein verständliche Handlungsanleitung für den Umgang und die Entsorgung von Rückständen und kontaminierten Anlagenteilen zu erarbeiten. Exemplarisch wird ein Beseitigungsweg für Rückstände mit spezifischen Aktivitäten von bis zu 1.000 Bq g⁻¹ erprobt. Um hierfür die abfall- und strahlenschutzrechtlichen Randbedingungen einzuhalten, müssen die Rückstände immobilisiert werden.

EGS Pilotkraftwerk Soutz-sous-Forêts: Untersuchung der Auswirkung von EGS-Systemen; Weiterentwicklung von faseroptischen T/P-Messsystemen; Optimierung von EGS-Anlagen

Förderkennzeichen: 0325174
Laufzeit: 01.02.2010 – 31.12.2012
Zuwendungssumme: 206.746 Euro
Projektpartner: GTC Kappelmeyer GmbH

Bisherige Forschungsschwerpunkte von GTC waren die Analyse der hydraulischen Auswirkungen auf das Deckgebirge, die Entwicklung einer Software zur wirtschaftlichen Sensitivitätsanalyse bei HDR-Anlagen und die Entwicklung von verteilten faseroptischen Temperaturmesssystemen unter HDR-Bedingungen. Momentan liegt der Schwerpunkt der Arbeiten in der Weiterentwicklung von Überwachungs- und Optimierungsmethoden für EGS-Anlagen. Dieses beinhaltet zum einen die Weiterentwicklung eines faseroptischen „downhole“ Druckmesssystems für Temperaturen über 200 °C in Kombination mit dem bereits getesteten verteilten faseroptischen Temperaturmesssystem und zum anderen die ökonomische Analyse der Betriebsdaten mittels der eigens entwickelten Software und die Betrachtung der Übertragbarkeit auf andere Standorte.

Quantifizierung mikrobiologischer Stoffwechselprozesse zur Verbesserung des Prozessverständnisses in Bezug auf Scaling und Korrosion in geothermischen Anlagen

Förderkennzeichen: 0325201
Laufzeit: 01.09.2010 – 31.08.2013
Zuwendungssumme: 1.206.188 Euro
Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ – Zentrum für CO₂-Speicherung – Mikrobielles Geoengineering

Mikrobiologische Stoffwechselvorgänge können die Bildung von Ausfällungen (Scaling) und Korrosion in geothermischen Anlagen hervorrufen und beschleunigen. Im Rahmen des Forschungsprojektes „MiProTherm“ soll das Prozessverständnis soweit verbessert werden, dass Handlungsempfehlungen zur Vermeidung beziehungsweise Minderung mikrobiell verursachter Betriebsstörungen entwickelt werden können. Insbesondere ist das für die Injektionsseite geothermischer Anlagen von Bedeutung. Mikrobiell oder abiotisch gebildete Feststoffe können im bohrlochnahen Bereich zu einer drastischen Verschlechterung der Injektivität führen. Außerdem gilt es, mikrobiell induzierte Korrosion zu vermeiden, da diese erhebliche Wartungsarbeiten und Stillstandzeiten der Anlagen zur Folge haben kann.

OSGa – Forschungsvorhaben zur optimierten Stromerzeugung aus hoch salinaren Thermalwässern mit hohen Gasgehalten

Förderkennzeichen: 0325258B; 0325258A

Laufzeit: 01.11.2010 – 31.10.2013

Zuwendungssumme: 576.571 Euro

Projektpartner: EnBW Energie Baden-Württemberg AG – Bereich Forschung und Innovation (Koordinator); Technische Universität Hamburg-Harburg – Maschinenbau – Institut für Energietechnik

Für den wirtschaftlichen Betrieb von Geothermiekraftwerken kommt es entscheidend darauf an, eine hohe Verfügbarkeit und Effizienz zu erreichen. Im Oberrheingraben besteht die besondere Herausforderung im Umgang mit großen Mengen gelöster Salze und Gase im Thermalwasser. Im Forschungsprojekt wird das Zusammenspiel des Kraftwerks mit dieser speziellen Wärmequelle untersucht, um ein besseres Verständnis der Wechselwirkungen zu erlangen. Hierfür werden Kennzahlen entwickelt und mit Betriebsdaten validiert, die eine Beurteilung des Kraftwerksbetriebs erleichtern. Simulationen für verschiedene Lastfälle und variierte Randbedingungen garantieren die Übertragbarkeit. So können optimierte Fahrweisen für den Betrieb vorgeschlagen und Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit erarbeitet werden.

Minimierung von Risiken bei Planung und langfristigem Betrieb tiefegeothermischer Anlagen im bayrischen Molassebecken

Förderkennzeichen: 0325280A; 0325280B

Laufzeit: 01.02.2011 – 31.01.2014

Zuwendungssumme: 770.063 Euro

Projektpartner: SWM Services GmbH (Koordinator); Technische Universität München – Institut für Wasserchemie

Im Rahmen des Projekts sollen die Grundlagen für einen risikominimierten und wirtschaftlichen Betrieb von Geothermieranlagen erarbeitet werden. Hierfür wurden folgende Themenschwerpunkte definiert: Zur Verbesserung der Entgasungsdruckprognosen werden Schwankungen der quantitativen Gaszusammensetzung und -konzentration in einem Monitoringprogramm quantifiziert. Eine Versuchsreihe soll klären, welche Arten von Korrosion in welcher Ausprägung bei verschiedenen Materialien im Thermalwasserkreislauf auftreten können. Zur optimalen Entfernung von Partikeln sollen verschiedene Arten von Filtertypen getestet und die Partikelbildung im Anlagenbetrieb beschrieben werden. Schließlich sollen die langfristigen Änderungen der hydraulischen und hydrochemischen Reservoireigenschaften untersucht werden.

Verbundprojekt SiMoN: Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des nördlichen Oberrheingrabens – Installation und Betrieb eines Langzeitmonitorings, Nanoseismische Messungen, Spannungsfeldanalysen (Teil 1)

Förderkennzeichen: 0325359A; 0325359B

Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014

Zuwendungssumme: 1.017.733 Euro

Projektpartner: Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main – FB 11 Geowissenschaften/Geographie – Institut für Geowissenschaften – Fachinheit Geophysik – AG Seismologie (Koordinator); Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG) – Dezernat G2 Geowiss. Landesplanung, Georisiken

Detaillierte Kenntnisse zur natürlichen Seismizität sind notwendig, um Rückschlüsse auf aktive Störungszonen im Untergrund zu ziehen. Diese Informationen bilden eine wichtige Grundlage für die Abschätzung der möglichen induzierten Seismizität durch Geothermieranlagen und sollen im Projekt SiMoN im Bereich des Oberrheingrabens untersucht werden. Zudem sollen die Projektpartner, die Goethe Universität Frankfurt und das Hessische Landesamt für Umwelt und Geologie, die induzierte Seismizität während der verschiedenen Phasen der Projektumsetzung (Bohrung, Reservoirtests, Betrieb) überwachen und analysieren, wobei die induzierte Seismizität möglichst gering gehalten werden soll. Ein weiteres wichtiges Element des Projekts ist die Bereitstellung der Daten für die Öffentlichkeit.

Verbundprojekt: Strategien zur Vermeidung negativer Partikeleffekte auf den Thermalwasserkreislauf geothermischer Anlagen – ContraPart

Förderkennzeichen: 0325408A; 0325408B

Laufzeit: 01.12.2011 – 30.11.2014

Zuwendungssumme: 344.617 Euro

Projektpartner: Geothermie Neubrandenburg Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Koordinator); BWG Geochemische Beratung GbR

Ziel des Vorhabens ist die Untersuchung von physikalischen und chemischen Maßnahmen, um den obertägigen Kreislauf von Geothermieranlagen vor negativen Effekten von im Thermalwasser vorhandenen Partikeln zu schützen. Die physikalischen Maßnahmen umfassen dabei Versuche mit verschiedenen Industriefiltern, deren Feinheit, Material, Art und Anordnung variiert werden. Die chemischen Maßnahmen umfassen Tests verschiedener Inhibitoren, die die Bildung von Partikeln und Ablagerungen in thermalwasserführenden Anlagenteilen minimieren bzw. gänzlich verhindern sollen. Diese Untersuchungen werden an drei geothermisch unterschiedlichen Standorten in Deutschland vorgenommen, um für das jeweilige immer mineralisierte Thermalwasser die optimale Filtrationslösung bzw. den wirksamsten Inhibitor zu ermitteln.

5.4 ÜBERGREIFENDE THEMEN

Die größtenteils dezentrale Energieversorgung durch erneuerbare Energien ist mit einer Vielzahl lokaler Genehmigungsverfahren und diese wiederum mit Akzeptanz durch die Bevölkerung verbunden. Entwickeln die Anwohner eines geplanten Geothermiekraftwerks Vorbehalte, werden dadurch auch lokale und regionale Entscheidungsträger beeinflusst. Einige Projekte kommen in der Folge nicht zustande, wodurch vorhandene Potenziale nicht genutzt werden können. Wird stattdessen besser über den Nutzen der Geothermie und die dort angewandten Technologien informiert, können die Voraussetzungen für den Start weiterer Projekte gelegt werden.

Das BMU fördert deshalb entsprechend seiner Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 Projekte, die das Thema Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikationsmanagement behandeln, um durch Aufklärung und begleitende Maßnahmen die Akzeptanz der Geothermie in der Bevölkerung zu steigern. Insbesondere sollen sich die Projekte den Themen Seismizität und Radioaktivität widmen.

Spürbare Beben etwa, wie sie in der Vergangenheit vereinzelt aufgetreten sind, lassen sich aus technischer Sicht zukünftig vermeiden. Solange die dazu



Gruppenführung am Geothermiekraftwerk in Soultz-sous-Forêts

notwendigen Methoden und Lösungsansätze jedoch nicht ausreichend kommuniziert werden, werden dahingehende Bedenken der Anwohner bestehen. Wie gezielte Öffentlichkeitsarbeit zu einer verbesserten Akzeptanz beitragen kann, wird zum Beispiel in einem aktuellen Projekt der Agentur Enerchange (FKZ 0325318) untersucht. Hierzu werden Praxiserfahrungen mit der Öffentlichkeitsarbeit an verschiedenen Geothermiestandorten und deren Auswirkungen evaluiert. Das Ziel des Projekts ist es, praxisbezogene Hilfestellungen für Entwickler und Betreiber von geothermischen Anlagen zu entwickeln. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass vor dem Start eines Geothermieprojekts der geplante Standort, die dort vorhandenen Multiplikatoren und Meinungsführer sowie die politischen Verhältnisse analysiert werden müssen, bevor passende projektbegleitende Maßnahmen ausgewählt werden können. Positive Auswirkungen auf die Akzeptanz der Anwohner habe es in jedem Fall, wenn diese einen eigenen Nutzen für sich erkennen können, wie zum Beispiel den Bezug von Fernwärme aus der Anlage.

Ein weiteres Thema, welches übergreifend alle Projektphasen umfasst, ist die numerische Simulation und Modellierung sowie die Entwicklung mathematisch-physikalischer Verfahren, um das unter- und obertägige geothermische System und seine einzelnen Komponenten analysieren, vorhersagen und optimieren zu können.

Wissenschaftliche Begleitung der Aktivitäten im Bereich „Geothermische Wärme- und Stromerzeugung“

Förderkennzeichen: 0325130

Laufzeit: 01.05.2009 – 30.04.2012

Zuwendungssumme: 198.322 Euro

Projektpartner: Technische Universität Hamburg-Harburg – Verfahrenstechnik -
Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft

Als Folge der Aufnahme der geothermischen Stromerzeugung in das EEG gingen 2009 die ersten MW-Anlagen zur gekoppelten Strom- und Wärmeerzeugung ans Netz. Aber bei aktiven Projekten hat es bei der Projektentwicklung eine Reihe von Zeitverzögerungen und bei anderen Projekten z. T. auch Misserfolge gegeben. Diese Marktentwicklung zeigt, dass es eine Vielzahl technischer, ökonomischer und weiterer nicht-technischer Hemmnisse gibt, die überwunden werden müssen, wenn die geothermische KWK deutlich weitergehend im Energiesystem beitragen soll. Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel dieses Projektes, die Entwicklung der geothermischen Stromerzeugung in Deutschland in den kommenden Jahren wissenschaftlich zu begleiten, auszuwerten und dadurch eine Marktausweitung zu unterstützen.

Systemanalyse der geothermalen Energieerzeugung – Geo-Sys

Förderkennzeichen: 0325235
 Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2013
 Zuwendungssumme: 1.196.051 Euro
 Projektpartner: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mit beschränkter Haftung – Fachbereich Endlagersicherheitsforschung

Durch eine umfassende, interdisziplinäre Systemanalyse sollen Fortschritte und eventueller Handlungsbedarf aufgezeigt werden, um mittelfristig die Verfügbarkeit und Effizienz der Systeme zu verbessern und die Produktivität und Akzeptanz geothermaler Anlagen zu steigern. Dazu werden die technischen und ökologischen Aspekte sowie die hierbei zu betrachtenden Schutzgüter, Prozesse und Wirkfaktoren identifiziert, verfügbare Daten analysiert und dokumentiert. Die Arbeiten werden begleitet von einer systematischen Untersuchung des Rechtsrahmens. Hierauf aufbauend werden anhand konkret identifizierter Phänomene in den Betriebsphasen probabilistische Analysen durchgeführt, die sowohl die Untersuchung möglicher Anlagenzustände als auch deren potenzielle Auswirkungen beinhalten.

Verbundprojekt GeoDat: Entwicklung von thermodynamischen Daten für die Belange der thermodynamischen Gleichgewichtsmodellierung von Prozessen in tiefen, geothermalen Schichten

Förderkennzeichen: 0325256A; 0325256B; 0325256C
 Laufzeit: 01.01.2011 – 31.12.2013
 Zuwendungssumme: 877.909 Euro
 Projektpartner: Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mit beschränkter Haftung (Koordinator); Technische Universität Bergakademie Freiberg – Fakultät für Chemie und Physik – Institut für Anorganische Chemie; Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Das Vorhaben verfolgt das Ziel, eine thermodynamische Datenbasis für die Belange der Modellierung geothermaler Reservoirs im norddeutschen Becken zu erstellen.

Geothermie-Atlas zur Darstellung möglicher Nutzungskonkurrenzen zwischen CCS und Tiefer Geothermie

Förderkennzeichen: 0325257A; 0325257B

Laufzeit: 01.10.2010 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 330.524 Euro

Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) (Koordinator);
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Die Bundesregierung hat in ihrem Koalitionsvertrag unter dem Punkt Klimaschutz, Energie und Umwelt eine zeitnahe Umsetzung der EU Richtlinie, die Abscheidung, Transport und Einlagerung von CO₂ regelt, vereinbart. In diesem Zusammenhang wurde ein Geothermie-Atlas beauftragt, um Nutzungskonkurrenzen zwischen CCS und Tiefer Geothermie für den Standort Deutschland in einer gemeinsamen kleinmaßstäblichen Darstellung (1:500.000 oder kleiner) zu prüfen und Entscheidungshilfen zu liefern. Zusätzlich sollen bundesweit tiefreichende überregionale Störungssysteme erfasst und beschrieben werden. Die Ergebnisse stellen naturwissenschaftliche Grundlagen für politische Entscheidungsfindungen zur Nutzung des tieferen Untergrundes dar, ggf. bieten sie auch die Basis für eine unterirdische Raumordnung.

Evaluation der Öffentlichkeitsarbeit für Geothermieprojekte in Deutschland und Erarbeitung von praxisbezogenen Hilfestellungen für Entwickler und Betreiber von geothermischen Anlagen

Förderkennzeichen: 0325318

Laufzeit: 01.06.2011 – 30.06.2013

Zuwendungssumme: 123.809 Euro

Projektpartner: Enerchange – Marcus Brian & Dr. Jochen Schneider GbR

Ziel des Forschungsprojekts ist die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen der Öffentlichkeitsarbeit von Initiatoren bzw. Betreibern von Geothermieprojekten und deren Wahrnehmung in der Öffentlichkeit. Hierzu wurde das Projekt in drei Phasen unterteilt. Im ersten Schritt soll am Beispiel von vier Projekten untersucht werden, von welcher Qualität die bisherige Öffentlichkeitsarbeit war und welche Akzeptanz das jeweilige Projekt in den lokalen Medien und in der Bevölkerung hat. Im zweiten Schritt ist für zwei Geothermieprojekte die Erstellung eines PR-Konzepts vorgesehen, dessen Maßnahmenplanung auf den Erkenntnissen aus der ersten Phase aufbaut. Der letzte Schritt umfasst die Konzeption, Redaktion und Produktion eines PR-Leitfadens, basierend auf den Erkenntnissen aus Phase 1 und 2.

6. NIEDERTEMPÉRATUR-SOLARTHERMIE

Die Niedertemperatur-Solarthermie besitzt ein großes Technologieentwicklungspotenzial. Die Forschungsförderung des BMU trägt dazu bei, dass dieses genutzt und umgesetzt werden kann. Wärme- und Kälteerzeugung machen rund 54 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland aus. Speziell private Haushalte und somit die aktuelle Zielkundschaft für solarthermische Kollektoranlagen verbrauchen zwischen 80 und 90 Prozent ihrer Energie für die Wärmeversorgung.

Deutsche Unternehmen und wissenschaftliche Einrichtungen verfügen bei den Technologien für Kollektoren, Anlagentechnik, Materialien und Speicher über ein solides Know-how. Zusammen mit diesem Können, der Forschungsförderung des BMU und dem großen Engagement von Wissenschaft und Unternehmen können hier weitere Fortschritte erwartet werden. Im Nationalen Aktionsplan des BMU vom 4. August 2010 wurde die wachsende Rolle der Solarthermie für den deutschen Energiemarkt festgeschrieben.

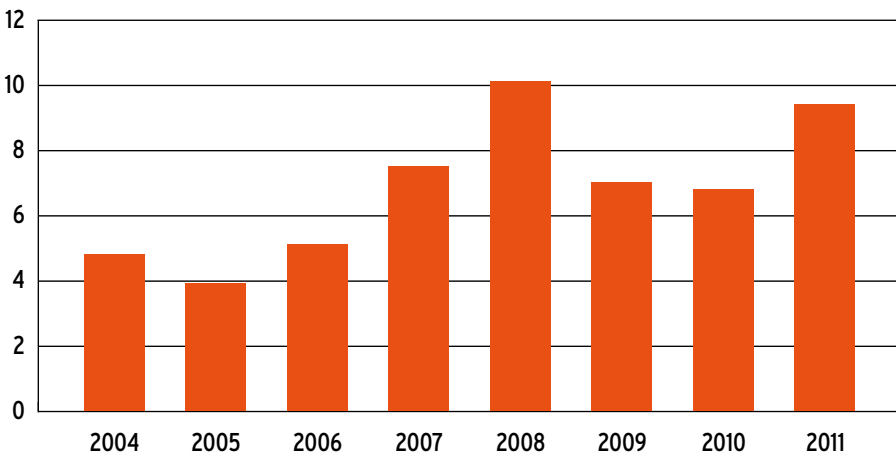
Der Anteil der erneuerbaren Energien am gesamten Endenergieverbrauch für Wärme ist im Jahr 2011 von 10,2 Prozent im Vorjahr auf 10,4 Prozent leicht angestiegen, nach vorläufigen Abschätzungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat, von März 2012). Insgesamt wurden gut 138 Milliarden Kilowattstunden erzeugt. Der Anteil der Niedertemperatur-Solarthermie am Beitrag aller erneuerbarer Energien im Wärmebereich beträgt 4 Prozent. Zu diesen erneuerbaren Energien gehören neben der Niedertemperatur-Solarthermie noch Biomasse, Biogas, Klärgas, Deponiegas, der biogene Anteil des Abfalls sowie tiefe und oberflächennahe Geothermie. Davon stellt die Biomasse mit anteilig 91 Prozent nach wie vor den Hauptteil der erneuerbaren Energien zur Wärmeversorgung. Die Wärmebereitstellung aus solarthermischen Kollektoranlagen stieg von 5,2 auf 5,6 Milliarden Kilowattstunden leicht an. Insgesamt stellt sie weiterhin einen Anteil von 0,4 Prozent des gesamten Wärmeverbrauchs in Deutschland.

Nach zwei Jahren, in denen der deutsche Markt gegenüber dem umsatzstärksten Jahr 2008 zurückgegangen war, hat es im Jahr 2011 einen leichten Anstieg um zehn Prozent gegeben. Insgesamt wurden 149.000 neue solarthermische Anlagen in Deutschland installiert, was einer Kollektorfläche von 1,27 Millionen Quadratmetern entspricht, überwiegend für Ein- und Zweifamilienhäuser. Insgesamt waren Ende des Jahres 1,66 Millionen Solarthermie-Anlagen installiert, bei gut 50 Prozent handelt es sich um Kombianlagen für Warm-

wassererzeugung und Heizungsunterstützung. Die Kollektorfläche betrug insgesamt circa 15,3 Millionen Quadratmeter, die installierte Leistung damit rund 10,6 Gigawatt.

Der Weltmarkt für Niedertemperatur-Solarthermie ist im Jahr 2011 insgesamt um 10 Prozent (64 Millionen Quadratmeter) gewachsen, hauptsächlich in China. Der europäische Markt ist gleichzeitig zurückgegangen, Deutschland ist hier mit einem Anteil von circa einem Drittel weiterhin Markt- und Technologieführer. Das Marktumfeld, in dem die Solarthermie bestehen muss, ist herausfordernd – nicht zuletzt auch durch die stark gesunkenen Preise von Photovoltaik-Anlagen. Die mögliche Kombination von erneuerbarem Strom mit Wärmepumpen bedeutet neue Konkurrenz in der Wärmeerzeugung. Die Forschungsförderung des BMU stellt in dieser Situation zusammen mit dem Marktanreizprogramm der Bundesregierung (MAP), welches für die breite Markteinführung konzipiert ist, eine wichtige Grundlage für die weitere Marktentwicklung der Niedertemperatur-Solarthermie dar. Das Kernziel der BMU-Forschungsförderung besteht darin, die Systemkosten und somit die Wärmegestehungskosten der Niedertemperatur-Solarthermie weiter signifikant zu senken. Solarkollektoren und Speicher sollen zudem vereinfacht und als System standardisiert werden, um das vorhandene Wärmeenergiepotenzial wirtschaftlicher nutzen zu können.

Mio. Euro



Entwicklung des Neubewilligungsvolumens seit 2004 / Quelle: BMU

Regelmäßig veranstaltet das BMU zu einzelnen geförderten Technologiebereichen Strategiegelgespräche, um mit hochrangigen Vertretern aus Industrie und Forschung die weitere Strategie der Forschungsförderung zu diskutieren. Ende September 2011 fand das Strategiegelgespräch zur Niedertemperatur-Solarthermie statt. Vor allem die Systemtechnik wurde dabei als kostenreduzierender Faktor hervorgehoben, neben der Weiterentwicklung einzelner Komponenten. Außerdem wurde herausgestellt, dass weiterer Bedarf an Demonstrations- und Pilotanlagen einschließlich Monitoring besteht. Schwerpunkte sollen dabei auf den Bereichen der Prozesswärme und der Solaraktivhäuser liegen.

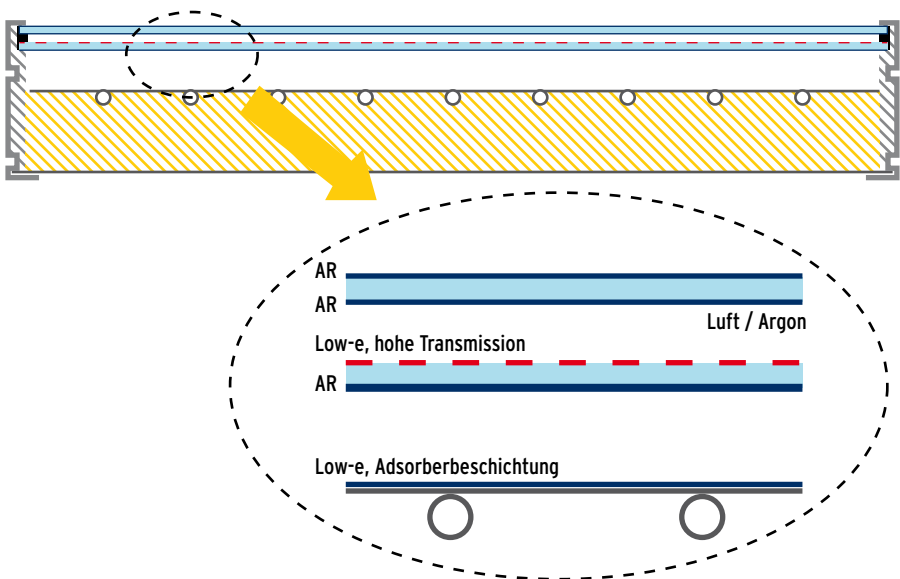
Die Schwerpunkte der Forschungsförderung aus dem 6. Energieforschungsprogramm wurden in der Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 hinsichtlich dieser Ziele noch einmal präzisiert. Demnach werden insbesondere die Bereiche Kollektor- und Systemtechnik, Solare Kühlung und Prozesswärme sowie die Wärmespeicherung gefördert.

Die erforderliche Systemtechnik für größere Anlagen mit Kollektorflächen ab 100 Quadratmetern wurde in den Förderprogrammen Solarthermie-2000 und Solarthermie2000plus entwickelt und in über 80 Demoanlagen erprobt und mit einem mehrjährigen Monitoring wissenschaftlich begleitet. Nun muss der Markt für Mehrfamilienhäuser, urbane Stadtquartiere und Siedlungen erschlossen werden. Auch im Bereich der Heizungsmodernisierung herrscht großes Potenzial: Bisher nutzen erst 13 Prozent der insgesamt bestehenden rund 18 Millionen Heizungsgeräte erneuerbare Energien.

Die Nutzung der Solarstrahlung zu Heiz- und Kühlzwecken ist zudem Thema des IEA Implementing Agreement on Solar Heating & Cooling (SHC). Da hier das Hauptaugenmerk bei den Themen Energieeffizienz und passive Solarenergienutzung liegt, ist innerhalb der Bundesregierung das Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) federführend. Im SHC-Programm wird Deutschland durch den Projektträger Jülich vertreten.

6.1 FORSCHUNG UND TECHNOLOGIEENTWICKLUNG FÜR KOLLEKTOREN UND SPEICHER

Kollektoren und Speicher sollen effizienter werden und die erforderlichen Kosten gesenkt werden. Entsprechend der aktuellen Förderbekanntmachung fördert das BMU im Bereich der Kollektortechnik Projekte, die den Einsatz neuer, kostengünstiger und langzeitstabiler Materialien untersuchen. Insbesondere sind dabei Projekte zu Aluminium und Kunststoffen in Verbindung mit neuen Konstruktions- und Fertigungsprinzipien gefragt. Des Weiteren fördert das BMU Projekte, durch die die Effizienz von Flachkollektoren weiter gesteigert wird und die Wärmeverluste reduziert werden. Ebenfalls förderwürdig im Bereich der Kollektortechnik sind neue Konstruktionsprinzipien, um den Wirkungsgrad zu steigern, sowie die Entwicklung von Methoden, um die Temperatur bei Stagnation zu begrenzen und die Frostsicherheit zu verbessern. Zudem sollen multifunktionale gebäudeintegrierte Kollektor- und Fassadenkonzepte sowie Hybridkollektoren entwickelt werden. Auch die weitere Rationalisierung und Automatisierung der Kollektorfertigung kann mit Fördermitteln des BMU unterstützt werden.



Schematischer Aufbau des HFK

Ein möglichst hoher Wirkungsgrad eines Kollektors ist sowohl für einen möglichst hohen solaren Deckungsanteil der Raumheizung als auch für die Produktion von Prozesswärme für den industriellen Einsatz relevant. In dem aktuellen Verbundprojekt HFK-Low-e (FKZ 0325973A-D) unter Koordination des Instituts für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) entwickeln die Projektpartner leistungsfähigere Flachkollektoren, die durch eine innovative Kollektorabdeckung weniger Wärme verlieren. Eine gasgefüllte Isolierverglasung mit Low-e-Beschichtung nach dem Prinzip der Wärmeschutzverglasung ersetzt hier die herkömmliche Einfachglasscheibe. Da für Sonnenkollektoren eine möglichst hohe Transmission für die gesamte Sonnenstrahlung erforderlich ist, muss die Beschichtung für diese Nutzung entsprechend angepasst werden. Messungen an einem Versuchsmuster ergaben bereits im Vergleich zu einem einfachverglasten Flachkollektor bei einer Temperaturdifferenz von 60 Grad Celsius (500 Watt pro Quadratmeter Bestrahlungsstärke) einen um etwa 60 Prozent höheren Wirkungsgrad.

Hocheffiziente Flachkollektoren werden in unterschiedlichen Projekten insbesondere durch die Solarforschungsinstitute Fraunhofer-Institut für Solare Energieforschung (ISE), Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE) und Institut für Solare Energieforschung Hameln (ISFH) in Zusammenarbeit mit der Industrie erforscht. Dabei gewinnt neben geringeren Wärmeverlusten das Problem Stagnationssicherheit wachsende Bedeutung.

Die Wärmespeicherung gilt als Schlüsselthema der Niedertemperatur-Solarthermie. Besonders auch für den ganzjährigen Einsatz großer Solarthermieranlagen zur Heizungsunterstützung müssen Speicher Wasser über längere Zeiträume ausreichend heiß zur Verfügung stellen. Das BMU fördert entsprechend der aktuellen Förderbekanntmachung unter anderem auch die Weiterentwicklung von Wärmespeichern, die gegenüber Wasser deutlich höhere spezifische Speicherkapazitäten aufweisen, wie PCM (phase change materials, Phasenwechselmaterialien) und TCM (thermochemische Materialien). Bei der Abteilung Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien des Bayerischen Zentrums für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) wird nun zum Beispiel ein TCM-Speicher-Labor eingerichtet, in dem die entsprechenden Materialien charakterisiert und bezüglich ihrer Eignung beurteilt werden können (FKZ 0325978A). Standardisierte Tests sollen entwickelt sowie ein modularer Teststand für Speichermaterialien unter realen Anwendungsbedingungen und ein Alterungsteststand errichtet werden. Das Labor soll die Möglichkeit eröffnen, künftig experimentell

abgesicherte Aussagen zu generieren, die belastbar genug sind, um von der Industrie kommerziell umgesetzt werden zu können.

Ebenfalls sollen laut Förderbekanntmachung Warmwasserspeicher weiterentwickelt werden, welche verbesserte thermochemische Eigenschaften und effiziente Konstruktionsprinzipien und Materialien aufweisen, durch die die Speicherverluste insbesondere in Langzeitspeichern reduziert werden können. Insbesondere die Wärmedämmung der Speicher ist deutlich zu verbessern, zum Beispiel durch Vakuumdämmung nach dem „Thermoskannen-Prinzip“. Gefördert werden können außerdem Projekte, in denen intelligente Speicherlösungen zur baulichen und systemtechnischen Integration in bestehende Anlagen, Gebäude beziehungsweise in das Umfeld entwickelt werden. Der letzte in der Förderbekanntmachung genannte Punkt betrifft Forschungsprojekte, in denen die Speicherung bei verschiedenen Temperatur-niveaus sowohl für Kälte- als auch für Prozesswärmespeicher weiterentwickelt wird.

Die Forschungsarbeiten für neue Speicher und Kollektoren sind Teil der internationalen Aktivitäten im IEA Implementing Agreement on Solar Heating & Cooling (IEA SHC).

Solarthermie2000plus: Neuartiges Konzept für kosteneffiziente erdvergrabene Heißwasserspeicher (KES) - TP 1

Förderkennzeichen: 0325950A

Laufzeit: 01.01.2009 - 31.12.2011

Zuwendungssumme: 811.854 Euro

Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Im Projekt sind erdvergrabene Wärmespeicher für den dezentralen Einsatz in solarthermischen und anderen Anwendungen im Bereich von 3 bis 30 m³ entwickelt worden. Die Installation außerhalb des Gebäudes erlaubt größere Volumina, so dass in solarthermisch unterstützten Heizungssystemen solare Deckungen von 50 % erreicht werden. Es sind 4 Prototypen entwickelt und untersucht worden, basierend auf einer Betonzisterne, einer innen liegenden hochtemperaturbeständigen Wärmedämmung auf XPS-Basis und einer Kombination aus EPDM- und Aluverbundfolie. Der Prototyp mit 5 m³ Wasservolumen besitzt einen Wärmeverlust von 5 W/K und liegt nur 5 % über dem theoretischen UA-Wert. Mit Hilfe des neu entwickelten TRNSYS-Type für das Erdreich um den Wärmespeicher sind umfangreiche Simulationen durchgeführt worden.

Verbundprojekt: Solarthermie2000plus: Hochtemperaturbeständige Dämmstoffe für Wärmespeicher in solarthermischen Anlagen (KES-HDST)

Förderkennzeichen: 0325950B
 Laufzeit: 01.01.2009 – 31.12.2011
 Zuwendungssumme: 167.212 Euro
 Projektpartner: BASF SE – Abt. GKT

Im Fokus des Projektes Solarthermie2000plus stand die Entwicklung eines neuartigen, drucklosen Warmwasserspeichers für Ein- und Mehrfamilienhäuser mit signifikant erhöhtem Speichervolumen im Vergleich zu bekannten Systemen. Bislang eingesetzte Warmwasserspeicher werden für gewöhnlich im Keller des Hauses aufgestellt, was durch den limitierten Platz deren Kapazität sehr beschränkt. Dem entgegen wurde hier das Konzept eines erdvergrabenen Speichers neben dem Gebäude verfolgt, um so das Speichervolumen um ein Vielfaches zu erhöhen. Aufgabe der BASF war es, einen neuen, leistungsfähigen Isolationsschaumstoff zu entwickeln, der die in der Spitze im Speicher vorherrschenden Temperaturen von bis zu 95 °C unbeschadet übersteht und dies auch nachhaltig und langfristig gewährleisten kann.

Solarthermie2000plus: Entgasung von Solarkreisläufen und Bestimmung der zur Auslegung erforderlichen Stoffdaten

Förderkennzeichen: 0325951A
 Laufzeit: 01.09.2008 – 31.12.2012
 Zuwendungssumme: 224.736 Euro
 Projektpartner: Technische Universität Dresden – Fakultät Maschinenwesen –
 Institut für Energietechnik – Professur für Energiesystemtechnik
 und Wärmewirtschaft

Bisher waren Luftprobleme in Solaranlagen in der Branche kaum ein Thema. Die durch Luft – korrekt freie und gelöste Gase – in Solaranlagen verursachten Probleme reichen vom hohen technischen Aufwand bei der Inbetriebnahme bis hin zu materiellen Schäden mit erheblichen Folgekosten (z. B. verstärkte Alterung Solarflüssigkeit, Korrosionsschäden). Ziel des Vorhabens ist es, die Langzeiteffizienz von mittleren und großen Solaranlagen durch den optimierten Einsatz neu zu entwickelnder bzw. speziell adaptierter Entlüftungs- und Entgasungstechnologien zu verbessern und effiziente Einsatzregime abzuleiten. Dazu ist es erforderlich, Messmethoden zur Bestimmung des Gasgehaltes anzupassen und eine Apparatur zur Bestimmung der technischen Löslichkeitskoeffizienten für die relevanten Gase aufzubauen.

Weiterentwicklung von solarthermischen Fassadenkollektoren mit Vakuumröhren zur Integration in Fassaden von Bürogebäuden zur Energiegewinnung, Tageslichtnutzung und als transparenter Sonnenschutz

Förderkennzeichen: 0325956A

Laufzeit: 01.04.2009 – 30.11.2011

Zuwendungssumme: 270.666 Euro

Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 1 Architektur und Stadtplanung –
Institut für Baukonstruktion -Lehrstuhl 2 für Baukonstruktion und Entwerfen

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Weiterentwicklung von fassadenintegrierten solarthermischen Kollektoren zur Energiegewinnung, als Sonnenschutz und zur Tageslichtnutzung im Büro- und Verwaltungsbau. Im Vorprojekt wurde unter der Verwendung der Schott-Vakuumröhre ein funktionsfähiger Prototyp entwickelt. Im Folgeprojekt werden nun unter Verwendung der von Paradigma entwickelten Sydney-Röhre und des CPC-Spiegels – gemeinsam mit den Projektpartnern aus der Industrie – integrierte Systeme in unterschiedlichen Konfigurationen bis zur Kleinserie weiterentwickelt, vermessen und getestet. Bei den Entwicklungen sind eine einwandfreie technische Funktion, hohe Zuverlässigkeit, Wartungsfreundlichkeit und flexible Gestaltungsmöglichkeiten mit hoher architektonischer Qualität zu verbinden.

Entwicklung von thermischen Langzeitspeichern mit neuartigen Be- und Entlade- Systemen aus Kunststoff

Förderkennzeichen: 0325957A

Laufzeit: 01.04.2009 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 311.810 Euro

Projektpartner: Haase GFK-Technik GmbH

Es wurden thermische Langzeitwärmespeicher aus GFK mit Minimierung der äußeren und inneren Verluste entwickelt. Die äußere Verlustminimierung erfolgt durch einen Mehrschichtaufbau, der die Wärmeleitung verhindert, die Wärmereflexion nutzt und durch das Doppelwandprinzip Konvektionsverluste minimiert. Die innere Verlustminimierung erfolgte für geschlossene und offene Be- und Entladesysteme (BES). Bei den geschlossenen BES ist die Wellrohrausführung der Glattrohr- und auch der Rippenrohrausführung überlegen, da durch Konvektion an der Rohrrinnen- und -außenseite der Wärmeübergang begünstigt wird. Für die Optimierung der offenen BES wurden 2 Vorzugsvarianten aus Kunststoff in Form von Querstromrohr und GFK-Tassen bestimmt und für die jeweilige Leistungsabstufung dimensioniert.

NT-Solarthermie: Luko-E – Grundlagen zur Luftkollektorentwicklung

Förderkennzeichen: 0325959A

Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 330.504 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Solarluftkollektoren werden seit langem eingesetzt zur Trocknung von landwirtschaftlichen Produkten oder zur Beheizung von Gewerbehallen und Ferienhäusern. Bislang ist ihre Bedeutung für den Solarwärmemarkt jedoch sehr begrenzt, ein Grund hierfür ist das Fehlen von Normen zur Vermessung von Luftkollektoren. Heute werden neue Marktchancen für Luftkollektoren gesehen, da sie nicht gefrieren, keine Stillstandsproblematik aufweisen und aufgrund des zunehmenden Einbaus von Lüftungsanlagen in modernen Gebäuden leicht und kostengünstig in die Gebäudetechnik integriert werden können. Um die Luftkollektoren auf den Stand der wassergeführten Kollektoren zu bringen, werden im Projekt Luko-E ein Testverfahren und eine Norm für Luftkollektoren entwickelt und Luftkollektoren vermessen und optimiert.

Entwicklung eines Vakuum-Flachkollektors (Vacuplan)

Förderkennzeichen: 0325960A

Laufzeit: 01.04.2009 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 383.059,03 Euro

Projektpartner: CENTROSOLAR Glas GmbH & Co. KG

Das Grundkonzept des Vakuum-Flachkollektors besteht aus einem Sandwich-System eines Edelstahl-Flächenabsorbers, der sich zwischen zwei im Randbereich verbundenen Glasscheiben befindet. Um eine Wärmeleitung vom Flächenabsorber zu vermeiden, ist im Inneren des Glasverbundes ein Druck im Bereich von 10^{-3} mbar erforderlich, wodurch über den gesamten $\Delta T/G$ -Bereich bislang nicht erreichte Wirkungsgrade erzielt werden. Prototyp-Messungen zeigten, dass der Vakuum-Flachkollektor dem herkömmlichen Flachkollektor weit überlegen ist und sogar gegenüber Röhrenkollektoren den besten Wirkungsgrad zeigt. Durch seine neuartige Flachbauweise sind zudem bei deutlich kleineren Bruttoflächen sehr hohe solare Erträge möglich, da die thermischen Verluste minimiert werden und die Gesamtenergiebilanz erhöht wird.

Wärmerohre in Sonnenkollektoren – Wärmetechnische Grundlagen und Bewertung sowie neue Ansätze für die Integration

Förderkennzeichen: 0325962A
Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013
Zuwendungssumme: 420.066 Euro
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Im Rahmen dieses Projekts werden Grundlagen zur Analyse und Bewertung sowie Optimierungspotenziale zur Anwendung von Wärmerohren (engl. heat pipes) in Sonnenkollektoren erarbeitet. Hierfür werden zunächst marktübliche Wärmerohre sowie Wärmeübertrager (Sammler) in eigens im Projekt entwickelten Prüfständen in Bezug auf Wärmetransportfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit vermessen und mit Simulationsrechnungen verglichen. Hieraus werden Optimierungsansätze hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Stagnationssicherheit von Sonnenkollektoren mit Wärmerohren abgeleitet. Des Weiteren wird mit diesen Erkenntnissen die Verwendung von Wärmerohren in Flachkollektoren untersucht und bewertet. Aus den gewonnenen Erkenntnissen wird zudem ein standardisierbares Prüfverfahren für Wärmerohre entwickelt.

Superisolierter Heißwasser-Langzeitwärmespeicher

Förderkennzeichen: 0325964A
Laufzeit: 01.05.2010 – 31.10.2012
Zuwendungssumme: 278.988 Euro
Projektpartner: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) – Abt. 1 – Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien

Für die effiziente Speicherung von Solarwärme, aber auch von industrieller Prozesswärme, Abwärme oder Fernwärme, wird ein neuartiger Heißwasser-Wärmespeicher bis 150 °C entwickelt. Gegenüber dem Stand der Technik zeichnet er sich durch eine bei gleicher Dämmstärke 5-10-fach bessere Wärmeisolation aus. Diese Superisolation wird realisiert durch eine auf ca. 0,05 mbar evakuierte Perlitschüttung, die in den zylindrischen Hohlspalt zwischen der aus Stahl gefertigten Außen- und Innenhülle des Speichers eingebracht ist. Der Speicher kann mit Volumina zwischen 5 und 50 m³ gefertigt und mit einer neuartigen Be- und Entladevorrichtung für eine stabile Temperaturschichtung im Speicher ausgestattet sein. Zwei Echtgrößenspeicher wurden bereits gebaut und vermessen sowie im Labor erfolgreich getestet.

Charakterisierung der mechanischen Lastfälle durch Schnee- und Windlasten an solarthermischen Kollektoren

Förderkennzeichen: 0325968A

Laufzeit: 01.08.2010 – 31.01.2013

Zuwendungssumme: 711.353 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Die Qualitätsprüfungen nach der Norm EN 12975 und EN 12976 von Solarkollektoren durch Belastungstests sind nicht auf alle Kollektorgeometrien anwendbar. Ferner bestehen Zweifel, inwiefern die auf die Kollektoren ausgeübten Kräfte die Realität widerspiegeln (z. B. ungleichmäßige Druckverteilung von Schneelasten). Ziel des Vorhabens ist die Weiterentwicklung mechanischer Belastungstests für Solarkollektoren mit ihren Montagesystemen. Der hierfür erforderliche Belastungsteststand wird in Kürze fertiggestellt sein und ermöglicht dann die Simulation unterschiedlichster Lastfälle an Kollektoren und Systemen bei Umgebungstemperaturen von -40..90 °C. Weiterhin werden erste Feldtests zur Bestimmung der real auftretenden Lagerkräfte an ausgewählten Standorten mit Extrembedingungen durchgeführt.

Verbundprojekt: Entwicklung beschleunigter Alterungstestverfahren für solarthermische Kollektoren und deren Komponenten (Speedcoll); TP 1: Gebrauchsanalyse

Förderkennzeichen: 0325969A

Laufzeit: 01.04.2011 – 31.03.2015

Zuwendungssumme: 1.077.077 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kollektoren sind die am stärksten belasteten Komponenten einer thermischen Solaranlage, da sie sehr hohen Temperaturen und wechselnden, teils extremen Witterungsbedingungen ausgesetzt sind. Die Alterung von Kollektoren ist im Hinblick auf unterschiedliche Einsatzgebiete und -bedingungen bis heute nur ungenügend untersucht. Daher ist es notwendig, geeignete Schnellprüfverfahren zur Qualifizierung der Alterungsbeständigkeit zu entwickeln, um daraus resultierende Exportchancen zu nutzen und Risiken zu minimieren. Ziel des Projektes ist die Entwicklung beschleunigter Alterungstestverfahren für solarthermische Kollektoren und deren Komponenten sowie die Verifizierung dieser Verfahren durch Vergleich mit Kollektoren, die unter extremen Klimabedingungen exponiert wurden.

Grundlegende Weiterentwicklung zum Werkstoff- und Bauteilverhalten von GFK-Wärme (Langzeit)-Heißwasserspeichern

Förderkennzeichen: 0325970A

Laufzeit: 01.09.2010 – 28.02.2013

Zuwendungssumme: 524.521 Euro

Projektpartner: Technische Universität Ilmenau – Fakultät für Maschinenbau –
Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidynamik

In der Weiterentwicklung der thermischen GFK-Speicher steckt noch erhebliches Potenzial bzgl. Kostenreduktion und Effizienzsteigerung.

Teilthema 1: Weiterentwicklung der Materialeigenschaften, Entwicklung neuer Komponenten und Montageverfahren.

Teilthema 2: GFK-Material und Konstruktionsprinzipien.

Teilthema 3: Konzeption, Aufbau und Betrieb der Werkstoff- und Testlaboreinrichtungen.

Ergebnisse: Optimierung der Materialeigenschaften im Wärmespeicherbau. Im Werkstofftestlabor wurden schon wesentliche Werkstoffeigenschaften geprüft und mit den im Pflichtenheft Geforderten verglichen. Die Ergebnisse gehen in die Gestaltung der Verbundstrukturen ein.

Verbundprojekt Kostensenkung bei der Solarabsorberfertigung für Flachkollektoren

Förderkennzeichen: 0325972A; 0325972B

Laufzeit: 01.11.2010 – 31.10.2013

Zuwendungssumme: 911.628 Euro

Projektpartner: Solvis GmbH & Co. KG (Koordinator); LZH Laserzentrum Hannover e.V. –
Abt. Werkstoff und Prozesstechnik

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist die Kostenreduzierung bei der Solarabsorberfertigung. Dazu werden drei Vorgehensweisen nacheinander verfolgt und miteinander kombiniert.

Ansatzpunkte bieten dabei Einsparungspotenziale auf Seiten der Absorberrohre und der Fügeprozesse. Durch eine enge Zusammenarbeit zwischen den Herstellern des Vormaterials, der verarbeitenden Maschinen sowie Laseranwendern werden Optimierungen in der gesamten Herstellungskette verfolgt und in einer Demonstrationsanlage umgesetzt. Ziel des Projekts ist eine Kostenreduzierung im Bereich der Absorberrohre und der Füge-technik von 40-50 %.

Hocheffiziente Flachkollektoren mit selektiv beschichteten Zweischeibenverglasungen (HFK Low-e); TP ISFH

Förderkennzeichen: 0325973A
 Laufzeit: 01.03.2011 – 30.06.2013
 Zuwendungssumme: 956.887 Euro
 Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Im Verbund mit den Industriepartnern Euroglas, Solvis und Vaillant entwickelt das Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) leistungsfähigere Flachkollektoren, mit einer gasgefüllten Isolierverglasung und Low-e Beschichtung (Prinzip der Wärmeschutzverglasung). Ein Hauptarbeitsgebiet ist die Entwicklung neuartiger langzeitbeständiger Beschichtungssysteme auf Basis von transparent leitfähigen Oxiden (TCO), die eine hohe solare Transmission und eine geringe Emission von Wärmestrahlung aufweisen. Diese Schichtsysteme werden zunächst im Labormaßstab entwickelt und anschließend auf Industrieanlagen übertragen. Zweiter Schwerpunkt ist die Integration der Verglasungen in leistungsoptimierte Flachkollektoren bei gleichzeitiger Sicherstellung der Langzeitgebrauchstauglichkeit.

TPS-Kollektorfertigung: Adaption eines optimierten Kollektordesigns an eine vollautomatisierte Fertigungslinie

Förderkennzeichen: 0325974B; 0325974A
 Laufzeit: 01.05.2011 – 30.04.2014
 Zuwendungssumme: 466.196 Euro
 Projektpartner: Hochschule für angewandte Wissenschaften FH Ingolstadt – Institut für angewandte Forschung (Koordinator); Bystronic Lenhardt GmbH

Bis zum Jahr 2020 wird ein Marktvolumen für solarthermische Kollektoren von rund 8,5 Mio. m²/a prognostiziert. Lag 2009 die produzierte Kollektorfläche noch bei 1,7 Mio. m²/a, ist bis 2020 mit einem jährlichen Zuwachs von mehr als 15 % zu rechnen. Angesichts der steigenden Produktionszahlen in der Kollektorfertigung und des steigenden Preis- und Qualitätsdrucks für die Kollektorhersteller werden die Kapazitätsgrenzen heutiger Fertigungslinien erreicht. Vor diesem Hintergrund ist das primäre Ziel des Vorhabens, eine bestehende Fertigungslinie zur Herstellung von Isolierglas für die Produktion von solarthermischen Kollektoren zu adaptieren. Dabei ist die Kollektorkonstruktion dem Fertigungsprinzip untergeordnet.

Einrichtung eines Labors zur Charakterisierung und Beurteilung thermochemischer Speichermaterialien – TCM Labor

Förderkennzeichen: 0325978A

Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014

Zuwendungssumme: 1.127.137 Euro

Projektpartner: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)-Abteilung Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien

Um die Ziele Integration erneuerbarer Energien und Steigerung der Energieeffizienz in Zukunft umsetzen zu können, müssen effiziente und kostengünstige Energiespeichertechnologien entwickelt werden. Die Speicherung thermischer Energie durch chemische Reaktionen kann dabei einen wesentlichen Beitrag leisten, da sie vergleichsweise hohe Speicherkapazitäten bereitstellen kann. Ziel des Vorhabens ist die Einrichtung eines Labors zur Charakterisierung und Beurteilung thermochemischer Speichermaterialien. Das geplante Labor würde die Möglichkeit eröffnen, künftig experimentell abgesicherte Aussagen, z. B. über die erreichbare Speicherkapazität und Stabilität, für diverse Anwendungsbereiche zu generieren, die belastbar genug wären, um dann von der Industrie kommerziell umgesetzt werden zu können.

Neues Verfahren zur Outdoor-Charakterisierung von Fassadenkollektoren und BIPV

Förderkennzeichen: 0325980A

Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014

Zuwendungssumme: 516.272 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Die EU-Vorgabe Nullenergiegebäude lässt sich insbesondere bei höheren Gebäuden mit relativ kleiner Dachfläche nur erfüllen, wenn neben dem Dach auch die Fassade zur Energiegewinnung genutzt wird. Insbesondere bei der Renovierung von vollverglasten Gebäudeteilen ist es sinnvoll, wenn Glasflächen in teiltransparente Energiegewinnflächen umgewandelt werden. Ein in diesem Projekt zu erstellender, neuartiger Prüfstand soll nicht nur für übliche fassaden- und dachintegrierte Komponenten nutzbar sein, sondern auch für solche neuen, multifunktionalen Komponenten. Der Energieertrag sowie der Energiefluss in den Innenraum müssen gemessen werden, um die innovativen neuen Komponenten, die momentan in verschiedenen nationalen und europäischen Projekten entwickelt werden, ganzheitlich bewerten zu können.

Solarthermie2000plus: Solarkollektor mit transparentem Polymerabsorber und in das Wärmeträgermedium verlagelter Absorption – Arbeitstitel (Mesopol)

Förderkennzeichen: 0329285B
 Laufzeit: 01.04.2008 – 31.12.2011
 Zuwendungssumme: 207.948 Euro
 Projektpartner: Phönix Sonnen Wärme AG

Die Zielsetzung des Projektes ist es, die bisher in der Absorberproduktion verwendeten Metalle Kupfer und Aluminium durch Kunststoff zu ersetzen. Anreiz bieten Materialkosten, variable Verarbeitungs- und Gestaltungstechniken und vorteilhafte ökologische Eigenschaften, bis hin zur mittelfristig möglichen Synthetisierung der Polymere aus Biomasse. Hierzu wird der alternative Ansatz eines transparenten Polymerabsorbers mit in das Wärmeträgermedium verlagelter Absorption der Solarstrahlung verfolgt. In Verbindung mit der geeigneten Systemtechnik kann das Belastungsprofil für den Kunststoff hier deutlich minimiert werden. Der Einsatz technisch anspruchsvoller Sicherheitsmaßnahmen im Kollektor zur Begrenzung der $T_{\max}$ kann somit entfallen.

Solarthermie2000plus: Polymere Werkstoffe für Solarthermische Systeme: Qualifizierungsverfahren für Materialien und Komponenten und Leitung der IEA-SHC-Task 39

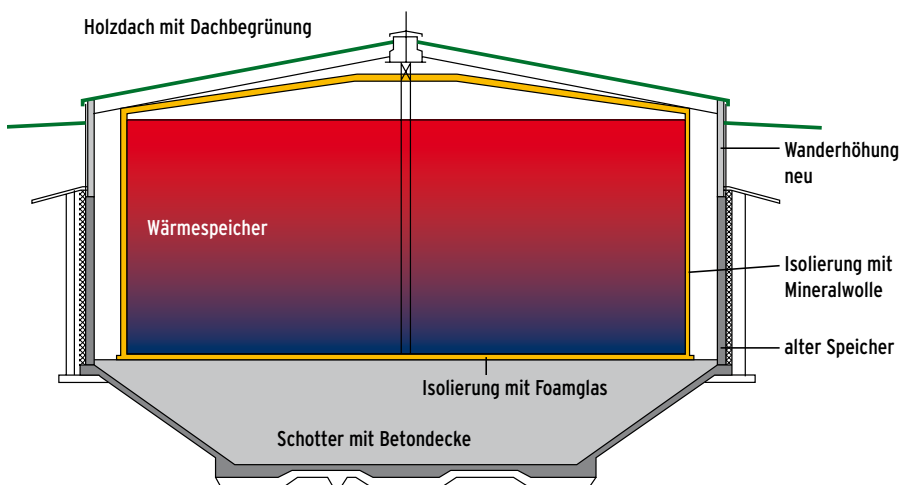
Förderkennzeichen: 0329285C
 Laufzeit: 01.06.2008 – 31.05.2011
 Zuwendungssumme: 506.915 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Für einen signifikanten Beitrag der solarthermischen Energieerzeugung wird die Substitution metallischer Werkstoffe durch Kunststoffe notwendig. Deren Vorteilen in der Produktgestaltung und dem großen Potenzial zur Kostensenkung stehen die Grenzen in ihrer thermisch-mechanischen Belastbarkeit gegenüber, was bislang ihren Einsatz in solarthermischen Systemen verhindert hat. Daher ist nicht nur die Konzeptentwicklung eines Kunststoffkollektors, sondern auch die Gestaltung eines angepassten Solarwärmesystems, das auf die Eigenschaften des Kunstoffeinsatzes im Absorber Rücksicht nimmt, nötig. Das Projekt beinhaltete die Leitung der IEA-SHCP-Task 39 durch das Fraunhofer ISE sowie Mitarbeit bei der Entwicklung neuer Komponenten, Materialien und geeigneter Qualifizierungsverfahren.

6.2 SOLARE HEIZUNGSUNTERSTÜTZUNG UND SOLARE NAHWÄRME MIT LANGZEITWÄRMESPEICHERUNG

Allein durch solarthermische Anlagen zur Trinkwassererwärmung konnte der Gesamtwärmebedarf von Gebäuden in der Vergangenheit nur zu 5 bis 10 Prozent gedeckt werden. Heutige Kombi-Solaranlagen, die Trinkwasser erwärmen und zusätzlich zum Heizen genutzt werden, tragen dagegen bereits mit 10 bis 35 Prozent zum Gesamtwärmebedarf bei. Somit leisten sie einen wesentlich größeren Beitrag dazu, fossile Brennstoffe einzusparen und tragen stärker zum Klimaschutz bei.

Das Ziel von Projekten zur Langzeitwärmespeicherung in Verbindung mit solaren Nahwärmekonzepten ist es, die Speicherkosten weiter zu senken, die Speicherverluste zu verringern und die solaren Systemerträge beziehungsweise den solaren Deckungsanteil zu erhöhen. Pilotanlagen der sogenannten dritten Generation gibt es in München-Ackermannbogen, in Crailsheim und Eggenstein-Leopoldshafen. Bei diesen Anlagen konnten die Speicherbaukosten deutlich gesenkt werden, indem neue Konstruktionsprinzipien, Bauverfahren sowie Speicher- und Dämmstoffe eingesetzt wurden. Indem thermisch angetriebene Absorptionswärmepumpen in das System integriert wurden, konnte die Systemeffizienz erhöht werden. Die derzeit größte solarthermische Anlage in Deutschland mit 7.500 Quadratmetern Kollektorfläche und



Schema des Multifunktionalen Wärmespeichers in Hamburg Bramfeld-Karlshöhe

37,5 Terakubikmetern Erdsondenwärmespeicher in Crailsheim ging im Mai 2012 in Betrieb (FKZ 0329607H).

Gefördert werden laut BMU-Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 etwa Projekte, in denen neue integrale Systemkonzepte einschließlich regelungstechnischer Lösungen entwickelt werden, um hohe solare Deckungsanteile am Heizenergiebedarf zu erreichen. Diese können bis zu 100 Prozent für Neubau und Bestandsgebäude betragen. Ebenfalls gefördert werden Projekte, in denen geeignete Tools entwickelt werden, um eine Planung und Bewertung von Gebäuden mit hohen solaren Deckungsanteilen über 50 Prozent zu ermöglichen, die mit EnEV (Energieeinsparverordnung) und EEWärmeG (Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz) kompatibel sind. Auch sollen Pilotanwendungen geeigneter Konzepte, um Wärmenetze zu solarisieren und Netze zu optimieren, entwickelt und umgesetzt werden. Zuletzt werden auch Projekte gefördert, in denen geeignete Verfahren, Methoden und Konzepte zur Qualitäts- und Ertragssicherung entwickelt werden. Dadurch soll die Betriebssicherheit erhöht werden, solare Systeme sollen ganzheitlich bewertet werden können.

Ein Beispielprojekt der E.ON Hanse Wärme GmbH Hamburg ist der Bau des multifunktionalen Wärmespeichers in Hamburg Bramfeld-Karlshöhe (FKZ 0329607O), der bereits seit Anfang 2011 erfolgreich in Betrieb ist. Durch diesen Speicher wurde die dezentrale Wärmeerzeugung erfolgreich mit einer zentralen Speicherung verbunden. Um das vorhandene Speicherpotenzial des 4.000 Kubikmeter fassenden Edelstahlbehälters optimal auszunutzen, wird zusätzlich zu den dezentralen Kollektoranlagen mehrerer Wohnhäuser die Abwärme einer Müllverbrennungsanlage eingespeist. Das ist eine bisher in Deutschland einmalige Zusatzfunktion eines saisonalen solaren Wärmespeichers. Der im Betrieb bis 98 Grad Celsius warme Behälter ist 10 Meter hoch und misst 23 Meter im Querschnitt. Damit ist es möglich, eine Spitzenleistung von 10 Megawatt über einen Zeitraum von circa 15 Stunden bereitzustellen. Durch ein Begleitforschungsprojekt der TU Braunschweig wird zurzeit noch eine Speicher-Energiebilanz erstellt.

Verbundprojekt: Solarthermie2000plus: Solare Gebäude-Wärmeversorgung mit unverglasten photovoltaisch – thermischen Kollektoren, Erdsonden und Wärmepumpen für 100 % sol. Deckungsanteil.

Förderkennzeichen: 0325952B; 0325952A

Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2011

Zuwendungssumme: 405.300 Euro

Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH (Koordinator);
GEFGA Gesellschaft zur Entwicklung und Förderung von Geothermen
Anlagen mbH

Das Projekt BiSolar-WP erforscht unabgedeckte photovoltaisch – thermische (PVT) Kollektoren in Wärmepumpensystemen. Der PVT-Kollektor wandelt Sonnenstrahlung gleichzeitig in elektrischen Strom und Wärme um und ist besonders geeignet für die Kombination mit einer Wärmepumpe. Untersucht wurde der PV-Mehrertrag durch die Modulkühlung und die Verbesserungen an der Wärmepumpe durch eingespeiste Sonnenwärme. Dazu wurden seit 2009 eine Pilotanlage und PVT-Kollektoren vermessen und begleitende Simulationen durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen eine Verbesserung des photovoltaischen Jahresertrages um 4 % und eine elektrische Stromeinsparung an der Wärmepumpe von 9 %, langfristig sogar 15 %. Als weiteres Ergebnis wurde ein PVT-Kollektormodell entwickelt und in der Simulationsumgebung TRNSYS umgesetzt.

Berechnungssoftware und Projektierungspaket für solarthermische Minimalenergiewohngebäude bzw. Sonnenhäuser – SonnenHaus ProjektierungsPaket SHPP

Förderkennzeichen: 0325955C

Laufzeit: 01.08.2009 – 31.05.2012

Zuwendungssumme: 200.690 Euro

Projektpartner: ETU Software GmbH

Projektziel ist es, für Minimalenergiehäuser, wie z. B. das Sonnenhaus (SH) mit seinem spezifischen Primärenergiebedarf von maximal 15 kWh/m²a, wesentliche Einführungshemmnisse zu beseitigen. Erreicht werden soll dies u. a. durch: 1.) Einfache Auslegungs- und Simulationssoftware für Sonnenhäuser. 2.) Das Sonnenhaus Projektierungspaket (SHPP), welches auf einem vom Sonnenhaus-Institut e.V. zertifizierten Auslegungsverfahren basiert.

3.) Die Sicherstellung der EnEV-Konformität des Auslegungsverfahrens.

4.) Die Ausarbeitung von Schulungsangeboten zum Auslegungsverfahren und der Software.

5.) Die thermodynamische Anlagen- und Gebäudesimulationssoftware soll auch allgemein Planern als einfaches aber genaues Hilfsmittel für die Ertragsberechnung und dem EnEV-Nachweis größerer thermischer Solaranlagen dienen.

Integration von Heizkesseln in Wärmeverbundsysteme mit großen Solaranlagen

Förderkennzeichen: 0325958A
 Laufzeit: 01.06.2009 – 30.04.2012
 Zuwendungssumme: 657.123 Euro
 Projektpartner: Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften – Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel – Institut für energieoptimierte Systeme – Labor für Heizungstechnik

Das Projekt hat folgende Schwerpunkte:

- a) Erstellung eines Kesselmodells als TRNSYS-Type. Ziel: Zeitverhalten (z. B. Takten) sinnvoll abbilden, Berücksichtigung von Prüfstandswerten als Parameter.
- b) Kesselprüfstandsmessung. Ziel: fehlende Daten zum Betriebsverhalten (insbesondere zeitveränderliche Größen) erheben.
- c) Validierung des TRNSYS-Types anhand von hochaufgelösten Feldmessungen von 4 Kessel/Solar-Anlagen (Sekunden/Minutenmessungen).
- d) Berechnung von weiteren praxistypischen Kessel/Solar-Varianten mit dem Kesselmodell in TRNSYS. Ziel: Ermittlung energiesparender hydraulischer und regelungstechnischer Lösungen.
- e) Feldmessungen verschiedener Kessel/Solar-Systeme zur Bestimmung von Endenergieeinsparungen (Monatsmessungen) und zur Ermittlung der Speicher- und Verteilverluste.

Leistungsprüfung und ökologische Bewertung von kombinierten Solar-Wärmepumpenanlagen (WPSol)

Förderkennzeichen: 0325967A
 Laufzeit: 01.09.2010 – 31.08.2013
 Zuwendungssumme: 417.471 Euro
 Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 4 Energie-, Verfahrens- und Biotechnik – Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Das Hauptziel des Vorhabens ist die Entwicklung von Verfahren zur dynamischen Leistungsprüfung sowie für die ökologische und primärenergetische Bewertung von kombinierten Solarthermie-Wärmepumpenanlagen zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung. Dies beinhaltet u. a. Simulationen und Prüfungen des thermischen Verhaltens von Wärmepumpen an einem Laborprüfstand unter dynamischen Betriebsbedingungen, das Monitoring von realen Solar-Wärmepumpen-Heizungsanlagen sowie die Erstellung von Ökobilanzen. Als Ergebnisse des Vorhabens werden standardisierte Bewertungsverfahren zur Bewertung der thermischen Leistungsfähigkeit, der Umweltverträglichkeit sowie der Primärenergieeinsparung von kombinierten Solar-Wärmepumpenanlagen vorliegen. Hierdurch wird ein Beitrag zur weiteren Markteinführung geleistet.

Untersuchung und simulationstechnische Optimierung von Wärmeversorgungskonzepten für Wohngebäude, deren Gesamtwärmebedarf zu 50% bis 100% mit Solarwärme gedeckt wird sowie Vergleich mit anderen CO₂-reduzierten Wärmeversorgungskonzepten

Förderkennzeichen: 0325971A

Laufzeit: 01.09.2010 – 30.11.2012

Zuwendungssumme: 1.127.498 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Ein vielversprechender Weg zur Reduzierung der CO₂-Emissionen in Gebäuden ist deren weitgehende Beheizung mit Solarwärme. Dazu muss ein Teil der im Sommer erzeugten Solarwärme bis in den Winter gespeichert werden. Mit 40 qm Solarkollektoren und 8 cbm Wasserwärmespeicher können in einem gut gedämmten Einfamilienhaus 60-70 % des Wärmebedarfs solar gedeckt werden. Das Konzept wurde bereits Anfang der 90er Jahre erfolgreich demonstriert, allerdings fehlen bislang die wissenschaftliche Grundlagen zur objektiven Bewertung. Durch die Vermessung von neun Sonnenhäusern mit solaren Deckungsanteilen von 50-100 %, der Entwicklung eines Simulationsmodells und der Optimierung von Komponenten und System soll mit HeizSolar die Grundlage für die Verbreitung der SolarAktivhäuser geschaffen werden.

Entwicklung, Untersuchung und Anwendungen von Methoden zur Langzeitüberwachung und automatisierten Fehlerdetektion großer solarunterstützter Wärmeversorgungsanlagen (FeDet)

Förderkennzeichen: 0325975A

Laufzeit: 01.06.2011 – 31.05.2014

Zuwendungssumme: 247.428 Euro

Projektpartner: Universität Kassel – Fachbereich 15 Maschinenbau –
Institut für Thermische Energietechnik

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Weiterentwicklung und intensive Erprobung eines flexiblen, mehrstufigen Verfahrens zur automatisierten Langzeitüberwachung und Fehlerdetektion an großen solarunterstützten Wärmeversorgungsanlagen unter Einbeziehung der Nachheizung. Angepasst an unterschiedliche Anforderungen bezüglich Genauigkeit, Installationsaufwand der Messtechnik und Kosten der Langzeitüberwachung sollen für mehrere Industriepartner (Bosch Solarthermie GmbH, FSAVE Solartechnik GmbH, Viessmann Werke GmbH & Co. KG) Verfahren zur automatisierten Fehlerdetektion und -lokalisierung implementiert werden.

Gesamtbetrachtung zu solaren saisonalen Wärmespeichern und mögliche multifunktionale Nutzungen

Förderkennzeichen: 0325976A
 Laufzeit: 01.06.2011 – 30.11.2012
 Zuwendungssumme: 287.388 Euro
 Projektpartner: Solites Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

Das Vorhaben fokussiert auf zwei Schwerpunkte:

1. Gesamtbetrachtung solarer saisonaler Wärmespeicher: Auf Basis der in den vorhergehenden Forschungsvorhaben erarbeiteten Ergebnisse und der durch die Realisierung der Pilotanlagen vorliegenden Erfahrungen wird ein Exzerpt der solaren saisonalen Wärmespeicher erarbeitet. Dieses stellt einen wichtigen Schritt für die Speichertechnologien auf dem Weg zu ihrer Anwendbarkeit in der Planungs- und Baupraxis dar und dient dazu, die Systemtechnologie weiterzuentwickeln.
2. Erste Untersuchungen multifunktionaler Nutzungen solarer saisonaler Wärmespeicher: Der Speicher erfüllt neben seiner Funktion der saisonalen Wärmespeicherung von Solarwärme weitere Funktionen, die dem System dienen, in das der Speicher eingebunden ist.

Verbundforschungsvorhaben – Optimierte Regelalgorithmen für die Solartechnik

Förderkennzeichen: 0325977A; 0325977B
 Laufzeit: 01.10.2011 – 30.09.2014
 Zuwendungssumme: 886.201 Euro
 Projektpartner: Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften-Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel – Institut für Energieoptimierte Systeme (EOS) (Koordinator); Wagner & Co Solartechnik GmbH

Simulationsgestützte Entwicklungsmethodik ermöglicht schnelleren Entwurf neuer Regelalgorithmen – Verbundforschungsvorhaben „Optimierte Regelalgorithmen für die Solartechnik“ – REM: Über die variable Nutzung verschiedener Energieträger und den Einbezug der Lastsituation in den Gebäuden wird die Anforderung an die Regelfähigkeit der Anlagentechnik erhöht. Im Rahmen des Projektes wird eine neue simulationsgestützte Entwicklungsmethodik zur Optimierung der Schnittstelle zwischen Solaranlagen- und Regelungstechnik-Hersteller erarbeitet. Eine gemeinsame funktionale Plattform soll bereits in einem frühen Entwicklungsstadium einen Dialog zwischen den Beteiligten ermöglichen. Die Methodik soll die Vereinfachung der Durchführung funktionaler Tests wie auch Analysen des Regelverhaltens ermöglichen.

Verbundprojekt: Entwicklung eines Konzepts zur temperaturoptimierten Wärmebedarfsdeckung in Solaraktivhäusern

Förderkennzeichen: 0325981A; 0325981B

Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2014

Zuwendungssumme: 750.302 Euro

Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH (Koordinator);
HELMA Eigenheimbau Aktiengesellschaft

Im Projekt wird ein neues Wärmeversorgungskonzept für Solarhäuser mit einem solaren Deckungsanteil von über 50 % entwickelt. Die Kollektorwärme wird temperaturoptimiert auf drei Wärmesenken aufgeteilt – ein Pufferspeicher mit maximal 2 Kubikmeter, eine thermische Betonkernaktivierung in EG- und OG-Fussboden, direkt über den Solarkreis beladen, sowie die Unterstützung eines kleinen Erdspeichers als Quelle einer Wärmepumpe für den Restbedarf. Das Ziel ist, die solarhauspezifischen Mehrkosten bei gleichem Deckungsanteil um etwa 25 % zu reduzieren. Nach einer Simulations- und Kostenstudie wird am Ende des ersten Projektjahrs entschieden, ob das Konzept als Experimentalhaus realisiert und dann unter realitätsnahen Bedingungen betrieben und durch Messung und Simulation analysiert wird.

Solarthermie2000plus: Wissenschaftlich-technische Begleitung von Solaranlagen im Südwesten Deutschlands

Förderkennzeichen: 0329601P

Laufzeit: 01.08.2006 – 31.03.2012

Zuwendungssumme: 510.446,78 Euro

Projektpartner: Hochschule Offenburg – Hochschule für Technik, Wirtschaft und Medien

Im Rahmen des Förderkonzepts Solarthermie2000plus werden in ganz Deutschland Pilot-, Forschungs- und Demoanlagen im Bereich Solargroßanlagen zur Heizungsunterstützung, solarer Nahwärme und solarer Klimatisierung begleitet und vermessen. Hauptaufgaben der Hochschule Offenburg, für Projekte in Südwestdeutschland, sind: Objektauswahl und -begutachtung, Planungsunterstützung, Überwachung der Anlagen- und Messtechnikinstallation sowie Anlagenüberwachung mit diversen Mess- und Prüfaufgaben.

Es sollen Grundlagen geschaffen werden für einen optimalen Betrieb der Solaranlagen, die so eine wirtschaftliche Konkurrenz zu konventionellen Energietechniken darstellen. Die Anlagen sollen einen möglichst hohen Beitrag zur CO₂-Reduzierung leisten.

Solarthermie2000plus: Programmbegleitendes Messprogramm zu Solarthermie-2000 und zu Solarthermie-2000plus

Förderkennzeichen: 0329601Q
 Laufzeit: 01.01.2007 – 31.03.2011
 Zuwendungssumme: 1.827.776 Euro
 Projektpartner: ZfS-Rationelle Energietechnik GmbH i.L

In den Förderkonzepten Solarthermie-2000 und Solarthermie2000plus wurden ca. 80 thermische Solaranlagen als Demonstrations- und Forschungs- bzw. Pilotanlagen errichtet. Vor der Ausschreibung steht die ZfS bei der Systemkonzeption beratend zur Verfügung, so dass Planungsmängel schon sehr früh vermieden werden. Mit Hilfe der installierten Messtechnik wird das Betriebsverhalten der Systeme und ihrer Einzelkomponenten detailliert analysiert. Ziel der messtechnischen Begleitung ist es, Systeme und Komponenten zuverlässiger, effizienter und wirtschaftlicher zu machen sowie Planungsaufwand und Systemkosten zu reduzieren. Vergleiche zwischen diversen Systemvarianten sollen zu Empfehlungen für die technisch und wirtschaftlich besten Lösungen bei unterschiedlichen Betriebsbedingungen führen.

Solarthermie2000plus: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Messprogramm Solarthermie2000 / 2000plus für Solaranlagen im Freistaat Thüringen (Phase 4)

Förderkennzeichen: 0329601R
 Laufzeit: 01.09.2007 – 31.03.2012
 Zuwendungssumme: 702.046 Euro
 Projektpartner: Technische Universität Ilmenau – Fakultät für Maschinenbau – Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidynamik

1994-2011 werden im Bundesforschungsprogramm Solarthermie2000/2000plus in Thüringen durch die TU Ilmenau (Institut für Thermo-und Fluidodynamik) große solarthermische Anlagen initiiert und wissenschaftlich-technisch begleitet. Ausgehend von den bisher erreichten Ergebnissen bei immer komplexer werdenden Anlagen und der Entwicklung und Erprobung von Wärmespeichern aus glasfaserverstärkten Kunststoffen (GFK), lagen die Schwerpunkte in Solarthermie2000plus aktuell auf erweiterten und neuen Lösungen der Solartechnik bei weiter intensiver Betreuung des Anlagenbestandes. Aktuell sind die Anlagen Sophienhütte Ilmenau, Jena II, Harsberg und in Realisierung Wärme- und Kälteversorgung Dessau. Bei den akt. Anlagen wird das gesamte Wärmeversorgungs-/ Kältesystem messtechnisch erfasst und bewertet.

Solarthermie2000plus: Anwendungsorientierte Grundlagenuntersuchungen zur Monitoring-Messtechnik in solarthermischen Anlagen und wissenschaftliche Begleitung von Pilot- und Demonstrationsanlagen

Förderkennzeichen: 0329601S

Laufzeit: 01.04.2008 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 635.829 Euro

Projektpartner: Technische Universität Chemnitz – Fakultät für Maschinenbau –
Institut für Mechanik und Thermodynamik –
Professur für Technische Thermodynamik

Im Nachgang des ausgelaufenen Förderkonzepts Solarthermie2000plus werden in ganz Deutschland Pilot-, Forschungs- und Demoanlagen im Bereich Solargroßanlagen zur Heizungsunterstützung, solaren Nahwärme, Prozesswärmebereitstellung und solaren Klimatisierung/Kühlung wissenschaftlich begleitet. Das betrifft aktuell die solarthermische Prozesswärmebereitstellung in einer Brauerei. Daneben befinden sich zahlreiche Großanlagen aus dem Vorgängerprogramm Solarthermie2000 im Monitoring. Zusätzlich werden auf dem Wege der gezielten Recherche und über eigene Laboruntersuchungen Empfehlungen für künftige Monitoringmesstechnik erarbeitet. Es wird z. B. ein Versuchsstand zur Untersuchung von Volumenstrommesstechnik unter Einsatzbedingungen entworfen, gebaut und betrieben.

Solarthermie 2000plus: Solare Nahwärmeversorgung Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau

Förderkennzeichen: 0329604J

Laufzeit: 01.04.2008 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 106.200 Euro

Projektpartner: Wohnungsbaugenossenschaft Ilmenau/Thüringen e.G.

Schaffung einer regionalen Beispiellösung für innovative regenerativ unterstützte Nahwärmenetze mit Fernwärmeanbindung in der Seniorenwohnanlage "Sophienhütte" Ilmenau. Mit einem Neubau der WBG Ilmenau e.G. wurden 37 altersgerechte Wohnungen, 2 Gewerbe und 2 Wohngruppen in 3 Gebäuden (KfW 60) geschaffen. Die Raumheizung wird als Niedertemperaturheizung ausgeführt und die WW-Bereitung erfolgt dezentral. Der Einsatz von direkten Wohnungsübergabestationen und der Aufbau eines Zweileiternetzes (VL=55 °C) mit niedrigen Rücklauftemperaturen (RL< 35 °C) senken die Zirkulationsverluste in hohem Maße. Damit werden die Voraussetzungen für einen solaren Deckungsanteil der 145 m² Solarthermieanlage von >23 % geschaffen. Offizielle Inbetriebnahme am 02.10.2009. Garantiertrag mit 55,3 MWh erfüllt.

Solarthermie 2000plus: Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung Industriedenkmal ehemalige Schultheiss – Brauerei Dessau

Förderkennzeichen: 0329604K
 Laufzeit: 01.06.2008 – 29.02.2012
 Zuwendungssumme: 1.092.606 Euro
 Projektpartner: Brauhaus Verein Dessau e.V.

Das „solare Nahwärmesystem“ stellt perspektivisch voll umfänglich den CO₂-neutralen Betrieb des „Denkmals der Industrie – Brauerei Dessau“ mit 35.000 qm Nutzfläche sicher. Im Jahr 2011 wurde das Vorhaben zu 90% fertig gestellt, leider konnte die Inbetriebnahme der Anlage nicht mehr vor dem Winter erfolgen. Neben der solaren Kühlung wurden saisonale Wärmespeicher (285 cbm Fassungsvermögen) errichtet und Solarthermielelemente mit einer Fläche von ca. 500 qm auf dem Lagerkellerdach aufgeständert. In der „Pichhalle“ wurden zwei Biomassegroßkessel aufgestellt. Die abschließende Inbetriebnahme der Anlage ist für den Sommer 2012 geplant. Die Kombination von denkmalgeschützter Bausubstanz und modernster Energietechnik ist über-regional einzigartig und zieht Interessenten aus der ganzen Welt an.

Solarthermie2000plus: Solarunterstützte Nahwärmeversorgung Crailsheim Hirtenwiesen II

Förderkennzeichen: 0329607H
 Laufzeit: 01.12.2004 – 30.04.2012
 Zuwendungssumme: 2.474.915 Euro
 Projektpartner: Stadtwerke Crailsheim GmbH

Entstehung der größten thermischen Solaranlage Deutschlands mit 7500 qm Kollektorfläche. Der Wärmebedarf des Wohngebiets Hirtenwiesen II soll zu 50 % durch Sonnenwärme abgedeckt werden. Im Sommer erzeugte Solarwärme wird in zwei Heißwasser-Wärmespeichern gepuffert (100 cbm/480 cbm). Hier steht das bis zu 108 °C heiße Wasser unter drei bar Druck. Durch die Kollektoren erzeugte Überschusswärme wird saisonal in einem Erdsondenwärmespeicher für den Winter zwischengespeichert. Einbindung der Solaranlage in die Nahwärmeversorgung mit Einbindung einer Hochtemperatur-Wärmepumpe. Dieses Speicherkonzept ist europaweit einmalig. Deshalb wurde die Anlage der Stadtwerke Crailsheim GmbH zu einem Leuchtturmprojekt der Bundesregierung ernannt. Jährliche Einsparung: 1.000 t Kohlendioxid.

Solarthermie2000plus: Technisch-wirtschaftliche Analyse und Weiterentwicklung der solaren Langzeit-Wärmespeicherung

Förderkennzeichen: 0329607N

Laufzeit: 01.12.2007 – 28.02.2011

Zuwendungssumme: 673.307 Euro

Projektpartner: Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

Das Forschungsvorhaben gliedert sich in folgende Schwerpunkte:

- Querschnittsauswertung des technischen und wirtschaftlichen Status Quo solarer Langzeit-Wärmespeicherung,
- Weiterentwicklung der Technologien zur Langzeit-Wärmespeicherung,
- Projektentwicklung und -begleitung neuer Pilotprojekte,
- Entwicklung eines ersten Auslegungswerkzeuges,
- Aufbau eines dauerhaften Technologietransfers durch www.saisonalspeicher.de.

Die solare Nahwärmeversorgung Hirtenwiesen 2 in Crailsheim wird 2011 im ersten Bauabschnitt fertiggestellt und ist damit Deutschlands größte Solarsiedlung. Der saisonale Wärmespeicher in Hamburg-Bramfeld wurde in 2010 zum Multifunktions-Wärmespeicher umgebaut. Die Einbindung in das Fernwärmenetz erfolgt im Jahr 2011.

Solarthermie2000plus: Multifunktionaler Speicher Bramfeld-Karlshöhe

Förderkennzeichen: 03296070

Laufzeit: 01.09.2008 – 31.03.2012

Zuwendungssumme: 2.768.690 Euro

Projektpartner: E.ON Hanse Wärme GmbH

In einem bestehenden, jedoch defekten Betonwärmespeicher auf dem Gelände des Hamburger Umweltzentrums Karlshöhe wurde ein frei stehender innovativer Edelstahlspeicher mit einem Volumen von ca. 4.000 m³ installiert. Eine optimierte Wärmedämmung aus Foamglas und Mineralwolle sorgt für minimierte Wärmeverluste beim Betrieb mit bis zu 98 °C. Über ein saniertes erdverlegtes ‚Solarnetz‘ wird die erzeugte Nutzwärme der angeschlossenen Kollektorflächen eingespeichert und kann zeitversetzt wieder zu Heizzwecken entnommen werden. Ferner wurde eine neue ca. 4 km lange Fernwärmeanbindung an ein bestehendes Fernwärmenetz geschaffen. Somit ist es möglich, freie und geeignete Wärmemengen aus der Müllverbrennung oder von dezentralen Einspeisern (Solarthermie, BHKW) einzuspeichern.

Solarthermie2000plus: Wissenschaftlich technische Begleitung des Förderprogramms Solarthermie2000plus zu solar unterstützter Nahwärme und Langzeit-Wärmespeicherung

Förderkennzeichen: 0329607P
 Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2012
 Zuwendungssumme: 721.080 Euro
 Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 4 Energie-, Verfahrens- und Biotechnik – Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Das Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik der Universität Stuttgart (ITW) führt die wissenschaftlich-technische Programmbegleitung von fünf solar unterstützten Nahwärmeversorgungen mit saisonaler Wärmespeicherung durch. Ziele dieses Projekts sind der Ausbau des Wissensstandes bei der Optimierung und Effizienzsteigerung der Anlagenkomponenten wie dem Langzeit-Wärmespeicher und der Systemverschaltung unter anderem durch die Integration von Wärmepumpen. Es werden Pilotanlagen wissenschaftlich begleitet sowie Begleitforschung zum innovativen Betrieb von solar unterstützten Nahwärmeversorgungssystemen und zur Wärmespeicher-Modellierung durchgeführt.

Solarthermie2000plus: Wissenschaftliche Begleitung und Sonderuntersuchungen der solar unterstützten Nahwärmeversorgung Hamburg-Bramfeld, Hannover-Kronsberg und Steinfurt-Borghorst

Förderkennzeichen: 0329607Q
 Laufzeit: 01.09.2008 – 30.06.2012
 Zuwendungssumme: 301.752 Euro
 Projektpartner: Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig – Fakultät 3 – Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften – Institut für Gebäude- und Solartechnik

Für die Fortsetzung der wissenschaftlich-technischen Begleitung in Hamburg-Bramfeld sind neben der Fortführung des Anlagenmonitorings die Sanierungs- und Umbaumaßnahmen des Langzeitwärmespeichers zum Multifunktionsspeicher Kernpunkte des Vorhabens. Weiterhin erfolgt die Analyse und Bewertung eines Regenerativ-Niedertemperaturwärmeverteilnetzes (50/30 °C), welches an den Wärmespeicher in Hamburg angeschlossen werden soll. Die wissenschaftliche Begleitung der Anlagen in Hannover-Kronsberg und in Steinfurt-Borghorst wird in einem reduzierten Umfang und mit angepasster Messtechnik bis Ende 2009 parallel dazu weiter geführt.

6.3 SOLARE KLIMATISIERUNG

Rund ein Sechstel des bundesweiten elektrischen Strombedarfs wird dazu genutzt, Kälte zu erzeugen. Die Standardlösung zur Produktion dieser Kälte ist zurzeit die elektrisch angetriebene Kompressionskälteanlage. Mit thermischen Kälteerzeugungsverfahren könnte man erhebliche Mengen an Strom sparen. Zudem erscheint es logisch, statt Strom dafür die Sonne zu nutzen: Schließlich ist der Sonnenschein selbst maßgeblich für den Klimatisierungsbedarf verantwortlich.

Bereits vor 1980 wurden erste Pilotanlagen gebaut, die zur solar unterstützen Kühlung dienten. Damit wurde demonstriert, dass diese Technologie prinzipiell machbar ist. In den darauffolgenden zwei Jahrzehnten stagnierte der Markt. Nicht zuletzt durch die Entwicklung von thermisch angetriebenen Kältemaschinen im kleinen Leistungsbereich ist der Markt in den letzten fünf Jahren kontinuierlich um 30 bis 70 Prozent pro Jahr gewachsen, liegt aber noch auf niedrigem Niveau. Deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen sind auf diesem Gebiet führend, müssen sich aber auch im Wettbewerb gegenüber Kompressionskälte aus erneuerbarem Strom behaupten. Die Chancen und Grenzen der solarthermischen Kühlung werden in dem Verbundvorhaben EVASOLK – Evaluierung der Chancen und Grenzen von solarer Kühlung im Vergleich zu Referenztechnologien unter Koordination des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) untersucht (FKZ 0325966A-C). Innerhalb des Förderprogrammes Solarthermie 2000plus wurden unter anderem fünf Pilot- und Demonstrationsanlagen zur solaren Klimatisierung gefördert. In einem wissenschaftlichen Begleitvorhaben zur solarthermischen Gebäude-Klimatisierung hat das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) zusammen mit Partnern untersucht, inwieweit die Betriebserfahrungen dieser Anlagen die Zielvorgaben erreichten und welchen Beitrag sie damit zum Klimaschutz leisten können (FKZ 0329605A). Dafür wurden umfangreiche Anlagendokumentationen erstellt. Als ein Ergebnis des Begleitvorhabens hält das Fraunhofer ISE fest, dass weiteres Entwicklungspotenzial bei der Rückkühltechnik besteht. Ein weiteres Ergebnis ist, dass auch Komponenten und Systemtechnik noch verbessert werden müssen, um eine höhere Kosteneffizienz zu erreichen. Im November 2012 ist ein Statusworkshop zur solaren Klimatisierung geplant.

Auch international engagiert sich das BMU im Bereich der solaren Klimatisierung. Mit dem neuen Task 48 „Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling“ innerhalb des Implementing Agreements Solar Heating and

Cooling werden die erfolgreichen Arbeiten aus Task 38 „Solar Air-Conditioning and Refrigeration“ fortgesetzt. Das Ziel des neuen Tasks liegt nun bei einer verstärkten Technologie- und Marktentwicklung der solarthermischen Kühlung und Klimatisierung. Ein Ergebnis von Task 38 ist die vollständig überarbeitete Neuauflage des Planungshandbuchs „Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings“. In die Arbeiten von Task 38 wurden auch die Ergebnisse der begleitenden Monitorings deutscher Pilot- und Demonstrationsanlagen aus dem Förderprogramm Solarthermie 2000plus mit eingebracht.

FDG Rottweil, Solarthermie/solare Kühlung; Einbindung in bestehendes Wärme- und Kältesystem

Förderkennzeichen: 0325012
 Laufzeit: 01.05.2009 – 30.04.2012
 Zuwendungssumme: 276.743 Euro
 Projektpartner: PASM Power and Air Condition Solution Management GmbH & Co. KG
 Münster

Es wurde eine solarthermische Anlage (Kollektorfläche ca. 500 m²) in ein bestehendes System aus PWW-Heizung, BHKW u. Absorptionskälteanlage eingebunden. Ziel ist eine Effizienzsteigerung und Betriebskostensenkung sowie die Senkung des CO₂-Ausstoßes im Gebäudebestand. Die Nutzung der BHKW-Abwärme für die Absorptionskältegewinnung wird durch die Solarwärme ergänzt. Folgende Konzepte werden erprobt: Solarunterstützte Wärmenetze, einschließlich deren Kombination mit anderen umweltfreundlichen Wärmequellen (Abwärme aus hocheffizienter Kraft-Wärmekopplung) zur weitgehenden CO₂-neutralen Wärmeversorgung.

Neue Anwendungsgebiete für Solarthermie: Die solarunterstützte Klimatisierung von Gebäuden (solares Kühlen).

Erkenntnisse hieraus können so wissenschaftlich und technisch genutzt werden.

Konzeptstudie einer direkt solarthermisch angetriebenen Kleinkälteanlage

Förderkennzeichen: 0325965A

Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2012

Zuwendungssumme: 323.349 Euro

Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 4 Energie-, Verfahrens- und Biotechnik – Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Im Projekt wird ein neues Konzept zur dezentralen solaren Kühlung mit modularem Aufbau und einer Kälteleistung von ca. 400 W pro Modul erforscht. Grundlage ist der Diffusions-Absorptions-kälteprozess. Hierbei erfolgt der Lösungsmittelumlauf durch das Thermosiphonprinzip. Die Anlage arbeitet dadurch verschleißfrei, strom- und geräuschlos. Die Bauteile der Kälteanlage werden direkt in den Solarkollektor integriert. Zusätzlich ist auch ein Standard-Warmwasserkreislauf im gleichen Kollektor vorgesehen. Die Anlage wurde im Labor aufgebaut. Es erfolgten vielfältige Optimierungsmaßnahmen bzgl. der Rohrführung und der eingesetzten Wärmeübertrager. Aufgrund der umfangreichen Messtechnik konnten viele neue Erkenntnisse über den Diffusions-Absorptionskälteprozess gewonnen werden.

Verbundvorhaben: EVASOLK – Evaluierung der Chancen und Grenzen von solarer Kühlung im Vergleich zu Referenztechnologien

Förderkennzeichen: 0325966A; 0325966B; 0325966C

Laufzeit: 01.06.2010 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 800.951 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH;
Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) –
Abt. 1 – Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien

Im Vorhaben wird untersucht, unter welchen Randbedingungen und in welchen Anwendungsbereichen Perspektiven für solare Kühlung liegen. In Vergleichsstudien erfolgt eine Gegenüberstellung solarthermischer und solarelektrischer Verfahren für Gebäudekühlung und in gewerblicher Anwendung; Ergebnisse der Studien werden Ende 2012 vorliegen. Das Vorhaben umfasst zudem einen messtechnischen Ansatz zur Effizienzbestimmung konventioneller Kälteerzeugung (Referenzsysteme), mit dem stichprobenartig der Stand der Technik dokumentiert wird. Dazu sind bisher sechs Kompressionskälteanlagen unterschiedlicher Technik und Nutzung mit Messtechnik ausgestattet; zwei weitere Anlagen folgen im Frühjahr 2012.

KollSorp – Entwicklung und Demonstration eines kollektorintegrierten Sorptionssystems zur solaren Kühlung und Heizungsunterstützung

Förderkennzeichen: 0325979A; 0325979B
 Laufzeit: 01.09.2011 – 31.08.2014
 Zuwendungssumme: 1.415.139 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
 Vaillant GmbH

Ziel des KollSorp-Vorhabens ist die Entwicklung eines kollektorintegrierten Sorptionsmoduls zur solaren Kühlung und/ oder Heizungsunterstützung. Angestrebt werden 3-10 kW Kälteleistung bei einem thermischen COP von 0.6. Gleichzeitig wird aufgrund der einfacheren Systemkonfiguration ein elektrischer COP von > 10 erwartet. Als Arbeitspaare werden Kombinationen hygroskopischer Salze verwendet, welche im Chargenbetrieb hohe Speicherdichten erreichen lassen. Die Arbeitsschwerpunkte des Projekts liegen in der simulationsbasierten Auslegung der Systemkonfiguration sowie in der praktischen Umsetzung, Vermessung und Bewertung von Funktionsmustern.

Mitarbeit am IEA-Task48: Quality assurance and support measures for Solar Cooling

Förderkennzeichen: 0325982A
 Laufzeit: 01.10.2011 – 31.03.2015
 Zuwendungssumme: 52.125 Euro
 Projektpartner: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)
 – Abteilung 1: Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien

Die Zielsetzung des TASK48 „Quality Assurance and support Measures for Solar Cooling“ innerhalb des Solar Heating and Cooling Programme (SHC) der International Energy Agency ist eine Steigerung der Effizienz und Langlebigkeit sowie eine Verringerung der Gesamtkosten solarthermischer Heiz- und Kühlsysteme. Durch die internationale Zusammenarbeit forschender Institute weltweit können Synergieeffekte zwischen nationaler und europäischer Förderpolitik realisiert werden. Zudem stellt der gezielte Wissenstransfer aus Forschung und Entwicklung zu den Multiplikatoren und Nutzern in den Ländern mit großem solaren Klimatisierungspotenzial die Voraussetzung für eine schnelle Umsetzung der erzielten Forschungsergebnisse in die Praxis dar.

Solarthermie2000plus: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Begleitforschung „Solarthermische Gebäude-Klimatisierung“

Förderkennzeichen: 0329605A

Laufzeit: 01.01.2005 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 876.445 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Im Förderprogramm Solarthermie 2000plus werden bzw. wurden Betriebsergebnisse von fünf Anlagen zur solarthermischen Kühlung ausgewertet. Die Anlagenkonzepte unterscheiden sich stark: in zwei Anlagen wird eine vorhandene Kältetechnik, betrieben mit Abwärme und Wärme aus Gaskesseln, um eine solarthermische Wärmequelle erweitert zur Verringerung des Primärenergiebezugs und der CO₂-Emissionen; in zwei weiteren Realisierungen wird eine solarthermisch autonome Kaltwassererzeugung demonstriert. In einer weiteren Anlage steht die Prozesskühlung im Vordergrund. Die hohe Anwendungsbreite solarer Kühlung ist damit offenkundig, deren Standardisierung allerdings noch gering. Insbesondere ist einer Verringerung des Stromverbrauchs in den peripheren Komponenten hohe Priorität einzuräumen.

Solarthermie2000plus: Pilotanlage solarautarke Klimatisierung Bürogebäude iba AG Fürth

Förderkennzeichen: 0329605E

Laufzeit: 01.06.2006 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 115.782 Euro

Projektpartner: iba AG

Das von der iba AG 2004 begonnene Modellprojekt zur solarautarken Kühlung, Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung ist nunmehr fertig gestellt. Durch die Installation von Flachkollektoren auf dem Firmendach wird Wärme gesammelt, durch eine Absorptionskältemaschine umgewandelt und für die Kühlung der Büros verwendet. Die Kälteverteilung im Bürohaus der iba erfolgt über Kühldecken nahezu zugfrei. Zur wissenschaftlichen Auswertung wurde umfangreiche messtechnische Sensorik installiert. Über das Messwerterfassungssystem ibaPDA wird das projektbegleitende Forscherteam an der Universität Ilmenau ständig mit allen Anlagenkennwerten versorgt. Alle wesentlichen energetischen Daten werden live auf einem Großmonitor im Eingangsbereich der iba AG publikumswirksam visualisiert.

Solarthermie 2000plus: Integration des solaren Heizen und Kühlen in Wohngebäuden mit Niedrigenergie- und Passivhausstandard

Förderkennzeichen: 0329605H
 Laufzeit: 01.06.2008 – 30.06.2011
 Zuwendungssumme: 154.411 Euro
 Projektpartner: Ruhr-Universität Bochum – Fakultät für Maschinenbau –
 Institut für Energietechnik – Energiesysteme und Energiewirtschaft

Im Zuge der durch die Energieeinsparverordnung ansteigenden energetischen Anforderungen an Wohngebäude werden in Zukunft Versorgungssysteme, die sowohl das Heizen als auch das Kühlen mit geringem Primärenergieeinsatz ermöglichen, stärker in den Vordergrund rücken. Vor diesem Hintergrund hat das Vorhaben zum Ziel, verschiedene Energiekonzepte zum solaren Heizen und Kühlen für Wohngebäude zu erstellen und sie hinsichtlich Primärenergie, Treibhausgasemissionen und Kosten zu bewerten. Dabei sollen Niedrigenergiehäuser im Vordergrund stehen, bei denen die sommerliche Überhitzung aufgrund der hohen Wärmedämmung zum Nachteil werden kann. Bei der Erstellung der Konzepte werden verschiedene Anlagenkomponenten der Gebäudetechnik miteinander verglichen und die optimalen Lösungen heraus erarbeitet.

SolCoolSys – Solare Kühlung im kleinen Leistungsbereich – Demonstrationsvorhaben mit begleitender Systembewertung

Förderkennzeichen: 0329605J; 0329605K; 0329605M
 Laufzeit: 01.06.2009 – 31.12.2012
 Zuwendungssumme: 1.387.302 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
 SorTech AG; Solvis GmbH & Co. KG

In dem Verbundvorhaben der Projektpartner Fraunhofer ISE, SorTech AG und Solvis GmbH & Co. KG soll ein weitestgehend standardisiertes System zur solaren Kühlung für Wohn- und kleine Bürogebäude entwickelt und in realen Anwendungen getestet und optimiert werden. Die Anlagen bestehen aus einer Solaranlage, einer Adsorptionskältemaschine und einer Rückkühleinheit, die so zusammengestellt sind, dass eine einfache Installation beim Endkunden gewährleistet ist. In einem Feldtest werden ca. 5 dieser Anlagen installiert und mit Messtechnik versehen. Sie dienen dazu, Felderfahrung und Informationen über reale Betriebszustände und -bedingungen zu sammeln. Diese Ergebnisse werden sowohl zur Bewertung der Komponenten und Systemkonzepte verwendet als auch zur primärenergetischen Systemoptimierung.

Komponenten- und Systementwicklung: Solares Heizen und Kühlen mit Absorptionskälteanlage und Latentwärmespeicher

Förderkennzeichen: 03296050

Laufzeit: 01.10.2009 – 30.09.2012

Zuwendungssumme: 886.932 Euro

Projektpartner: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) –
Abt. 1 – Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien

In Systemen zum solaren Heizen und Kühlen mit Absorptionskälteanlagen werden zur Abwärmeabgabe an die Umgebung meist Nasskühltürme eingesetzt. Dies hat einen erheblichen Betriebsaufwand für Wasserverbrauch und Wartung zur Folge. An Stelle des Nasskühlturmes kann ein bereits getestetes (vgl. FKZ 0329605D), patentiertes Rückkühlkonzept mit trockenem Luftkühler und innovativem Latentwärmespeicher eingesetzt werden. Die Speicherung der Abwärme im Kühlbetrieb und zeitversetzte Rückkühlung während der kühleren Nachtstunden verringert den Spitzenlaststrombedarf und die Investitionskosten für das Rückkühlwerk. Zudem steigt in der Heizperiode der solare Ertrag für die Gebäudeheizung durch die Wärmespeicherung auf niedrigerem Temperaturniveau.

6.4 SOLARE PROZESSWÄRME

Nach wie vor erheblichen Forschungsbedarf hatte die Deutsche Solarthermie-Technologieplattform (DSTTP) in ihrer mit Unterstützung des BMU Ende 2010 erstellten Forschungsstrategie auch der solaren Prozesswärme konstatiert. Der Verband sieht im zunehmend wichtiger werdenden Verkaufssegment der industriellen Prozesswärme einen konkreten Maßnahmenschwerpunkt. Prinzipiell herrscht hier nämlich großes Potenzial: Etwa ein Drittel des Gesamtprozesswärmebedarfs in Deutschland entfällt auf den Temperaturbereich bis 250 Grad Celsius, ist also im Prinzip durch Solarkollektoren zu liefern. Ein Drittel davon liegt sogar im Bereich unter 100 Grad Celsius, der für Solaranlagen besonders effizient ist.

Bisher gibt es Pilotanlagen im Bereich der Lebensmittelindustrie und der Metallverarbeitung, die innerhalb des Förderprogrammes Solarthermie 2000plus erfolgreich entwickelt und erprobt werden konnten. Bei den Ergebnissen handelt es sich um eine gute Basis, auf der nun weiter aufgebaut werden muss.

Zwei Pilotanlagen wurden in Brauereien eingebaut, mit jeweils unterschiedlichen systemtechnischen Ansätzen. In der Hofmühl-Brauerei im fränkischen Eichstätt zum Beispiel versorgen nach einjährigem Probetrieb seit September 2010 insgesamt 835 Quadratmeter Vakuumröhren-Kollektorfläche zwei 55 Kubikmeter große Solarspeicher mit Wärmeenergie für heißes Wasser (FKZ 0329609D). Nach Abschluss des ersten Jahres wurde ein spezifischer Kollektorertrag von 409 Kilowattstunden pro Quadratmeter und Jahr und ein Systemnutzungsgrad von 22 Prozent erreicht. Unter Berücksichtigung des benötigten hohen Temperaturniveaus bedeutet das eine sehr gute Effizienz der Solaranlage. In der Hütt-Brauerei in Kassel-Baunatal wurden 155 Quadratmeter an Flachkollektoren installiert, die ihre gewonnene Energie an einen 10-Kubikmeter-Pufferspeicher abgeben (FKZ 0329609E).

Eine weitere innovative Pilotanlage wurde in die Produktion der Alanod Aluminium-Veredlung GmbH & Co. KG integriert. In den Receivern der zwölf Parabolrinnenkollektoren mit insgesamt 108 Quadratmetern wird direkt Sattedampf erzeugt, der für die Aluminiumbearbeitung (Reinigung) in der Eloxal-Anlage genutzt wird. Das Konzept war in Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR), des Solar-Instituts Jülich (SIJ), der FH Aachen und des Instituts für Thermodynamik und Wärmetechnik der Universität Stuttgart (ITW) innerhalb des Projekts P3 –

Pilotanlage zur solaren Prozesswärmeerzeugung mit Parabolrinnenkollektoren entstanden. Die vergleichsweise kleine Anzahl an Kollektoren erzeugt circa 50 Kilogramm Dampf pro Stunde.

Für die benötigten Prozesstemperaturen eignen sich besonders hocheffiziente Flachkollektoren, CPC-Vakuumröhrenkollektoren (CPC = Compound Parabolic Concentrator) sowie auch konzentrierende Kollektorsysteme wie etwa Parabolrinnen oder Fresnelkollektoren, die insbesondere in sonnenreichen Ländern mit einem hohen Direktstrahlungsanteil sehr effizient arbeiten. Es gibt jedoch einige grundlegende Schwierigkeiten bei der gewerblichen Nutzung, die es zu überwinden gilt. Die Integration der Systemtechnik in die meist komplexen industriellen Prozesse stellt die größte Herausforderung dar. Es existieren sehr unterschiedliche Prozessbedingungen, Prozesstemperaturen und Prozessabläufe, so dass eine Integration solarer Systeme individuell angepasst werden muss.



Solkollektoren der Hütt-Brauerei in Kassel-Baunatal

Dazu kommt die Maßgabe, dass in gewerblichen Energiekonzepten diejenigen Maßnahmen Vorrang haben, mit denen Energie gespart, Abwärme genutzt oder der Prozess auf zum Beispiel niedrigere Temperaturbedingungen umgestellt wird. Sind diese Maßnahmen umgesetzt, können anschließend auch solarthermische Anlagen integriert werden. Zudem werden in der Industrie kurze Amortisationszeiten von drei bis fünf Jahren gefordert. Zukünftige Arbeiten in Forschung und Entwicklung müssen dazu beitragen, die Kosten deutlich zu senken und das Gesamtsystem in Verbindung mit Maßnahmen zur Energieeffizienz und Energieeinsparung in den Prozessabläufen zu optimieren.

In internationaler Zusammenarbeit wurden im Task 33 (Solar Heat for Industrial Processes) des Implementing Agreements „Solar Heating and Cooling“ der Internationalen Energie Agentur (IEA) mögliche Einsatzbereiche für die solare Prozesswärme ermittelt. Dazu gehören die Lebensmittel- und Getränkeindustrie, chemische Industrie, Wäschereien, Trocknungsprozesse, Landwirtschaft und Metallverarbeitung. Die Arbeiten werden im neuen Task 49 (Solar Heat Integration in Industrial Processes) fortgesetzt. Hierbei liegen die Ziele in der Integration der Kollektoranlagen in maschinelle Prozesse sowie der weiteren Kollektor- und Systementwicklung. Maßnahmen zum Abbau von Hemmnissen, Planerschulungen und zur Verbreitung werden flankierend zur Forschung auch in dem IEE-Programm (Intelligent Energy Europe; EU) „SO-PRO“ (Solare Prozesswärme) erarbeitet.

Auch werden ausgewählte begleitende Demonstrations- und Pilotanlagen einschließlich Monitoring gefördert, wenn ein innovativer Ansatz ausgewiesen werden kann.

Verbundprojekt: Komponenten- und Systementwicklung für Solar unterstützte dezentrale KWK

Förderkennzeichen: 0325963A; 0325963B
Laufzeit: 01.07.2010 – 31.10.2013
Zuwendungssumme: 1.076.724 Euro
Projektpartner: Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig –
Institut für Gebäude- und Solartechnik (Koordinator);
Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH

Das Gesamtziel des Vorhabens ist die Entwicklung, Umsetzung und die Erprobung einer Verbundanlage aus einem Parabolrinnenkollektor und einer hocheffizienten thermisch angetriebenen Kälteanlage im kleinen Leistungsbereich (ca. 50 kW), vorzugsweise für eine zweistufige Absorptionskältemaschine (Arbeitsstoffpaar Wasser / LiBr). Im Rahmen des Verbundvorhabens werden die Voraussetzungen zum Aufbau einer modularen, dezentralen Energieverbundanlage zur solarunterstützten Bereitstellung von Wärme, Kälte und Strom im kleinen und mittleren Leistungsbereich geschaffen.

Solarthermie2000plus: Solare Prozesswärme und Energieeffizienz (SOPREN) – Begleitforschung

Förderkennzeichen: 0329601T
Laufzeit: 01.06.2008 – 31.05.2012
Zuwendungssumme: 247.135 Euro
Projektpartner: Universität Kassel – Fachbereich 15 Maschinenbau –
Institut für Thermische Energietechnik (ITE)

Das Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik der Universität Kassel arbeitet im Rahmen dieses Projektes an der Bereitstellung solarer Wärme für industrielle Prozesse. In einer Potenzialstudie wurden geeignete Branchen und Prozesse mit hohem Wärmebedarf bis 250 °C erfasst und hinsichtlich der Integrationsmöglichkeiten solarer Wärme untersucht. Des Weiteren wurde bei der Hütt-Brauerei in Baunatal eine thermische Solaranlage (155 m²) zur Prozesswärmebereitstellung errichtet und messtechnisch begleitet. Abschließend erstellt das Fachgebiet einen Leitfaden zur Solarenergienutzung in Brauereien. Dieses Branchenkonzept soll zukünftig eine schnelle Machbarkeitsabschätzung, möglichst standardisierte Planungen und eine sinnvolle Integration solarthermischer Anlagen in bestehende Prozesse ermöglichen.

Solarthermie 2000 plus: Solare Prozesswärme Hofmühlbrauerei Eichstätt

Förderkennzeichen: 0329609D
 Laufzeit: 01.07.2007 – 30.07.2011
 Zuwendungssumme: 762.431 Euro
 Projektpartner: Privatbrauerei Hofmühl GmbH

Brauereien benötigen als energieintensive Betriebe ca. 30 kWh an Wärme für die Herstellung von 1 hl Bier. Neben dem Sudhaus als Hauptverbraucher werden fossile Brennstoffe eingesetzt, um Reinigungsmedien und Prozesswasser zu erwärmen. Mit Hilfe der installierten Solarthermie wird versucht, den Einsatz von fossilen Brennstoffen zu reduzieren. Um möglichst viele Prozesse abdecken zu können, wurde eine Nutzttemperatur von 120 °C – 130 °C angestrebt. In den beiden 55 m³ großen Wärmespeichern ist es möglich, Wärme in Form von 120 °C heißem Wasser zu speichern. Bei der Privatbrauerei Hofmühl wurden im Verlauf des Projektzeitraumes Hochvakuum Röhrenkollektoren mit einer Nutzfläche von ca. 800 m² installiert. Jährlich werden ca. 30000 l Heizöl EL eingespart. Weitere Optimierungen sind in Planung.

Solarthermie 2000plus: Thermische Solaranlage zur Prozesswärmebereitstellung in Verbindung mit der Implementierung eines neuen, energieeffizienten Kochverfahrens

Förderkennzeichen: 0329609E
 Laufzeit: 01.07.2008 – 30.06.2011
 Zuwendungssumme: 106.542 Euro
 Projektpartner: Hütt-Brauerei Bettenhäuser GmbH & Co. KG

Das im Rahmen des Pilotprojektes bei der Hütt-Brauerei erarbeitete Konzept kombiniert eine Effizienzmaßnahme mit verbesserter Wärmerückgewinnung und der Nutzung thermischer Solarenergie. Die Maßnahme zur Steigerung der Energieeffizienz war die Umstellung der atmosphärischen Würzekochung auf ein neues Vakuumverfahren. Im Zuge der Umstellung der Würzekochung wurde auch die Wärmerückgewinnung während der Kochung verbessert (Hardware und Betriebsweise). Dies ermöglichte die Integration einer thermischen Solaranlage (155 m² Flachkollektoren, 10 m³ Puffer) in die Brauwasserreserve. Die im Juni 2010 in Betrieb genommene Solaranlage erwärmt kaltes Brauwasser und speist dieses in Abhängigkeit des Füllstandes in die Brauwasserreserve der Brauerei ein.

Verbundprojekt: Solare-Prozesswärme-Standards (Sol-Pro-St)

Förderkennzeichen: 0329609G; 0329609F

Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 439.818 Euro

Projektpartner: Fachhochschule Aachen – Campus Jülich –
Solar-Institut (Koordinator); Fachhochschule Düsseldorf –
Arbeitsgruppe E² – Erneuerbare Energien und Energieeffizienz

Das Potenzial der solaren Prozesswärme ist immens, wie u. a. Studien der IEA Task 33/IV-SHIP (Solar Heating for Industrial Processes) zeigen. Das Vorhaben Sol-Pro-St hat das Ziel, die unterstellten Hemmnisse, die durch fehlende Standards für spezielle Branchen und Anlagentypen bestehen, zu verifizieren und durch die gewonnenen Kenntnisse diese abzubauen und damit die Verbreitung solarer Prozesswärme zu fördern. Hierzu wurden in mehreren Betrieben vornehmlich aus den Branchen Galvanik und Lebensmittelherstellung typische Lastprofile ermittelt, durch eigene Messungen abgesichert und in Simulationen Prozesswärmeanlagen ausgelegt. Zwei bestehende solare Prozesswärmeanlagen wurden dazu als best practice Beispiele kontinuierlich vermessen, optimiert und dokumentiert.

7. SOLARTHERMISCHE KRAFTWERKE

Die Technologie der solarthermischen Kraftwerke ist ausschließlich für aride Gebiete mit hoher direkter Sonneneinstrahlung geeignet. Klimatisch geeignete Regionen sind zum Beispiel Südeuropa, Nord-/Südafrika und der Nahe Osten. Deutschland selbst ist wegen der fehlenden direkten Sonneneinstrahlung zwar kein Standort für den kommerziellen Betrieb solarthermischer Kraftwerke, deutsche Unternehmen und Forschungseinrichtungen sind jedoch auf diesem Gebiet technologisch weltweit führend. Hier existiert hohes Exportpotenzial. Prinzipiell funktionieren die solarthermischen wie konventionelle Kraftwerke. Nur wird bei den solarthermischen Kraftwerken das Gas für Gasturbinen beziehungsweise der Dampf für Dampfturbinen durch Sonnenenergie erhitzt. Um ausreichend hohe Temperaturen zu erreichen, werden die Sonnenstrahlen durch Spiegel auf einen Receiver konzentriert, wo sie ein Wärmeträgermedium wie etwa Öl, Wasser, Salz oder Luft erhitzen.

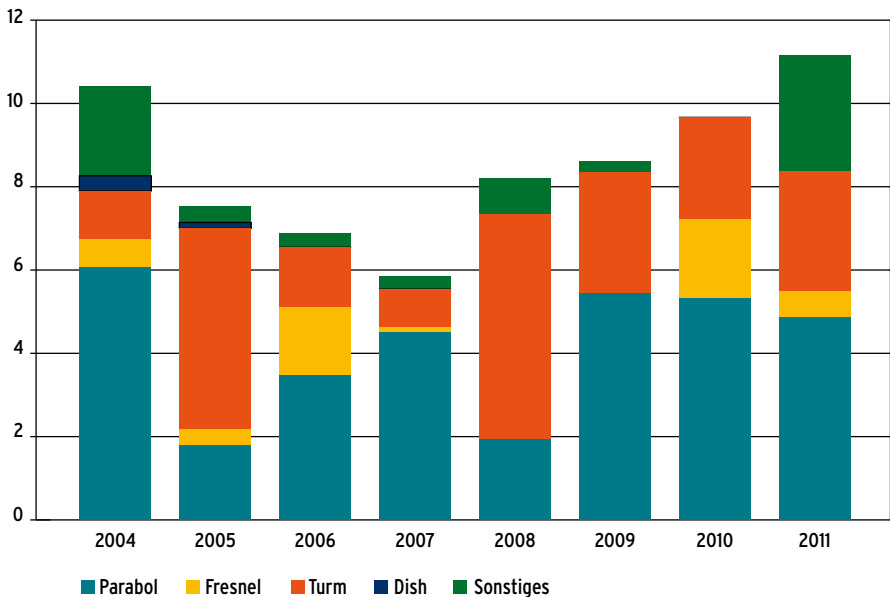
Weltweit werden Schlüsselkomponenten in solarthermischen Kraftwerken eingesetzt, die in Deutschland hergestellt wurden. Deutsche Hersteller sind als Zulieferer von Kernkomponenten wie Kollektor und Kollektorfeldsteuerung (Flagsol GmbH), parabolisch gekrümmten Spiegeln (Flabeg GmbH) und Absorberrohren (Schott Solar CSP GmbH) für Parabolrinnenkraftwerke und von Dampfturbinen (Siemens AG und MAN Turbo AG) weltweit an Kraftwerksprojekten beteiligt. Viele der Komponenten wurden innerhalb von BMU-Forschungsprojekten entwickelt. Neben dem Nutzen durch Export der Technologie sind auch langfristige Zielsetzungen für den Klimaschutz in Deutschland denkbar, etwa den solarthermisch erzeugten regenerativen Strom auch hier zu nutzen. Sobald in Regionen mit solarer Direkteinstrahlung ausreichend Kraftwerke gebaut und zudem ausreichend Übertragungskapazitäten vorhanden sind, könnte auch Europa mit solarthermisch produziertem Strom beliefert werden. Im Jahr 2011 waren laut dem European Academies Science Advisory Council (EASAC) weltweit solarthermische Kraftwerke mit einer Gesamtleistung von rund 1,3 Gigawatt in Betrieb, weitere 2,3 Gigawatt sind in Bau und nochmals 31,7 Gigawatt sind geplant.

Mit der Förderung anwendungsorientierter Forschungsprojekte durch das BMU soll die bisherige deutsche Spitzenposition am Markt beibehalten werden. Die Kosten für Bau und Betrieb der Kraftwerke müssen reduziert werden, um die Stromgestehungskosten zu senken. Durch Kostenreduktion, Effizienzsteigerung und zuverlässigen Betrieb soll die Technologie konkurrenzfähig bleiben und sich somit weiter am Markt etablieren.

Eine EASAC-Studie hat ergeben, dass sich durch eine weiter voranschreitende Markteinführung und sich somit ergebende Skaleneffekte sowie weitere Forschung und Entwicklung die Kosten in zehn bis 15 Jahren um 60 Prozent reduzieren könnten.

Jedoch müssen die Vorteile gegenüber der Photovoltaik stärker ausgebaut werden. Durch den aktuellen Preisverfall von Photovoltaik-Modulen stellt diese Technologie eine zunehmende Konkurrenz für die solarthermischen Kraftwerke dar. Von Vorteil für Letztere ist jedoch die mögliche Stromproduktion nach Bedarf: Solarthermische Kraftwerke arbeiten im Gegensatz zur Photovoltaik mit dem Zwischenschritt Wärme, welche wirtschaftlicher gespeichert werden kann als Strom. Durch die Speicherung der Wärmeenergie kann Strom nach Bedarf erzeugt werden, der Betrieb wird von der tatsächlichen Sonneneinstrahlung entkoppelt. Somit könnten solarthermische Kraftwerke in Zukunft dazu beitragen, das Stromnetz zu stabilisieren. Auch die Nutzung des herkömmlichen Kraftwerksprozesses bietet die

Mio. Euro



Entwicklung des Neubewilligungsvolumens seit 2004 / Quelle: BMU

Möglichkeit einer Stromproduktion nach Bedarf. Bei nicht ausreichender Sonnenstrahlung kann dieser durch das Verbrennen fossiler oder aus Biomasse gewonnener Energieträger unterstützt werden (Hybridisierung). Umgekehrt könnte auch ein Kraftwerk, welches mit fossilen Brennstoffen betrieben wird, die Solarwärme nutzen, um Brennstoffe einzusparen (ISCCS – Integrated Solar Combined Cycle System).

Aktuell in Forschungsprojekten weiterentwickelt werden Parabolrinnen-, Fresnel- und Turmsysteme. Die verschiedenen Systeme unterscheiden sich in ihrem Aufbau, also in der Art und Form der konzentrierenden Spiegelsysteme und ihres Receivers.

In Spanien dient die Plataforma Solar de Almería (Andalusien) den deutschen Forschungseinrichtungen und Unternehmen als wichtige Testeinrichtung. Vergleichbare klimatische Bedingungen sind in Deutschland nicht möglich. Überall dort, wo deutsche Unternehmen an solarthermischen Kraftwerken beteiligt sind, bieten sich zudem weitere Tests für Komponenten an.

7.1 LINIENFOKUSSIERENDE SYSTEME (PARABOLRINNEN- UND FRESNEL-KOLLEKTOREN)

Am weitesten entwickelt ist die Technologie der Parabolrinnenkraftwerke. Für die kommerzielle Nutzung werden derzeit zu mehr als 95 Prozent Parabolrinnenanlagen eingesetzt. Die ersten derartigen Kraftwerke wurden bereits zwischen 1984 und 1991 in Kalifornien gebaut und sind heute noch in Betrieb. In Parabolrinnenkraftwerken werden gekrümmte Spiegel, die Parabolspiegel, um eine Rotationsachse dem Stand der Sonne nachgeführt. Durch die gekrümmte Form wird das darauf fallende Sonnenlicht in Richtung Mitte des Spiegels und somit auf das dort angebrachte Receiverrohr konzentriert. Darin befindet sich das Wärmeträgermedium, das sich erhitzt und für den Turbinenprozess eingesetzt werden kann.

Das BMU fördert entsprechend seiner Förderbekanntmachung vom 13. Dezember 2011 die Projekte, in denen Maßnahmen zur Etablierung der Technologie erarbeitet werden, in denen Konzepte für Betrieb, Wartung und Monitoring entwickelt werden und Projekte, die sich dem Thema der Kraftwerkskonzepte mit alternativen Wärmeträgermedien widmen.

Der Großteil der Parabolrinnenkraftwerke nutzt Thermoöl als Wärmeträgermedium, wodurch die obere Prozesstemperatur auf maximal 400 Grad Celsius begrenzt ist. Um diese und somit den Wirkungsgrad erhöhen zu können, werden zurzeit in verschiedenen Forschungsprojekten auch Alternativen untersucht. Mit einem Wärmeträgermedium wie etwa Wasser könnte die



Parabolrinne des Parabolrinnenkraftwerks Andasol 3 in Granada, Spanien

Prozesstemperatur auf bis zu 500 Grad Celsius erhöht werden, bei einer solaren Direktverdampfung direkt in den Receiverrohren. Wasser ist im Gegensatz zu Thermoöl günstiger, thermisch stabil und weder brennbar noch umweltgefährdend – jedoch ist die Prozessführung anspruchsvoll und bedarf zunächst weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeit. In dem Verbundprojekt DUKE (FKZ 0325293A-B) unter Koordination des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt untersuchen die Projektpartner zum Beispiel, inwiefern die Prozessführung nach dem sogenannten Durchlaufkonzept für die solare Direktverdampfung geeignet ist. Im Verbundprojekt „High Performance Solarthermie – HPS“ (FKZ 0325208A-D) unter Koordination der Siemens AG werden Salzschnmelzen als Wärmeträger- und/oder -Speichermedien entwickelt und in einem Loop mit Parabolrinnentechnologie getestet. Um die Technologie weiter zu etablieren, steht eine Reduktion der Kosten mit an erster Stelle. In dem aktuellen Verbundforschungsprojekt Ultimate Trough® (FKZ 0325232) unter Koordination der Flabeg Holding GmbH arbeiten Ingenieure und Wissenschaftler daran, größere Parabolrinnenkollektoren für Kraftwerke mit einer Leistung ab 250 Megawatt zu entwickeln. Mit 7,51 Meter Aperturweite verfügt der Ultimate Trough über einen 30 Prozent größeren Öffnungsquerschnitt (Fläche, durch die die Sonnenstrahlung eintreten kann) als der in den Andasolkraftwerken eingesetzte Eurotrough. Mit einer Länge von 24 Metern ist er zudem doppelt so lang. Die Anzahl der Antriebe, Sensoren und Steuerelemente und somit die der zu bauenden und zu prüfenden Teile ist um über 50 Prozent gesenkt. Dadurch verringern sich die Kosten für ein Solarfeld mit einer Aperturfläche von 500.000 bis 2.500.000 Quadratmeter, für die der Ultimate Trough optimiert ist, um bis zu 25 Prozent.

Eine Sonderform der Parabolrinnenkollektoren sind Fresnel-Kollektoren. Zurzeit sind derartige Kraftwerke mit einer Leistung von rund 40 Megawatt in Betrieb. Die Spiegel in Fresnel-Kollektoren konzentrieren ebenfalls das Sonnenlicht auf einen zentral positionierten Receiver. Während der Parabolspiegel jedoch in einem Stück um den Receiver herum gewölbt ist und sich beides als zusammenhängendes Element an der Sonne ausrichtet, sind bei der Fresnel-technologie einzelne, dünne Spiegelreihen nebeneinander unter einem feststehenden Receiver positioniert, die einzeln der Sonne nachgeführt werden. Gegenüber der Parabolrinne ist das eine einfachere Bauweise, die jedoch auch weniger Leistung bringt.

Das BMU fördert Projekte zur Fresnel-Technologie, in denen der Prozess verbessert werden soll sowie Projekte, in denen die Kraftwerkskomponenten weiterentwickelt werden.

Verbundprojekt: Realisation of Direct Stream Generation in Parabolic Trough – Real-Diss

Förderkennzeichen: 03UM0090; 03UM0091; 03UM0092; 03UM0093; 03UM0094

Laufzeit: 01.09.2007 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 1.655.290 Euro

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik (ITT) (Koordinator); FLAGSOL GmbH; Schott Solarthermie GmbH – Abt. SHE; Senior Berghöfer GmbH; FLAGSOL GmbH

Für die solare Direktverdampfung in Parabolrinnenkraftwerken wird Wasser als Wärmeträgermedium verwendet und ohne Zwischenkreislauf zur Stromerzeugung genutzt. Dies spart Kosten, da alle ölrelevanten Komponenten entfallen und höhere Temperaturen und damit höhere Wirkungsgrade erzielt werden. Im Rahmen von REAL-DISS haben deutsche und spanische Partner eine Versuchsanlage für Systemuntersuchungen bei 500 °C und 120 bar errichtet und alle dazu notwendigen Komponenten, wie Hochtemperatur Receiver, flexible Rohrverbindungen und Speicher entwickelt. Alle Komponenten wurden in die Testanlage eingebaut und das Gesamtsystem erfolgreich betrieben. Die Einsatzfähigkeit aller Komponenten konnte demonstriert werden.

Verbundprojekt: FresDemo II: Optimierung der Schlüsselkomponenten und der Betriebsführung eines linear fokussierenden Fresnelkollektor

Förderkennzeichen: 0325144C; 0325144B; 0325144D; 0325144E

Laufzeit: 01.10.2009 – 31.03.2013

Zuwendungssumme: 2.166.006 Euro

Projektpartner: SCHOTT Solar CSP GmbH (Koordinator); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik (ITT); Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Novatec Solar GmbH – Forschung & Entwicklung

Ziel ist die Optimierung der Fresnel-Kollektortechnologie auf der Basis erster Testergebnisse. Dies erfolgt im Hinblick auf Stromgestehungskosten, da im Wettbewerb mit anderen CSP-Technologien Kosteneffizienz das entscheidende Kriterium ist. Hierbei werden alle Hebel bedient – Senkung der Herstellungskosten, Wirkungsgradverbesserungen und Optimierung der Betriebsführung. Mit diesem Projekt sollen die erkannten Potenziale der Fresnel-Technologie konsequent genutzt werden. Weiterhin soll durch einen längeren Testbetrieb die Marktreife der Fresnel-Technologie bei höheren Betriebsparametern (v. a. Temperatur und Druck) nachgewiesen werden.

Verbundvorhaben High Performance Solarthermie (HPS) solarthermische Kraftwerke auf Basis von neuen Salzschnelzen

Förderkennzeichen: 0325208A; 0325208B; 0325208C; 0325208D
 Laufzeit: 01.04.2010 – 31.03.2014
 Zuwendungssumme: 3.738.659 Euro
 Projektpartner: Siemens Aktiengesellschaft – Energy Sector –
 Abteilung R SP (Koordinator); K+S Forschungsinstitut;
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Technische Thermodynamik (ITT); Senior Berghöfer GmbH

Die Errichtung eines Molten Salt Trough-CSP Testloops in Evora (Portugal) befindet sich im Endstadium, in dem verschiedenartigste Salzmischungen bezüglich ihres Potenzials zur Verwendung sowohl als Wärmeüberträgerfluide als auch sensible Speichermedien in solarthermischen Parabolrinnenkraftwerken der nächsten Generation („Direct Molten Salt Trough-CSP“) evaluiert werden sollen. Gegen Ende Q2/2012 wird mit der Erprobung des ersten Salzes begonnen, welches eine Arbeitstemperatur bis zu 580 °C erlaubt. Zum Testprogramm während der Laufzeit des Vorhabens gehören sodann etablierte Salze, aber auch neuartige Mischungen mit Schmelztemperaturen unterhalb 120 °C. Dadurch wird die Gefahr der Erstarrung in den Receiverrohren durch Auskühlen bei Schlechtwetterperioden drastisch verringert.

Maßnahmen zur Optimierung des Anlagenbetriebs des Prüfstands KONTAS (Kontas-Pro)

Förderkennzeichen: 0325214
 Laufzeit: 01.09.2010 – 30.04.2013
 Zuwendungssumme: 394.026 Euro
 Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Solarforschung (SF)

Der drehbare Parabolrinnen-Kollektor-Prüfstand Kontas wurde im Jahr 2010 auf der Plattform Solar de Almería (PSA) errichtet. Er besteht aus einer drehbaren Plattform, auf der ein Parabolrinnenkollektormodul mit einer Länge von bis zu 20 m installiert und der Sonne nachgeführt werden kann. Zur Bereitstellung von temperiertem Thermoöl verfügt der Prüfstand über eine Heiz-Kühleinheit. Die Optimierung des Anlagenbetriebs des Prüfstands im Projekt Kontas-Pro beinhaltet die Bestimmung der optischen Qualität des Kollektormoduls, die Messung der Wärmekapazität des Thermoöls, sowie die Bestimmung und Optimierung der Nachführgenauigkeit. Des Weiteren umfasst das Projekt die Entwicklung eines Qualitätsmanagementsystems für standardisierte Prüfabläufe zur Qualifizierung von Kollektorkomponenten.

Ultimate Trough – Entwicklung eines Designs und Prototyps für eine neue kostengünstige Generation von Parabolrinnenkollektoren

Förderkennzeichen: 0325232

Laufzeit: 01.07.2010 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 1.902.299 Euro

Projektpartner: Flabeg Holding GmbH – Solar Business Development Unit

FLABEG, Marktführer bei der Produktion von parabolisch gekrümmten Solarspiegeln, hat in 2010 mit der Entwicklung eines neuen Parabolrinnenkollektors begonnen. Damit erweitert FLABEG seine Angebotspalette und wird vom Lieferanten einer der Schlüsselkomponenten zum Systemanbieter. Der Ultimate Trough Kollektor profitiert von größeren Dimensionen und der damit verbundenen Kostenersparnis. Ein neues Fügeverfahren, durch das die Tragestruktur spannungsfrei mit den Spiegeln verbunden wird, erhöht signifikant den optischen Wirkungsgrad. Die Kosten für das Solarfeld eines Parabolrinnenkraftwerks werden um ca. 25 % gesenkt gegenüber dem Stand der Technik. Mit seiner Größe ist der Kollektor bestens geeignet für Kraftwerke im Bereich 100 – 400 MW, wie sie zur Zeit weltweit projiziert werden.

AReWa – Analyse und Reduktion der Wasserstoffbildung aus Wärmeträgern

Förderkennzeichen: 0325288A; 0325288B

Laufzeit: 01.04.2011 – 31.07.2013

Zuwendungssumme: 498.877 Euro

Projektpartner: SCHOTT Solar CSP GmbH (Koordinator); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Solarforschung (SF)

Für solarthermische Kraftwerke ist der Receiver die Schlüsselkomponente für hohe Effizienz. Hier wird die Sonne 80-fach konzentriert und auch kleine Verbesserungen der optischen oder thermischen Leistung wirken sehr stark auf die Gesamtbilanz des Kraftwerks. Umgekehrt können geringe Druckanstiege im evakuierten Raum zwischen Absorber und Glasrohr die Wärmeverluste erheblich steigern. Der Druckanstieg wird vom Thermoöl verursacht, das bei Betriebstemperatur Wasserstoff abgibt, der durchs Stahlrohr in das isolierende Vakuum permeiert. Mittels AReWa sollen Labor- und Feldversuche zusammengeführt werden und so die komplexen Vorgänge im Öl, an Grenzflächen und im Stahl besser verstanden werden. Aus diesen Erkenntnissen sollen vorhandene Gegenmaßnahmen verbessert und neue entwickelt werden.

DUKE-Durchlaufkonzept – Entwicklung und Erprobung

Förderkennzeichen: 0325293A; 0325293B
 Laufzeit: 01.05.2011 – 30.04.2014
 Zuwendungssumme: 2.479.832 Euro
 Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Solarforschung
 (SF) – Standort Stuttgart (Koordinator); Solarlite GmbH

Bei der Solaren Direktverdampfung wird das Speisewasser aus dem Kraftwerksprozess direkt in einem Solarfeld verdampft, überhitzt und anschließend in einer Turbine expandiert. Bisherige kommerzielle Solarfelder nutzen das Rezirkulationskonzept, bei dem der Verdampfer- und Überhitzerbereich des Solarfelds durch einen Dampfabscheider getrennt werden. Im Rahmen des Projektes DUKE wird nun das Durchlaufkonzept entwickelt und bewertet, bei dem Verdampfung und Überhitzung im gleichen Kollektorstrang stattfinden. Dies eröffnet weitere Potenziale zur Kostensenkung. Neben den grundlegenden theoretischen Betrachtungen wird dazu vom DLR und der Solarlite GmbH die DISS-Versuchsanlage auf der Plataforma Solar de Almeria auf 1.000 m Länge erweitert und die Machbarkeit des Durchlaufkonzeptes demonstriert.

PARESO – Qualifizierung von Parabolrinnen-Receivern im Solarfeld

Förderkennzeichen: 0325412
 Laufzeit: 01.11.2011 – 30.06.2014
 Zuwendungssumme: 454.737 Euro
 Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Solarforschung (SF)

Ziel dieses Projektes ist, die Qualität von in einem Solarfeld eingebauten Parabolrinnen-Receivern mit hoher Genauigkeit zu bestimmen und zu überwachen („Monitoring“). Hierzu werden Messverfahren entwickelt, die die thermischen Verluste, die Qualität der selektiven Beschichtung, die Qualität des Ringspaltvakuums und den solaren Absorptionsgrad als Ergebnis liefern. Hintergrund ist, dass Verfahren mit hoher Genauigkeit bisher auf einer Vermessung im Labor beruhen und deshalb eine Demontage bereits installierter Rohre erfolgen musste, was nicht praktikabel ist. Mit dem neuen Messverfahren an eingebauten Rohren (inline) wird ein kontinuierliches Monitoring des Zustandes möglich sein, und ein objektives Entscheidungskriterium für einen eventuellen Austausch gealterter Receiver vorliegen.

7.2 SOLARTURMKRAFTWERKE

Nach dem Parabolrinnenkraftwerk ist das Solarturmkraftwerk die zweitwichtigste Technologievariante der solarthermischen Kraftwerke. Bei diesem Kraftwerkstyp werden mehrere Spiegel (Heliostate) in zwei möglichen Rotationsachsen dem Lauf der Sonne nachgeführt, um das Sonnenlicht auf einen Receiver zu konzentrieren, der sich in einiger Entfernung auf einem Turm befindet. In Sevilla in Südspanien wurde Ende 2010 das erste Solarturmkraftwerk fertiggestellt, das Flüssigsalz als Wärmeträger- und Wärmespeichermedium nutzt. Am ersten Mai 2011 ging das 20-Megawatt-Kraftwerk Gemasolar des Unternehmens Torresol Energy offiziell in Betrieb. Das Speichersalz kann auf 565 Grad Celsius erhitzt werden, 15 Stunden lang kann der Kraftwerksbetrieb allein aus der gespeicherten Energie aufrecht erhalten werden. Somit ist Gemasolar das erste solarthermische Kraftwerk weltweit, das rund um die Uhr nach Bedarf Strom produzieren kann.

Das BMU fördert bei der Solarturmtechnologie Konzepte mit offenem und druckbelastetem volumetrischem Luftreceiver oder mit Rohrreceiver einschließlich der notwendigen Kraftwerkskomponenten. Der zweite Schwerpunkt der geförderten Projekte bezieht sich auf die Heliostatenentwicklung sowie die Entwicklung von Heliostat- und Heliostatfeldsteuerung.



Turmkraftwerk Gemasolar von Torresol Energy in Sevilla, Spanien

Zum Beispiel entwickeln die Projektpartner in dem Verbundprojekt Hydro-Helio unter Koordination der CIRRI Solutions GmbH (FKZ 0325123A-C) ein Heliostatsystem mit Hydraulikantrieb. Hierdurch soll die Präzision der Bewegungen der Heliostate verbessert werden, die alle zehn Sekunden dem Lauf der Sonne nachgeführt werden. Der Hydraulikantrieb ersetzt den üblichen kostenintensiven Getriebeblock mit Elektromotor, der eine regelmäßige Wartung erfordert. In einem weiteren Verbundprojekt namens HelioScan (FKZ 0325234A+B), einer Machbarkeitsstudie unter Koordination des Solar-Instituts Jülich (SIJ), entwickeln die Projektpartner einen innovativen Ansatz, bei dem Radartechnologie eingesetzt werden soll, um die Positionen der Heliostate in den Feldern zu regeln. Das Radarsensorsystem soll günstiger in der Herstellung, Bedienung, Kalibrierung und Wartung sein als die bisher eingesetzten Systeme, die mit Winkelgebern in jedem einzelnen Heliostaten arbeiten. Zudem soll es unabhängig vom Spiegeltyp anwendbar sein.

Verbundprojekt: Optimierung volumetrischer Absorbermodule für Solarkraftwerke zur Verbesserung von Wirkungsgrad, Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems (OVABSOL)

Förderkennzeichen: 0325078A; 0325078B; 0325078C; 0325078D

Laufzeit: 01.11.2008 – 31.05.2011

Zuwendungssumme: 1.561.348 Euro

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Solarforschung (SF) (Koordinator); Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut; Schunk Ingenieurkeramik GmbH; Development HPR

Ziel des Projekts OVABSOL ist die Verbesserung des thermischen Wirkungsgrads und der strömungs- und festigkeitstechnischen Eigenschaften von keramischen volumetrischen Solarabsorbern. Von den Industriepartnern Schunk und Saint-Gobain werden Verbesserungen am Stand der Technik erarbeitet. Dazu werden im zentralen F&E-Teil des Projekts die Grundlagen zur Qualifizierung und Optimierung gelegt durch den Aufbau von Testständen und der Entwicklung eines Simulationsmodells. In einem übergeordneten Arbeitspaket werden wissenschaftliche Untersuchungen zur Problematik der Korrosion von Keramikkörpern im Solarbetrieb durchgeführt. In dem innovativsten Arbeitspaket wird vom DLR der Einsatz keramischer Faserwerkstoffe für Absorberstrukturen geprüft und entsprechende Fertigungstechniken entwickelt.

Entwicklung eines Heliostaten mit Hydraulik-Antrieb (Hydrohelio) TM

Förderkennzeichen: 0325123A; 0325123B; 0325123C

Laufzeit: 01.08.2009 – 31.12.2012

Zuwendungssumme: 859.560 Euro

Projektpartner: CIRRI Solutions GmbH (Koordinator); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik – Solarforschung (TT-SF); Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut

Das Projekt „HydroHelio“ dient der Entwicklung eines hydraulisch angetriebenen und gesteuerten Heliostaten. Die innovativen Merkmale sind:

- Präzise, zweiachsige Nachführung mittels mikro-ventilgesteuertem Hydrauliksystem, stabile, spielfreie Positionseinnahme mit großen Stellkräften;
- Kurzfristige Reaktion bei Stromausfall und Sturmaufkommen durch hydr. Energiespeicher;
- Geschlossener, geschützter Einbau von Elektronik und Hydraulik im Innern des Heliostaten;
- Hochgenaue Kalibrierung der Nachführung durch kameragestützte Auswertung der Brennpunkt-Position;
- Automatische Einstellung der idealen Facettenposition bei der Herstellung inkl. Abnahmeprotokoll.

Basisausstattung Forschungsplattform Solarturm Jülich

Förderkennzeichen: 0325185
 Laufzeit: 01.12.2009 – 28.02.2011
 Zuwendungssumme: 818.219 Euro
 Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Solarforschung (SF)

In Jülich haben die Kraftanlagen München GmbH als Generalunternehmer und die Stadtwerke Jülich als Bauherr mit wissenschaftlicher Begleitung durch das DLR und das Solarinstitut Jülich und gefördert durch BMU, MWME NRW und MWIVT Bayern erstmals ein Solarturmkraftwerk mit offenem volumetrischem Receiver als Gesamtsystem errichtet. Mit zusätzlicher Förderung des MIWFT NRW wurde eine ungenutzte Ebene im Turm als Forschungsplattform für weiterführende F&E-Arbeiten ausgebaut. Für diese Forschungsplattform wurde im Rahmen dieses Vorhabens eine flexibel einsetzbare Grundausstattung an Sicherheitseinrichtungen, Messtechnik und Testständen beschafft. Dadurch entsteht eine in Deutschland einzigartige Testeinrichtung für leistungsstarke Experimente (ca. 500 kW) mit hochkonzentrierter solarer Strahlung.

SOLTREC II: Quarzglas-Fenster für Hochtemperatur-Druckreceiver in Solarturmkraftwerken

Förderkennzeichen: 0325221A; 0325221B
 Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2012
 Zuwendungssumme: 452.454 Euro
 Projektpartner: Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG (Koordinator);
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Technische Thermodynamik (ITT)

Die Wirtschaftlichkeit von Solarthermie-Turmkraftwerken zur Stromerzeugung ist in hohem Maß von der Effizienz des Solarreceivers abhängig. Mit höheren Betriebstemperaturen und -drücken kann der Wirkungsgrad des Receivers deutlich gesteigert werden. Quarzglas ist als hochtemperaturfestes Material mit hoher Transmission optimal als Receiverfenster geeignet. Bislang werden diese Fenster in einem konventionellen glasbläserischen Prozess hergestellt. Ziel des Soltrec II-Projekts ist die Entwicklung eines wirtschaftlichen und großserientauglichen Herstellprozesses für Receiverfenster aus Quarzglas. Zudem sollen die so gefertigten Bauteile hinsichtlich der erforderlichen sicherheitstechnischen Anforderungen für den Betrieb als Druckbehälterkomponenten zertifiziert werden.

Machbarkeitsstudie zur Entwicklung einer radargestützten Positionsregelung von Heliostatenfeldern für Solarturm Kraftwerke – HelioScan

Förderkennzeichen: 0325234A; 0325234B

Laufzeit: 01.11.2010 – 30.04.2012

Zuwendungssumme: 557.233 Euro

Projektpartner: Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik (FHR)

Die aktuellen Systeme für die Spiegelnachführung bei Solarturmkraftwerken sind technisch ausgereift und bieten kein Potenzial für wesentliche Kostensenkungen. In der Machbarkeitsstudie HelioScan des Solar-Instituts Jülich (SIJ) und des Fraunhofer-Instituts für Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR soll daher ein neuer innovativer Ansatz verfolgt werden, der durch den Einsatz von Radartechnologie mit geeigneter Analytik die Positionsregelung in Spiegelfeldern revolutioniert. Das neue Radar-Sensorsystem soll günstiger in der Herstellung, Aufstellung, Bedienung, Kalibrierung und Wartung sein. Es soll zudem unabhängig vom Spiegeltyp anwendbar sein, was die Anwendungsbreite und Vermarktungschancen vergrößert, da verschiedene Arten von Heliostaten im Feld einsetzbar sind.

INDUSOL – Industrialisierung von keramischen Solarkomponenten

Förderkennzeichen: 0325330A; 0325330B

Laufzeit: 01.05.2011 – 30.04.2014

Zuwendungssumme: 1.021.380 Euro

Projektpartner: SAINT-GOBAIN IndustrieKeramik Rödental GmbH (Koordinator); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Solarforschung (SF)

Die Projektpartner arbeiten daran, industrielle Fertigungsverfahren zu entwickeln und zu erproben, mit denen keramische Solarabsorber auf Siliziumcarbid-Basis (SiC) zugleich günstig und mit einer hohen Qualität hergestellt werden. Als Ausgangsbasis dient der Absorber, der im Solarturmkraftwerk Jülich eingesetzt wird. SGIK hat seine Entwicklung von Anfang an begleitet. Um Prototypen oder auch Kleinserien herzustellen, besitzt das Unternehmen eine Pilotanlage, auf der das Projekt aufbauen kann. Die einzelnen Fertigungsschritte sind bisher noch nicht aufeinander angepasst, vieles muss noch manuell gemacht werden. Die Erfahrungen mit der Pilotanlage sollen nun schrittweise auf Maschinen und Fertigungsabläufe übertragen werden, die für höhere Kapazitäten und kürzere Durchlaufzeiten ausgelegt sind. Die zu entwickelnde automatische Fertigungslinie hat den weiteren Vorteil, dass die Produktqualität gleichmäßiger wird, somit das Qualitätsniveau erhöht werden kann. Begleitend untersuchen die Projektpartner Faktoren, die die Lebensdauer der Absorber beeinträchtigen, wie etwa Korrosion oder thermische Belastungen. Eine Qualitätssicherungsstrategie rundet das Projekt ab: Das Ziel ist eine robuste Serienfertigungstechnologie sowie eine hohe Produktsicherheit für den Dauereinsatz.

Verbundvorhaben: HYGATE – Hybrid High Solar Share Gas Turbine Systems

Förderkennzeichen: 0325382A; 0325382B
 Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2014
 Zuwendungssumme: 1.337.622 Euro
 Projektpartner: MAN Diesel & Turbo SE (Koordinator); Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Solarforschung (SF) – Standort Stuttgart

Ziel ist die Technologieentwicklung einer solar-hybriden Gasturbinenanlage (GTA) für eine künftige Demo-Anlage. Basis ist eine anzupassende Gasturbine der 10-MW-Klasse. Im Auslegungspunkt soll ein rein solarthermischer Betrieb erfolgen. Hierzu wird die Prozesstemperatur auf 950 °C gesenkt, was Herausforderungen für Solarwärmeeinkopplung und Brennkammerdesign bedeutet. Große Solarfelder, effiziente Hochtemperaturwärmespeicher und reduzierte Turbineneintrittstemperatur reduzieren die CO₂-Emissionen entscheidend. Neben der in der Vorstudie identifizierten Variante sollen Alternativen untersucht werden. Dabei bilden GTA mit Rekuperator sowie Verdichterzwischenkühlung einen Untersuchungsschwerpunkt. Eine weitere Richtung stellen alternative Prozesse auf Basis organischer Medien (ORC-Prozesse) dar.

Verbundvorhaben: HF-ISO – Entwicklung eines Hochflusssichte-Isoliersystems für Solarreceiver

Förderkennzeichen: 0325392A; 0325392B
 Laufzeit: 01.10.2011 – 31.03.2013
 Zuwendungssumme: 515.068 Euro
 Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Solarforschung (SF) – Standort Stuttgart (Koordinator); Eugen Arnold GmbH

Ziel des Projektes HF-ISO ist die Entwicklung eines verlustarmen und kostengünstigen Dämmsystems für solar-hybride Gasturbinensysteme für kleine und große Leistungen. Dazu wird mit dem Industriepartner Eugen Arnold GmbH Isolierungen eine für die hohen solaren Strahlungsflusssichten und die hohen Betriebstemperaturen geeignete Dämmung entwickelt und gefertigt. Dieses Dämmsystem wird anschließend als Receiver-Cavity (Hohlraum-Wand) in das bereits bestehende Gasturbinen-System mit Rohrreceiver (SolHyCo) auf der Plataforma Solar de Almería in Spanien integriert und getestet.

7.3 INTEGRIERTE SPEICHER

Um den Vorteil der bedarfsorientierten Stromproduktion durch den Einsatz von Speichern nutzen zu können, muss die Speichertechnologie weiter optimiert werden. Das BMU fördert die Entwicklung kostengünstiger Wärmespeicher, welche auf das Wärmeträgermedium und den Temperaturbereich des jeweiligen Kraftwerkstyps abgestimmt werden muss.

Wegen der hohen Relevanz des Themas hat der Anteil der Forschungsprojekte zu Speichertechnologien stark zugenommen. In dem Diagramm über die spartenspezifische Entwicklung des Neubewilligungsvolumens seit 2004 (siehe Seite 257) ist zu sehen, dass der Bereich „Sonstiges“ 2011 im Vergleich zu 2010 stark zugenommen hat. Bei den meisten dieser „sonstigen“ Projekte handelt es sich um Projekte zur Speichertechnologie.

Für eine in Südspanien errichtete Pilotanlage mit Parabolrinnenkollektor zur solaren Direktverdampfung wurde zum Beispiel innerhalb des Projekts ITES (FKZ 03UM0064/65) unter Koordination des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) ein Speicherkonzept für Temperaturen bis 400 Grad Celsius entwickelt und aufgebaut. Dabei handelt es sich um eine Kombination aus Latentwärmespeicher und sensiblem Speicher, hier ein Salz- und ein Betonspeicher. In Latentwärmespeichern kann Wärme dadurch gespeichert



Hochtemperatur-Latentwärmespeicher der Pilotanlage aus dem Projekt ITES in Carboneras, Spanien

werden, indem das Speichermedium von einem Phasenzustand in einen anderen übergeht, zum Beispiel von fest zu flüssig. Die fühlbare Wärme ändert sich dabei nicht, im Gegensatz zu sensiblen Speichern. Der hier vom DLR eingesetzte Salzspeicher ist der derzeit größte Hochtemperatur-Latentwärmespeicher weltweit. In diesem Speicherkonzept wird die Wärme aus dem Salzspeicher eingesetzt, um das bereits vorgewärmte Wasser zu verdampfen. Der Dampf wird anschließend mit der Wärme aus dem Beton-speicher überhitzt.

In einem weiteren Verbundprojekt, ebenfalls unter Koordination des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) namens DSG-Store (FKZ 0325333A-C), haben die Projektpartner ein Speicherkonzept für Temperaturen bis zu 500 Grad Celsius entwickelt, anwendbar sowohl für Parabolrinnenkraftwerke als auch für Solarturmkraftwerke und für Fresnel-Kollektoren mit solarer Direktverdampfung. Erste Kostenanalysen haben ergeben, dass das wirtschaftlich aussichtsreichste Konzept eine Kombination eines Salz-Latentwärmespeichers zur Verdampfung mit Flüssigsalzspeichern zur Vorwärmung und zur Überhitzung darstellt.

Verbundprojekt: Entwicklung und Integration Thermischer Energiespeicher in Rinnenkraftwerken mit Solarer Direktverdampfung – ITES

Förderkennzeichen: 03UM0064; 03UM0065

Laufzeit: 01.05.2006 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 2.935.503 Euro

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
Institut für Technische Thermodynamik (ITT) (Koordinator); Ed. Züblin AG

Ziel des Projekts ITES ist die Entwicklung eines Speichersystems für Parabolrinnenkraftwerke mit solarer Direktverdampfung. Für die Vorwärmung und Überhitzung des Wärmeträgermediums Wasser eignen sich sensible Speicher mit Beton als Speichermedium. Für die bei konstanter Temperatur verlaufende Verdampfung bieten Latentwärmespeicher die größten Vorteile. Dazu muss die Latentwärmespeichertechnologie für die hohen Verdampfungstemperaturen weiterentwickelt werden und die maximale Temperatur von Betonspeichern auf 500 °C erhöht werden. Beide Komponenten sind aufeinander abzustimmen. Der Machbarkeitsnachweis erfolgt durch den Bau und Test eines Demonstrationsspeichers (bis 400 °C) in Spanien. Zudem wird die Prozessleittechnik an die spezifischen Anforderungen solarthermischer Kraftwerke angepasst.

Verbundprojekt: Hochtemperatur-Feststoffspeicher im Solarturm – HOTSPOT

Förderkennzeichen: 0325048A; 0325048B

Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2012

Zuwendungssumme: 1.877.073 Euro

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
Institut für Technische Thermodynamik (ITT) (Koordinator);
KBA-MetalPrint GmbH – Technik Abluftreinigung/Wärmespeicherung

Die erfolgreiche Markteinführung von Solarturmkraftwerken mit luftgekühlten Receivern hängt in hohem Maße von der Verfügbarkeit von Hochtemperaturspeichern ab. Geeignete Speichertypen befinden sich bisher in einem frühen Konzeptstadium. Das Vorhaben zielt auf die Erarbeitung und bewertende Untersuchung von Entwurfskonzepten für diese Komponente. Dabei sind die Arbeiten auf eine Verbesserung der Kosteneffizienz und der Marktnähe ausgerichtet. Die Arbeiten umfassen den Aufbau eines Speicher-Testbetts sowie die Entwurfsarbeiten zu drucklosen und druckbeaufschlagten Speichersystemen und ihren Subkomponenten. Flankierend werden Simulationsarbeiten zu kritischen Entwurfsaspekten durchgeführt und Beiträge zur Umsetzung und techno-ökonomischer Optimierung geleistet.

HiTexStor: Weiterentwicklung eines Hochtemperatur-Wanderbett-Wärmeübertrager zur Speicherung sensibler Wärme in Schüttgütern

Förderkennzeichen: 0325119A; 0325119B; 0325119C; 0325119D

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 2.189.619 Euro

Projektpartner: Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut (Koordinator);
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
Institut für Technische Thermodynamik (ITT); Fachhochschule Aachen –
Campus Jülich – Solar-Institut; Deutsches Zentrum für Luft- und
Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik (ITT)

Ziel des Verbundprojektes ist die Optimierung und Planung eines innovativen Hochtemperatur-wärmeübertragers im Technikumsmaßstab (150 kW Heizleistung). Bei diesem wird Wärme aus einem Heißluftstrom auf einem Wanderbett übertragen. Im vorliegenden Verbundprojekt werden in Vorversuchen die Bedingungen für eine stabile Schüttgutströmung bestimmt und es erfolgt eine Weiterentwicklung von luftdurchlässigen Schüttguttrennwänden. Dabei werden verschiedene Schüttgutarten hinsichtlich ihrer Eignung als Wärmeübertragermedium untersucht. Im Anschluss wird eine 150 kW Technikumsanlage konstruiert und detailliert geplant, damit diese in einem Folgeprojekt gebaut und vermessen werden kann.

Verbundvorhaben: DSG-Store – Weiterentwicklung und industrielle Umsetzung eines thermischen Speichersystems für solarthermische Kraftwerke mit Direktverdampfung – Phase 1

Förderkennzeichen: 0325333A; 0325333B; 0325333C

Laufzeit: 01.08.2011 – 31.07.2014

Zuwendungssumme: 2.020.148 Euro

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
Institut für Technische Thermodynamik (ITT) (Koordinator);
Ferrostaal AG – Business Unit Solar Power (AS); Balcke-Dürr GmbH

Die solare Direktverdampfung hat das Potenzial zur Kostenreduktion gegenüber aktuellen solarthermischen Kraftwerken, wenn es gelingt ein kostengünstiges Speicherkonzept zu entwickeln. Aufgrund der Verdampfung des Arbeitsmediums bei konstanter Temperatur ist der Einsatz von PCM Speichern erforderlich. Bislang konnte der Betrieb geeigneter PCM Speicher erfolgreich demonstriert werden. Die Kostenoptimierung dieser Systeme steht noch aus. Im Rahmen von DSG-Store beabsichtigen die Konsortialpartner ein geschlossenes Speichersystem für die solare Direktverdampfung und Überhitzung zu entwickeln und zu demonstrieren, das im Vergleich des aktuellen Entwicklungsstandes eine deutliche Kostenreduktion aufweist.

7.4 ÜBERGREIFENDES

Zusätzlich zu den einzelnen Kraftwerkskonzepten und verschiedenen Speichertechnologien fördert das BMU die Entwicklung von Mess- und Qualifizierungsmethoden einschließlich der Entwicklung von Standards und Normen, um die Entwicklung abzusichern. Zudem werden Projekte gefördert, in denen Wartungskonzepte für einen effizienten und kostengünstigen Anlagenbetrieb entwickelt werden. Auch die Anpassung konventioneller Kraftwerkskomponenten an den Betrieb solarthermischer Kraftwerke kann gefördert werden.

Analyse, Entwicklung und Optimierung von Dampfturbinen für solarthermische Kraftwerke zur Verbesserung der Energieumwandlung

Förderkennzeichen: 0325046

Laufzeit: 01.07.2008 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 1.913.813 Euro

Projektpartner: MAN Diesel & Turbo SE

Die MAN Diesel & Turbo SE, das DLR und die FH Flensburg haben 2008 das gemeinsame Forschungsvorhaben TURSOL „Analyse, Entwicklung und Optimierung von Dampfturbinen für solarthermische Kraftwerke zur Verbesserung der Energieumwandlung“ gestartet. Im Rahmen dieses Vorhabens werden erstmals Dampfturbinen speziell für Solar-Kraftwerke entwickelt. Die Entwicklung von Solar-Dampfturbinen unter Einbeziehung und Optimierung des gesamten Wasser-Dampf-Kreislaufes stellt einen ganzheitlichen, systemorientierten Ansatz dar, der die technologische Entwicklung massiv voranbringen soll.

Verbundprojekt: Standardisierung der Energieertragsprognose für solarthermische Kraftwerke (SESK)

Förderkennzeichen: 0325084B; 0325084A; 0325084C
 Laufzeit: 01.12.2008 – 31.03.2011
 Zuwendungssumme: 489.640 Euro
 Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Solarforschung (SF) – Standort Stuttgart (Koordinator); EPURON GmbH – Special Projects, CSP; Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V – Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik, Energie- und Halbleiterforschung

Im Verbundprojekt SESK unter Leitung der EPURON GmbH werden die wesentlichen Prozesse zur Ertragsprognose für solarthermische Kraftwerke optimiert. Durch verlässlichere Prognosen sind diese Großanlagen leichter zu finanzieren. Standardisierte Abläufe erleichtern die Projektierung und beschleunigen so den Zubau an solarthermischen Kraftwerken. Das DLR und die Universität Oldenburg bestimmen hierzu aus Satellitendaten Zeitreihen der Solarstrahlung, was die Dauer aufwendiger meteorologischer Messungen vor Ort verkürzt. Die Hochschule Magdeburg entwickelt Verfahren zur Fusion der Messungen mit den Satellitendaten. Durch ein dynamisches Simulationsmodell des DLR wird das Ertragsmodell von EPURON validiert. Die im Projekt definierten Prozesse werden schließlich vom TÜV Rheinland zertifiziert.

Alumir – Entwicklung eines geeigneten Verfahrens zur künstlichen Alterung von Aluminiumreflektoren und zur frühzeitigen Beurteilung der Lebensdauer der Materialien

Förderkennzeichen: 0325420
 Laufzeit: 01.11.2011 – 31.10.2014
 Zuwendungssumme: 772.981 Euro
 Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Solarforschung (SF)

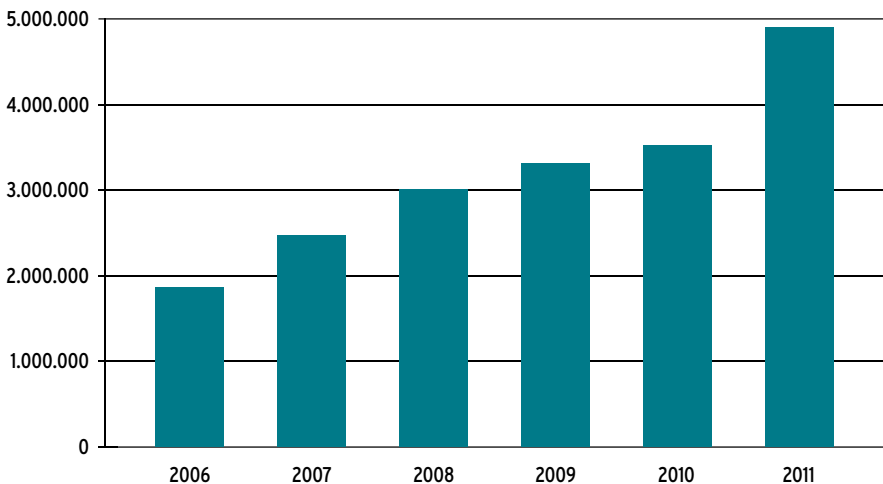
Im Rahmen des Alumir-Projektes werden neun unterschiedlich beschichtete Aluminiumreflektoren auf ihre Eignung für solarthermische Kraftwerke untersucht. Dazu werden Materialproben an sieben verschiedenen Standorten natürlich bewittert und die Degradationsmechanismen mikroskopisch analysiert. Die natürlich auftretende Degradation soll in beschleunigten Alterungsexperimenten nachgestellt werden. Das am besten geeignete Verfahren soll dokumentiert und mit den Außenbewitterungsstandorten korreliert werden. Gleichzeitig wird die optische Messtechnik zur Vermessung der gerichteten Reflexionseigenschaften von Spiegelproben verbessert.

8. ÜBERGREIFENDE FRAGESTELLUNGEN UND SONSTIGES

8.1 QUERSCHNITTSAKTIVITÄTEN UND ÜBERGREIFENDE UNTERSUCHUNGEN IM RAHMEN DER GESAMTSTRATEGIE ZUM WEITEREN AUSBAU DER ERNEUERBAREN ENERGIEN

Behandelten die vorherigen Kapitel größtenteils Fragen der Technologieentwicklung, um die erneuerbaren Energien effizient und kostengünstig nutzen zu können, geht es bei den übergreifenden Fragestellungen um das Energiesystem im Gesamtzusammenhang. Fragen, wie sich der Ausbau der erneuerbaren Energien auf die Mechanismen der Energiemärkte beziehungsweise auf den Arbeitsmarkt auswirkt oder wie dieser Ausbau von der Bevölkerung wahrgenommen wird, sind Beispiele für relevante Forschungsthemen in diesem Bereich. In Projekten zur Förderung von Querschnitts- und übergreifenden Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien sollen die wissenschaftlichen Fragen zu

Ausgaben in Euro



Mittelzuwachs für Neubewilligungen im Bereich Querschnittsaktivitäten und übergreifende Fragestellungen / Quelle: PTJ

den geeigneten politischen, sozialen, ökologischen und ökonomischen Rahmenbedingungen für ein zukünftiges Energieversorgungssystem gestellt werden, das größtenteils auf der Nutzung erneuerbarer Energien basiert.

Ein Schwerpunkt der zugrundeliegenden, 2011 gültigen Förderbekanntmachung des BMU vom August 2010 liegt auf dem Strommarktdesign. Strommärkte müssen zunehmend auf das Energieangebot aus fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen ausgerichtet sein. Die Marktmechanismen der Regelenenergimärkte müssen daraufhin angepasst werden, damit die neuen Technologien sinnvoll eingesetzt werden können. Es wird nach Marktdesigns gesucht, in denen sich die erneuerbaren Energien und Speichersysteme behaupten können, gleichzeitig aber ebenso die Übergangsphase gesichert ist, in der der erforderliche Restbedarf an konventionellen Kraftwerken betrieben werden kann. Das Erneuerbare-Energien-Gesetz muss an die Weiterentwicklungen von Technologie und Markt angepasst werden. Die erneuerbaren Energien müssen auf lange Sicht auch ohne Förderung wettbewerbsfähig sein. Zudem sollen Anreizmechanismen entwickelt werden, die es lohnenswert machen, erneuerbaren Strom bedarfsgerecht einzuspeisen und Speicher sowie Lastmanagement in die Energieversorgung zu integrieren. Die Förderbekanntmachung ist auf eine sehr gute Resonanz gestoßen. Einige Projekte wurden bereits bewilligt, darunter beispielsweise auch ein Vorhaben (FKZ 0325319) unter Koordination der izes gGmbH – Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES), in dem verschiedene Ausgestaltungsoptionen zukünftiger Strommärkte analysiert werden.

Seit der Liberalisierung des Stromsektors Mitte der 1990er Jahre wurden verschiedene elektrizitätswirtschaftliche Teilmärkte entwickelt, deren Design an Großkraftwerken ausgerichtet ist, welche kontinuierlich Strom produzieren. Zudem wurde eine Netzregulierung entwickelt, die die notwendige Infrastruktur absichert und Rationalisierungspotenziale kontrolliert. Dieses System muss nun an den Ausbau der erneuerbaren Energien angepasst werden, der sich in einem vergleichsweise kurzen Zeitraum vollzieht. In dem genannten Beispielprojekt werden die Wirkungen verschiedener Ausgestaltungsoptionen und Maßnahmenvorschläge abgeschätzt und mögliche Hemmnisse analysiert. Unter anderem geht es um die Frage, wie konventionelle Kraftwerkstypen während der Umbauphase dazu eingesetzt werden können, eine kontinuierliche Stromproduktion sicherzustellen. Diese Optionen werden direkt mit möglichen Flexibilitätspotenzialen durch Lastmanagement verglichen, sowohl unter technischen als auch unter ökonomischen Gesichtspunkten.

Der zweite Schwerpunkt der Förderbekanntmachung bezieht sich auf die Transformation des gesamten Energieversorgungssystems. So muss der zukünftige Speicherbedarf ermittelt werden, um weitere Forschungsarbeiten und Investitionen gezielt darauf auszurichten. Das BMU fördert dazu zurzeit mit insgesamt rund einer Million Euro zwei Projekte, die den Aspekt der Stromspeicherung in einer übergreifenden Perspektive unterstützen. Auch müssen über mögliche Synergien oder auch Konkurrenzen zwischen dem Ausbau der erneuerbaren Energien auf der einen Seite und Maßnahmen zur Energieeinsparung und Effizienzsteigerung auf der anderen Seite Überlegungen und Analysen angestellt werden. Des Weiteren wird auf den europäischen und auch internationalen Gesamtzusammenhang geachtet.

Um die genannten Förderschwerpunkte zu verstetigen, wurde im März 2012 eine weitere Förderbekanntmachung veröffentlicht, die insbesondere die weitere Ausgestaltung des Strommarktes sowie übergreifende Aspekte der Systemtransformation in den Mittelpunkt der weiteren Förderung durch das BMU stellt.

Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt

Förderkennzeichen: 0325042

Laufzeit: 01.01.2008 – 31.07.2011

Zuwendungssumme: 1.058.237 Euro

Projektpartner: GWS Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung mbH

Das Forschungsvorhaben ist auf die folgenden Ziele ausgerichtet:

- Ableitung einer belastbaren empirischen Grundlage für die Abschätzung der Brutto- und Nettobeschäftigungseffekte des Ausbaus erneuerbarer Energien,
- Verbesserung des methodischen Konzepts der Fortschreibung der Brutto- und Nettobeschäftigungseffekte,
- Detaillierung der Bereiche Biomasse und Biokraftstoffe sowie der Einsatzgebiete Strom, Transport und Wärme und
- Charakterisierung der regionalen Auswirkungen erneuerbarer Energien.

Der Zeithorizont der Studie umfasst die Jahre von 2007 bis 2030. Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Jahr 2020, da eine Reihe der derzeit konzipierten Maßnahmen und verbindlichen Zielvereinbarungen sich auf dieses Jahr konzentriert.

Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb – heute und morgen

Förderkennzeichen: 0325042B

Laufzeit: 07.07.2011 – 06.07.2014

Zuwendungssumme: 1.163.028 Euro

Projektpartner: GWS Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung mbH

Die GWS mbH ist gemeinsam mit Kooperationspartnern vom Bundesumweltministerium beauftragt worden, folgende Arbeiten durchzuführen:

1. Aufrechterhalten des Informationsstands zur aktuellen Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien für die Jahre 2011, 2012 und 2013;
 2. Ergänzung und Vertiefung der Kenntnisse zur Beschäftigung bei der Herstellung von Produktionsanlagen; Ergänzung der Kenntnisse zu Betrieb und Wartung in Deutschland;
 3. Regionalisierung der Ergebnisse durch eine anspruchsvolle Regionalmodellierung;
 4. Aktualisierung der Datenbasis zur Herstellung von EE-Anlagen durch eine neue Erhebung.
- Der neue Bericht „Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland im Jahr 2011“ ist seit März 2012 auf der Seite des Bundesumweltministeriums veröffentlicht.

Sozialwissenschaftliche Begleitung des Ausbaus Erneuerbarer Energien am Beispiel der RegModHarz auf dem Weg zur „Energienachhaltigen Gemeinschaft“

Förderkennzeichen: 0325090P

Laufzeit: 01.08.2010 – 31.07.2013

Zuwendungssumme: 285.819,5 Euro

Projektpartner: Universität des Saarlandes –

Professur für Psychologie-Mensch-Technik-Umweltwechselwirkungen

Das SEC-Projekt (Energy Sustainable Community) begleitet die Regenerative Modellregion Harz auf dem Weg zur „Energienachhaltigen Gemeinschaft“ unter sozialwissenschaftlichen Gesichtspunkten. RegModHarz möchte als Modellprojekt im Rahmen von „E-Energy“ unter Beweis stellen, dass eine stabile, zuverlässige und verbrauchsnahe Energieversorgung mit einem max. Anteil erneuerbarer Energieträger durch die Koordination von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch möglich ist. Das Begleitprojekt bezieht erstmalig eine ganze Region partizipativ ein. Die Forschungsgruppe Umweltpsychologie will damit zur gesellschaftlichen Veränderung und zur Weiterentwicklung sozialwissenschaftlicher Forschungsmethoden beitragen.

Kosten der Windenergie – Die Entwicklung des Marktes für windbedingte Kraftwerksreserve

Förderkennzeichen: 0325091

Laufzeit: 01.09.2008 – 31.08.2011

Zuwendungssumme: 217.655 Euro

Projektpartner: FfE Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

Das Vorhaben untersucht die Bereitstellung von Reserveleistung zum Ausgleich von Windprognosefehlern. Es wird ermittelt, welche Anforderungen heute und zukünftig an die Reserve gestellt werden, wie sich der Bedarf entwickelt, welche Preise zu erwarten sind und welche Kosten für die windbedingte Reserve entstehen. Das Projekt berücksichtigt technische und ökonomische Aspekte. Es soll wichtige Erkenntnisse für die Betreiber von Windkraftanlagen bei einer Direktvermarktung und für die Betreiber von konventionellen Kraftwerken liefern. In einem Szenario für das Jahr 2020 wird mit einer Zeitreihenanalyse und einer Simulation des Kraftwerkseinsatzes die kurzfristig zur Verfügung stehende Leistung und deren Kosten für den Ausgleich von Prognosefehlern quantifiziert.

Ertragsprognosen von Windenergieanlagen mit rekurrenten neuronalen Netzen

Förderkennzeichen: 0325093

Laufzeit: 01.11.2008 – 30.04.2011

Zuwendungssumme: 346.796 Euro

Projektpartner: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung
Baden-Württemberg (ZSW)

Im Rahmen von WinReNN wurde die Entwicklung eines Windleistungsprognosesystems basierend auf der Technik rekurrenter neuronaler Netze betrieben. Die Prognosen umfassen unterschiedliche Aggregationsstufen beginnend mit Einzelanlagen über Windparks bis hin zu Gesamtdeutschland. Zusammen mit der Firma EWC Weather Consult GmbH wurde ein operationelles Prognosesystem entwickelt, das seit März 2011 operationell eingesetzt wird. Für die Prognosen werden tiefe neuronale Netze trainiert, die mit Restricted Boltzmann Machines vorkonditioniert sind. Die zeitliche Auflösung der Windleistungsvorhersage beträgt 15 min. Der normierte RMSE für die Deutschlandvorhersage im day-ahead beträgt 5 % und für den intra-day 2-4 %. Die Prognosen umfassen neben dem Erwartungswert auch ein Konfidenzintervall.

Verbundprojekt: Erneuerbare Energien und Ökostrom – zielgruppenspezifische Kommunikationsstrategien

Förderkennzeichen: 0325107; 0325108
 Laufzeit: 01.09.2009 – 31.10.2011
 Zuwendungssumme: 349.125 Euro
 Projektpartner: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg – Philosophische Fakultät I – Sozialwissenschaften und historische Kulturwissenschaften – Institut für Psychologie (Koordinator); LIFE – Bildung, Umwelt, Chancengleichheit e.V. – Frauen entwickeln Ökotechnik

Ziel des vorliegenden, interdisziplinären Projektes ist es, das Entscheidungsverhalten privater VerbraucherInnen zu analysieren sowie erfolgreiche Interventionsansätze zur Ökostromnutzung zu entwickeln. Das Projekt umfasst zwei Arbeitsmodule. Modul I beinhaltet die empirische Analyse relevanter Zielgruppen für EE-Technologien mittels einer Online-Befragung von HausbesitzerInnen sowie einer ExpertInnenbefragung (ArchitektInnen, SolarinstallateurInnen, etc.). Dabei werden u.a. genderspezifische Aspekte analysiert. Die Genderperspektive bildet den zentralen Schnittpunkt zu Modul II. Modul II legt den Schwerpunkt auf eine definierte Zielgruppe, Frauen in Miet- und Eigentumswohnungen. Ziel dieses Moduls ist es, Frauen für den Bezug von Ökostrom zu gewinnen.

Verbesserung der Umweltkommunikation von erneuerbaren Energien mit sieben Modulen: Online-Spiel EE 2, Medienberatung Kinderwebseiten, Solare Kühlung EE, EE-Handwerk, EE-eLearning und EE-Branchen

Förderkennzeichen: 0325118
 Laufzeit: 01.04.2009 – 31.03.2012
 Zuwendungssumme: 755.964 Euro
 Projektpartner: IZT-Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung Gesellschaft mit beschränkter Haftung, Berlin

powerado ist ein Verbundforschungsprojekt, dass sich der Bildung für erneuerbare Energien für unterschiedliche Zielgruppen widmet. Kinder und Jugendliche können mit den Online-Spielen „5x5“ und „powerado“ auf www.powerado.de spielerisch EE kennenlernen. Grundschüler können die Vielfalt der EE in attraktiven eLearning-Kursen wie z. B. Energie, Solarenergie, Windenergie, Wasserkraft und Bioenergie auf www.izt.de/moodle erfahren. Mehr als 500 Lehrer wurden in den Fachseminaren EE weitergebildet. Für das Handwerk wurde ein Curriculum zur solaren Kühlung entwickelt, dessen Bildungsmaterialien auf www.izt.de/powerado verfügbar sind. Eine breit geführte Untersuchung zur Weiterbildungssituation in der EE-Branche zeigt den Unternehmen aktuelle Aus- und Weiterbildungsbedarfe auf.

Verbundprojekt: Analyse der Preisauswirkungen erneuerbarer Energien auf die deutschen Strommärkte

Förderkennzeichen: 0325163B; 0325163A
Laufzeit: 01.09.2009 – 30.09.2011
Zuwendungssumme: 573.565 Euro
Projektpartner: Ecofys Germany GmbH – Niederlassung Berlin –
Bereich Power Systems and Markets (Koordinator);
Öko-Institut. Institut für angewandte Ökologie e.V. – Büro Berlin

Die starke Zunahme fluktuierender Erzeugung aus erneuerbaren Energien führt zu neuen Herausforderungen bei der Gestaltung der technischen, energiewirtschaftlichen und rechtlichen Rahmenbedingungen. Ecofys, Öko-Institut, Universität Leipzig, TU Dresden und Energy Brainpool untersuchen Veränderungen des systemweiten Strompreises durch Rückwirkungen der erneuerbaren Energien auf den Betrieb des konventionellen Kraftwerksparks im Wechselspiel mit anderen angebots- und nachfrageseitigen Politikmaßnahmen sowie Auswirkungen der veränderten Rahmenbedingungen auf die Investitionsdynamik im konventionellen Kraftwerkspark. Im Ergebnis werden politische Handlungsempfehlungen abgeleitet, mit denen die zunehmende Integration der EE in den Strommarkt gestaltet werden können.

Wirkungen nationaler und internationaler Konjunkturprogramme auf Unternehmen aus den Bereichen der erneuerbaren Energien und der Umwelttechnologie

Förderkennzeichen: 0325177
Laufzeit: 01.01.2010 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 304.421 Euro
Projektpartner: Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.

Viele Konjunkturprogramme, die infolge der Wirtschaftskrise verabschiedet wurden, beinhalten umfangreiche Investitionen für die Umweltindustrie. Deutsche Unternehmen nehmen hier oft eine starke internationale Marktposition ein. Sie könnten daher von den Konjunkturprogrammen profitiert haben. Die „grünen“ Investitionen dienen jedoch auch dazu, eine wettbewerbsfähige Umweltindustrie im eigenen Land aufzubauen. Bei der Ausgestaltung der Konjunkturprogramme existiert daher ein Anreiz, vornehmlich die eigene Industrie zu fördern. Das Projekt zeigte, dass deutsche Hersteller von EE-Anlagen kaum von den internationalen Konjunkturmitteln profitieren konnten. Die deutschen Konjunkturprogramme nutzten v. a. der Bauwirtschaft und damit verflochtenen Branchen wie der Glas- und Keramikindustrie.

Kombinierte Modellierung der Strom- und Wärmeversorgung

Förderkennzeichen: 0325178

Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013

Zuwendungssumme: 439.835 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Das Forschungsvorhaben befasst sich mit den Interaktionen zwischen Strom- und Wärmemarkt vor dem Hintergrund eines weiteren Ausbaus der erneuerbaren Energien. Über Kraft-Wärme-Kopplung und strombetriebene Heizungssysteme sind beide Märkte verbunden. Im Rahmen des Projektes soll ein Modell entwickelt werden, das die Interaktionen zwischen Strom- und Wärmemarkt in hoher zeitlicher Auflösung abbilden kann. Das entwickelte Simulationsmodell soll dann eingesetzt werden, um eine effiziente Integration erneuerbarer Energien im Jahr 2030 zu analysieren. Das Projekt wird gemeinsam vom Fraunhofer Institut für System- und Innovationsforschung (ISI), dem Bremer Energie Institut und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt bearbeitet.

Systemintegration von Erneuerbaren Energien durch Nutzung von Marktmechanismen im Stromsektor

Förderkennzeichen: 0325180

Laufzeit: 01.05.2010 – 30.04.2011

Zuwendungssumme: 96.285 Euro

Projektpartner: IZES gGmbH

In diesem Projekt soll eine zukunftsfähige Basis für das Zusammenspiel der Erneuerbaren Energien und der konventionellen Stromerzeugung erarbeitet werden. Die Einspeisung vor allem der fluktuierenden Erzeugung wird künftig als gegeben angesehen, woran sich die übrigen Stromerzeuger zu orientieren haben. Die ÜNB behalten die Funktion, eine präzise, kurzfristige Prognose der EE zu erstellen. Die Lieferanten sollen die Möglichkeit erhalten, eine wesentlich kurzfristigere Beschaffung der Residualmengen (Differenz des EE-Profiles und ihrer Lastprognose) unter Verwendung des Strom-Spotmarkts und der Nutzung regelbarer Lasten durchzuführen. Damit verbunden sind grundlegende Veränderungen der Markt- und Börsenmechanismen und eine bestmögliche Nutzung bestehender Flexibilitätspotenziale.

Investitionen in Erneuerbare Energien – Wirkungen und Perspektiven In Einzelfallstudien wird deutschlandweit untersucht, inwieweit die Unterstützungsleistungen der Kommunen Erfolge beim Ausbau der erneuerbaren Energien zeigen

Förderkennzeichen: 0325181A; 0325181B

Laufzeit: 01.08.2010 – 01.10.2012

Zuwendungssumme: 231.912 Euro

Projektpartner: Deutsche Umwelthilfe e.V. (Koordinator); Fachhochschule Trier – Umwelt-Campus Birkenfeld – Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Die Ausgangsfragestellung des Projekts lautet, ob und wie Kommunen durch direkte und indirekte Investitionen in Erneuerbare Energien Beiträge zur kommunalen und regionalen Wertschöpfung leisten. Die Projektpartner Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH) und Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) untersuchen im Rahmen von elf kommunalen Einzelfallstudien die Relevanz direkter finanzieller Investitionen in verschiedene Technologien, die durch die Kommunen oder über kommunale Unternehmen getätigt werden. Ebenfalls wird die Wirkung indirekter Maßnahmen analysiert. Der Anteil der Kommune am Ausbau der Erneuerbaren Energien wird erfasst und dargestellt. Über ein spezielles Werkzeug wird die Wertschöpfung errechnet und die Verteilung auf die einzelnen Profiteure vor Ort veranschaulicht.

Weiterentwicklung eines agentenbasierten Simulationsmodells zur Untersuchung des Akteursverhaltens bei der Marktintegration von Strom aus erneuerbaren Energien unter verschiedenen Fördermechanismen

Förderkennzeichen: 0325182

Laufzeit: 01.07.2010 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 348.271 Euro

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik (TT)

In diesem Projekt werden die Arbeiten am agentenbasierten Simulationsmodell AMIRIS zur Analyse der Marktintegration von Erneuerbaren Energien ergänzend zum Vorgängervorhaben (FKZ 0325015) weitergeführt und methodisch erweitert. Der Fokus der Weiterentwicklung liegt dabei neben der Ergänzung um weitere Optionen der Vermarktung von EE-Strom (EEG 2012, Regelernergie) auf einer verstärkten Abbildung der Interdependenzen des Akteursverhaltens, z. B. durch eine modellendogene Börsenpreisermittlung, sowie der Integration weiterer Akteure erneuerbarer Stromerzeugung (Wind, PV, Biomasse/ Biogas). Somit sollen u. a. Änderungen der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen auf das akteurspezifische Verhalten untersucht sowie die daraus resultierenden volkswirtschaftlichen Effekte abgeleitet werden.

Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen: 0325184
 Laufzeit: 01.11.2010 – 30.04.2012
 Zuwendungssumme: 218.488 Euro
 Projektpartner: ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH –
 Fachbereich Erneuerbare Energien

Die Bundesregierung hat im EEWärmeG das Ziel definiert, bis zum Jahr 2020 einen Anteil von 14 % am Wärmemarkt aus erneuerbaren Energien zu decken. Die Transformation der Fernwärme hin zu höheren Anteilen erneuerbarer Energien kann einen Beitrag leisten, die gesteckten Ziele zu erreichen. Im Rahmen des Forschungsprojektes wird der Status quo der Fernwärmeversorgung in Deutschland beschrieben. Im Rahmen einer Best-Practice-Analyse werden Pilotprojekte untersucht, die erneuerbare Wärme in Netze einspeisen. Hauptziel des Projektes ist die Entwicklung von Transformationsstrategien für ausgewählte Modellregionen auf Basis einer Potenzialanalyse. Es werden Strategien entwickelt, wie der sukzessive Anschluss von dezentralen Wärmeerzeugungsanlagen auf Basis erneuerbarer Energien gelingen kann.

Aktualisierung von Ökobilanzdaten für Erneuerbare Energien im Bereich Treibhausgase und Luftschadstoffe (LCA-EE)

Förderkennzeichen: 0325188
 Laufzeit: 01.07.2010 – 31.03.2012
 Zuwendungssumme: 264.587 Euro
 Projektpartner: Öko-Institut. Institut für angewandte Ökologie e. V. – Büro Darmstadt

Die Erneuerbaren Energien (EE) gelten als umweltverträgliche Optionen eines nachhaltigen Energiesystems, entsprechend fördert das BMU Querschnitts- und übergreifende Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der EE, darunter dieses Vorhaben. In diesem Forschungskontext ermitteln das Öko-Institut und seine wissenschaftlichen Partner die Aspekte:

- Datengrundlagen zu lebenswegsbezogenen THG- und Luftschadstoff-Emissionen durch EE im Bereich Strom, Wärme und Kraftstoffe;
- Datenqualität und Datenvalidierung der Ökobilanz-Basisdaten.
- Fortschreibungsmöglichkeiten dieser Daten insbesondere im Rahmen des ZSE

Die Ergebnisse werden auf der ProBas Webseite des UBA ab Frühjahr 2012 veröffentlicht.

Realisierung hoher Anteile erneuerbarer Energien in der leitungs- gebundenen Energieversorgung in Deutschland – Restriktionen und Möglichkeiten für Ausbau und Modernisierung der Leitungsnetze im Strom- und Wärmesektor

Förderkennzeichen: 0325193

Laufzeit: 01.07.2010 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 302.239 Euro

Projektpartner: Technische Universität Berlin – Fakultät VI – Planen Bauen Umwelt –
Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung –
Fachgebiet Umweltprüfung und Umweltplanung

Der Übergang zu hohen Anteilen erneuerbarer Energien in der Energieversorgung erfordert den Aus- und Neubau, zumindest aber die grundlegende Modernisierung von Netzinfrastrukturen der Strom-, Gas- und Wärmeversorgung. Im Bericht werden die aktuellen politischen, rechtlichen, wirtschaftlichen und technischen Herausforderungen sowie Akteure und ihre Interessen mit der Methodik der Konstellationsanalyse dargestellt. Die systemübergreifende Betrachtung verschafft einen Überblick über die wesentlichen Abhängigkeiten und Restriktionen. Mit dem Energiepaket von Juni 2011 wurden einige Restriktionen aufgelöst, dafür neue Konfliktfelder geschaffen oder auf andere Ebenen verlagert. Aus den Erkenntnissen wurden Handlungsempfehlungen für die Entwicklung politischer Steuerungsinstrumente formuliert.

BNEE – Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Erneuerbare Energien – Konzeption und Durchführung einer Tagungsreihe 2010/2011

Förderkennzeichen: 0325197

Laufzeit: 01.09.2010 – 31.03.2012

Zuwendungssumme: 210.103 Euro

Projektpartner: Arbeitsgemeinschaft Natur- und Umweltbildung – Bundesverband e.V.

BNEE zielt ab auf die Integration zukünftig relevanter Erneuerbare Energien-Themen in die Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE). Fachexperten für EE-Politik, Technik und Wirtschaft bringen ihre Prioritätensetzungen ein. Pädagogen und Sozialwissenschaftler nehmen die Impulse auf, benennen ihrerseits Bedarfe, Chancen und Umsetzungsmöglichkeiten im Bildungsbereich. Ziel ist die Verständigung darüber, wie Akzeptanz und in Folge Ausbau der EE durch BNE in der Gesellschaft gefördert werden können. Die Bildungsbranche benötigt die Unterstützung von EE-Fachleuten beim Wissensmanagement im sich rasant entwickelnden Markt. Auf vier bundesweiten Tagungen für Multiplikatoren werden die Ergebnisse des Expertendiskurses sowie Beispiele guter Projektpraxis und Bildungsmaterialien vorgestellt.

Bahnstrom Regenerativ – Analyse und Konzepte zur Erhöhung des Anteils der Regenerativen Energie des Bahnstroms

Förderkennzeichen: 0325223
 Laufzeit: 01.06.2010 – 31.10.2011
 Zuwendungssumme: 155.727 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)
 – Institutsteil Kassel

Das Hauptziel des Projektes ist die Entwicklung eines technischen Konzeptes zur Integration von Regenerativen Energien in die Bahnstromversorgung sowie deren wirtschaftliche Bewertung. Ebenso gilt es, rechtliche Vorschläge zur Umsetzung des Konzeptes zu entwickeln. Der Hintergrund für das Projekt liegt in der Frage, wie der Umweltvorteil des Bahnfahrens zukünftig gewährleistet werden kann und wie die Klimaschutzziele der Verkehrspolitik und der Deutschen Bahn selbst erreicht werden können. Es gilt, die gegenwärtigen Rahmenbedingungen der Bahnstromversorgung und die Charakteristika Regenerativer Energien zu analysieren. Es sollen sowohl die Machbarkeit und Grenzen einer derzeitigen anteiligen Integration aufgezeigt werden, als auch eine visionäre aber zukünftig notwendige Vollversorgung.

Analyse der Vulnerabilität von Elektrizitätsversorgungssystemen mit unterschiedlich ausgeprägter Integration erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen: 0325229
 Laufzeit: 01.09.2010 – 31.12.2012
 Zuwendungssumme: 349.956 Euro
 Projektpartner: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Die Stabilität der Energieversorgung ist einer der kritischen Faktoren für das Funktionieren einer „modernen“ Gesellschaft. Komplexe großtechnische Systeme wie die Elektrizitätsversorgung, mit starker Vernetzung und vielschichtigen Interdependenzen, sind bzgl. unterschiedlicher Bedrohungen wie Naturkatastrophen, Terror oder technischem Versagen verletzbar. Es wird eine Vulnerabilitätsanalyse von unterschiedlichen energiewirtschaftlichen Szenarien durchgeführt, die sich hinsichtlich des Anteils erneuerbarer Energien (EE) und der Mischung zentraler und dezentraler Strukturen unterscheiden. Ziele sind die Beurteilung der Vulnerabilität des Gesamtsystems, die Abschätzung des Beitrages EE zur Reduktion der Vulnerabilität und Hinweise zur Ausgestaltung eines weniger anfälligen Systems.

Genossenschaftliche Unterstützungsstrukturen für eine sozialräumlich orientierte Energiewirtschaft

Förderkennzeichen: 0325271
Laufzeit: 01.01.2011 – 28.02.2012
Zuwendungssumme: 250.064 Euro
Projektpartner: Klaus Novy Institut e.V.

Genossenschaften bieten Chancen, Erzeuger- und Verbrauchermärkte der Energiewirtschaft dauerhaft und sicher neu zu ordnen. Ziel des Projektes ist zu ermitteln, ob mit der Errichtung von Genossenschaften und genossenschaftlichen Unterstützungsstrukturen eine Beschleunigung und Verbesserung der Durchsetzung der Erneuerbaren Energie (EE) und der Kraftwärmekopplung (KWK) möglich ist. Die Machbarkeitsstudie untersucht die Eigentümerstruktur, die sozialräumliche Struktur sowie rechtlich organisatorische Determinanten. Daneben werden die rechtlichen und organisatorischen Bedingungen für Dach- und Verbundgenossenschaften in der Energiewirtschaft und die Übertragbarkeit der Institutssicherung des genossenschaftlichen Bankwesens auf die Energiegenossenschaften untersucht.

Stromspeicher als zentrales Element der Integration von Strom aus erneuerbaren Energien – Eine ökonomische Modellanalyse der Wechselwirkungen auf dem Strommarkt bei hohen Anteilen fluktuierender erneuerbarer Energien (StoRES)

Förderkennzeichen: 0325314
Laufzeit: 01.08.2011 – 31.07.2014
Zuwendungssumme: 237.488 Euro
Projektpartner: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW Berlin)

Ziel des Forschungsprojekts ist eine modellbasierte ökonomische Analyse verschiedener Strategien zur Integration erneuerbarer Energien in den deutschen Strommarkt. Dabei stehen Stromspeichertechnologien im Zentrum der Untersuchung. Mit Hilfe quantitativer, numerischer Strommarktmodelle wird der Bedarf an Speicherkapazitäten bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen abgeschätzt. Untersucht werden außerdem die Wechselwirkungen zwischen Stromspeichern und dem europäischem Netzausbau, die Nutzung von Speichern in oligopolistischen Märkten, die Wechselwirkungen zwischen Speichernutzung und Strommarktergebnissen, sowie die Notwendigkeit und mögliche Ausgestaltung von Förderinstrumenten.

Systemintegration, Ausbau und Vermarktungschancen Erneuerbarer Energien im Bereich von Stadtwerken unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und organisatorischer Rahmenbedingungen – Fallstudie am Beispiel der Stadtwerke Trier

Förderkennzeichen: 0325319
 Laufzeit: 01.09.2011 – 31.08.2013
 Zuwendungssumme: 308.615 Euro
 Projektpartner: IZES gGmbH

Ziel des Projektes ist es, die Möglichkeiten zur Vermarktung von dezentralen, erneuerbaren Energien unter Einbeziehung von relevanten Dienstleistungen zu untersuchen. Hierzu sollen am Beispiel der Region Trier mögliche Strategien für Stadtwerke im sich transformierenden Energiesystem abgeleitet und hinsichtlich Ihrer Auswirkung, insbesondere im Hinblick auf den Ausbau und die optimierte Systemintegration von erneuerbaren Energien, bewertet werden. In diesem Kontext werden die existierenden Marktmechanismen im Bereich der Stromversorgung sowie die technischen Voraussetzungen, rechtlichen Rahmenbedingungen und wirtschaftlichen Anreize thematisiert und in neue Geschäftsmodelle mit regionalem Kontext überführt und auf ihre nationale Übertragbarkeit hin überprüft.

Organisationsmodelle für die Planung des Infrastrukturausbaus bei der Transformation des Elektrizitätssektors – Eine institutionen-ökonomische Analyse unter Berücksichtigung von Transparenz- und Akzeptanzaspekten (E-Plan)

Förderkennzeichen: 0325323A; 0325323B
 Laufzeit: 01.12.2011 – 30.11.2013
 Zuwendungssumme: 336.974 Euro
 Projektpartner: Technische Universität Berlin – Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP), Arbeitsgruppe Infrastrukturökonomie und -management (Kordinator); BET Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH

Die Energiewende geht mit der Notwendigkeit eines Infrastrukturausbaus einher. Hierzu ist eine aus volkswirtschaftlicher Sicht effiziente und transparente Bedarfsplanung erforderlich. Das Forschungsvorhaben hat zum Ziel konsistente Organisationsmodelle für die Bedarfsplanung im Elektrizitätssektor zu identifizieren, mit denen eine hohe (Planungs-)Qualität und eine hohe Akzeptanz der Planung sichergestellt werden. Dabei wird insbesondere auf die theoretischen Erkenntnisse der Neuen Institutionenökonomik als auch auf internationale Erfahrungen zurückgegriffen. Im Ergebnis sollen Handlungsoptionen für konsistente Organisationsmodelle für die Bedarfsplanung im Elektrizitätssektor aufgezeigt und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden.

Erneuerbare Energien in der Lehrerbildung verankern

Förderkennzeichen: 0325325

Laufzeit: 01.11.2011 – 30.04.2014

Zuwendungssumme: 333.856 Euro

Projektpartner: Unabhängiges Institut für Umweltfragen – UfU – e.V.

Mit der Qualifizierung der Akteure im Lehr- und Lernprozess für Energiefragen der Zukunft und der Entwicklung neuer Ausbildungskonzepte für die Lehrerbildung wird das Ziel verfolgt, erneuerbare Energien (EE) in Curriculum und Unterrichtspraxis aufzunehmen. Im Projekt werden Kommunikationsinstrumente für die Lehrerausbildung erstellt und erprobt, die es ermöglichen, eine langfristige Integration der EE in der Ausbildungspraxis zu etablieren. Außerdem werden angehende Lehrkräfte in Fachseminaren für Zukunftsfragen sensibilisiert und aktiviert, diese an ihre Schulen und in den Unterricht zu tragen. Für die 80 Veranstaltungen in 2012/13 können sich Studienseminare bundesweit unter www.ufu.de/lehrerbildung bewerben. Begleitend werden Schulungen für Lehrende im Bereich Lehrerbildung angeboten.

Erarbeitung optimaler Konzepte für die steuerbare Stromproduktion aus Biogas und Biomethan in Abhängigkeit der technischen und der rechtlichen Möglichkeiten unter Berücksichtigung der Kosten und der bereitstehenden steuerbaren Strommengen

Förderkennzeichen: 0325326

Laufzeit: 01.08.2011 – 30.09.2013

Zuwendungssumme: 389.581 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Das Vorhaben OptiKoBi2 hat die Untersuchung der Potenziale und die damit verbundene zukünftige Rolle einer bedarfsorientierten Stromerzeugung aus Biogas und Biomethan zum Inhalt. Die Analysen sollen in Abhängigkeit der technischen Möglichkeiten, der Kosten einer am Bedarf orientierten Stromproduktion aus Biogas und Biomethan unter Berücksichtigung der Biomassepotenziale, der rechtlichen Rahmenbedingungen vorgenommen werden. Die Untersuchungen sollen den konventionellen Kraftwerkspark und die zusätzlichen PV- und Windstrommengen berücksichtigen, wobei die Entwicklung in den Jahren 2020 und 2030 im Fokus sind. Ziel ist es Parameter und Kennwerte für zukünftige Anlagentechnik zu entwickeln, die Biogas und Biomethan für eine steuerbare und bedarfsorientierte Stromproduktion nützt.

Bestimmung des Speicherbedarfs in Deutschland im europäischen Kontext und Ableitung von technisch-ökonomischen sowie rechtlichen Handlungsempfehlungen für die Speicherrförderung

Förderkennzeichen: 0325327A; 0325327B; 0325327C

Laufzeit: 01.07.2011 – 31.12.2013

Zuwendungssumme: 798.920 Euro

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel (Koordinator); u. a.

Zukünftig wird ein deutlich steigender Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung prognostiziert. Die fluktuierende Charakteristik von Windenergie und Photovoltaik erfordert, dass der Verbrauch zunehmend der Verfügbarkeit regenerativer Einspeisungen folgt. Hierbei können Speicher durch eine zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch einen wichtigen Baustein zur Transformation des Energieversorgungssystems darstellen. Über den tatsächlichen Speicherbedarf, technische Anforderungen und die zeitliche Bedarfsentwicklung herrscht jedoch ebenso große Unsicherheit wie über die Weiterentwicklung des bestehenden Rechtsrahmens. Das Projekt „Roadmap Speicher“ entwickelt Handlungsempfehlungen für eine technisch-ökonomisch optimale Ausgestaltung und den zukünftigen rechtlichen Rahmen.

Weiterentwicklung des Marktdesigns und der Netzregulierung zur Transformation des Stromsystems

Förderkennzeichen: 0325361A; 0325361B; 0325361C

Laufzeit: 01.09.2011 – 31.08.2013

Zuwendungssumme: 472.559 Euro

Projektpartner: IZES gGmbH (Koordinator); TU Freiberg; Universität Hamburg

Das Projekt möchte Vorschläge entwickeln, wie der Stromsektor und seine Teilmärkte organisiert werden können, damit alle wesentlichen Ziele (Versorgungssicherheit, Systemstabilität) bei Gewährleistung von Preisgünstigkeit durch Erneuerbare Energien abgedeckt werden können. Unter der Berücksichtigung der besonderen Charakteristika von Erneuerbaren Energien in der Stromerzeugung sollen auch hinreichende Einkommensströme erzeugt werden können, die eine Refinanzierung der zukünftig notwendigen Investitionen erlauben. Ergänzend zur Weiterentwicklung des Strommarktdesigns wird kurz erörtert, wie die weitere Kostendegression der EE-Techniken befördert werden kann und welche Institutionen und Infrastrukturen im Netzbereich geschaffen werden müssen.

Beispielhafte regionale Umsetzung eines intelligenten, dezentralen Energiemanagementsystems im Rahmen des EU-Vorhabens „Sustainable Energy Management System – SEMS“

Förderkennzeichen: 0327691

Laufzeit: 01.06.2007 – 31.05.2012

Zuwendungssumme: 205.468 Euro

Projektpartner: IZES gGmbH – Arbeitsfeld Biomasse – Stoffstrommanagement und Energiesystemtechnik

Im Rahmen des europäischen Projekts „Sustainable Energy Management Systems – SEMS“ wurde ein Dezentrales Energiemanagementsystem – DEMS auf kommunaler Ebene in der Verbandsgemeinde Weilerbach in Kooperation mit der Pfalzwerke AG installiert. Die Hauptaufgabe der IZES gGmbH, welche erfolgreich umgesetzt werden konnte, bestand in der Vernetzung regionaler EE-Erzeuger und Lasten hin zu einem betriebsbereiten DEMS. An Hand der gewonnenen regionalen Kennzahlen und Messwerte wurde das Projektziel einer 100 % Versorgung mit EE unter Ausschöpfung regionaler Optimierungspotenziale im Bereich Lastmanagement, Speicher sowie Flexibilisierung von BHKWs überprüft. Die technische, wirtschaftliche und klimarelevante Bewertung der Analyseergebnis im kommunalen Kontext erfolgt zum Projektende in 06/2012.

Kosteneffizienter Ausbau der Erneuerbaren Energien

Förderkennzeichen: 0327699

Laufzeit: 01.10.2007 – 31.03.2011

Zuwendungssumme: 381.755 Euro

Projektpartner: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK)

Ziel des Projektes ist es, die Zubaupfade der Technologien zur Nutzung erneuerbarer Energien bis 2100 so zu bestimmen, dass (1) langfristige Klimaschutzzielsetzungen eingehalten, (2) darüber hinausgehende Nachhaltigkeitsziele beachtet und (3) die über den gesamten Zeitraum des Umbaus der Energieversorgung aufsummierten Klimaschutzkosten minimiert werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es durch Lerneffekte zukünftig zu einer erheblichen Reduktion der Kosten der Energiebereitstellung aus erneuerbaren Quellen kommen kann. Mit Hilfe der erstellten innovativen Optimierungsmodelle soll berechnet werden, welche technologie-abhängigen Einspeisevergütungen erforderlich sind, damit es im liberalisierten Markt zu einer Umsetzung der langfristig kostenoptimalen Ausbaustrategie kommt.

8.2 DEUTSCH-ISRAELISCHE KOOPERATIONEN IN DER ENERGIEFORSCHUNG

Seit 2007 wurden vier Verbundprojekte innerhalb einer Forschungsk Kooperation mit dem israelischen Ministerium für Wissenschaft und Technologie (MOST) aus Mitteln des BMU gefördert: drei bilaterale Forschungsverbünde zwischen deutschen und israelischen Forschungseinrichtungen sowie ein trilaterales Verbundvorhaben, an dem zusätzlich Jordanien beteiligt war.

Zwei bilaterale Projekte wurden nun als letzte der vier Verbünde im Jahr 2011 abgeschlossen. In einem der Vorhaben (FKZ 0327559I+W) haben Wissenschaftler der Universität Stuttgart und der Tel Aviv University erforscht, wie mittels aktiver Strömungsbeeinflussung Strömungsgeräusche, die an den Rotorblättern von Windenergieanlagen entstehen, reduziert werden können. Sie stellten fest, dass der Geräuschpegel um circa fünf Dezibel verringert werden kann, wenn die Grenzschicht auf der Oberseite des Rotorblattes gezielt abgesaugt wird. Als Grenzschicht bezeichnet man eine dünne Schicht aus Luft, die direkt am Rotorblatt anliegt. Wird diese in geeigneter Weise beeinflusst, lassen sich die aeroakustischen Eigenschaften bei gleichzeitiger Steigerung der aerodynamischen Leistung der Anlage verbessern.

Verbundprojekt: Defect-tolerant Solar Cell Materials: Putting Grain Boundaries to Work in Thin Film Chalcopyrite Solar Cells

Förderkennzeichen: 0327559H; 0327559T; 0327559U; 0327559V

Laufzeit: 01.03.2008 – 31.08.2011

Zuwendungssumme: 601.720 Euro

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie Gesellschaft mit beschränkter Haftung (Koordinator); Weizmann Institute of Science, Rehovot (Israel); The Hebrew University of Jerusalem; Tel Aviv University

While solar cells based on Cu-chalcopyrite absorber materials have shown nearly 20 % efficiencies, the best modules reach only ~12 %, showing that there is significant room for improvement. Because these cells are made of polycrystalline material, grain boundaries and surfaces are obvious points to focus on. The project brings together several groups that have contributed to understanding electronic effects of polycrystallinity in solar cells. Whereas grain boundaries are mostly characterized by averaging methods, the project focuses on studies of individual grain boundaries employing scanning probe microscopy methods. This will be combined with preparation, electrical characterization and theoretical models. The results of the project should show the way towards improved cells.

Verbundprojekt: Active Flow Control for Noise Reduction and Performance Improvement of Future Generation Wind Turbines

Förderkennzeichen: 0327559I; 0327559W

Laufzeit: 01.03.2008 – 31.03.2011

Zuwendungssumme: 293.424 Euro

Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 6 Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie – Institut für Aerodynamik und Gasdynamik (IAG) (Koordinator); Tel Aviv University – Fachbereich Maschinenbau

Die Zielsetzung dieses deutsch-israelischen Gemeinschaftsprojektes besteht in der Anwendung und Demonstration des Potenzials aktiver Strömungskontrolle (AFC) zur Reduktion des strömungsinduzierten Lärms der Rotoren von Windturbinen. Die durch aktive Strömungsbeeinflussung erzielbare Lärmreduktion kann zur Erhöhung der Akzeptanz von On-Shore Anlagen beitragen sowie über eine Erhöhung der möglichen Rotordrehzahl zu einer Leistungssteigerung künftiger Windturbinen genutzt werden. Die Arbeiten in diesem Vorhaben konzentrieren sich auf die Reduktion des grenzschichtinduzierten Hinterkantenlärms. Es werden sowohl numerische als auch experimentelle Untersuchungen durchgeführt und geeignet angepasste Aktuatorssysteme entwickelt.

8.3 WASSERKRAFT UND MEERESENERGIE

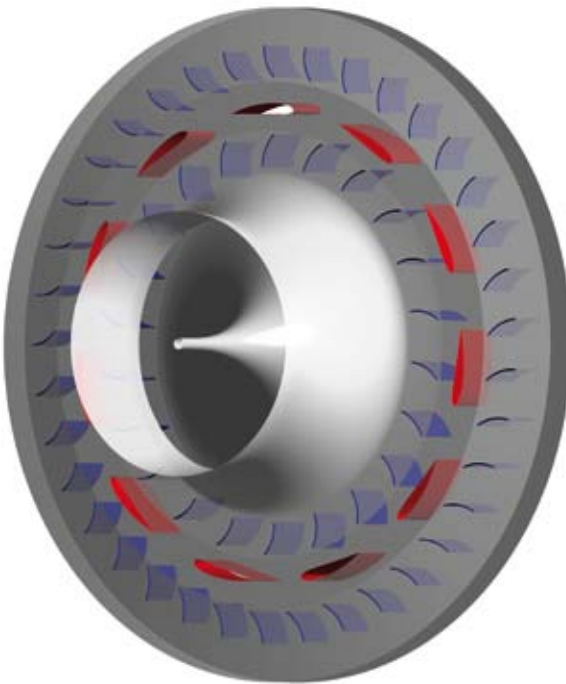
Bei der Wasserkraft handelt es sich um eine bewährte Energiequelle, die Nutzung der Meeresenergie dagegen befindet sich weltweit noch im Demonstrationsstadium. Der Vorteil beider Energiequellen gegenüber Windenergie und Photovoltaik besteht darin, dass die Energie zeitlich konstant bereitgestellt beziehungsweise zuverlässig vorausgesagt werden kann.

Im Jahr 2011 hatte die Wasserkraft an der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien einen Anteil von 16 Prozent. Da die Technik weitgehend ausgereift ist, werden Projekte in diesem Bereich nur im Einzelfall gefördert, wobei der Schwerpunkt auf der ökologischen Verträglichkeit der Anlagen liegt.

Die Meeresenergie bietet weltweit großes Potenzial. Vor der deutschen Küste selbst kann die Technologie allerdings nicht wirtschaftlich eingesetzt werden. Das Potenzial durch Strömungsgeschwindigkeit und Tidenhub ist relativ gering, die Küste wird wirtschaftlich stark genutzt, zudem sind diverse Naturschutzgebiete ausgewiesen. Für die deutschen Unternehmen besteht jedoch die Chance auf wachsende Exportmöglichkeiten. Sie sind mit Komponenten und Anlagen an einer Vielzahl internationaler Projekte im Demonstrations- und Pilotstadium beteiligt. Geeignete Standorte in Europa wären die Küsten Großbritanniens, Irlands, Norwegens, Spaniens, Frankreichs und Portugals. Die deutsche Industrie legt aktuell ihre Entwicklungsschwerpunkte auf Meeresströmungsturbinen. An Küsten, Buchten und Meerengen kann die Meeresströmung sehr stark sein. Die dort unter der Wasserfläche eingesetzten Rotoren sind vergleichbar mit der Rotortechnik, die in Windenergieanlagen zum Einsatz kommt.

Um stattdessen die Energie der Wellen zu nutzen, setzen die Unternehmen eine Technologie basierend auf der oszillierenden Wassersäule ein (Oscillating Water Column, OWC). Bei solchen Kraftwerken wird in einer Wellenkammer die Bewegung der Meeresoberfläche an ein eingeschlossenes Luftvolumen weitergegeben, das zyklisch komprimiert und dekomprimiert wird. Die erzeugte Wecheldruckdifferenz wird zum Antrieb einer bidirektionalen Turbine genutzt, welche die von wechselnden Seiten einströmende Druckluft in ein gleichgerichtetes Drehmoment umsetzen kann. Heute wird meist eine axiale Turbine mit einer länglichen Nabe, eine Wellsturbine, eingesetzt. Die Schwächen dieser Turbinenform liegen in einem vergleichsweise niedrigen Spitzenwirkungsgrad und einem eingeschränkten Betriebsbereich, da die

Strömung um die Schaufelprofile bei starkem Wellengang abreißen kann. In dem Projekt „Wellenturbine“ (FKZ 0325396) überprüft der Lehrstuhl für Fluid- und Thermodynamik an der Universität Siegen deswegen eine radiale Bauart der bidirektionalen Luftturbine, die die erwähnten Schwächen möglicherweise nicht aufweisen wird. Die radiale Bauart wurde bislang noch nicht detailliert untersucht und experimentell getestet. Sollte ein Entwurf geeignet sein, wird er in einer Großausführung im Versuchskraftwerk der Voith Hydro Wavegen getestet. Die Technologie der Wellenkraftwerke nach dem Prinzip der oszillierenden Wassersäule wird in Deutschland von der Firma Voith Hydro mit ihrer hundertprozentigen Tochter Voith Hydro Wavegen in Schottland entwickelt und gebaut. Sie steht derzeit an der Schwelle der Wirtschaftlichkeit.



Virtuelles Modell einer radialen Wellenturbine mit Leiträdern

Verbundprojekt: WAGSA – Entwicklung einer wartungsarmen Gezeiten-Strömungsanlage

Förderkennzeichen: 0325101; 0325101A
 Laufzeit: 01.11.2008 – 28.02.2011
 Zuwendungssumme: 3.649.905 Euro
 Projektpartner: Voith Hydro Ocean Current Technologies GmbH & Co. KG (Koordinator);
 Loher GmbH

Im Verbundprojekt WAGSA wird eine 110 kW Pilotanlage eines Kraftwerks zur Nutzung der kinetischen Energie von Gezeitenströmungen entwickelt, gebaut und getestet. Wegen des herausfordernden Einsatzgebietes in Strömungen bis zu 4 m/s liegt das Hauptaugenmerk darauf, ein einfaches und robustes Konzept zu entwickeln. Die Anlage verzichtet dabei auf jegliche Komplexität und Wartungsanfälligkeit im Design mit dem Ziel, für mehrere Jahre wartungsfrei in einem technikfeindlichen Umfeld operieren zu können. Seit März 2012 ist die Anlage nun im Dauerbetrieb und liefert sehr vielversprechenden Ergebnisse.

Numerische Simulation und Formoptimierung der Gründungsstrukturen von Meeresströmungskraftwerken unter Berücksichtigung der Fluid-Struktur-Interaktion

Förderkennzeichen: 0325222
 Laufzeit: 01.09.2010 – 31.08.2013
 Zuwendungssumme: 350.000 Euro
 Projektpartner: Technische Universität München – Lehrstuhl für Statik

Meeresströmungskraftwerke sind eine vielversprechende Technologie, die in naher Zukunft auch in Form von Großprojekten umgesetzt werden soll. Um dies zu ermöglichen, widmet sich der Lehrstuhl für Statik (Technische Universität München) in Zusammenarbeit mit der Ed. Züblin AG der Entwicklung und Optimierung der Gründungsstrukturen dieser Anlagen. Die Forschungsarbeit beinhaltet sowohl standortspezifische Modellierungsaspekte als auch die Umsetzung und Erweiterung numerischer Methoden, wodurch detaillierte Untersuchungen der Fluideinwirkung und des Strukturverhaltens ermöglicht werden. Hierdurch sollen die nötigen Rahmenbedingungen für den Entwurf einer effizienten Gesamtkonstruktion geschaffen werden.

Wellenenergiekraftwerk: Entwicklung einer bidirektionalen Luftturbine radialer Bauart (Wellenturbine)

Förderkennzeichen: 0325396

Laufzeit: 01.12.2011 – 30.11.2014

Zuwendungssumme: 226.777 Euro

Projektpartner: Universität Siegen – Fakultät IV – Department Maschinenbau –
Lehrstuhl für Fluid- und Thermodynamik

In Wellenkraftwerken nach dem Prinzip der oszillierenden Wassersäule (OWC) erzeugen maritime Oberflächenwellen in einem Luftspeicher ein zyklisches Druckpotenzial, das mit bidirektional durchströmbaren Luftturbinen zur Stromgewinnung genutzt wird. Heute werden meist axiale Turbinen, sog. „Wells“-turbinen, eingesetzt. Allerdings hat die axiale Turbine prinzipbedingt entscheidende Nachteile hinsichtlich Wirkungsgrad, Betriebsbereich und Geräuschemissionen, die sich auf die Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz künftiger Wellenkraftwerke auswirken könnte. Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Optimierung einer radialen Luftturbine. Mittels analytischer, numerischer und experimenteller Methoden wird untersucht, wie sich mit dieser Bauart die Schwächen der axialen Turbine vermeiden lassen.

9. ORGANISATION / ANSPRECHPARTNER

Geschäftsbereichsleitung Dr. Frank Stubenrauch Tel. 02461 61 – 3172

Fachbereich

Photovoltaik / Solarthermie	Dr. Christoph Hünnekes	- 2227
Photovoltaik	Dr. Christoph Hünnekes	- 2227
Niedertemperatur-Solarthermie	Dr. Peter Donat	030 20199 - 427
Solarthermische Kraftwerke	Dr. Hermann Bastek	- 4849

Fachbereich

Windenergie	Dr. Klaus Korfhage	- 4589
Windenergie	Dr. Klaus Korfhage	- 4589
Ökologische Begleitforschung	Tobias Verfuß	- 3620

Fachbereich

Geothermie /		
Übergreifende Fragestellungen	Dr. Volker Monser	- 2808
Geothermie	Dr. Volker Monser	- 2808
Übergreifende Fragestellungen	Dr. Volker Monser	- 2808

Wasserkraft, Meeresenergie	Dr. Hermann Bastek	- 4849
Deutsch-israelische Kooperation	Tobias Verfuß	- 3620
Koordination Öffentlichkeitsarbeit	Meike Bierther	- 9057

Fachbereich

Integration erneuerbarer Energien	Dr. Wolfgang Rolshofen	- 4877
--	------------------------	--------

Administrative Projektbearbeitung	Manfred Altmann	- 3246
--	-----------------	--------

Kontakt

Forschungszentrum Jülich GmbH

Projektträger Jülich

Geschäftsbereich EEN

52425 Jülich

E-Mail: ptj-een@fz-juelich.de

Internet: http://www.ptj.de/erneuerbare_energien

(Stand: 06.06. 2012)

„Der Staat schützt auch in Verantwortung für die künftigen Generationen die natürlichen Lebensgrundlagen ...“

Grundgesetz, Artikel 20 a

BESTELLUNG DIESER PUBLIKATION:

Projekträger Jülich
Forschungszentrum Jülich GmbH
Frau Hannah Brankers (EEN)
52425 Jülich
E-Mail: h.brankers@fz-juelich.de

Diese Publikation ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Gedruckt auf Recyclingpapier.