

Forschungsjahrbuch
Erneuerbare Energien 2010

Impressum

Herausgeber:

Projektträger Jülich

Geschäftsbereich Erneuerbare Energien (EEN)

Forschungszentrum Jülich GmbH

52425 Jülich

Tel: 02461-61-4744

Fax: 02461-61-2840

E-mail: ptj-een@fz-juelich.de

www.fz-juelich.de/ptj/erneuerbare-energien/

Redaktion:



Leibniz-Institut für Informationsinfrastruktur

Bereich Content und Dienstleistungen

Abteilung Energie und Umwelt

Gabriele Fritz, Jutta Perl-Mai

76344 Eggenstein-Leopoldshafen

Für den Inhalt der Projektbeschreibungen ist der Projektdurchführende verantwortlich.

Satz:

KERSTIN CONRADI · Mediengestaltung Print- und Digitalmedien · Berlin

Titelbild:

Institut für Solarenergieforschung GmbH

Herstellung:

Inpuncto, druck + medien GmbH, Bonn

Copyright 2011

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	3
2. Windenergie	13
2.1 Weiterentwicklung der Anlagentechnik	19
2.2 Netzintegration der Windenergie	37
2.3 Gründungen und Logistik	41
2.4 Forschung im Offshore-Testfeld	54
2.5 Forschungsplattformen	62
2.5 Ökologische Begleitforschung und technischer Umweltschutz	67
2.5 Studien und Tagungen	76
3. Photovoltaik	78
3.1 Silizium Wafertechnik	82
3.2 Dünnschichttechnologien: Silizium	105
3.3 Dünnschichttechnologien: CIS/CIGS	113
3.4 Systemtechnik, Netzanbindung und übergreifende Fragestellungen	121
3.5 Alternativkonzepte	131
4. Geothermie	137
5. Niedertemperatur Solarthermie	160
5.1 Forschung und Technologieentwicklung für Kollektoren und Speicher	164
5.2 Solare Heizungsunterstützung und solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicherung	175
5.3 Solare Klimatisierung	187
5.4 Solare Prozesswärme	194
6. Solarthermische Kraftwerke	199

7. Optimierung der Energieversorgungssysteme	214
7.1 Systemintegration von Windstrom	216
7.2 Speicher	218
7.3 Optimierung des Gesamtsystems / smart grids	222
7.4 Elektromobilität	228
7.5 Modellierung und Simulation des zukünftigen Stromsystems	230
8. Querschnittsaktivitäten	232
8.1 Querschnittsaktivitäten und übergreifende Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien	232
8.2 Deutsch-Israelische Kooperationen in der Energieforschung	251
8.3 Wasserkraft, Meeresenergie und sonstige Querschnittsprojekte zu erneuerbaren Energien	254
9. Organisation / Ansprechpartner	258

1. Einführung

Die Wärme und die Strahlen der Sonne, die Kraft des Windes, des Wassers und die Wärme aus den Tiefen der Erde bieten das Potenzial, die Menschen mit Energie zu versorgen. Diese Energie muss jedoch zuerst nutzbar gemacht werden. Photovoltaikmodule setzen die Strahlen der Sonne in Strom um, Sonnenkollektoren fangen deren Wärme ein, Windenergieanlagen nutzen Generatoren, um die kinetische Energie des Windes in elektrische zu wandeln, die Hitze aus den tiefen Bereichen der Erde wird mit Hilfe von Turbinen in Strom umgewandelt. Die dafür notwendigen Technologien werden weiterentwickelt und optimiert, damit sie effizienter arbeiten und in Zukunft fossile Energieträger wie Kohle oder Öl als auch Atomenergie ablösen können. Auch aus wirtschaftlicher Sicht stellen die erneuerbaren Energien einen wichtigen Sektor dar, für den es gilt, die Position Deutschlands gegenüber internationaler Konkurrenz zu behaupten und weiterhin zu stärken. Unter anderem werden entsprechende Forschungsprojekte mit Fördermitteln des Bundesumweltministeriums (BMU) unterstützt.

In diesem Forschungsjahrbuch werden die Projekte, die im Jahr 2010 durch das BMU gefördert wurden, kurz vorgestellt. Zudem wird ein kurzer Einblick in die unterschiedlichen Themenbereiche gegeben.

Im Jahr 2010 erreichten die erneuerbaren Energien einen Anteil von rund 16,8 Prozent am Bruttostromverbrauch (2009: 16,3 %). Das haben erste Abschätzungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) aus März 2011 ergeben. Zur Wärmeversorgung trugen die Erneuerbaren 2010 demnach mit rund 9,8 Prozent (2009: 9,1 %) bei. Unter Berücksichtigung ihres Anteils am Kraftstoffverbrauch trugen sie rund 11 Prozent (2009: 10,4 %) zum gesamten Endenergieverbrauch Deutschlands bei. Durch den Ausbau der erneuerbaren Energien konnte somit im Jahr 2010 der Ausstoß von rund 120 Millionen Tonnen Treibhausgasemissionen vermieden werden. In der gleichen Zeit wurden zudem Investitionen von rund 26,6 Milliarden Euro generiert und Beschäftigung für rund 367.400 Menschen geschaffen.

Mit dem im September 2010 beschlossenen Energiekonzept macht die Bundesregierung den Weg in das Zeitalter der erneuerbaren Energien deutlich. Energie aus Wind, Sonne, Wasser, den Tiefen der Erde sowie Bioenergie soll in Zukunft den Hauptanteil der Energieversorgung übernehmen und somit entsprechend der Koaliti-

onsvereinbarung sowie den Zielen der Industriestaaten dazu beitragen, die Treibhausgasemissionen bis 2050 um 80 bis 95 % gegenüber 1990 zu reduzieren. Die erneuerbaren Energien sollen bis 2020 einen Anteil von 18 % am Bruttoendenergieverbrauch stellen, ihr Anteil am Bruttostromverbrauch soll 35 % betragen. Im Jahr 2050 sollen die prozentualen Anteile der Erneuerbaren schließlich bei 60 % (Energieverbrauch) bzw. 80 % (Stromverbrauch) liegen.

Die Entwicklung der erneuerbaren Energien, speziell deren Einführung in den Markt, wird durch das Marktanreizprogramm (MAP), das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) sowie das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG) unterstützt. Das MAP ist das zentrale Instrument der Bundesregierung zur Förderung von erneuerbaren Energien im Wärmebereich. Auf Antrag werden für den Bau entsprechender Anlagen Investitionszuschüsse gezahlt, als einmalige Förderbeträge. Am 15. März 2011 traten hierbei neue Richtlinien in Kraft. Zum Beispiel wurden die Förderkonditionen für kleine Heizungsanlagen, die erneuerbare Energien nutzen, verbessert. Das seit April 2000 in Kraft getretene EEG ist darüber hinaus die wichtigste Grundlage, durch die erneuerbare Energien genutzt werden können. Das Gesetz verpflichtet die Netzbetreiber, regenerativen Strom vorrangig einzuspeisen. Zudem legt es fest, welche Mindestvergütung den Erzeugern regenerativen Stroms zusteht. Die Höhe wird in regelmäßigen Abständen an die Marktlage und die technologischen Fortschritte angepasst. Das EEWärmeG schließlich ist die jüngste der drei genannten Maßnahmen. Seit dem 1. Januar 2009 müssen demnach Eigentümer eines neuen Gebäudes dafür sorgen, dass ein Anteil des Wärmeenergiebedarfs aus erneuerbaren Energien gedeckt wird. Es werden auch Maßnahmen akzeptiert, die ähnlich geeignet sind, das Klima zu schonen. Ein Beispiel dafür ist, die anfallende Wärme bei der Produktion von Strom zu nutzen (Kraft-Wärme-Kopplung). Im Gegenzug können die Eigentümer ihrerseits weitere Förderungen beantragen.

Die Forschungsförderung setzt bereits vor der Markteinführung an und trägt dazu bei, dass die entsprechenden Technologien weiterentwickelt werden und sich das neue System langfristig durchsetzen kann. Das BMU fördert vorwiegend Projekte aus den Bereichen Windenergie, Photovoltaik, Geothermie (Nutzen von Erdwärme), Niedertemperatur-Solarthermie (Produktion von Wärme bzw. Kälte aus Sonnenwärme), Hochtemperatur-Solarthermie bzw. solarthermische Kraftwerke (Produktion von Strom aus Sonnenwärme) sowie seit 2008 Projekte, die das Gesamtsystem der Energie- und Stromversorgung optimieren bzw. an den steigenden Eintrag aus erneuerbaren Ener-

gien anpassen. In begrenztem Umfang fördert das BMU zudem Projekte aus den Bereichen Wasserkraft und Meeresenergie, ein Hauptaugenmerk liegt darauf, die betreffenden Technologien ökologisch zu optimieren. Querschnittsaktivitäten, bei denen etwa die Akzeptanz der Bevölkerung für verschiedene Technologien untersucht wird, bilden ebenfalls einen Teil der geförderten Projekte.

Die Grundlage für die Forschungsförderung des BMU bildet zurzeit das 5. Energieforschungsprogramm (seit 2006 in Kraft) ergänzt durch die entsprechende BMU-Förderbekanntmachung vom 20. November 2008. Folgende übergeordnete Ziele sollen demnach mit den Projekten erreicht werden:

- Der Ausbau der erneuerbaren Energien soll weiter vorangetrieben werden,
- die internationale Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen und Forschungsinstitute soll gestärkt werden und
- es sollen zukunftsfähige Arbeitsplätze geschaffen werden.

Innerhalb der Projekte werden, um diese Ziele zu erfüllen, folgende Schwerpunkte gesetzt:

- Die Kosten, um erneuerbare Energien zu nutzen, sollen gesenkt werden,
- die Energiesysteme sollen mit Blick auf den wachsenden Anteil erneuerbarer Energien optimiert werden und
- der Ausbau soll umwelt- und naturverträglich geschehen.

Im Jahr 2011 wird die Bundesregierung das 6. Energieforschungsprogramm vorgelegen. Ebenfalls ist eine neue Förderbekanntmachung des BMU vorgesehen. Bis dahin gilt weiterhin das 5. Energieforschungsprogramm, das bis zum 31. Dezember 2011 verlängert worden ist.

Der Geschäftsbereich Erneuerbare Energien des Projektträgers Jülich (PtJ) betreut für das BMU die Forschungsförderung der erneuerbaren Energien. Im Jahr 2010 wurden insgesamt 580 laufende Forschungsprojekte mit Mitteln in Höhe von 120,2 Millionen Euro unterstützt. Für die Gesamtlaufzeit der im Jahr 2010 neu bewilligten 184 Projekte wurden zudem über 140 weitere Millionen Euro eingeplant. In der Regel dauern die Projekte rund drei Jahre.

Windenergie

Die Windenergie wird auf absehbare Zeit den größten Beitrag der erneuerbaren Energien im Stromsektor leisten. Vorrangiger Handlungsbedarf besteht laut Energiekonzept der Bundesregierung darin, den Ausbau der Offshore-Windenergie deutlich zu beschleunigen. Bis 2030 soll deren Leistung auf 25 GW ausgebaut werden. Übergreifend lassen sich folgende Kernziele der Forschungsförderung zusammenfassen:

- Der Anteil der Windenergie an der Stromversorgung soll gesteigert werden,
- dabei sollen die Herstellung und der Betrieb der Anlagen günstiger werden und somit die Kosten der Windenergie sinken,
- die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Windenergiebranche soll gesichert und weiter gesteigert werden, wodurch mehr Arbeitsplätze entstehen,
- gleichzeitig soll der Ausbau der Windenergie umwelt- und naturverträglich erfolgen.

Um neue Forschungsprojekte stets auf dem aktuellen Stand der Technologie zu begründen und die „richtigen“ Schwerpunkte zu setzen, finden zu allen Förderschwerpunkten regelmäßig Strategiegelgespräche zwischen BMU und Vertretern aus Wissenschaft und Wirtschaft statt. Für den Bereich Windenergie fand im Oktober 2010 das jüngste Treffen statt. Die Ergebnisse werden in das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung einfließen. Die wichtigsten globalen Forschungsziele der kommenden Jahre sind demnach weiterhin Kostensenkung, Ertragssteigerung und Erhöhung der Verfügbarkeit von WEA, Technologien zum Ausbau der Offshore-Windenergie (einschließlich der Forschung im Testfeld alpha ventus), die ökologische Begleitforschung sowie die technologische Optimierung von WEA im Hinblick auf ihre ökologischen Auswirkungen. Diese Ziele sollen schwerpunktmäßig in den Bereichen (Offshore-) Gründungen inklusive Schallschutz bei der Errichtung, Wetterprognosen, Antriebsstrang, Rotorblätter, Zustandsüberwachung von WEA und Logistik bei Bau und Betrieb verfolgt werden.

Im Jahr 2010 hat das BMU (einschließlich Aufstockungen laufender Vorhaben) 37 Projekte mit einem Gesamtvolumen von 53 Millionen Euro bewilligt. Der deutliche Aufwuchs gegenüber dem Vorjahr (2009: 28,2 Mio. Euro) ist bedingt durch die hohe Bewilligungssumme für das Offshore-Testfeld alpha ventus (30 Mio. Euro). Die Projekte haben in der Regel eine Laufzeit von drei Jahren. In laufende Projekte flossen 2010 36,8 Millionen Euro (2009: 27,9 Mio. Euro). Die 36,8 Millionen stellen 31 %

der eingesetzten Fördermittel für 2010 dar, damit liegt die Windenergie zusammen mit der Photovoltaik (33 %) an der Spitze der Förderung.

Photovoltaik

Für Photovoltaik ist Deutschland nach wie vor der Leitmarkt. Nach Schätzungen des Bundesverbands Solarwirtschaft e.V. (BSW-Solar) aus Januar 2011 beträgt die in Deutschland 2010 neu installierte Photovoltaik-Kapazität rund 7.000 MW. Die Exportquote der deutschen PV-Industrie beträgt laut BSW-Solar rund 50 Prozent. Durch die Forschungsförderung sollen einerseits die Kosten für den photovoltaisch erzeugten Strom kontinuierlich gesenkt und andererseits die Konkurrenzfähigkeit der deutschen Industrie ausgebaut werden. Insbesondere anwendungsorientierte Projekte werden unterstützt. Der Förderbekanntmachung entsprechend betrifft das folgende Themengebiet:

- Silizium Wafertechnik
- Dünnschichttechnologien
- Systemtechnik
- konzentrierende Photovoltaik

Zusätzlich werden Projekte zu übergreifenden Fragestellungen unterstützt. Dazu gehört es, die Lebensdauer von Photovoltaik-Modulen zu erhöhen, 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.

Bei den für die Forschung an erneuerbaren Energien verwendeten Fördermitteln des BMU lag die Photovoltaik mit 33 % im Jahr 2010 zusammen mit der Windenergie (31 %) an der Spitze. Insgesamt flossen innerhalb des Jahres rund 39 Millionen Euro in laufende Photovoltaik-Projekte. Auch in Bezug auf die neu bewilligten Projekte lag die Photovoltaik weit vorne: 28 % der Mittel für neue Projekte wurden für die Photovoltaik eingeplant. Die insgesamt rund 40 Millionen Euro teilen sich auf 45 neue Vorhaben auf.

Geothermie

Geothermie, auch Erdwärme genannt, ist eine nachhaltige Energie, die seit der Entstehung der Erde durch natürliche Prozesse im Erdinneren kontinuierlich und fortwährend erzeugt wird. Die „Tiefe Geothermie“ erschließt per Konvention einen Bereich

ab etwa einer Tiefe von 400 m und tiefer unter der Erdoberfläche. Um die Geothermie nahe an in die Wirtschaftlichkeit heran zu führen, besteht ein hoher Bedarf an Forschung und Entwicklung sowie an Demonstrationsprojekten.

Da die Geothermie anders als alle anderen erneuerbaren, fluktuierenden Energien unabhängig von Jahres- und Tageszeit zur Verfügung steht, ist sie in der Lage, auch ohne zwischengeschaltete Speicher die Grundversorgung aus erneuerbarer Energie sicherzustellen. Die Bundesregierung schätzt im Nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energie (August 2010) das Potenzial der Geothermie zur Stromerzeugung bis 2020 auf 1.654 GWh, ihr Potential zur Gewinnung von Wärme und Kälte wird auf 696.000 t RÖE (Rohöleinheiten) geschätzt.

Der Förderbekanntmachung entsprechend soll Folgendes entwickelt bzw. optimiert werden, um die tiefe Geothermie gewinnbringend zu nutzen:

- Methoden und Verfahren sowie geeignete Messverfahren und -geräte, die das Fündigkeitsrisiko von Bohrungen vermindern,
- Bohrtechniken, die speziell dazu dienen, geothermische Reservoirs zu erschließen,
- Methoden und Verfahren, die das Lagerstättenmanagement optimieren und die Produktivität beeinflussen,
- Geräte, Apparate und Maschinen, die unter den typisch geothermalen Bedingungen verlässlich und wartungsarm funktionieren,
- Verfahren und Techniken, mit denen geothermische Energie, also heißes Wasser und Dampf, in nutzbare Wärme und Strom umgewandelt werden kann (auch in Verbindung mit anderen erneuerbaren Energien),
- grundlegende technische Lösungsansätze, um die Geothermie in lokale Versorgungssysteme (Wärme und Strom) einzubinden, auch in Kombination mit anderen erneuerbaren Energien.

Im Jahr 2010 wurden insgesamt 30 Projekte mit einem Fördervolumen von zusammen 15 Millionen Euro neu bewilligt (2009: 14,9 Millionen Euro). In laufende Projekte flossen zusammen 9,9 Millionen Euro (2009: 13,8 Millionen Euro).

Niedertemperatur-Solarthermie

Am Endenergieverbrauch in Deutschland hat die Wärme einen Anteil von 54,2 %. Wird hierbei der Anteil der erneuerbaren Energien gesteigert, trägt das erheblich zu den Klimaschutzzielen bei. Bei der Niedertemperatur-Solarthermie wird die Solar-

strahlung in Kollektoren in Wärme umgewandelt. Bisher trägt diese Technologie mit 0,4 % zwar vergleichsweise wenig zur Wärmeerzeugung in Deutschland bei, das langfristige Ziel der aktuellen Forschungsstrategie ist es aber, dass die Niedertemperatur-Solarthermie zur kostengünstigsten Wärmequelle wird. 2050 soll sie einen Anteil von 50 % erreichen, das Technologieentwicklungspotenzial ist enorm. Forschung und Entwicklung tragen wesentlich dazu bei, dass dieses Potenzial in die Praxis umgesetzt werden kann.

Um dieses Ziel zu erreichen, hat das BMU in der Förderbekanntmachung vom 20. November 2008 folgende Förderschwerpunkte gesetzt:

- Die Effizienz von Komponenten soll gesteigert und deren Kosten sollen gesenkt werden, insbesondere gilt das für Kollektoren und Speicher, Systeme und Fertigungsprozesse,
- Technologien für neue Anwendungsgebiete wie solare Klimatisierung, solare Prozesswärme, Solarisierung von Wärmenetzen sollen entwickelt und optimiert,
- Speichertechnologien entwickelt,
- Solarsysteme in die Heizungs- und Gebäudetechnik integriert und
- die Technologieführerschaft im Bereich der Kollektor- und Speichertechnik ausgebaut werden.

2010 wurden 16 neue Projekte zur Niedertemperatur-Solarthermie mit einem Förder volumen von 6,8 Millionen Euro bewilligt (2009: 17 neue Projekte für 7 Millionen Euro), in laufende Forschungsprojekte des Jahres 2010 flossen 8,4 Millionen Euro (2009: 6,3 Millionen Euro).

Solarthermische Kraftwerke

An der zukünftigen Energieversorgung aus erneuerbaren Energien könnten solarthermische Kraftwerke einen erheblichen Teil beitragen. Wegen der klimatischen Voraussetzungen betrifft das zwar nicht unbedingt in Deutschland gebaute Kraftwerke, aber solche, die sich in ariden Gebieten mit direkter Sonneneinstrahlung befinden, wie etwa in Südeuropa, Nordafrika oder im Nahen Osten. Weltweit sind aktuell rund 820 MW installiert, nach einer Studie des Beratungsunternehmens A. T. Kearney aus 2010 könnten bis Ende 2020 bereits rund 30 GW aus solarthermischen Kraftwerken bereitstehen. Die deutsche Industrie ist weltweit führend bei Entwicklung, Herstellung und Export von Einzelkomponenten und Kraftwerkskonzepten. Praktisch alle

Schlüsselkomponenten werden in Deutschland hergestellt. Um diese Spitzenposition zu behaupten, fördert das BMU die anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung dieser Technologie. Die Effizienz der Anlagen soll weiter gesteigert werden und die Investitionskosten gesenkt werden, um die entstehenden Stromkosten ebenfalls zu senken.

Laut Förderbekanntmachung vom 20. November 2008 werden folgende Themenfelder gefördert:

- solarthermische Rinnenkraftwerke und Fresnelspiegelanlagen
- solarthermische Turmkraftwerke
- Mess- und Qualifizierungsmethoden für Reflektorsysteme und Systemkomponenten
- Speichertechnologien
- Anpassung konventioneller Kraftwerkskomponenten an die spezifische Betriebsweise
- begleitende Maßnahmen wie Studien zu weiteren Einsatzmöglichkeiten oder zum Stromtransport nach Mitteleuropa

Ausdrücklich werden auch weitere Themenfelder gefördert, sofern sie dazu beitragen, solarthermische Kraftwerke bzw. entsprechende Techniken am Markt einzuführen und zu etablieren.

Im Jahr 2010 wurden 16 neue Projekte mit einem Fördervolumen von zusammen 9,7 Millionen Euro gefördert (2009: 22 Projekte für 8,6 Millionen Euro). In laufende Vorhaben flossen 5,8 Millionen Euro (2009: 7 Millionen Euro).

Optimierung der Energieversorgungssysteme

Je mehr Strom durch erneuerbare Energien entsteht, desto mehr regenerativer Strom muss auch in die Netze eingespeist werden können. Um diesen Strom, der vermehrt dezentral und nicht durchgehend produziert wird, einzuspeisen, müssen die Stromnetze entsprechend ausgebaut bzw. umstrukturiert werden. Ein Ausbau ist zwar vonnöten, aber relativ teuer und vor allem oft nicht schnell genug umzusetzen. Darum fördert das BMU Forschungsprojekte, die das Netz durch intelligentes Management, in Kombination mit Speichern oder neuen Technologien, für den Strom aus erneuerbaren Energien anpassen.

Schwerpunkte der Förderung sind zum Beispiel virtuelle Kraftwerke, in denen die Stromproduktion aus verschiedenen Anlagen durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien koordiniert wird, intelligente Netze (smart grids) sowie Lastmanagement. Des Weiteren sollen Speichertechnologien entwickelt werden, mit denen einerseits kurzfristige Fluktuationen ausgeglichen werden können, zum anderen aber auch solche, die langfristige Speichermöglichkeiten für saisonale Schwankungen erneuerbarer Energien ermöglichen. Auch sollen erneuerbare Energien in Zukunft vermehrt in der Lage sein, Systemdienstleistungen wie etwa Spannungshaltung innerhalb der Netze allein zu stellen. Bisher werden diese Dienstleistungen hauptsächlich von fossilen und nuklearen Kraftwerken gestellt.

Seit 2008 ist die „Optimierung der Energieversorgungssysteme“ ein eigener Förderungsschwerpunkt. Im Jahr 2010 wurden 22 (2009: 6) neue Projekte mit einem Gesamtvolumen von rund 12,2 Millionen Euro (2009: 11,5 Millionen Euro) bewilligt. In laufenden Vorhaben flossen 2010 rund 11,3 Millionen Euro (2009: 10,9 Millionen Euro). Die Forschungsarbeiten in diesem Bereich, die vor 2008 stattgefunden haben, wurden noch der Photovoltaik bzw. Windenergie zugeordnet.

Querschnittsaktivitäten und Sonstiges

Für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien sind nicht nur technologische Fortschritte zu beachten, auch politische, ökonomische und soziale Rahmenbedingungen müssen bedacht werden. Darum unterstützt das BMU seit einigen Jahren Projekte im Bereich der Querschnittsaktivitäten und übergreifenden Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien. Im August 2010 wurde eine weitere Förderbekanntmachung zu diesem Themenfeld veröffentlicht. Darin wird die Markt- und Systemintegration der erneuerbaren Energien als zentrale Herausforderung künftiger Untersuchungen benannt.

Im Jahr 2010 wurden 16 neue Projekte im Bereich Querschnittsaktivitäten mit einem Volumen von zusammen rund 3,5 Millionen Euro (2009: 16 Projekte für insgesamt 3,3 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 2010 2,6 Millionen Euro (2009: 2,8 Millionen Euro).

Innerhalb einer Forschungs 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.

In geringem Umfang fördert das BMU außerdem Projekte über Technologien zur Meeresenergienutzung. Damit wird die internationale Spitzenposition der deutschen Wirtschaft in diesem Feld gestärkt und ein weiterer Beitrag dazu geleistet, Klima und Umwelt zu schützen.

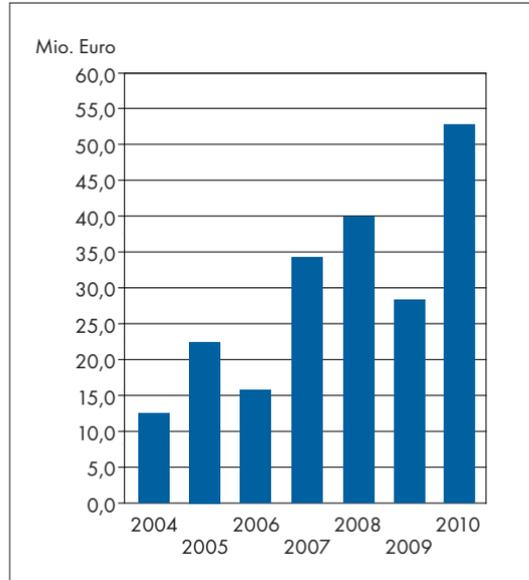
Zusammenfassend verteilen sich die 2010 bewirtschafteten Mittel wie folgt auf die einzelnen Förderschwerpunkte:

	Neu bewilligte Projekte 2010		Mittelabfluss 2010	Mittelabfluss Durchschnitt 2007 - 2010	
	1.000 Euro	Anteil in %	1.000 Euro	1.000 Euro	Anteil in %
Wind	52.956	37,6	36.774	27.579	27,0
Photovoltaik	39.842	28,3	39.087	36.006	35,2
Geothermie	15.045	10,7	9.889	11.396	11,1
Niedertemperatur-Solarthermie	6.795	4,8	8.371	6.524	6,4
Solarthermische Kraftwerke	9.667	6,9	5.841	6.481	6,3
Systemintegration	12.227	8,7	11.332	5.757	5,6
Sonstiges	4.166	3,0	8.908	8.654	8,8
Summe	140.698	100,0	120.202	102.397	100,0

Quelle: BMU

2. Windenergie

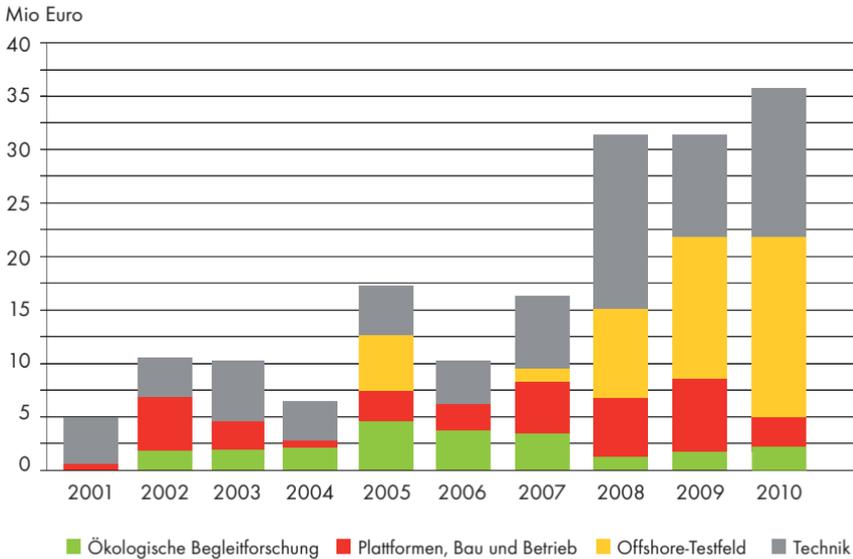
Die Windenergie ist wie in den vergangenen Jahren die wichtigste Säule der erneuerbaren Energien. Nach vorläufigen Berechnungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare-Energien-Statistik (AGEE-Stat) für das BMU lag der Anteil der Windenergie an der gesamten Strombereitstellung Deutschlands bei rund 6 %. Die erneuerbaren Energien hatten insgesamt einen Anteil von rund 16,8 % am Stromverbrauch, also stammte ein knappes Drittel davon allein aus der Windenergie. Das wurde erreicht, obwohl 2010 ein relativ windschwaches Jahr war – für die Zukunft lässt das einen weiterhin starken Beitrag der Windenergie zur Stromversorgung erwarten. Sie zählt damit neben den konventionellen Energien bereits zu den Haupterzeugern von Strom in Deutschland.



Entwicklung des Neubewilligungsvolumens seit 2004. Quelle: BMU

Nach Angaben des Deutschen Windenergie-Instituts (DEWI) waren Ende 2010 insgesamt 21.607 Windenergieanlagen (WEA) in Deutschland installiert, die zusammen eine Leistung von 27.214 MW aufweisen. Der Zubau betrug 2010 1.551 MW. Im Vergleich zum Zubau im Jahr 2009 mit 1.917 MW bedeutet das einen Rückgang von 19 %. Als Grund vermuten der Bundesverband WindEnergie (BWE) und der Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA Power Systems) für den Onshore-Markt Spätfolgen der Finanzkrise für Großprojekte sowie Unsicherheiten bei den Netzanforderungen der WEA. Auch neue Abstandsregelungen und Höhenbegrenzungen erschweren demnach den Ausbau auf dem Land.

Was dagegen angestiegen ist, ist die Zahl der gegen leistungsstärkere neue Anlagen ersetzten älteren Anlagen, das sogenannte Repowering wurde im Jahr 2010 ver-



Verteilung der Fördermittel im Bereich Windenergie zwischen 2001 und 2010. Quelle: BMU

stärkt. Insgesamt wurden laut DEWI 116 WEA mit zusammen 56 MW durch 80 WEA mit zusammen 183 MW ersetzt. Der Offshore-Markt hatte ebenfalls einen stärkeren Zubau zu verzeichnen als im Jahr 2009. In den Projekten Baltic 1 und Bard Offshore 1 wurden zusammen 108 MW neu errichtet. Durch die Erfahrungswerte der ersten Projekte sowie stetiger Investitionen in Forschung und Entwicklung ist für den Offshore-Bereich ein erheblicher Ausbau zu erwarten. Das Energiekonzept der Bundesregierung sieht vorrangigen Handlungsbedarf darin, den Ausbau der Offshore-Windenergie zu beschleunigen.

Dementsprechend wurden 2010 besonders viele neue Projekte im Windbereich bewilligt. Mit 53 Millionen Euro waren es 38 % der Mittel für alle neu bewilligten Vorhaben (siehe auch das Diagramm zur Entwicklung des Neubewilligungsvolumens für Windenergie seit 2004). 30 Millionen Euro entfallen auf das Offshore-Testfeld alpha ventus. Nachdem die Europäische Kommission der beantragten Einzelbeihilfe

der Betreibergesellschaft DOTI GmbH & Co. KG am 27. Oktober zugestimmt hatte, hat das BMU die Förderung bewilligt. Die Erfahrungen, die DOTI bei Planung und Bau des Windparks gesammelt hat, wurden in Vortragsreihen „lessons learned“ und in der Buchpublikation der Stiftung Offshore Windenergie „ALPHA VENTUS Unternehmen Offshore“ der gesamten Windenergiebranche zur Verfügung gestellt. Innerhalb des DOTI-Vorhabens wurde auch eine Forschungsdatenbank für die begleitende Forschungsinitiative RAVE entwickelt. Durch RAVE werden im Offshore-Testfeld alpha ventus grundlegende Erkenntnisse gewonnen, mit denen die künftige Windenergienutzung auf See optimiert werden kann. RAVE vereint circa 40 forschende Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die Initiative wurde vom BMU mit bisher 43,1 Millionen Euro gefördert. Im April 2010 wurde das Testfeld alpha ventus für Anlagen der 5-MW-Klasse offiziell in Betrieb genommen.

Die im Jahr 2010 bewilligten Vorhaben im Windbereich befassen sich zusammengefasst unter anderem mit folgenden Schwerpunkten:

- Fortsetzung der RAVE-Forschungsvorhaben im Testfeld sowie des Betriebs der Forschungsplattform FINO2 (Ostsee)
- Bewilligung des Offshore-Testfeldes alpha ventus
- Vorhaben im Bereich der Weiterentwicklung und Qualifizierung neuer Werkstoffe
- Verbesserung der Simulationsmöglichkeiten für WEA sowie des Strömungsfeldes an einzelnen Anlagen und in Windparks
- Entwicklung und Tests neuartiger Gründungsstrukturen
- Neuentwicklung von WEA mittlerer und hoher Leistung für den On- und Offshore-Einsatz

Indem ein Schwerpunkt der Forschungsprojekte auf Technologieentwicklung gelegt wird, wird die deutsche Position gestärkt und kann sich auch in Zukunft gegen internationale Konkurrenz behaupten. Für WEA der Multi-MW-Klasse ist Deutschland zurzeit führend in Sachen Technologie. Einen weiteren Schwerpunkt nimmt auch weiterhin die Forschung auf den Forschungsplattformen FINO 1 bis 3 ein. FINO 1 etwa hat eine besondere Relevanz, da sie sich in direkter Nähe zu dem neu errichteten Testfeld alpha ventus befindet. Somit können zum Beispiel Messdaten vor und nach Bestehen des Windparks miteinander verglichen werden. Für RAVE liefert FINO 1 wichtige Referenzdaten. Auch für die ökologische Begleitforschung können diese Daten genutzt werden. 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. Dem 5. Energieforschungsprogramm entsprechend werden laut der Förderbekanntmachung vom 20. November 2008 folgende Aufgaben und Themen gefördert:

- Die Kosten der WEA sollen gesenkt, ihr Ertrag soll gesteigert und ihre Verfügbarkeit erhöht werden,
- Technologien zum Ausbau der Offshore-Windenergie sollen weiterentwickelt werden,
- ökologische Forschung soll die Technologieentwicklung weiterhin begleiten und sie im Hinblick auf ihre Umwelt- und Naturverträglichkeit optimieren,
- geeignete Testanlagen für Multi-MW-Anlagen sowie theoretische Modelle zur Bewertung der WEA sollen entwickelt und errichtet werden,
- Erkenntnisse aus anderen Forschungsbereichen wie etwa der Offshore-Ölindustrie oder der Bionik sollen übertragen und genutzt werden,
- die Leistung der WEA soll weiter optimiert und ihre Lautstärke verringert werden und
- es sollen Synergieeffekte durch internationale Forschungsvernetzung entstehen.

Eine wichtige Rolle für die deutsche Position innerhalb der Forschungslandschaft nimmt das 2009 neu gegründete Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) ein. Indem sich die beiden ursprünglichen Institute Fraunhofer-Center für Windenergie und Meerestechnik (CWMT) in Bremerhaven und das Institut für Solare Energieversorgungstechnik (ISET) in Kassel zum IWES zusammengeschlossen haben, bieten sie der Industrie einen kompetenten Ansprechpartner mit umfassendem Portfolio. Von der Systemtechnik über die Netzintegration und -regelung, elektronische Fragestellungen und Tests von Komponenten deckt das neue Institut alle wichtigen Bereiche ab. Seit 2009 ist in Bremerhaven ein Prüfstand für Rotorblätter bis zu einer Blattlänge von 70 m in Betrieb. Er ist Teil des Rotorblatt-Kompetenzzentrums, das unter anderem mit Fördermitteln des BMU unterstützt wird. 2010 wurde an einem zweiten Prüfstand gebaut – hier können nach Fertigstellung im Frühling 2011 Rotorblätter bis zu 90 m getestet werden.

Am 6. und 7. Oktober 2010 fanden in Hamburg die vierten Strategiegespräche des BMU zur Windenergieforschung statt. Auf der Veranstaltung, die turnusgemäß alle zwei Jahre stattfindet, wurde der aktuelle und zukünftige Forschungsbedarf im Bereich der Windenergieforschung besprochen. Eingeladen waren als Referenten und Teilnehmer ausgewiesene Experten aus den Gebieten Offshore-Windenergie, ökologische Begleitforschung, Rotorblatt und Onshore-Windenergie.

In einem intensiven Austausch haben die über 50 Teilnehmer aus Politik, Industrie und Forschung Bilanz aus vergangenen Forschungsprojekten gezogen sowie Perspektiven für eine zukünftige Forschungsförderung aufgezeigt. Neben dem generellen Ansatz, dass eine weitere Optimierung des Gesamtsystems WEA notwendig ist, um die Energieerzeugungskosten zu senken, wurde auf Gründungsstrukturen, Seekabellegungen, Schallschutzmaßnahmen, Entsorgungskonzepte und die Zustandsüberwachung als besondere Schwerpunkte der Forschung verwiesen.

- Zur benötigten Forschungsinfrastruktur wurde auf Prüfstände mit flexiblen Testeinrichtungen sowie auf Teststandorte für wechselnde Prototypen Bezug genommen. Zudem sollten grundsätzlich verstärkt Aspekte der Akzeptanz in Bezug auf Erneuerbare Energieträger erforscht werden.
- Der weitere Bedarf an Forschungsaktivitäten zur Offshore-Windenergie wurde anhand der Erkenntnisse aus alpha ventus und aus anderen kommerziellen Windparks festgestellt. Bau, Betrieb und Wartung von WEA sollen optimiert werden. Außerdem besteht für die Logistik solcher Anlagen auf See noch erhebliches Optimierungspotenzial.
- In der ökologischen Begleitforschung soll das Augenmerk besonders auf Schallminderungsmaßnahmen liegen, auf deren Grundlage neue Fundamenttypen bewertet werden, zudem sollen Messverfahren standardisiert werden. Insgesamt ist die kumulative Bewertung von Windparks weiterhin von hoher Bedeutung.
- Neben der Weiterentwicklung der Rotorblatttechnologie zur nächsten Generation in der Klasse 8 bis 10 MW sind verstärkte Aktivitäten im Bereich der Materialforschung von kohlenstofffaserverstärkten Kunststoffen (CFK) und eine kostengünstige Automatisierung der Produktion anzustreben, die zu einer Steigerung der Fertigungsqualität führen kann.
- Darüber hinaus sind Entwicklungen für den Windertrag in großen Höhen sowie die durch eine Reduktion der Reflektivität verbesserte Radarverträglichkeit von WEA erwünscht. Strittig blieb, ob zusätzliche Maßnahmen zur Förderung von Kleinwindanlagen notwendig sind.

Die Ergebnisse der Strategiegespräche fließen in die neue Bekanntmachung über die Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien ein, die 2011 veröffentlicht wird.

Auf internationaler Ebene engagiert sich das BMU in der Kooperationsvereinbarung (Implementing Agreement) zur Windenergieforschung der Internationalen Energie Agentur (IEA Wind). Im Auftrag des BMU hat der PTJ seit 2009 den Ko-Vorsitz im

Executive Committee, dem Koordinationsgremium, inne. In den konkreten Themenbereichen (Tasks) des IEA Wind arbeiten unter anderem das Fraunhofer IWES, ForWind, die Universitäten Stuttgart und Halle, die Fachhochschule Kiel sowie die Unternehmen Deutsche Windguard GmbH und Amprion GmbH mit. Die Aufgaben betreffen zum Beispiel Fragen der Netzintegration, der Entwicklung von Offshore-Lastmodellen, der Kostenermittlung für Windstrom, der Vereisung von Windenergieanlagen und der sozialen Akzeptanz. Der PtJ hat 2010 auch die Koordinierung einer internationalen Arbeitsgruppe übernommen, die bis Anfang 2011 den Strategieplan des Implementing Agreement Wind im Einklang mit der IEA Technology Roadmap Wind Energy aktualisiert.

Zusätzlich hat der PtJ 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.

2.1 Weiterentwicklung der Anlagentechnik

Der Windenergiemarkt ist international ausgerichtet und entwickelt sich in vielen Ländern, insbesondere in China, hochdynamisch. Dadurch steigt auch der Wettbewerbsdruck auf die deutsche, exportorientierte Windindustrie. Zunehmend machen günstige Anlagen etwa aus dem asiatischen Raum den deutschen Herstellern Konkurrenz. Das bedeutet, dass die deutsche Industrie ihre Fertigkeiten stetig weiterentwickeln muss. Forschung und Entwicklung in der Anlagentechnik, zum Produktionsprozess, zur Errichtung und zum Betrieb sind nötig, um die Effizienz zu steigern, gleichzeitig die Kosten zu senken und sich so im Wettbewerb weiter an der Spitze halten zu können.

Dabei stehen derzeit insbesondere die Hauptkomponenten der WEA, also Turm, Antriebsstrang und Rotor sowie deren technisches Zusammenspiel im Fokus der Forschungsförderung. Neben einer weiteren Automatisierung von Produktionsschritten muss auch ein effizientes Wartungs- und Reparaturmanagement entwickelt werden, ohne das die Anlage nicht das Ergebnis bringen kann, zu dem sie theoretisch in der Lage wäre.

In einigen Förderprojekten wird untersucht, wie die Offshore-Multimegawatt-Anlagentechnik weiterentwickelt werden kann. Der Ausbau der Offshore-Anlagen wird mit sinkendem Ausbaupotenzial an Land zunehmend wichtiger, was auch durch das Energiekonzept der Bundesregierung unterstrichen wird. Wie die Anlagen am besten errichtet werden, wie die Rotorblätter weiter optimiert werden können und die Herstellung der Rotorblätter möglichst automatisiert werden kann, sind einige Beispiele für aktuelle Fragestellungen. Innerhalb eines Ende 2009 abgeschlossenen Projektes der Schuler AG beschäftigte sich die Firma zum Beispiel mit der Konzeption eines geeigneten Antriebsstrangs für neue Offshore-WEA der 6-MW-Klasse. Dafür verglichen sie unterschiedliche Antriebsstrangkonzeppte und entschieden sich für weitere Entwicklungsarbeiten an einem Direktantrieb mit permanentmagnet-erregtem Synchrongenerator und einer Leistungsverzweigung im elektrischen System. Fällt ein Zweig aus, kann der andere weiterhin genutzt werden, was die Anzahl teurer Komplettausfälle minimiert.

Die Übergänge zwischen Offshore- und Onshore-Technik sind oftmals fließend, Forschungsfortschritte in einem Bereich können also häufig auch auf den anderen über-



Larus Compact besteht aus mehreren Modulen.

Quelle: W2E Wind to Energy GmbH

tragen werden. Ein Projekt, in dem der Unterschied erst gar nicht gemacht wird, ist ein Gemeinschaftsprojekt der W2E Wind to Energy GmbH Rostock und dem Lehrstuhl für Technische Mechanik/Dynamik der Universität Rostock. Sie entwickeln eine neuartige Windenergieanlage ab einer Größe von 3 MW für den On- als auch für den Offshore-Einsatz. Die Basis bildet das von der W2E GmbH patentierte Triebstrangkonzzept „Larus Compact“.

Die Bauweise ist kompakter und leichter, die Lagerkräfte in der Rotorlagerung sind durch eine breitere Abstützbasis kleiner und das Getriebegehäuse ist von den lastbedingten Deformationen der Rotorlagerung abgekoppelt. Die Lebensdauer des Getriebes wird damit wesentlich erhöht.

Präzise Ergebnisse, um in Zukunft die Windverhältnisse innerhalb von Windparks genau bestimmen zu können, versprechen zudem die Rechenmodelle, die von ForWind (Zentrum für Windenergieforschung der Universitäten Oldenburg, Hannover und Bremen) und dem Fraunhofer IWES entwickelt werden. Zugrunde liegt ein Großrechner, der hochkomplexe Strömungs- und Umgebungsberechnungen durchführen kann. Für Windparks können so die Strömungsphänomene und ihre Auswirkungen aufgezeigt werden, damit WEA von konstruktiven Details über ihre räumliche Anordnung bis hin zum Betrieb optimiert werden können. Die Einrichtung des Rechner-Clusters trägt dazu bei, die nächste Generation von Anlagen sowie die effiziente Nutzung der Windenergie voranzutreiben. Daten werden ermittelt, die nur durch experimentelle Methoden nicht zu erhalten sind.

Um experimentelle Daten zu sammeln, wird auch weiterhin LiDAR, die laser-optische Windmesstechnik „Light Detecting and Ranging“ eine wichtige Rolle spielen. Ziel des Projektes LiDAR II ist es, den Prototypen eines robusten und industrietauglichen LiDARs zu bauen, der auf den Gondeln von WEA eingesetzt werden kann. Koordinator des Projekts ist ForWind am Standort Universität Oldenburg. Ein LiDAR-Gerät direkt auf

der Gondel soll unter anderem dabei helfen, dass bei großen Multi-MW-WEA in Offshore-Windparks die dynamischen Windbelastungen schnell erkannt werden und mit minimalem Reglereinsatz reduziert werden können. Dadurch wird der Ertrag der Anlagen optimiert.

Um schon im Vorfeld zu prüfen, welche Rotorblätter den Offshore-Bedingungen standhalten können, ist das Kompetenzzentrum Rotorblatt am Fraunhofer IWES in Bremerhaven eingerichtet worden. Einen wesentlichen Bestandteil des Kompetenzzentrums bilden die Arbeiten am Projekt InnoBladeTec, in dem gemeinsam mit der Industrie neue Rotorblatt-Prüfmethoden entwickelt und die notwendigen Prüfstände aufgebaut werden. Im Jahr 2009 ist der erste Prüfstand für Rotorblätter bis 70 Meter Länge fertiggestellt worden, im Frühjahr 2011 wird der zweite Prüfstand in Betrieb genommen. Dort können sogar Rotorblätter bis zu einer Länge von 90 Metern getestet werden. Die realen Belastungen der Blätter auf See werden simuliert, um deren Haltbarkeit nachzuweisen. Besonders für die Offshore-WEA stellen die Arbeiten am Aufbau wie auch die Wartung einen großen Teil der Kosten dar, weswegen die Anlagen so lange wie möglich zuverlässig funktionieren sollen.

Die Offshore-Windenergienutzung ist gegenwärtig noch eine große Herausforderung für Forschung und Entwicklung, aber auch der Ausbau an Land nimmt weiter zu. Für die Nutzung der Windenergie auf dem Land werden immer leistungsfähigere Anlagen entwickelt, oft mit größeren Nabenhöhen. Ältere, kleine Anlagen werden beim Repowering durch eine kleinere Zahl leistungsstarker Anlagen ersetzt, um das Potenzial der jeweiligen Region optimal auszunutzen.



Das kastenförmige LiDAR-Windmessgerät misst die Windgeschwindigkeit per Laserstrahlen, die für Menschen unsichtbar aus dem oben angebrachten runden Fenster ausgesendet werden.

Quelle: Bierther / PTJ

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

Förderkennzeichen: 0325008
Laufzeit: 01.01.2008 - 28.02.2011
Zuwendungssumme: 597.204 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) - Institutsteil Bremerhaven

Kurzfassung: 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 Radaroptionen sowie Untersuchung eines reflektionsarmen WEA-Prototypen auf Radarverträglichkeit

Förderkennzeichen: 0325027A
Laufzeit: 01.04.2009 - 31.03.2011
Zuwendungssumme: 1.179.330 €
Projektpartner: EADS Deutschland GmbH - Defence & Security Systems - Defence Electronics - Radar/IFF - Programm Ground Radar

Kurzfassung: Kurzfassung:

Die Cassidian führt Untersuchungen als Fortsetzung der Voruntersuchungen aus dem Jahr 2008 zur Erfassung und Bewertung von Störeinflüssen von WEA auf Flugsicherungsradare vom Typ ASR-910 und ASR-S mittels Messung und in Simulation durch. Erprobt wird die Wirksamkeit eines Umrüst-Satzes ("Modkit") für das Radar ASR-S, welcher die WEA-Störeinflüsse auf die Flugsicherung minimieren soll. Die Ergebnisse dieser Analyse fließen in eine technische Bewertungsgrundlage ein, welche in Zusammenarbeit mit den Genehmigungsbehörden erarbeitet wird. Ziel des Vorhabens ist es, Flugsicherungsradare und WEA soweit verträglich auszulegen, dass bisher nicht genehmigte WEA gebaut werden können, um somit den von der Bundesregierung vorgegebenen Zuwachs an erneuerbaren Energien sicherzustellen.

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 €

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

Kurzfassung: 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 werden ein vielseitiger und kostengünstiger Matrixwerkstoff sowie angepasste textile Halbzeuge für die Herstellung langlebiger Rotorblätter entwickelt und charakterisiert. Des Weiteren werden durch den Einsatz automatisierter Performingtechnologien zeit- und personalintensive manuelle Fertigungsschritte substituiert.

Verbundprojekt: Ökologische und ökonomische Hochleistungsfügetechniken für Stahlrohrtürme von Windenergieanlagen (OPTIWELD)

Förderkennzeichen: 0325063A; 0325063B; 0325063C

Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 699.999 €

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

Kurzfassung: 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 Stahlrohrturm ausgeführt wird. Mit den derzeit eingesetzten Schweißverfahren erreichen die Hersteller die Grenzen der wirtschaftlichen Effizienz und technischen Durchführbarkeit. Ziel des Vorhabens ist daher, neuartige hybride Schweißverfahren durch die Kombination von Hochleistungslichtbogen- und Strahlschweißverfahren zu entwickeln. Diese Verfahren sollen bei der Verarbeitung dicker Grobbleche größere Einschweißstiefen, kürzere Schweißzeiten und höhere 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 €
Projektpartner:	RLE-Projekt GmbH (Kordinator); Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen – Fakultät 4 – Maschinenwesen – Institut für fluidtechnische Antriebe und Steuerungen

Kurzfassung: Die RLE GmbH Köln und das IFAS entwickeln einen Antriebsstrang mit verstellbarem hydrostatischem Getriebe. Das mechanische Rädergetriebe entfällt, Windrad und Generator werden entkoppelt, die Generatordrehzahl wird von der Drehzahl des Windrads unabhängig, der erforderliche Frequenzumrichter entfällt. Durch Einsatz zuverlässiger Synchron-Generatoren können die WEA zur Netzstützung verwendet werden. Vorteile bestehen im Packaging, eine Kaskadierung der Pumpe und Motoren ist möglich. Ein hydrostatisches oder leistungsverzweigtes Getriebe reagiert weit weniger auf Drehzahlschwankungen und Lastsprünge als die aktuellen mechanischen Rädergetriebe. Durch einfache schaltungstechnische Maßnahmen lässt sich eine deutlich höhere Überlastsicherheit erreichen.

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 €
Projektpartner:	Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)

Kurzfassung: 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.

MEAWEA – Entwicklung einer mechatronischen Experimentierplattform für Antriebsstränge und Hochleistungskomponenten von Windenergieanlagen

Förderkennzeichen: 0325129
Laufzeit: 01.07.2009 – 31.10.2010
Zuwendungssumme: 247.272 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Bremerhaven

Kurzfassung: In enger Zusammenarbeit mit der Windenergiebranche wird im Fraunhofer IWES ein Kompetenzzentrum Gondel aufgebaut, um als Forschungs- und Entwicklungspartner der Industrie den künftigen Anforderungen an die Entwicklung leichter und zuverlässiger Antriebsstränge zu entsprechen. In dem Zentrum sollen großtechnische Prüf- und Experimentiereinrichtungen betrieben werden, ebenso wie computergestützte Simulationsverfahren für die Entwicklung und Optimierung von neuen Antriebssträngen. Der methodische Ansatz "Wir holen das Testfeld ins Labor" ermöglicht bereits in einem frühen Entwicklungsstadium Untersuchungen mit sehr realitätsnahen Bedingungen.

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

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

Kurzfassung: 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.

Labor für Großverzahnungsmessungen

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

Kurzfassung: 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 $E < 1,3 \mu\text{m} + L/400 \mu\text{m}/\text{mm}$; 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 €
Projektpartner:	Universität Bremen – Bremer Institut für Messtechnik, Automatisierung und Qualitätswissenschaft (BIMAQ)

Kurzfassung: 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: 1.214.565 €

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

Kurzfassung: Standardmäßig werden Rotorblätter von Windenergieanlagen während Ermüdungsversuchen in ihren zwei Hauptrichtungen geprüft. Zurzeit erfolgen diese Prüfungen nacheinander, so dass die Prüfung sehr zeitiintensiv 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 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 1.498.682 €

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

Kurzfassung: Mit den heute möglichen Nabenhöhen von Windenergieanlagen von weit über 100 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 Potentiale an diesen Standorten. Im Rahmen des Projekts wird ein 200 m hoher Messmast auf einem Höhenzug im Mittelgebirge in unmittelbarer Waldnähe errichtet, um die Windbedingungen eines solchen Standorts zu analysieren. Darüber hinaus wird 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 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 511.379 €

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

Kurzfassung: Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung neuer Konzepte für Windenergieanlagen großer Leistung. Die Skalierung bisheriger Generatorkonzepte in den Leistungsbereich von 10 MW führt zu überproportional steigenden Gondelmassen und damit ungünstigen Kostenrelationen. Darüber hinaus sinkt die Effizienz des magnetischen Kreises. Im Rahmen des Projekts „Magnet-Ring“ werden Lösungen für eine massearme Realisierung des Generators erarbeitet. Hierzu werden permanent erregte Generatorkonzepte untersucht, die neben einem großen Generatordurchmesser von über 20 m auch eine innovative Magnetlagerung aufweisen. Zur Verifizierung des Konzepts werden die im Generator und dem Magnetlager auftretenden Kräfte anhand von Magnetkreismodellen messtechnisch untersucht.

Weiterentwicklung eines Kugelanemometers für die Verwendung in der Windenergie

Förderkennzeichen: 00325207

Laufzeit: 01.09.2010 – 31.03.2013

Zuwendungssumme: 230.774 €

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

Kurzfassung: 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 €

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

Kurzfassung: 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 €

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

Kurzfassung: Zur Verbesserung der Aerodynamik in der Windenergie fördert das BMU einen Großrechner an der Uni Oldenburg. 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 Forschung mit einem Großrechner, der speziell für derartige Berechnungen ausgelegt ist. Haupteinsatzgebiet werden die detaillierte Berechnung des Nachlaufs und die Auswirkungen turbulenter Anströmung von Windenergieanlagen sein. Das Projekt stellt einen großen Schritt dar, um den Stand der Technik im Bereich der numerischen Strömungssimulation für Windenergieanlagen voranzubringen.

Verbundprojekt: Neuentwicklung einer Windkraftanlage $\geq 3,0$ MW für den On- und den Offshoreinsatz auf Basis des von W2E Wind to Energy GmbH patentierten Triebstrangkonzepes "Larus Compact"

Förderkennzeichen: 0325228A; 0325228B

Laufzeit: 01.10.2010 – 31.10.2014

Zuwendungssumme: 2.113.351 €

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

Kurzfassung: Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer Windenergieanlage der 3 MW-Klasse für den Onshore- und Offshore-Einsatz. Die Anlage soll die spezifischen Stromgestehungskosten erheblich senken und die Turmkopfmasse um bis zu 20 % im Vergleich zu konventionellen Windenergieanlagen der 3 MW-Klasse reduzieren. Erreicht werden sollen diese Ziele durch die Verwendung neuartiger Konzepte wie dem patentierten Kompakttriebstrang von W2E, durch Optimierung der Lastrechnung und mechanischen Simulation auf Grundlage von universellen Mehrkörper-Programmsystemen (Zusammenarbeit mit dem Verbundpartner Universität Rostock, Lehrstuhl für Technische Mechanik/Dynamik), die Konstruktion von topologieoptimierten Komponenten und eine verbesserte, lastoptimierte Regelungstechnik.

Verbundprojekt: 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 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF) (Kordinator);
I-Deal Technologies GmbH;
Robert Bosch GmbH –
Forschung und Vorausentwicklung – Werkstoff- und
Bearbeitungstechnik Metalle- Wärmebehandlung (FV/PLM4)

Kurzfassung: Die Ziele des Vorhabens Lunkerfest sind: Objektivierung und Erhöhung der Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen aus Ultraschalluntersuchungen, Prozess zur eigenschaftsbezogenen zerstörungsfreien Prüfung, der zur Einbindung in Regelwerke geeignet ist, Erhöhung der realen Betriebssicherheit durch verbesserte Kenntnis der Auslastungsgrenzen von Gussbauteilen, Erhöhung des Auslastungsgrades des Gusseisens in Windkraftkomponenten, Vermeidung von Energie- und Ressourcenverbrauch durch wiederholtes Einschmelzen, 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: Werkstoffentwicklung für Windenergieanlagen im Multi-Megawatt-Bereich Offshore

- Förderkennzeichen:** 0327593; 0327593A
Laufzeit: 01.08.2006 – 28.02.2011
Zuwendungssumme: 790.325 €
Projektpartner: Siempelkamp Giesserei GmbH (Kordinator);
 Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF)

Kurzfassung: Um die Kosteneffizienz von Offshore-Windkraftanlagen steigern zu können, sind höherfeste Werkstoffe mit ausreichender Duktilität und Bruchzähigkeit unerlässlich. Im Fokus stehen Eisengusswerkstoffe – für künftige Leistungsklassen deutlich über 5 MW -, die derzeit zu über 30 % zum Gondelgewicht beitragen. Einsparungen im Gondelgewicht multiplizieren über die Turmhöhe ihre Wirkung bis in die Gründungskosten. Neben der Werkstoffentwicklung wird gleichzeitig die Zertifizierung von Material und Bauteilauslegung durchgeführt.

Partner und Aufgaben:

- Siempelkamp: Projektleitung, Werkstoffentwicklung
- aerodyn: Bauteilauslegung
- Bergakademie Freiberg: Bruchmechanische Kenndaten
- LBF Darmstadt: Ermittlung Ermüdungskenndaten

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

- Förderkennzeichen:** 0327622
Laufzeit: 01.11.2006 – 30.04.2011
Zuwendungssumme: 11.110.261 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
 Institutsteil Bremerhaven

Kurzfassung: 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 ist 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 €

Projektpartner: REpower Systems AG – Techcenter (Kordinator);
Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen
und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik;
Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH

Kurzfassung: 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 €

Projektpartner: REpower Systems AG – Techcenter

Kurzfassung: Kurzfassung:

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 von zu nutzenden 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.

Entwicklung einer neuartigen integrierten Schaltanlagentechnologie zur Anbindung von Offshore-Windparks mit Hochspannungs-Gleichstrom

Förderkennzeichen: 0327648
Laufzeit: 01.04.2007 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 448.281 €
Projektpartner: IPL Technology GmbH

Kurzfassung: Die Firma IPL Technology GmbH entwickelt ein innovatives Konzept einer Hochspannungs-Gleichstromanlage für die Netzanbindung von Offshore-Windparks. Das neue Konzept zielt auf eine Kosten- und Bauraum sparende Verknüpfung bisher separater Bauteile in einem Modul und heißt "Integrated Power Link" (IPL). Im Vorhaben sollen ein Wechselstrom/Gleichstrom-Wandler und ein Gleichstrom/Wechselstrom-Wandler mit kurzer Gleichstrom-Kabelverbindung aufgebaut werden, um praxisnah die Funktionsfähigkeit des Lösungsansatzes zu demonstrieren. Eine solche Konfiguration soll künftig platzsparend und kostengünstig die Anbindung von Offshore-Windparks ermöglichen. Außerdem wird eine insbesondere für den Offshore-Bereich wichtige Erhöhung der Zuverlässigkeit des Gesamtsystems 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 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 4.990.496 €
Projektpartner: AREVA Wind GmbH

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

Kurzfassung: Das Projekt „Lastreduzierende Regelungsverfahren für Multimegawatt-Windkraftanlagen im Offshore-Bereich“ wird vom Fraunhofer IWES als Verbundprojekt 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 IWES ein Teststand für eine lastarme Blattverstellung aufgebaut.

Neuentwicklung, Konstruktion und Test von Prüfeinrichtungen für die Multibrid M5000

Förderkennzeichen: 0327677
Laufzeit: 01.05.2007 – 30.04.2010
Zuwendungssumme: 179.305 €
Projektpartner: AREVA Wind GmbH

Kurzfassung: Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von mehreren innovativen Prüfständen für die Hallentests der Multibrid M5000 Windenergieanlage. Mit den Prüfeinrichtungen können einzelne Teile der Windenergieanlage bereits vor der Komplettmontage auf ihre Funktionsfähigkeit getestet werden.

Die Prüfvorrichtungen können die Montagezeit der Anlage verkürzen und gleichzeitig die Kosten für die Montage durch die kürzere Montagezeit senken. Um den extrem hohen Anforderungen auf hoher See gerecht zu werden, müssen die Windenergieanlagen eine äußerst hohe Zuverlässigkeit besitzen, die im Vorfeld zwingend geprüft werden muss.

Entwicklung und Konstruktion eines teilautomatisierten Finish für große Offshore Rotorblätter

Förderkennzeichen:	0327678
Laufzeit:	01.04.2008 – 31.12.2012
Zuwendungssumme:	846.584 €
Projektpartner:	PN Rotor GmbH

Kurzfassung: 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 Im mouldbeschichtungen 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.

Verbundvorhaben: Modellbasierte Entwicklung von Windenergieanlagen – MBE-Wind

Förderkennzeichen:	0327681; 0327681A; 0327681B
Laufzeit:	01.11.2007 – 31.10.2010
Zuwendungssumme:	658.476 €
Projektpartner:	Institut für Mechatronik e.V. (Kordinator); Nordex Energy GmbH; TÜV Nord SysTec GmbH & Co. KG

Kurzfassung: In dem Projekt MBE-Wind wird auf der Basis des MKS-Tools alaska eine Werkzeugkette für Modellierung und Simulation von WEA entwickelt. Damit können Belastungen der Anlage mit einer an die WEA-Spezifik angepassten Technologie je nach Fragestellung mit Modellen unterschiedlicher Tiefe berechnet werden.

Das allgemeine MKS-Tool wird dabei nur zur Erweiterung der Modelle benötigt. Die Nutzung der Modelle erfolgt über ein spezielles Interface. Damit wird der Lastrechnungs-Technologie der Branche entsprochen und gleichzeitig steht der volle Leistungsumfang des allgemeinen MKS-Tools für eine Erhöhung der Modellierungstiefe zur Verfügung. Die praktische Relevanz der entwickelten Technologie wird in dem Projekt durch eine Validierung mit Experimenten und durch Simulation gesichert.

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

Förderkennzeichen: 0329926C; 0329926F

Laufzeit: 01.12.2010 – 31.05.2013

Zuwendungssumme: 740.715 €

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

Kurzfassung: Das Verbundprojekt mapretec hat zum Ziel, eine automatisierte Prozesskette zur Rotorblattfertigung 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 Textilkpakete, 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 PN Rotor GmbH, einem Rotorblatthersteller und Tochter des Energiekonzerns AREVA.

2.2 Netzintegration der Windenergie

Der aus erneuerbaren Quellen erzeugte Strom steigt stetig an. Sowohl Windanlagen als auch Photovoltaik-Systeme sind in den meisten Fällen dezentral aufgestellt, zudem steht der dort produzierte Strom nicht immer zur Verfügung, da sowohl Sonnenschein als auch Wind fluktuierende Größen darstellen. Die Stromnetze sind aber überwiegend noch auf zentrale, regelmäßige Stromerzeuger eingestellt, in Form großer Kraftwerke auf Basis fossiler Brennstoffe oder auch Atomkraft. Forschung und Entwicklung müssen sich also zunehmend der Frage widmen, wie der Strom aus erneuerbaren Energien so effizient wie möglich in das Stromnetz eingespeist werden kann. Wegen der wachsenden Relevanz ist dem Thema „Netzintegration“ 2008 ein eigener Schwerpunkt innerhalb der Forschungsförderung des BMU zugeordnet worden (siehe Kapitel 7).

Innerhalb dieses Unterkapitels werden dementsprechend nur Vorhaben aufgelistet, die inhaltlich überwiegend der Windenergie zuzuordnen sind, wesentliche Anteile jedoch ebenfalls das Themengebiet Netzintegration betreffen. Es gibt unterschiedliche Lösungsansätze, wie mehr Energie in das Netz eingebracht werden kann. Der – zumindest vom Gedankenansatz her – einfachste Weg ist es, die vorhandenen Netze auszubauen. Das ist jedoch teuer und vor allem nicht schnell genug zu schaffen. Ein weiterer Lösungsansatz besteht darin, die vorhandenen Netze kurz- oder mittelfristig stärker auszulasten, etwa durch veränderte Frequenzen und Spannungen oder neuartige Kabel.

Mithilfe moderner Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) wird zudem getestet, wie die Zeiten von Verbrauch und Nachfrage dem unregelmäßig produzierten regenerativen Stromangebot angepasst werden können. Ebenfalls wichtig für die Netzintegration sind neu zu entwickelnde Speicher bzw. ein Ausbau verfügbarer Speichersysteme. Dort kann der Strom zwischengelagert werden, wenn mehr produziert als verbraucht wurde, und bei späterem Bedarf abgerufen werden. Zuletzt gibt es noch verschiedene Vorhaben zur Simulation zukünftiger Netze, um deren sicheren Betrieb auch unter den veränderten Einspeisebedingungen zu gewährleisten.

Speziell im Bereich der Offshore-Felder werden in Zukunft große Mengen Strom produziert, die analog bis zur installierten Windleistung fluktuieren. Hierzu entwickelt die AREVA Wind GmbH zusammen mit dem Fraunhofer IWES Kassel Entwicklungswerk-

zeuge, anhand derer Regelungssysteme entstehen sollen, die das dynamische Zusammenspiel aller Einzelanlagen koordinieren und somit den Erfordernissen des Netzanschlusses entsprechen. Die entwickelten Regelungsverfahren sollen es ermöglichen, dass große Windparks kostengünstig, schnell und qualitativ hochwertig in das elektrische Verbundsystem integriert werden.

Verbundprojekt: Netzintegration von Offshore-Windparks

Förderkennzeichen:	0325002
Laufzeit:	01.07.2008 – 30.06.2011
Zuwendungssumme:	1.357.714 €
Projektpartner:	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Kurzfassung: 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 Kraftwerksverbänden.

Verbundprojekt: Windparkregelung zur Netzintegration

Förderkennzeichen:	0325170A; 0325170B
Laufzeit:	01.10.2009 – 30.09.2012
Zuwendungssumme:	1.273.672 €
Projektpartner:	AREVA Wind GmbH (Koordinator); Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Kurzfassung: 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 hochwertigere 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 €
Projektpartner:	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel (Koordinator); Leibniz Universität – Institut für Energieversorgung und Hoch- spannungstechnik, Fachgebiet elektrische Energieversorgung

Kurzfassung: Ziel des Projekt ist die Simulation der Stromeinspeisung Erneuerbarer Energien sowie des Einsatzes konventioneller Kraftwerke, des Energiemarkts und des Stromtransports. Die Simulationsumgebung ist in der Lage, Herausforderungen für die Stromnetze, die durch die sich verändernden Einspeise- und Laststrukturen entstehen, zu identifizieren und zu analysieren sowie nachfolgend Lösungsansätze und Anforderungen an den Umbau der Energieversorgung zu untersuchen. Eine solche komplexe und integrierte Simulationsumgebung benötigt eine große Rechenkapazität, nicht zuletzt um verschiedene Szenarien zu analysieren und optimale Entwicklungspfade aufzuweisen. Diese wird durch ein High Performance Cluster bereitgestellt.

Wetterlagenabhängige Unsicherheit regional hochaufgelöster On- und Offshore Windleistungsvorhersagen

Förderkennzeichen: 0327554A
Laufzeit: 01.09.2007 – 28.02.2010
Zuwendungssumme: 132.527 €
Projektpartner: energy & meteo systems GmbH

Kurzfassung: In diesem Projekt wurde ein neues operationelles Verfahren zur Angabe der Prognoseunsicherheit von Windleistungsvorhersagen in Abhängigkeit von der Wetterlage entwickelt. Diese Angabe ist vor allem für regional hoch aufgelöste Vorhersagen, wie sie kleine Versorgungsnetze, Windparks am Netzknoten oder Einzelwindparks verwenden, von Bedeutung, denn hier treten kaum statistische Ausgleichseffekte auf. Das Risiko von Vorhersageabweichungen kann aber mit Hilfe der situationsaufgelösten Unsicherheit angemessen bewertet werden. Neben den allgemein auftretenden Unsicherheiten liegt ein besonderer Fokus auf Extremsituationen mit starken Gradienten und hoher Einspeisung. Die Verwendung verschiedener Wettervorhersagemodelle eignet sich ebenfalls hervorragend zur Bestimmung der Vorhersageunsicherheit.

Innovative Konzepte für die Entwicklung der elektrischen Infrastruktur zur systemtechnischen Einbindung großer Kapazitäten erneuerbarer Energie

Förderkennzeichen: 0327606
Laufzeit: 01.02.2007 – 30.04.2010
Zuwendungssumme: 544.224 €
Projektpartner: Universität Duisburg-Essen – Fakultät für Ingenieurwissenschaften – FG Energietransport und -speicherung

Kurzfassung: Die in der Nord- und Ostsee geplanten Offshore-Windparks müssen an das Stromnetz an Land angeschlossen werden. Mehrere dieser Windparks sollen eine gemeinsame Seekabelverbindung verwenden (Offshore-Sammelschienenkonzept). Um Leistungen von bis zu 2000 MVA effizient, verlässlich und kostengünstig zu übertragen, wird eine auf der HVAC-Technik (High Voltage Alternating Current) beruhende Übertragungsmethode vorgeschlagen. Eine geschickte Phasenordnung der Ströme bewirkt ein sehr vorteilhaftes Übertragungsverhalten. Diese „Bipolare Mehrphasensysteme“ ermöglichen im Vergleich zu HVDC oder konventionellen HVAC-Systemen die Einspeisung hoher Leistungen in das Stromnetz bei geringen Übertragungsverlusten, hoher Flexibilität und geringen Umweltbeeinträchtigungen.

2.3 Gründungen und Logistik

Offshore-Gründungen spielen eine wesentliche Rolle in den Logistikprozessen beim Bau eines Offshore-Windparks, weswegen diese beiden Themen zusammen in einem Unterkapitel dargestellt werden.

Während der Arbeiten an den Forschungsplattformen und dem Bau des Offshore-Testfelds alpha ventus in den Jahren 2008 bis heute hat sich herausgestellt, dass nicht nur die technischen Fragen für das Errichten der riesigen Anlagen zu erörtern sind. Ebenso wichtig ist die Logistik, die dahintersteckt. Um das Ziel zu erreichen, 500 WEA 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 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 WEA nahezu ganzjährig ermöglicht werden.



Gondeltausch an einer AREVA Wind M5000, Quelle: AREVA Wind 09/2010

Die BMU-Förderbekanntmachung vom 20. November 2008 zeigt Beispiele für Forschungsprojekte zu folgenden Aufgaben innerhalb des Themenbereiches Gründungen und Logistik, welche mit Fördermitteln unterstützt werden können:

- Tragstrukturen von Offshore-Anlagen (Fundament und Turm, Gründungskonzepte für große Wassertiefen, Standfestigkeit) sollen optimiert werden,
- Konzepte und Geräte mit hoher wetterbedingter Verfügbarkeit für den Transport von Anlagen, Material und Personen sowie für die Montage auf See sollen entwickelt werden,
- die Offshore-Bautechnologie soll weiterentwickelt werden, zum Beispiel sollen Großkomponenten auf See besser zusammengefügt oder bewegt werden können,
- technische Maßnahmen sollen entwickelt werden, die die Kosten für den erforder-



Das Testfundament im Frühjahr 2011. Quelle: Ed. Züblin AG

- lichen Schallschutz bei der Montage von Offshore-Gründungen optimieren und technische Maßnahmen, die das Messen der akustischen und biologischen Effekte ermöglichen.

Ein Beispielprojekt, indem es um die Entwicklung eines logistischen Planungsinstruments geht, ist das Verbundvorhaben EVW-2 (Erhöhung der Verfügbarkeit von Windenergieanlagen), das von der Ingenieurgesellschaft Zuverlässigkeit und Prozessmodellierung Dresden (IZP) koordiniert wird. In dem Vorgängerprojekt EVW führten die Projektpartner beispielhaft für einen Anlagentyp eine Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse durch. Dabei erkannten sie zahlreiche potenzielle Schwachstellen und Verbesserungsansätze. Indem sich anbahnende Fehler durch derartige Analysen rechtzeitig erkannt werden, könnten die Folgekosten minimiert werden. In EVW-2 sollen diese Erkenntnisse nun umgesetzt werden, indem bedarfsgerechte Dienstleistungsangebote sowie einsatzreife Soft- und Hardware-Produkte geschaffen werden. Die entwickelten Verfahren und Datenstrukturen sollen möglichst als Technische Richtlinien zum Branchenstandard gemacht werden.

Speziell um das Thema Gründungen geht es in einem Projekt der Ed. Züblin AG. Das Unternehmen hat auf dem späteren Produktionsgelände der Offshore-WEA-Fundamente in Cuxhaven ein Schwergewichtstestfundament im Originalmaßstab

erstellt. Es befindet sich in einer sieben Meter tiefen Baugrube, die vor Versuchsbeginn geflutet wurde. Da solche Fundamente im Meer durch Wind und Wellen zyklischen Lastveränderungen ausgesetzt sind, werden diese Veränderungen bei dem Test mit hydraulischen Pressen über am Fundament befestigte Zugseile aufgebracht. Ob sich das Fundament verschiebt und wie sich der Boden durch die Belastung verändert, wird mit rund 170 Messsensoren ermittelt. Bisher liegen keine Messwerte an realen Bauwerken auf See vor, mit denen das Tragverhalten von Schwergewichtsfundamenten quantifiziert werden könnte, weswegen dieses weltweit einmalige Projekt dringend notwendige Daten liefern wird. Der halbjährige Versuch hat im November 2010 begonnen. Die Ergebnisse fließen direkt in das Fundamentdesign für zukünftige Windparkprojekte in der Nordsee ein.

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

Förderkennzeichen: 0325032; 0325032A

Laufzeit: 01.03.2008 – 31.10.2011

Zuwendungssumme: 2.914.188 €

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

Kurzfassung: 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 Dimensionierungs-Paket vorgesehen.

Untersuchung der Logistik als Wettbewerbsfaktor in der Offshore-Windenergie

Förderkennzeichen: 0325035
Laufzeit: 01.12.2008 – 30.06.2010
Zuwendungssumme: 296.365 €
Projektpartner: Institut für Seeverkehrswirtschaft und Logistik (ISL)

Kurzfassung: Ziel des Vorhabens ist die Untersuchung der Fragestellung, inwieweit durch die Anwendung moderner koordinierter Logistikkonzepte und Modelle in den neuen Märkten der Windenergie-Branche Offshore und Export Kostensenkungen erzielt und damit Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der geplanten Offshore Windenergieparks genommen werden kann. Aus derzeit ineffizient ineinander greifenden Production Supply Chains in der Windenergiebranche ergibt sich ein hohes vermutetes Einsparpotenzial an Materialbeständen und Logistikkosten im Gesamtsystem. Vor diesem Hintergrund liegt ein Aspekt dieses Forschungsvorhabens in der Untersuchung der Anwendbarkeit moderner Konzepte aus dem Bereich des Supply Chain Management wie z. B. Just-in-Time auf die Windenergiebranche.

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

Förderkennzeichen: 0325054; 0325054A
Laufzeit: 01.09.2008 – 31.08.2011
Zuwendungssumme: 2.773.698 €
Projektpartner: WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte (Koordinator);
 Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Bremerhaven

Kurzfassung: Die Ermittlung geeigneter, ökonomischer und technisch anspruchsvoller Fertigungsstrategien und Fertigungsprozesse soll im Rahmen des Verbundvorhabens FOG (Optimierte Fertigungsstrategien und Fertigungsprozesse im Hinblick auf eine Serienfertigung) 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 "VARIODASE 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 €

Projektpartner: WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte

Kurzfassung: Verschiedene, in den letzten Jahren durchgeführte Untersuchungen zeigen, dass die in den gültigen Normen und Richtlinien vorhandenen Bemessungsansätze für Stahlrohr-Ramppfähle für den Baugrund der Nordsee zu einer teils erheblichen Überdimensionierung der Ramppfähle 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 - 31.03.2011

Zuwendungssumme: 349.052 €

Projektpartner: Ed. Züblin AG - Direktion Zentrale Technik

Kurzfassung: Bisherige Untersuchungen haben gezeigt, dass Schwergewichtsgründungen aus Beton vor allem in Wassertiefen >20 m große Vorteile gegenüber aufgelösten Stahlstrukturen besitzen. Um dieses Potential 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 – 31.08.2012

Zuwendungssumme: 459.785 €

Projektpartner: Hochschule Bremen – Institut für Umwelt- und Biotechnik

Kurzfassung: 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 "SysOp 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

Förderkennzeichen: 0325134

Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 205.188 €

Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Kurzfassung: Das Fachinformationssystem „Shelf Geo-Explorer“ des BSH wird durch Kopplung von GIS und einer neuen Software-Entwicklung zur Erfassung, Speicherung und Darstellung von Bohr-, Drucksondierungs- und Labordaten erweitert. Auf diesem Weg kann der Umfang eigener Entwicklungsarbeiten deutlich reduziert und die künftige zentrale Archivierung von Offshore-Baugrunddaten für die AWZ vereinfacht werden. Die Einbindung von Abfragen über Metainformationen von geotechnischen Aufschlüssen (Bohrungen und Drucksondierung) stellt eine redundanzfreie Datenhaltung sicher. Neben aktuellen Baugrunddaten werden im Rahmen des FuE-Vorhabens Informationen aus früheren Baugrund- und Trassenerkundungen datenbankmäßig erfasst. Zusätzlich wird z. Zt. ein Auswertungsverfahren entwickelt, um auf der Grundlage eigener seismischer Daten und unter Berücksichtigung der Kenntnisse aus den aktuellen Baugrunduntersuchungen repräsentative Baugrundtypen für die AWZ zu erstellen. Ein aktueller Überblick über die Lage von verfügbaren Bohrungen gibt der digitale Kartendienst des „Shelf Geo-Explorer“ über das „GeoSeaPortal“ des BSH.

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

Kurzfassung: 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 €
Projektpartner: Overdick GmbH & Co. KG

Kurzfassung: In den Berichtszeitraum fallen Tätigkeiten und Ingenieurleistungen, die unter dem Arbeitspaket-Nr.2 "Konzeptionelle Untersuchung von möglichen Gründungsalternativen auf dem Hintergrund der definierten Vorhabenziel" begonnen wurden. Zu nennen sind in diesem Zusammenhang Entwurfsarbeiten für die Gründungsalternative für OWEs, einerseits ein sog. TriJack, andererseits ein sogenannter Quad-Jack. Folgendes bleibt als Ergebnis der Bearbeitung festzuhalten: Eine Stahlrohrkonstruktion als Rammfahlgründung "TriJack" ist auf einer Wassertiefe von 30m unter Nordseebedingungen sicher zu gründen. Belastungen aus den dort herrschenden Umweltbedingungen können durch geschicktes Design des räumlichen Rohrfachwerkes und der Knotengeometrie strukturell zulässig aufgenommen werden.

Definitionsprojekt zum Testzentrum Tragstrukturen

Förderkennzeichen:	0325152
Laufzeit:	01.10.2009 – 31.07.2010
Zuwendungssumme:	167.253 €
Projektpartner:	Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik

Kurzfassung: Mit dem Ziel der Kompetenzbündelung im Bereich der Windenergie wurde das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik IWES gegründet. Das IWES ist Bestandteil eines Verbundes mit den in der Windenergieforschung ausgewiesenen ForWind-Universitäten Oldenburg, Hannover und Bremen. In diesem Rahmen wurde in Hannover eine IWES-Projektgruppe mit dem Schwerpunkt "Tragstrukturen" ins Leben gerufen. Um den Entwicklungsprozess neuer Gründungsstrukturen wissenschaftlich fundiert und innovativ fördern bzw. begleiten zu können, ist die Errichtung eines Testzentrums für Tragstrukturen an der Leibniz Universität Hannover geplant. Das Ziel dieses Definitionsprojekts ist die Bestimmung der wirtschaftlichen Machbarkeit, des Industrieinteresses sowie des technischen Konzepts des Testzentrums.

Entwicklung der Spannungszustände im Bereich des Pfahlfußes gerammter Offshore – Gründungsstrukturen

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

Kurzfassung: Im Rahmen des Forschungsvorhabens 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 Einbringungsvorgang 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 Einbringungsvorgang 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 – 31.07.2011
Zuwendungssumme: 1.243.073 €
Projektpartner: Ed. Züblin AG – Direktion Zentrale Technik

Kurzfassung: Um das Verhalten des von der Zentralen Technik der Ed. Züblin AG entwickelten Schwergewichtsfundamentes für Offshore-Windenergieanlagen überprüfen zu können, werden auf dem späteren Produktionsgelände 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 entspricht, wird mit hydraulischen Pressen und am Fundament befestigten Zugseilen aufgebracht. Über insgesamt ca. 170 Messsensoren werden sowohl die Verschiebungen des Fundamentes als auch die Porenwasserdrücke, Totalspannungen sowie Verschiebungen im Baugrund während der insgesamt mehr als 1 Million Lastzyklen simultan gemessen.

Verbundprojekt: Experimenteller Tragfähigkeitsnachweis und Qualitätssicherung von Pfahlgründungen für Offshore Windkraftanlagen

Förderkennzeichen: 0325227; 0325227A
Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013
Zuwendungssumme: 1.387.811 €
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

Kurzfassung: 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.

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

Kurzfassung: 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.

Überwachungsverfahren und Bewertungsmodell für die Gründungen von Offshore Windkraftanlagen

Förderkennzeichen: 0325249
Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2013
Zuwendungssumme: 834.293 €
Projektpartner: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Kurzfassung: 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: OGOWin Teilprojekt: "Optimierung aufgelöster Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen hinsichtlich Materialeinsatz, Montageablauf und neuer Fertigungsverfahren"

Förderkennzeichen: 0327564; 0327564A; 0327564B; 0327564C;
0327564D; 0327564E; 0327564G

Laufzeit: 01.08.2006 – 31.07.2010

Zuwendungssumme: 3.088.305 €

Projektpartner: WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte (Koordinator); Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Bremerhaven; REpower Systems AG Osnabrück; Leibniz Universität Hannover – Fak. Bauingenieurwesen und Geodäsie – Inst. Statik und Dynamik; Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) – Abt. VII – FG VII.2 – Ingenieurbau; EUROPIPE GmbH; HOCHTIEF Construction AG – NL Civil Engineering and Marine Works

Kurzfassung: Im Rahmen des Verbundvorhabens wird das Optimierungspotential bei Fertigung, Transport und Installation von Gründungsstrukturen ermittelt. Der Fokus liegt hierbei auf sog. aufgelösten Strukturen, welche insbesondere in Wassertiefen über 20 m beispielsweise gegenüber Monopile- oder Schwergewichtsgründungen eindeutig zu favorisieren sind. Ausgehend von einer Jacket-Gründungskonstruktion für eine 5-Megawatt-Anlage wird angestrebt, durch die Optimierung der Konstruktion und Installation eine Gesamtkostenreduktion von mindestens 25 % zu erzielen. Um die theoretischen Untersuchungen abzusichern bzw. Berechnungs- und Bemessungsmodelle zu verifizieren, wurde inzwischen ein entsprechender Prototyp gebaut.

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 €

Projektpartner: Ingenieurgesellschaft Zuverlässigkeit und Prozessmodellierung Dresden (IZP) Partnerschaft Hentzschel und Jung (Koordinator); ENERTRAG AG; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel; WindStrom Betriebs- und Verwaltungsgesellschaft mbH; GEO Gesellschaft für Energie und Oekologie mbH

Kurzfassung: 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 Demonstrationsystem 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.

Experimentelle und numerische Untersuchungen zum Tragverhalten von Grout-Strukturen für Offshore-Windenergieanlagen (GROW)

Förderkennzeichen: 0327585
Laufzeit: 01.10.2006 – 30.09.2010
Zuwendungssumme: 583.010 €
Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Stahlbau

Kurzfassung: Entscheidend für die Wettbewerbsfähigkeit von Offshore-Windenergieanlagen ist die Kostenoptimierung der Tragstrukturen, wozu auch die Verbindungen bei Monopile-Gründungen gehören. Der Tragmechanismus des Übergangs zwischen Gründungsrohr und Turm, der "Grouted Joint", ist bisher nur unzureichend untersucht. Dies führt zu einem kostenintensivem Design der Verbindungen. Optimierte Grout-Verbindungen bieten gegenüber anderen Verbindungstypen Vorteile bei der Montage. Gegenstand des Vorhabens am Institut für Stahlbau der Leibniz Universität Hannover ist die Untersuchung des Trag- und Ermüdungsverhaltens überwiegend biegebeanspruchter Grouted Joints. Ziel ist die Erarbeitung experimentell abgesicherter, neuer Bemessungsgrundlagen und -regeln für Grout-Verbindungen in Offshore-Windenergieanlagen.

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

Förderkennzeichen: 0327618; 0327618A; 0327618B; 0327618C
Laufzeit: 01.11.2006 – 30.06.2011
Zuwendungssumme: 2.515.991 €
Projektpartner: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften – Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik – Lehrstuhl für Bodenmechanik und Grundbau (Kordinator); Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) – Abt. VII – Fachgruppe VII.2 – Ingenieurbau; Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH – Erneuerbare Energien – Zertifizierung; Technische Universität Berlin – Fakultät VI – Planen Bauen Umwelt – Institut für Bauingenieurwesen – Fachgebiet Grundbau und Bodenmechanik

Kurzfassung: Focus 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.

Verbundprojekt: Gründung von Offshore-Windenergieanlagen aus filigranen Betonkonstruktionen unter besonderer Beachtung des Ermüdungsverhaltens von hochfestem Beton

Förderkennzeichen: 0327673; 0327673A

Laufzeit: 01.08.2007 – 31.07.2010

Zuwendungssumme: 350.717 €

Projektpartner: Ed. Züblin AG – Direktion Zentrale Technik (Kordinator);
Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen
und Geodäsie – Institut für Massivbau

Kurzfassung: Die hohen Anforderungen an die Logistik bei Herstellung und Installation von Gründungen für Offshore-Windenergieanlagen stellen einen wesentlichen Kostenfaktor dar. Leichte, somit für den Transport besser geeignete Gründungsstrukturen werden bisher nur in Stahl realisiert.

Die Fa. Züblin entwickelt unter wirtschaftlichen Aspekten für den Großserieneinsatz eine filigrane Gründungsstruktur aus hochfestem Beton (HPC) für Offshore-Windenergieanlagen unter Beachtung des dynamischen Zusammenwirkens von WEA und Gründung. In Kooperation mit dem Institut für Massivbau der Leibniz Universität Hannover wird dabei als wesentlicher Einflussfaktor das Ermüdungsverhalten eines für den Offshore-Bereich entwickelten Hochleistungsbetons unter den Beanspruchungszyklen einer Windenergieanlage untersucht.

2.4 Forschung im Offshore-Testfeld



Nachdem im September 2008 das Umspannwerk für alpha ventus als erste Baumaßnahme errichtet worden war und der Bau der Anlagen 2009 begonnen hatte, wurde das Offshore-Testfeld alpha ventus im April 2010 offiziell in Betrieb genommen. Für Deutschland ist das der Einstieg in die Offshore-Windenergieerzeugung. Mit diesem Testfeld für Windenergieanlagen der 5-MW-Klasse und für neue Gründungstechnologien will sich Deutschland einen führenden Platz im internationalen Wettbewerb sichern.

Der Betreibergesellschaft von alpha ventus, DOTI GmbH & Co. KG, wurde Ende des Jahres 2010 die Fördersumme von 30 Millionen Euro bewilligt. Die

Bundesumweltminister Dr. Norbert Röttgen (2. v. l.) bei der offiziellen Inbetriebnahme von alpha ventus. Quelle: alpha ventus 2010, Fotograf: Mathias Ibeler

Europäische Kommission hatte der beantragten Einzelbeihilfe am 27. Oktober zugestimmt. Die Erfahrungen, die DOTI bei Planung und Bau des Windparks gesammelt hat, wurden der gesamten Windenergiebranche zu Verfügung gestellt. Es gab spezielle Vortragsreihen „lessons learned“, außerdem wurden die Erfahrungen in der Buchpublikation der Stiftung Offshore Windenergie „ALPHA VENTUS Unternehmen Offshore“ veröffentlicht.

Innerhalb des DOTI-Vorhabens wurde auch die Forschungsdatenbank für die begleitende Forschungsinitiative RAVE (Research at alpha ventus) entwickelt. Durch RAVE werden im Offshore Testfeld alpha ventus grundlegende Erkenntnisse gewonnen, mit denen die künftige Windenergieerzeugung auf See optimiert werden kann. RAVE vereint circa 40 forschende Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die Initiative wurde vom BMU mit bisher 43,1 Millionen Euro gefördert. Koordiniert vom Fraunhofer Institut für Windenergieforschung und Energiesystemtechnik (IWES) arbeiten die Forschungseinrichtungen und Unternehmen in RAVE in thematischen Forschungverbänden zusammen an folgenden 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. Rein zahlenmäßig stellte die Forschungsinitiative RAVE den Schwerpunkt der 2010 neu bewilligten Projekte dar.

Insbesondere an zwei ausgewiesenen Forschungsanlagen in alpha ventus – je eine AREVA Wind M5000-Anlage und eine REpower 5 M – erfasst RAVE Daten von über 1000 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. Auf der Deutschen Windenergiekonferenz DEWEK im November 2010 hat RAVE erste Ergebnisse präsentiert. Darunter fielen Erkenntnisse zu gondelbasierten Laser-Windmesssystemen, zu Nachlaufströmungen und Turbulenzen hinter den Anlagen und zu den Lasten aus Wind und Wellen, die auf die Anlagen einwirken.

Verbundprojekt: RAVE-Messprojekt – Zentrale Durchführung der Messungen im Rahmen der RAVE-Forschungsprojekte und ozeanographische und geologische Untersuchungen

- Förderkennzeichen:** 0325026
Laufzeit: 01.02.2008 – 30.09.2011
Zuwendungssumme: 8.821.741 €
Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Kurzfassung: 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).

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 €
Projektpartner: Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische Umweltforschung (IMK-IFU)

Kurzfassung: Ziel ist die Analyse und Verbesserung der Turbulenzbeschreibung in regionalen numerischen Windfeldmodellen für offshore-Gebiete von einigen 10 000 km² wie z. B. die Südliche Nordsee. Diese Beschreibung, die in bisherigen Modellen auf über Land gewonnenen Daten basierte, wird hier mit FINO1 Wind- und Turbulenzdaten neu analysiert und verbessert. Für typische Wetterlagen und Windgeschwindigkeiten zeigt sich schon nach gut der Hälfte der Projektlaufzeit, dass die Turbulenz über der Südlichen Nordsee mit der neuen Beschreibung deutlich höher und damit näher an den Messungen simuliert werden kann. Dies wird präzisere Ermüdungsprognosen und Nachlaufberechnungen für offshore Windturbinen ermöglichen. Das Vorhaben ist im November 2008 als Arbeitspaket 5 in das RAVE-Vorhaben OWEA aufgenommen worden.

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

- Förderkennzeichen:** 0325104A; 0325104B
Laufzeit: 01.03.2009 – 28.02.2011
Zuwendungssumme: 720.905 €
Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik (Kordinator); THALES instruments GmbH

Kurzfassung: Offshore-Windenergieanlagen erfordern als künstliche Unterwassergefahrenquellen eine akustische Kenntlichmachung der U-Boote durch Sonartransponder. Windparks benötigen aufgrund ihrer räumlichen Ausdehnung mehrere Sonartransponder in den Eckbereichen. An die Gesamtkonfiguration der Transponder besteht die Anforderung, auch unter ungünstigen hydroakustischen Bedingungen und in sicherer Entfernung vom OWP noch ein ausreichend hohes Signal-Rausch-Verhältnis zu erzielen. Gleichzeitig müssen die negativen Einflüsse des erzeugten Hydroschalls auf marine Säugetiere minimal gehalten werden. Neben der Auslegung von elektroakustischem Wandler und Steuerungseinheit entsprechend den Anforderungen der Bundesmarine ist ein weiteres Projektziel die Abbildung der Schallausbreitung im Rechenmodell.

Verbundprojekt: Erforschung der Schallminderungsmaßnahme "Gestuffer Blasenschleier (Little Bubble Curtain)" im Testfeld alpha ventus

- Förderkennzeichen:** 0325122A
Laufzeit: 06.03.2009 – 31.01.2010
Zuwendungssumme: 937.248 €
Projektpartner: Leibniz Universität Hannover – Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie – Institut für Statik und Dynamik

Kurzfassung: Messungen im Zusammenhang mit Rammarbeiten zur Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen in Nord- und Ostsee haben Hydroschallpegel ergeben, die die vom Umweltbundesamt geforderten Richtwerte erheblich überschreiten. Dieses Ergebnis zeigt, dass zum Schutz mariner Lebewesen die Notwendigkeit von Schallminderungsmaßnahmen während der Rammarbeiten besteht. Allerdings müssen derartige Maßnahmen kostengünstig sein und ohne wesentliche Beeinflussung des Baugeschehens durchgeführt werden können. Im Dezember 2008 wurde beschlossen, einen gestuften Blasenschleier dicht an der Gründungskonstruktion als schallmindernde Maßnahme im Testfeld alpha ventus zu erproben. Ende Mai 2009 wurden die notwendigen Hydroschallmessungen während der Rammarbeiten zur Installation einer Multibrid-Anlage durchgeführt.

Planung, Bau und Betrieb eines 60 MW Offshore Windparks 45 Kilometer vor der Insel Borkum zu Test- und Forschungszwecken

Förderkennzeichen: 0327631

Laufzeit: 01.10.2006 – 30.09.2010

Zuwendungssumme: 29.793.215 €

Projektpartner: DOTI Deutsche Offshore-Testfeld- und Infrastruktur-GmbH & Co. KG

Kurzfassung: Alpha ventus ist ein Gemeinschaftsprojekt von EWE, E.ON und Vattenfall Europe. Unter echten Offshore-Bedingungen, 45 Kilometer nördlich der Insel Borkum, bei einer Wassertiefe von 30 Metern wurden 2009 die zwölf Windenergieanlagen des ersten deutschen Offshore-Windparks errichtet. Der Park ist als Testfeld konzipiert, in dem zwei verschiedene Anlagen- und Fundamenttypen getestet werden und das von verschiedenen Forschungsprogrammen begleitet wird. Der Park hat bis Ende Februar 2011 beinahe 260 Gigawattstunden klimafreundlichen Strom eingespeist und bereits eine ausgeglichene Ökobilanz vorzuweisen. Das Pionierprojekt liefert grundlegende Erfahrungen für Bau und Betrieb weiterer geplanter Offshore-Windparks in Deutschland.

Verbundprojekt: Entwicklung von LIDAR-Windmessung für das Offshore-Testfeld

Förderkennzeichen: 0327642; 0327642A

Laufzeit: 01.08.2007 – 31.10.2010

Zuwendungssumme: 1.614.627 €

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

Kurzfassung: Das Verbundprojekt entwickelte die LiDAR-Technologie für für verschiedene Windenergieanwendungen weiter. Es wurden Verfahren für die Leistungskurvenmessung, prädiktive Regelung, Windfeldmessung in der Einströmung und im Nachlauf sowie ein Laser-Scanner entwickelt. Verantwortlich für die stationäre und instationäre Leistungskurvenmessungen waren der SWE, das DEWI und ForWind-Oldenburg. Das DLR unterstützte das Vorhaben mit einem long-range LiDAR System. Die Onshore-Kampagnen wurden bei und auf einer Windenergieanlage der AREVA Wind GmbH, die Offshore- Messungen auf der FINO 1 Plattform durchgeführt. Die Weitergabe der Ergebnisse an die deutsche Industrie und die Definition von Richtlinien zur Leistungskurvenmessung war Aufgabe eines Komitees der Fördergesellschaft Windenergie e.V.

Verbundprojekt: Koordinationsprojekt zur technisch-wissenschaftlichen Begleitforschung im Offshore-Testfeld alpha ventus

Förderkennzeichen:	0327686
Laufzeit:	01.05.2007 – 30.04.2010
Zuwendungssumme:	1.149.849 €
Projektpartner:	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Kurzfassung: Der erste deutsche Offshore-Windpark alpha ventus ist ein ambitioniertes Test-, Forschungs- und Demonstrationsprojekt. In der begleitenden BMU-Forschungsinitiative RAVE – Research at alpha ventus wurden bislang über 25 Einzelvorhaben gefördert. Diese befassen sich mit den folgenden Forschungsthemen: – Betrieb, Koordination und Messtechnik,

- Gründungs- und Tragstrukturen,
- Anlagentechnik und Monitoring,
- Ökologie, Sicherheit und Akzeptanz sowie
- Netzintegration.

Das RAVE-Koordinationsprojekt vernetzt die einzelnen RAVE-Forschungsvorhaben und repräsentiert die RAVE-Forschungsinitiative. Das in 2010 abgeschlossene Koordinationsprojekt wird in einer zweiten Projektphase unter der Projektbezeichnung "Koordination der RAVE-Forschungsinitiative – Research at alpha ventus" fortgeführt.

Koordination der RAVE-Forschungsinitiative – Research at alpha ventus

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

Kurzfassung: Dieses Projekt ist die Fortsetzung des Koordinationsprojektes 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 €

Projektpartner: Fachhochschule Flensburg – Institut für Physik und Werkstoffe

Kurzfassung: 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 soll der Unterwasserschalleintrag von 5 MW Windenergieanlagen verschiedener Hersteller im Windpark alpha ventus (Nordsee) bestimmt werden. Durch die Installation von stationären Unterwasserschallmessenrichtungen im Windpark können ferngesteuert bei allen Wetterbedingungen Schallmessungen durchgeführt werden. Die dadurch in der Projektlaufzeit aufgebaute Datenbasis wird eine Grundlage für Aussagen sein, ob bzw. in welchem Umfang der Lebensraum mariner Säugetiere in der Umgebung der geplanten deutschen Offshore Windparks in Zukunft beeinträchtigt wird.

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 €

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

Kurzfassung: Die Windenergienutzung steht am Anfang des großtechnischen Offshore-Einsatzes. Aufgrund der besonderen Standortssituation auf See entstehen für die Windenergienutzung zukünftig neue Herausforderungen. Auf mehreren Gebieten, wie z. B. Fundamentierung, Einsatz neuer Materialien im Rotorbau, Integration in die bestehende Netzstruktur, wird derzeit ein erheblicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf gesehen.

Das Offshore-WMEP soll in gemeinsamer Arbeit von Betreibern, Herstellern, Wissenschaftlern und anderen Beteiligten relevante Betriebsdaten systematisch erfassen und auswerten und so grundsätzliche Erkenntnisse bezüglich Zuverlässigkeit und Verfügbarkeiten gewinnen sowie zur Schaffung einer Basis für künftige strategische Entscheidungen in Politik und Windindustrie beitragen.

Verbundprojekt: Verifikation von Offshore-WEA (OWEA) – Teilvorhaben ForWind OL

Förderkennzeichen: 0327696B; 0327696A; 0327696C; 0327696D; 0325060

Laufzeit: 01.12.2007 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 2.390.283 €

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;
Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie
(KIT) – Institut für Meteorologie und Klimaforschung – Atmosphärische
Umweltforschung (IMK-IFU)

Kurzfassung: Das Verbundprojekt OWEA beschäftigt sich mit 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.

2.5 Forschungsplattformen



Taucher bei Arbeiten an FINO 1.
Quelle: VWFS „WEGA“ /
Bundesamt für Seeschifffahrt
und Hydrographie Hamburg

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 zu können. Diese Daten werden sowohl für die Forschung als auch für die Industrie nutzbar gemacht.

2010 hat das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) eine Umfrage unter den Nutzern der FINO-Daten durchgeführt. Im Juni 2010 waren 361 Nutzer registriert: 58 % aus der Forschung, 28 % aus der Wirtschaft, 9 % von Behörden und 5 % aus sonstigen Einrichtungen. Die FINO-Messungen haben sowohl für Nutzer aus der Wirtschaft als auch für die aus der Forschung einen nahezu gleich hohen Wert. Den Forschungseinrichtungen dienen die Daten überwiegend für Ertragsprognosen, Lastprognosen, physikalische Untersuchungen und um meteorologische Modelle zu entwickeln. In der Wirtschaft wurden die Daten darüber hinaus genutzt, um Zugangssysteme zu den Anlagen zu entwickeln und Fragen hinsichtlich der Offshore-Logistik zu klären. Behörden nutzen die Daten hauptsächlich, um Auswirkungen auf die Umwelt zu erfassen und um ozeanographische Modelle zu entwickeln, auch im Zusammenhang mit Fragen von Zugang und Logistik.

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 alpha ventus WEA. Nachdem FINO 1 sechs Jahre lang in störungsfreier Umgebung gemessen hat, bildet sich nun der Einfluss des Windparks bei Ost-

wind deutlich in den Messwerten ab. Sobald in den nächsten Jahren weitere Windparks in der Nähe von FINO 1 entstehen, können neue Informationen darüber abgeleitet werden, wie sich Windparks auf See gegenseitig beeinflussen. FINO 1 ist heute ebenfalls in das Gesamtkonzept der Logistik für alpha ventus und für die RAVE-Forschung als einer von zwei Landeplätzen am Standort integriert. Neben dem Online-Zugang zur ODIN-Datenbank des Bundesamts für Seeschifffahrt und Hydrographie sind die FINO-1-Daten seit Mai 2010 auch in den RAVE-Forschungsserver eingebunden.

Die Plattform FINO 2 wurde einige Jahre später, im Sommer 2007, in circa 40 km 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 MW sollen 2012 beginnen. Außerdem ist von schwedischer Seite der Windpark Kriegers Flak 2 mit 120 Anlagen der 5-MW-Klasse genehmigt. Die Messdaten von FINO 2 werden hier eine ähnlich wichtige Rolle spielen wie die von FINO 1 für alpha ventus.

Das Eigentum an FINO 2 ging nach Abstimmungen mit dem bisherigen Eigner und Betreiber sowie dem Land Mecklenburg-Vorpommern an den Bund über. Mit einer europaweiten Ausschreibung wurde nach einem Dienstleister gesucht, der die Sicherung des Betriebs und die Abwicklung des Messprogramms übernimmt. Im Januar 2010 wurde diese Aufgabe an die GL Garrad Hassan Deutschland GmbH übertragen. In diesem Zusammenhang wird nun auch ein gemeinsamer Internetauftritt von FINO 1 und FINO 2 erarbeitet.

FINO 3 schließlich liegt wie FINO 1 in der Nordsee, 75 km westlich von Sylt. Das Messprogramm für meteorologische und ozeanographische Werte orientiert sich ebenfalls an dem von FINO 1. FINO 3 hat bis Ende 2010 nun eineinhalb Jahre zuverlässig Messdaten aufgezeichnet. Neben den direkten Windforschungsprojekten auf FINO 3 wurden 2010 zwei neue Gastprojekte aufgenommen. Die Bundesanstalt für Gewässerkunde hat ein GPS/GNSS-System zur Georeferenzierung der auf FINO-3 erfassten Wasserstandsdaten aufgebaut. Diese Daten können so mit Satellitendaten abgeglichen werden. Damit können künftig Wasserstandsangaben für viele Anwendungen in Forschung und maritimer Praxis verbessert werden.

Das Helmholtz-Zentrum Geesthacht (vormals GKSS) hat FINO 3 beauftragt, eine sogenannte Ferry-Box zu installieren. Das Modul ist Teil des neuen Beobachtungs-

systems COSYNA (Coastal Observation System for Northern and Arctic Seas). Die küstenferne Lage ergänzt Systeme auf Schiffen, Bojen und an den Küsten. Mit den umfangreichen Daten von COSYNA hofft man beim Helmholtz-Zentrum Geesthacht, die Entwicklung des Systems der Küstenmeere in Folge physikalischer, ökologischer und biogeochemischer Prozesse im Detail besser zu verstehen und vorhersehen zu können. Die FINO-3-Forscher haben 2010 außerdem eine Zusammenarbeit mit der Universität Bergen in Norwegen aufgenommen. Mit Förderung der norwegischen Regierung soll dort eine schwimmende Messplattform errichtet werden. Die Wissenschaftler werden ihre Windmessungen gegenseitig abstimmen und Ergebnisse austauschen.

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

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 €

Projektpartner: Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH

Kurzfassung: 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 elf 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.

Betrieb der Forschungsplattform FINO 1 für Offshore Windenergie in der Nordsee

Förderkennzeichen: 0329905B
Laufzeit: 01.04.2005 – 31.08.2011
Zuwendungssumme: 4.529.547 €
Projektpartner: Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH

Kurzfassung: 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 u. 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 – 30.06.2011
Zuwendungssumme: 1.501.087 €
Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Kurzfassung: Um die Untersuchungen der Auswirkungen von Offshore-Windkraftanlagen auf die marine Flora und Fauna weiterzuführen, wurde das 2008 beendete Projekt FINO (Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee) fortgesetzt und um die Stationen FINO 2 und FINO 3 erweitert. 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, das BSH die ozeanographischen Parameter. 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 €
Projektpartner:	GL Garrad Hassan Deutschland GmbH

Kurzfassung: 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.

Wissenschaftlich-technische Ausrüstung der Forschungsmessplattform zur Erforschung der westlichen Ostsee FINO 2 – Equipment

Förderkennzeichen:	0329990A
Laufzeit:	01.01.2007 – 30.06.2010
Zuwendungssumme:	2.790.871 €
Projektpartner:	Schiffahrtsinstitut Warnemünde e. V. an der Hochschule Wismar

Kurzfassung: Das Offshore-Gebiet BALTICII wird im Rahmen der ökologischen Begleitforschung des Bundes und der Länder für geplante Offshore-Windfarmen seit Juni 2007 auf der Forschungsplattform FINO 2 untersucht. Eine wesentliche Frage war das Herausfinden der dort herrschenden Windverhältnisse innerhalb eines längeren Zeitraumes. Weiter wurden ökologische Effekte einer zukünftigen Bebauung des Gebietes mit Windenergieanlagen (WEA) untersucht. Die zukünftige Verkehrssicherheit besonders für die Berufsschifffahrt war zu bewerten. Es waren Aussagen zu treffen, inwieweit eine Beeinflussung der Schifffahrt durch die Errichtung der WEA in diesem Gebiet zu erwarten ist. Für diese Untersuchungen waren relevante Datenerhebungen durchzuführen. Sie bildeten die Basis für Analysen und belastbare Aussagen.

2.6 Ökologische Begleitforschung und technischer Umweltschutz

„Vorrangiger Handlungsbedarf“ besteht laut Energiekonzept der Bundesregierung vom September 2010 darin, „den Ausbau der Offshore-Windenergie deutlich zu beschleunigen.“ Die Energieszenarien, die dem Konzept zugrunde liegen, haben gezeigt, dass die Windenergie im Jahr 2050 eine entscheidende Rolle bei der Stromerzeugung spielen wird. Es muss darauf geachtet werden, dass dieser Ausbau umwelt- und naturverträglich geschieht. Der Schwerpunkt der ökologischen Begleitforschung liegt entsprechend der hohen Relevanz zurzeit auf Fragen im Zusammenhang mit der Offshore-Windenergie, es werden aber ebenfalls Auswirkungen der Windenergienutzung an Land untersucht. Die ökologische Begleitforschung wird auch im 5. Energieforschungsprogramm als „von entscheidender Bedeutung“ herausgehoben. Potenzielle Konflikte zwischen WEA 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 61 Projekte mit einem Volumen von rund 35,3 Millionen Euro bewilligt. Die Forschung zum natur- und umweltverträglichen Ausbau der Windenergie entspricht damit rund 15 % des vom BMU für die Windenergieforschung bereitgestellten Budgets. Ein Teil der Projekte ist unter dem Dach der Forschungsinitiative RAVE bei alpha ventus angesiedelt (siehe Abschnitt 3.4).

Laut der Förderbekanntmachung vom 20. November 2008 sollen sich die Projekte auf folgende Schwerpunkte beziehen:

- Die plattformgestützte ökologische Begleitforschung – insbesondere sollen dabei für die Vogelwelt bedeutende Parameter erfasst werden, zudem soll eine entsprechende Erfassungstechnik entwickelt und erprobt werden.
- Es sollen geeignete Bewertungsinstrumente für die Natur- und Umweltverträglichkeit entwickelt werden. Daraus sollen zudem Erheblichkeitsschwellen für Populationen abgeleitet werden, wobei kumulative Wirkungen berücksichtigt werden sollen.
- Maßnahmen, mit denen betriebsbedingte negative Auswirkungen auf die Meeresumwelt und den Vogelzug vermieden bzw. vermindert werden können, sollen entwickelt werden. Dies können zum Beispiel umweltverträgliche Beleuchtungskonzepte oder auch Methoden sein, mit denen der Vogelzug vorhergesagt wird.

- Untersucht werden sollen weiterhin die Auswirkungen auf die Vogelwelt und auf Fledermäuse, die der Windenergieausbau auf dem Land mit sich bringt.

Im Jahr 2010 haben vier Projekte mit einem Budget von zusammen 1,4 Millionen Euro begonnen. Im Folgenden werden zwei dieser Projekte näher vorgestellt.



Videokameras zeichnen die Reaktionen von Vögeln auf unterschiedliche Lichtfarben auf.

Quelle: Avitec Research

Dem Thema Lärmemission widmet sich das Forschungsvorhaben HyproWind des Instituts für Statik und Dynamik (ISD) der Leibniz Universität Hannover. In den kommenden Jahren steht eine Vielzahl von Offshore-Bauvorhaben in der deutschen Nordsee an. Die zu erwartenden Lärmemissionen sollen bereits zuvor bei den Planungen berücksichtigt werden, die Planungssicherheit muss dementsprechend verbessert werden. Fundamente für Offshore-Windenergieanlagen werden in der Regel auf Pfahlgründungen im Meeresboden verankert. Die Pfähle werden dabei mit Hilfe von Hydraulikhämmern bis zu 40 m tief in den Boden gerammt. Das verursacht hohe Lärmpegel, die sich potenziell schädlich auf die Meeresumwelt aus-

wirken können, bei parallel stattfindenden Arbeiten auch aus mehreren Richtungen. In dem Projekt HyproWind sollen Prognosen für die zu erwartenden Schalldruckpegel in der Nordsee für die Jahre 2011 bis 2015 berechnet werden. Auf daraus entstehenden Lärmkarten werden am Ende relevante Schallpegelgrößen und zusätzliche Bewertungsparameter aufgeführt sein, die als Basis für weiterführende Untersuchungen geeignet sind.

Mit der Entwicklung einer vogelfreundlichen Beleuchtung von Offshore-Bauwerken befasst sich das Verbundprojekt namens AVILUX der REETEC GmbH (Dienstleister für WEA-Hersteller sowie Produzent von Hinderniskennzeichnungen) und der Avitec Research GbR (Vogelzugforschung). Sie untersuchen die Frage, ob Vögel von

bestimmten Lichtfarben stärker oder schwächer angezogen werden. Falls dem so ist, könnten durch eine Modifikation der Lichtfarbe der vorgeschriebenen Sicherheitsbeleuchtung weniger Vögel angelockt werden und somit Zusammenstöße mit den WEA verringert werden. Für AVILUX werden sechs LED-Scheinwerfer mit Hilfe von Videokameras beobachtet. Diese zeichnen die Flugaktivitäten der Vögel an den entsprechenden Leuchten auf.

Die Ergebnisse der ökologischen Begleitforschung werden unter anderem bei den Genehmigungsverfahren für Windparks durch Industrie, Forschung und Behörden berücksichtigt. Durch die darüber gewonnenen Erkenntnisse können geeignete Standorte für entsprechende Bauvorhaben identifiziert werden.

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

Förderkennzeichen:	0325020
Laufzeit:	01.01.2008 – 31.12.2011
Zuwendungssumme:	294.753 €
Projektpartner:	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel – Forschungs- und Technologiezentrum Westküste

Kurzfassung: 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 störepfindlich 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 – 30.04.2011
Zuwendungssumme: 174.930 €
Projektpartner: Institut für Vogelforschung "Vogelwarte Helgoland" – Inselstation Helgoland

Kurzfassung: 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-Rammerschall

- Förderkennzeichen:** 0325117
Laufzeit: 01.07.2009 – 30.04.2012
Zuwendungssumme: 453.870 €
Projektpartner: Christian-Albrechts-Universität zu Kiel – Forschungs- und Technologiezentrum Westküste

Kurzfassung: Die Errichtung von Offshore-Windkraftanlagen wird mit einem hohen Schalleintrag in den Wasserkörper verbunden sein, da die meisten Fundamente der Anlagen in den Untergrund gerammt werden. Die dabei erzeugten Schalldruckpegel sind hoch genug, um das Gehör von Schweinswalen zu beeinträchtigen oder zu schädigen, was nachhaltige Auswirkungen auf die Überlebenschancen der Tiere hätte. Der akustische Belastungsgrenzwert für eine einmalige Beschallung mit einem intensiven Schallimpuls liegt bei 200 dBpp re 1 uPa. Dieser an einem Schweinswal ermittelte Grenzwert liegt 26 dB unterhalb der für größere Zahnwalarten festgestellten akustischen Belastbarkeit. In einer weiterführenden Untersuchung soll der Grenzwert daher an mehreren Schweinswalen (wildelebend + in Gefangenschaft) validiert werden.

Akzeptanz der Offshore-Windenergienutzung

Förderkennzeichen:	0325137
Laufzeit:	01.07.2009 – 30.06.2013
Zuwendungssumme:	459.820 €
Projektpartner:	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg – Philosophische Fakultät I – Sozialwissenschaften und historische Kulturwissenschaften – Institut für Psychologie

Kurzfassung: Um den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung zu steigern, soll eine Offshore-Leistung von 7.000–10.000 MW aufgebaut 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 'Akzeptanz der Offshore-Windenergienutzung'. Experten aus Umwelt- u. Sozialpsychologie, Marketing u. Tourismus sowie Architektur- u. 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 Entscheidungssträger abzuleiten.

Wirksamkeit von Vergrämungsmaßnahmen für Schweinswale

Förderkennzeichen:	0325141
Laufzeit:	01.06.2009 – 31.05.2010
Zuwendungssumme:	210.202 €
Projektpartner:	BioConsult SH GmbH & Co. KG

Kurzfassung: Beim Rammen von Fundamenten für Offshore-Windenergieanlagen entstehen oft für marine Säuger schädliche Schallemissionen. Um ein Verletzungsrisiko zu minimieren, werden daher Vergrämer eingesetzt. Deren Wirksamkeit für Schweinswale wurde jedoch bislang nicht ausreichend beschrieben. Wir testeten die Wirksamkeit eines Lofitech Sealscarers mittels akustischer Erfassung von Schweinswalen vor, während und nach zehn Einsätzen. Dies ergab eine deutliche vertreibende Wirkung auf Schweinswale bis in 3 km. Die Beobachtung einzelner Schweinswale im Nahbereich zeigt jedoch auch, dass es nicht zu einer vollständigen Vertreibung kommt. Der Einsatz reduziert somit zwar das Verletzungsrisiko von Schweinswalen, kann es jedoch nicht ganz ausschließen.

Lärmreduzierung von Windkraftanlagen – Entwicklung und Validierung von lärmreduzierenden Maßnahmen und leisen Windkraft-Profilen

Förderkennzeichen: 0325146
Laufzeit: 01.08.2009 – 31.08.2010
Zuwendungssumme: 233.909 €
Projektpartner: GE Wind Energy GmbH

Kurzfassung: Um den Geräuschpegel von Windenergieanlagen zu verringern, wurden in einem neuen Forschungsvorhaben der GE Wind Energy GmbH leise Rotorblattprofile erforscht. Im Mittelpunkt der Betrachtung waren Strömungsgeräusche, die an der Hinterkante der Rotorblätter entstehen. Verschiedene Rotorblattprofile und Bauformen der Hinterkante wurden im Windkanal getestet und haben teilweise deutliche Geräuschreduzierungen gezeigt. Die besten Konzepte wurden bereits in anschließenden Großversuchen an Originalanlagen mit ebenfalls großem Erfolg getestet.

GE Wind Energy GmbH wurde unterstützt vom Institut für Aerodynamik und Gasdynamik der Universität Stuttgart sowie vom Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Braunschweig.

Verbundprojekt: 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 €
Projektpartner: Avitec Research GbR (Kordinator);
 REETEC Regenerative Energie und Elektrotechnik GmbH

Kurzfassung: Nachts beleuchtete Objekte auf See können eine große Anziehungskraft auf Zugvögel ausüben. Von der beleuchteten Forschungsplattform FINO 1 weiß man, dass Vögel nachts bei schlechtem Wetter mit den Aufbauten kollidieren können. Nun stellt sich die Frage, ob die Anziehungskraft der Beleuchtung von der Lichtfarbe abhängt. Dies könnte helfen, die Vögel zu schützen. Im Forschungsprojekt AVILUX arbeiten die REETEC GmbH und Avitec Research daran, diese Frage aufzuklären. Studien zu dem Thema aus den USA und NL liefern uneinheitliche Ergebnisse – vermutlich der Methodik wegen. AVILUX zielt nun darauf ab, eindeutige Ergebnisse zu erlangen. Sechs farbige LED-Scheinwerfer wurden an der Ostseeküste mit Kameras ausgestattet. Diese zeichnen die Flugaktivitäten an den jeweiligen Lampen auf.

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

Förderkennzeichen: 0325206
Laufzeit: 01.08.2010 - 30.09.2011
Zuwendungssumme: 151.311 €
Projektpartner: IMARE – Institut für Marine Ressourcen gGmbH –
Abt. Marine Aquakultur für nachhaltige Fischerei

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

Kurzfassung: Das Vorhaben hat zum Ziel, umfangreiche 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. Im Ergebnis des Projekts weisen die Lärmkarten relevante Schallpegelgrößen und zusätzliche Bewertungsparameter auf, die als Basis für weiterführende Untersuchungen von Biologen, für die Risikoeinschätzungen von Genehmigungsbehörden und für die Expertendiskussion geeignet sind und auch im Rahmen einer Vergleichbarkeit auf deutsch-niederländisch-britischer Ebene herangezogen werden können.

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 €

Projektpartner: Deutsches Meeresmuseum Stralsund

Kurzfassung: 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.

Konzeption, Erprobung, Realisierung und Überprüfung von lärmarmen Bauverfahren und Lärminderungsmaßnahmen bei der Gründung von Offshore-WEA. Teil A: Beiträge der Forschungsinstitute

Förderkennzeichen: 0327645

Laufzeit: 01.12.2007 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 1.170.671 €

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

Kurzfassung: Messungen im Zusammenhang mit Offshore-Rammarbeiten in Nord- und Ostsee haben bereits bei den bisher untersuchten Forschungs- und Messplattformen Hydroschallpegel ergeben, die die Richtwerte des Umweltbundesamt erheblich übersteigen.

Ziel des Vorhabens ist daher die Entwicklung von praxistauglichen Konzepten für einen sinnvollen und kostensparenden Schallschutz beim Bau von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA), der einen wichtigen Beitrag leistet, die Belastungen für die marine Tierwelt zu minimieren. Dazu sollen Schallminderungsmaßnahmen entwickelt und unter Offshore-Bedingungen erprobt werden.

Vorgesehen ist die Optimierung der Rammparameter bei der Schlagrammung im Rahmen einer numerischen Simulation, die Optimierung von Ummantelungs- und Beschichtungsmaßnahmen sowie die Erprobung und Optimierung verschiedener Blasenschleiersysteme im Labor und unter Offshore-Bedingungen in der Ostsee.

Verbundprojekt: Greifvögel und Windkraftanlagen: Problemanalyse und Lösungsvorschläge – Projektleitung und Teilprojekt Rotmilan

Förderkennzeichen: 0327684; 0327684A; 0327684B

Laufzeit: 01.04.2007 – 31.12.2010

Zuwendungssumme: 1.064.073 €

Projektpartner: Michael-Otto-Institut im NABU (Koordinator);
BioConsult SH GmbH & Co. KG;
Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung

Kurzfassung: Windkraftanlagen bewirken ein Kollisionsrisiko für Greifvögel, vor allem Rotmilane (Art mit Verbreitungsschwerpunkt in Deutschland). Das Michael-Otto-Institut im NABU, die Firma BioConsult SH und das Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung gehen den Ursachen der Kollisionen auf den Grund und statten Rotmilane, Seeadler und Wiesenweihen mit Sendern aus, um so ihre Flugbewegungen in der Nähe von Windkraftanlagen zu studieren. Es sollen Wege gefunden werden, Kollisionen von Greifvögeln an Windkraftanlagen in Zukunft möglichst zu vermeiden. Weitere Projektpartner sind die Arbeitsgemeinschaft Biologischer Umweltschutz, der Förderverein Greifvogelmonitoring und die Firma Ökotop sowie die Staatliche Vogelschutzwarte in Brandenburg.

Verbundprojekt: Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben "alpha ventus" zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH (StUKplus)

Förderkennzeichen: 0327689A

Laufzeit: 01.05.2008 – 30.04.2012

Zuwendungssumme: 6.466.233 €

Projektpartner: Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Kurzfassung: 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.

2.7 Studien und Tagungen

Ende 2009, am 17. und 18. November, fanden die 3. Wissenschaftstage des BMU zur Offshore-Windenergienutzung statt. Dabei wurden sämtliche Projekte mit Schwerpunkt im Bereich Offshore-Windenergie vorgestellt. Mit der Veranstaltung sollte Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung ein Überblick über dieses Themenfeld und den aktuellen Stand in Deutschland und Europa gegeben werden. Gemeinsam wurde anschließend der zukünftige Forschungsbedarf diskutiert.

Bei den 4. Wissenschaftstagen werden die ersten Erfahrungen aus den deutschen Offshore-Windparks im Mittelpunkt der Veranstaltung stehen. Im Bereich jenseits der 12-Seemeilengrenze von der Küste entfernt, in der sogenannten ausschließlichen Wirtschaftszone (AWZ), waren Ende 2010 das Offshore-Testfeld alpha ventus (Betreiber: DOTI GmbH & Co. KG) und der Windpark BARD Offshore 1 (Betreiber: BARD Engineering GmbH) in Betrieb.



Offshore-Windpark alpha ventus.

Quelle: AREVA Multibrid / Jan Oelker 2010

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 €

Projektpartner: Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg –
Philosophische Fakultät I – Sozialwissenschaften
und historische Kulturwissenschaften – Institut für Psychologie

Kurzfassung: 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 an 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.

Organisation und Ausrichtung der 3. Wissenschaftstage des Bundesumweltministeriums zur Offshore-Windenergienutzung

Förderkennzeichen: 0325139

Laufzeit: 01.05.2009 – 28.02.2010

Zuwendungssumme: 49.733 €

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

Kurzfassung: Am 17. und 18. November 2009 präsentierte das Bundesumweltministerium in Oldenburg (Oldb) aktuelle Forschungsergebnisse der Offshore-Windenergienutzung. Über 420 internationale Teilnehmer aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung diskutierten auf der von ForWind, dem Zentrum für Windenergieforschung, organisierten Tagung den Stand der Entwicklung der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland und Europa sowie den zukünftigen Forschungsbedarf. Neben Anlagentechnik, Tragstrukturen und Netzintegration wurde auch technische und ökologische Begleitforschung, wie z. B. Prozessautomatisierung, Logistik, Windmeteorologie und technischer Umweltschutz vorgestellt und die internationale Zusammenarbeit mit den Nachbarländern an Nord- und Ostsee thematisiert.

3. Photovoltaik

Hintergrund und Zielsetzung der Förderung



Parkplatz mit Solarmodulen am Institut für Solarenergieforschung in Hameln.

Quelle: Bierther / PTJ

Die Photovoltaik (PV) besitzt ein hohes Innovationspotenzial. Die Kosten für PV-Strom sinken kontinuierlich, von allen regenerativen Energien sinken sie am schnellsten. Der Preis für eine typische Dachanlage mit einer Leistung von 5 kW zum Beispiel lag 2006 noch bei 25.000 Euro, heute kostet die gleiche Anlage nur noch 17.500 Euro. Bei weiter sinkenden Preisen könnte in der Zukunft ein maßgeblicher Anteil regenerativen Stroms aus PV stammen. Der BSW-Solar rechnet in seiner im November 2010 vorgestellten Roadmap damit, dass 2020 bereits 10 % des deutschen Bruttostromverbrauchs aus PV produziert wird. Die im November 2010 veröffentlichte Studie von Roland Berger und Prognos für den BSW-Solar zeigt auf, dass die Photovoltaik wesentlich dazu beiträgt, die Energieversorgung auf die erneuerbaren Energien umzustellen. Darin gehen die Autoren für 2020 von einem Weltmarktanteil deutscher Photovoltaik-Produkte von 12 % aus, bei stark wachsender Nachfrage. Die Exportquote deutscher Unternehmen liegt laut BSW-Roadmap 2020 bei 80 %. Für 2010 berechnete der Verband bereits eine Exportquote von rund 50 %.

Diese stark steigende Exportquote kann jedoch nur mit Hilfe weiterer Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erreicht werden. Deren Förderung trägt dazu bei, dass die Produktionsprozesse effizienter, die Wirkungsgrade höher werden und somit die Kosten für Strom aus PV weiter sinken. Die internationale Konkurrenz wächst, vor allem Chinas PV-Industrie wird immer stärker. Somit ist es wichtig, dass Deutschland seinen Vorsprung beibehält, um diesen immer wichtiger werdenden Wirtschaftssektor für sich nutzen zu können und die Arbeitsplätze im Land zu behalten.

Außer Forschung und Entwicklung trägt auch das EEG dazu bei. Durch die Förderung bleibt sichergestellt, dass Unternehmen ausreichend Abnehmer finden und weiterhin in den Bau neuer Fabriken und Maschinen investieren. Dadurch wird der deutsche Markt gesichert.

Laut EEG hängt die Höhe der Einspeisevergütung für den regenerativen Strom von der Energiequelle, der Größe der Anlage, der eingesetzten Technologien und dem Anwendungsbereich ab. Seit 2009 gibt es auch einen Vergütungssatz für selbst verbrauchten Strom. Der jeweilige Vergütungssatz wird über eine Dauer von 20 Jahren garantiert. Ursprünglich war eine stetige jährliche Degression der garantierten Einspeisevergütung für Neuanlagen vorgesehen. Auf Grundlage der konstant wachsenden Zahl der Installationen wurde ein Mechanismus entwickelt, nach dem die Einspeisevergütung der aktuellen Marktlage angepasst werden sollte. Demnach sollte die jährliche Degression erhöht oder erniedrigt werden, sollte der Markt von einem festgesetzten Ausbaukorridor abweichen. Für 2009 wurde der Korridor auf einen Zubau zwischen 1.000 und 1.500 MW festgelegt – mit einem Zubau von 3.800 MW wich der tatsächliche Wert deutlich davon ab. Für die Jahre 2010 bis 2012 wurde deshalb ein neuer Korridor zwischen 2.500 und 3.500 MW festgelegt. Gleichzeitig gab es 2010 zwei zusätzliche Absenkungen der Einspeisevergütung, wodurch es zwischen Ende 2009 und 2011 zu einer Gesamtdegression von circa einem Drittel gekommen ist. Nachdem 2010 mehr als 7.000 MW zugebaut wurden, womit die vorgesehenen maximal 3.500 MW um das Doppelte übertroffen wurden, soll die nächste, für 2012 vorgesehene Degression teilweise auf den 1. Juli 2011 vorgezogen werden.

Das EEG bildet nach wie vor eine solide ökonomische Basis für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien. Erst durch dieses Gesetz entstand die hohe Nachfrage, die Produktion auf der ganzen Welt wurde angetrieben. Der BSW-Solar schätzt, dass sich der Zubau der PV in Deutschland in Zukunft wegen der Anpassung des EEG auf rund 3.500 MW pro Jahr einpendeln wird.

Die Photovoltaik beinhaltet unterschiedliche, konkurrierende Technologielinien, welche sowohl Vor- als auch Nachteile gegenüber den jeweils anderen aufweisen. Zumindest auf absehbare Zeit erscheint es sinnvoll, die verschiedenen Konzepte parallel weiterzuentwickeln. Die Forschungsförderung des BMU unterstützt Projekte für Solarzellen aus kristallinem Silizium, für Silizium-Dünnschichtzellen (amorph und mikromorph) und

sogenannte CIS- oder auch CIGS-Dünnschichtzellen, aufgebaut aus den Materialien Kupfer, Indium, Gallium und Selen bzw. Schwefel. 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 Projekte, in denen erforscht wird, wie in Zukunft vermehrt dezentral erzeugte Energie – unter anderem durch PV – in das öffentliche Stromnetz eingespeist werden kann, sind seit 2008 dem gesonderten Förderschwerpunkt „Netzintegration“ zugeordnet.

In den letzten Haushaltsjahren hat es eine deutlich höhere Nachfrage nach Fördermitteln gegeben, als diese zur Verfügung standen. Das galt auch für 2010: Während neue Projekte für insgesamt 39,8 Millionen Euro bewilligt worden sind, wurden Skizzen mit einem Gesamtvolumen von circa 117 Millionen Euro eingereicht.

Dem 5. Energieforschungsprogramm entsprechend liegen die thematischen Schwerpunkte der geförderten Projekte auf folgenden Zielen:

- Die Wirkungsgrade der PV-Zellen müssen weiter erhöht werden, sowohl im Labor als auch besonders bei den industriell gefertigten Modulen,
- durch neue Materialien oder -kombinationen soll weniger Material eingesetzt werden müssen,
- zudem soll die Fertigungstechnologie weiter automatisiert sowie energie- und kosteneffizienter werden.

Nach dem Strategiegeläch im November 2009 zwischen BMU und Vertretern aus Wissenschaft und Wirtschaft wurden außerdem weitere strukturelle Schwerpunkte für die Forschungsförderung bestimmt. Generell soll demnach vorwettbewerbliche Forschung gefördert werden, auf deren Ergebnisse möglichst alle deutschen Firmen Zugriff haben. Dementsprechend sollen Projekte gefördert werden, die sich mittel- als auch langfristige Ziele gesetzt haben, Ergebnisse werden dabei nach rund fünf Jahren umgesetzt. Bei der Bewilligung neuer Projekte wird zudem darauf geachtet, wie die Industriebeteiligung und die Vernetzungsstruktur beschaffen sind, Verbundprojekte erhalten den Vorzug. Außerdem werden das Risiko der Entwicklung sowie der Umsetzungszeitraum bewertet. Zudem wird abgeschätzt, inwiefern die Forschungsergeb-

nisse weiter verbreitet werden können, wobei berücksichtigt wird, inwiefern die Ergebnisse durch Patente zu schützen sind. Als allgemeine technisch-fachliche Richtschnur gilt die „Strategic Research Agenda“ der Europäischen PV-Technologieplattform (www.eupvplatform.org), wobei die nationalen Besonderheiten zu berücksichtigen sind.

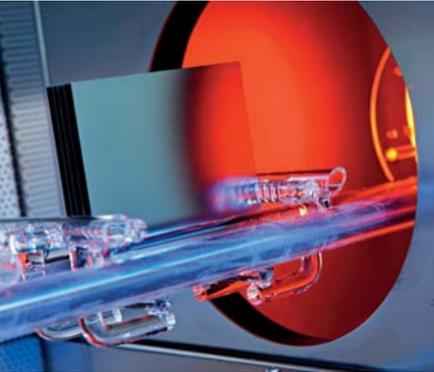
Mitte 2010 haben das Bundesumwelt- und das Bundesforschungsministerium (BMBF) das Forschungsförderprogramm „Innovationsallianz Photovoltaik“ gestartet, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Photovoltaikindustrie mittel- und langfristig zu stärken. Bei dieser Initiative wird insbesondere auf eine verstärkte Kooperation innerhalb der Prozessketten und zwischen Ausrüstungs- sowie Photovoltaikindustrie Wert gelegt. Solche Verbünde werden ab 2011 mit zusätzlich gestellten Fördermitteln in Höhe von 100 Millionen Euro gefördert. Die Industrie hat zugesagt, weitere 500 Millionen Euro in FuE zu investieren. Bei dieser Initiative wird insbesondere auf eine verstärkte Kooperation innerhalb der Prozessketten und zwischen Ausrüstungs- sowie Photovoltaikindustrie Wert gelegt. Auf die Förderbekanntmachung wurden 117 Projektvorschläge eingereicht. Davon sollen im Laufe des kommenden Jahres 30 Verbünde gefördert werden.

Verteilung der Fördermittel auf die unterschiedlichen PV-Förderschwerpunkte:

2010	Mittelabfluss		Neubewilligungen	
	1.000 Euro	in %	1.000 Euro	in %
Silizium Wafertechnik	22.081	56	20.283	51
Silizium-Dünnschicht	4.532	12	4.631	12
Verbindungshalbleiter, überwiegend CIS-/CIGS-Dünnschicht	4.989	13	6.080	15
Übergreifende Vorhaben zur Dünnschicht	100	0	911	2
Konzentrierende PV	1.585	4	3.042	8
Systemtechnik, Netzintegration	2.149	5	1.123	3
Technologieübergreifende Vorhaben, Alternativkonzepte	3.650	9	3.772	9
Summe	39.087	100	39.841	100

Quelle: PTJ

3.1 Silizium Wafertechnik



Siliziumwafer werden in den Hochtemperatur-Diffusionsöfen geleitet.
Quelle: ISFH

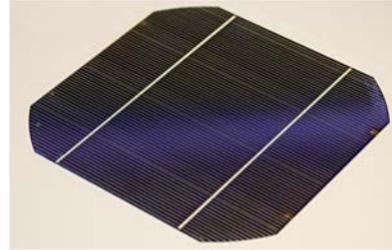
Auch im Jahr 2010 hält die Solarzelle mit Wafer aus kristallinem Silizium (c-Si) mit Abstand den größten Marktanteil der Solarzellentypen. Ein Vorteil bei der Entwicklung dieser Technologie ist, dass bei der Produktion der Zellen zu großen Teilen auf Erfahrungen aus der Halbleiterindustrie zurückgegriffen werden kann. Sowohl die Prozessschritte als auch das Materialverständnis können als Wissensgrundlage übernommen werden. Der Materialpreis ist ebenso ein wesentlicher Kostenfaktor: Der Siliziumpreis ist 2010 merklich gesunken, da nach Engpässen in den vergangenen Jahren ausreichend Silizium produziert wurde und wird. Dadurch wurde die Marktposition der c-Si-Solarzellen im Wettbewerb mit der Dünnschichttechnologie gestärkt.

Aber die Kosten des Stroms aus c-Si-Solarzellen müssen weiter sinken. Dafür kann ein gesteigerter Wirkungsgrad wichtig sein, gleichzeitig sollte aber auch die Produktion der entsprechenden Zellen nicht unverhältnismäßig teuer werden. Innovationen aus dem Labor sollen möglichst schnell in die Fertigung übertragen werden.

Zum Beispiel arbeiten Wissenschaftler an Solarzellen, die als Basismaterial n- statt p-dotiertes Silizium verwenden. Damit kann mehr Strom aus einer Solarzelle entnommen werden. Ein anderer Forschungsansatz ist, auf der Zelle besonders feine Leiterbahnen anzubringen, wodurch weniger Abschattung entsteht. Kostenintensive Prozesse wie etwa Hochtemperaturbehandlungen sollen möglichst reduziert werden. Auch wenn die Vorreiterrolle der Wafertechnik auf absehbare Zeit ungebrochen sein wird, sind diese Anstrengungen nötig, um sich weiterhin gegen die starke Konkurrenz aus Europa, Asien und den USA zu behaupten.

In der jüngsten Vergangenheit haben deutsche Institute abermals entscheidende Erfolge verkündet. Siebdruck-Silizium-Solarzellen des üblicherweise verwendeten p-Typs haben üblicherweise einen Wirkungsgrad zwischen 17 und 18,5 %. Das Institut

für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) hat es mit Hilfe von Forschungsmitteln des BMU im März 2011 geschafft, für Siebdruck-Silizium-Solarzellen einen neuen Rekordwirkungsgrad von 19,4 % zu erzeugen. Möglich machte diesen Erfolg eine verbesserte Zellrückseite mit einer 200 nm dünnen SiO_2/SiNx -Doppelschicht. Für die Weltrekordzelle verwendete das ISFH p-leitendes kristallines Czochralski-Silizium, metallisiert wurde die Zelle mit dem Verfahren des Siebdrucks. Da heutzutage 80 % der industriell produzierten Solarzellen diese Art Material sowie den Siebdruck verwenden, ist das ein besonders relevantes Ergebnis für die hiesige Industrie. Auch die Forscher des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) haben Erfolge für einfach herzustellende großflächige Silizium-Solarzellen zu verzeichnen, die bereits für die nahe Zukunft Wirkungsgrade von 20 % für die Massenfertigung von Silizium-Solarzellen versprechen. Für eine n-Typ-Solarzelle mit einem mit Aluminium legierten Emitter erreichten sie 19,3 %, die Legierung entstand durch den Siebdruck einer aluminiumhaltigen Paste. Für eine n-Typ-Zelle mit einem durch diffundiertes Bor entstandenen Emitter erreichte das ISE 19,6 %. Dieser Wirkungsgrad wurde möglich, da die Oberfläche des Emitters mit einer zusätzlichen Schicht aus Aluminiumoxid passiviert wurde. Auch p-Typ-Solarzellen konnten das ISE mit 19,6 % Wirkungsgrad erstellen, hier entstand der Emitter durch eine Diffusion mit Phosphor. Für letzteres Ergebnis nutzte das ISE die dort entwickelte und patentierte Laser-fired-contact-Technologie (LFC). Alle genannten Wirkungsgrade des ISE sowie auch der des ISFH wurden auf 125 X 125 mm² großen einkristallinen Siliziumscheiben erreicht.



Industrienaher kristalliner Silizium-solarzelle mit 19,6 Prozent Wirkungsgrad.
Quelle: Fraunhofer ISE

Laut Förderbekanntmachung vom 20. November 2008 lassen sich die geförderten Projekte im Bereich der Silizium Wafertechnik in zwei Hauptgruppen einteilen:

- Rohstoff, Kristallisation und Scheibenfertigung: Entwicklung von Technologien zur Herstellung von Silizium zu wettbewerbsfähigen Kosten bei ausreichender Qualität, Optimierung der Scheibenfertigung und Realisierung einer deutlich höheren Materialnutzung.
- Zellen und Module: Entwicklung neuartiger Konzepte mit hohem Wirkungsgrad und signifikantem Kostenreduktionspotenzial unter Berücksichtigung der Anforderungen und Herstellungsprozesse zukünftiger industrieller Produktionen.

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

Förderkennzeichen: 0325006A; 0325006B; 0325006C

Laufzeit: 01.10.2007 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 1.545.757 €

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

Kurzfassung: 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 Potential 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.

Verbundprojekt: HORA – Hochratenabscheidetechnologie für die Kontakte von kristallinen Silizium-Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325025B; 0325025A

Laufzeit: 01.05.2008 – 31.10.2010

Zuwendungssumme: 2.358.660 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator);
Applied Materials GmbH & Co. KG – Geschäftsbereich Großflächenbeschichtung – Abt. Entwicklung

Kurzfassung: In diesem Projekt sollen die Grundlagen für die industrielle Umsetzung von physikalischen Gasphasen-Abscheidetechnologien für die Kontakte von kristallinen Si-Solarzellen erforscht und entwickelt werden. Unter Verwendung dieser industriell umsetzbaren Hochratenabscheidetechnologie sollen Zellwirkungsgrade auf monokristallinen Si-Scheiben von > 20 % demonstriert werden. Die Ergebnisse dieser Entwicklung sollen in einem industriellen Einsatz von Hochrateabscheideverfahren für Si-Solarzellen münden. Diese Verfahren stehen sowohl für dickere Schichten (bspw. zur Rückseitenmetallisierung) als auch dünnere (vorderseitige Galvanisaat-schichten) zur Verfügung. Zur Evaluierung der Inline-Fähigkeit der Abscheidetechnologie wird am Fraunhofer ISE ein vorkommerzieller Prototyp aufgebaut.

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 €
Projektpartner: Universität Konstanz – Fachbereich Physik

Kurzfassung: Das Projekt hat das vollständige Verständnis der Bildung eines Phosphor-Emitters aus der Gasphase zum Ziel. Insbesondere die Wechselwirkung zwischen Prozess Temperatur, 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 Emittersstruktur 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 – 31.10.2011
Zuwendungssumme: 1.065.324 €
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: 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 sowohl Abscheidungen mittels thermischer ALD als auch mit plasmaunterstützter ALD erlaubt. 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)

Förderkennzeichen: 0325053B; 0325053A; 0325053C; 0325053D

Laufzeit: 01.09.2008 – 28.02.2011

Zuwendungssumme: 999.882 €

Projektpartner: Manz Automation AG (Kordinator);
LZH Laserzentrum Hannover e.V.; SCHOTT Solar AG;
TRUMPF Laser GmbH + Co. KG

Kurzfassung: Ziel ist die Entwicklung neuartiger laserbasierter Kantenisoliationsverfahren für Si-Solarzellen, sowie deren industrielle Umsetzung.

- Reduzierung der Taktzeit von 2s auf 1s,
- Herstellkosten zu reduzieren,
- Minimierung der Bruchraten,
- Steigerung der Effizienz um mind. 0,1 % absolut.

Im Projekt wird ein Gesamtsystem entwickelt, das ein schnelles und schädigungsminimiertes Kantenisolieren ermöglicht. Manz Automation entwickelt dafür ein System zur optischen Datenaufbereitung mit verbesserter Positioniergenauigkeit. In das Gesamtsystem wird eine von Trumpf Laser bereitgestellte Ultrakurzpuls Laserstrahlquelle integriert. Die Schott Solar stellt Solarzellen bereit und übernimmt die Auswertung und Tests der Proben. Das Laser Zentrum Hannover entwickelt die neuartigen Ansätze zur LKI.

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

Förderkennzeichen: 0325056

Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2011

Zuwendungssumme: 1.231.950 €

Projektpartner: SolarWorld Innovations GmbH

Kurzfassung: 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 aufwändigen 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 Kostenreduktionspotential und begründen die Notwendigkeit, bestehende Zellprozesse für RGS Material weiter zu optimieren und insbesondere industriennahe 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 – 30.04.2011
Zuwendungssumme: 4.936.879 €
Projektpartner: SCHOTT Solar AG – Forschung und Entwicklung (Kordinator);
SCHOTT Solar Wafer GmbH – R&D EFG

Kurzfassung: Ziel des Verbundvorhabens der SCHOTT Solar Wafer GmbH und der SCHOTT Solar AG 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-Foliensilicium auf eine Verbesserung der Materialqualität von multikristallinen Siliciumwafern. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum EFG-Prozess und zu EFG-Wafern wurden plangemäß abgeschlossen. Die bisher erzielten Projektergebnisse sollen von EFG-Foliensilicium auf multikristallines Silicium übertragen werden. Mit der Erarbeitung einer angepassten leistungsfähigen Solarzellen- und Modultechnologie wurde begonnen.

Verbundprojekt: Randversiegeltes Solarzellenmodul

- Förderkennzeichen:** 01.12.2008 – 30.07.2011
Laufzeit: 01.05.2008 – 30.04.2011
Zuwendungssumme: 614.000 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Kordinator);
Bystronic Lenhardt GmbH

Kurzfassung: 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.

Aufbau von Prozeß- und Analyseplattformen für die Entwicklung von PV-Modul-technologie, Bereitstellung eines Modul-Technologiezentrums für die deutsche PV-Industrie, insbesondere Anlagenbauer, Materialhersteller, Zell- und Modulhersteller

Förderkennzeichen: 0325082

Laufzeit: 01.08.2008 – 31.12.2010

Zuwendungssumme: 2.308.500 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Am Fraunhofer ISE in Freiburg wurde ein Modul-Technologiecenter (MTC) für waferbasierte PV-Module aufgebaut. Anlagenbauer, Modul- und Zellhersteller erhalten hier umfassende Unterstützung, um ihre Kosten laufend zu senken. Das Spektrum umfasst Prozessentwicklung für Verbindungs- und Versiegelungstechnologien, Modulentwicklung für kommende Zellgenerationen, Qualitätssicherung in der Produktion sowie Materialerprobung. Experimentalplattformen für verschiedene Zellverbindungstechnologien wurden aufgebaut. Aussagekräftige Stückzahlen und Formate sind darstellbar. Für die prozessbegleitende Analyse wird eine Vielzahl von experimentellen Methoden bereitgestellt. Theoretische Analysen durch Modelle, insbesondere Finite-Elemente Methode unterstützen die Entwicklung.

Verbundvorhaben: TopShot – Technologie und Wirkprinzipien siliciumbasierter Heteroübergang-Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325114A; 0325114B

Laufzeit: 01.06.2009 – 30.11.2012

Zuwendungssumme: 973.694 €

Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH (Koordinator);
Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH –
Abt. Silizium-Photovoltaik (SE1)

Kurzfassung: 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 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 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 €
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: 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 darstellen zu können.

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 €
Projektpartner: International Solar Energy Research Center Konstanz e.V.
 (ISC Konstanz) (Koordinator);
 Bosch Solar Energy AG – Forschung und Entwicklung

Kurzfassung: 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.

Verbundprojekt: QUASSIM – Qualitätssicherung in der PV mittels schneller Inline-Messverfahren**Förderkennzeichen:** 0325132A; 0325132B**Laufzeit:** 01.08.2009 – 31.07.2012**Zuwendungssumme:** 1.829.093 €**Projektpartner:** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator); advanced clean production Information Technology Aktiengesellschaft

Kurzfassung: In diesem Projekt soll am ISE ein innovatives Konzept der Qualitätssicherung für eine waferbasierte 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 €**Projektpartner:** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: 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 – 31.01.2012
Zuwendungssumme: 786.977 €
Projektpartner: Q-Cells SE

Kurzfassung: Das Ziel des Projektes ist es neue Schichten zur Passivierung von kristallinen Silizium-Solarzellen zu untersuchen und in einem industriellen Fertigungsprozess zu überführen. Zunächst sollen die Eigenschaften der Schicht als Teil einer dielektrischen Passivierung hinsichtlich Zellperformance und Kostenreduzierung bewertet und optimiert werden. Später soll die Anwendbarkeit der Technologie systematisch genutzt und auch Materialsysteme hinsichtlich ihrer Eignung für Solarzellen untersucht werden. Hierfür wird in diesem Projekt kein neues Zellkonzept entwickelt werden, sondern Synergien zwischen einer neu verfügbaren Technologie und bereits vorhandenen Zellkonzepten, wie der Standardsiebdruckzelle, genutzt werden.

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 €
Projektpartner: Universität Konstanz – Fachbereich Physik

Kurzfassung: 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 blockgegossemem, multikristallinem Silizium hin überprüft.

NANOTEX – Texturierung multikristalliner Si-Solarzellen durch Nanoimprint-Lithographie

Förderkennzeichen: 0325176

Laufzeit: 01.10.2009 – 30.09.2012

Zuwendungssumme: 735.646 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Die Texturierung einer Siliciumsolarzelle 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 Siliciumwafer aufgebracht werden.

Technologieentwicklung zur galvanischen Nickelkontaktierung für kristalline Silicium-Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325187

Laufzeit: 01.04.2010 – 31.03.2013

Zuwendungssumme: 890.000 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Aus der Leiterplattentechnologie sind seit langem galvanische Verfahren zur Metallisierung auch feinsten Kontaktstrukturen bekannt und entsprechende industrielle Anlagentechnologien verfügbar. 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 Silicium 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 €
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: 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-Anscheidung und Laserstrukturierung für die Herstellung und die Serienverschaltung von c-Si Solarzellen auf großflächigen Substraten angewendet werden. Am Ende der CrystalLine Projektlaufzeit sollen hocheffiziente Solarmodule aus kristallinen Silicium-Wafern mit einer prinzipiell inline-fähigen Prozesssequenz ähnlich der Dünnschichttechnologie demonstriert worden sein. Kleinmodulwirkungsgrade ($10 \times 10 \text{ cm}^2$) von 14 % mit serienverschalteten 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 €
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH (Koordinator);
 Applied Materials GmbH & Co. KG – Geschäftsbereich
 Großflächenbeschichtung – Abt. Entwicklung

Kurzfassung: Das Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal (ISFH) führt zusammen mit der Applied Materials GmbH, Alzenau (AMAT) das Verbundvorhaben "Lötfähige Vakuummetallisierung für beidseitig kontaktierte hocheffiziente Solarzellen (VaCoC)" 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.

Verbundprojekt: KALUS – Kontaktierung von Aluminiumschichten auf Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325196A; 0325196B

Laufzeit: 01.08.2010 – 28.02.2013

Zuwendungssumme: 945.072 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Kordinator);
Schmid Technology Systems GmbH

Kurzfassung: Das Vorhaben KALUS zielt auf die Entwicklung einer Verbindungstechnologie für die direkte Kontaktierung von Aluminium-Schichten auf Solarzellen.

Verbundprojekt: EpiEm – Epitaktische Emittter für mono- und multikristalline Silicium Hocheffizienz-Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325199A; 0325199B

Laufzeit: 01.08.2010 – 31.07.2012

Zuwendungssumme: 1.311.690 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Kordinator);
RENA Solar Technology Center GmbH – Standort Freiburg

Kurzfassung: 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 Silicium zu realisieren. Die Homoepitaxie von Silicium ermöglicht, Dicke und Dotierung einer Schicht nahezu unabhängig voneinander einzustellen und das bei ca. 10-fach kürzerer Prozesszeit. In Verbindung mit optimierten Metallisierungs- und Passivierungskonzepten, sowie durch die Entwicklung der Laser-Chemische-Dotierung im Verbund mit 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 €

Projektpartner: Adensis GmbH – Bereich Forschung und Entwicklung – Arbeitsgruppe Siliziumreinigung (Kordinator);
Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e.V.;
Hochschule Lausitz (FH) – Fachbereich Bio-, Chemie- und Verfahrenstechnik

Kurzfassung: Es wird ein Verfahren entwickelt, welches aus metallurgischem Silicium solartaugliches Silicium herstellt. Aufbauend auf schmelzmetallurgischen Prozessen werden dabei Verunreinigungscentren 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 €

Projektpartner: SolarWorld Innovations GmbH (Kordinator);
Deutsche Cell GmbH; Leibniz Universität Hannover – Fakultät für
Mathematik und Physik – Institut für Festkörperphysik

Kurzfassung: Im Projekt SIMPSONS werden die Potentiale 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.

Verbundprojekt: 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 €**Projektpartner:** Institut für Solarenergieforschung GmbH (Kordinator);
SCANLAB Aktiengesellschaft;
InnoLas Systems GmbH

Kurzfassung: Ziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung eines Laserbearbeitungssystems, welches in der Lage ist, Siliciumwafer 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, Strahlablengeschwindigkeiten von über 100 m/s zu erzielen. Gleichzeitig soll die Präzision der Bearbeitungsanlage es erlauben, Solarzellstrukturen mit einer Genauigkeit von +/- 50 µm 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 Strahlableitung zusammen.

Verbundprojekt: 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 €**Projektpartner:** SolarWorld Innovations GmbH (Kordinator);
ACCESS e.V.

Kurzfassung: Im Rahmen eines 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 Testso-larzellen hergestellt. Die Qualitätsanalysen erfolgen entlang der gesamten Herstellungskette und werden auf die speziellen Fragestellungen dieses Projektes weiterentwickelt.

Verbundprojekt: 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 €

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

Kurzfassung: Der "Elektrische Asymmetrie Effekt" 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 ist. Im Rahmen dieses Projektes soll der Transfer von der Grundlagenforschung zur industriellen Verwertbarkeit geschaffen werden. Die Optimierung des PECVD Beschichtungsprozesses und die Reduktion der Fertigungskosten der Herstellung von Siliziumdünnschicht Solarzellen sollen mit dem Projekt Elias erreicht werden.

Rückseiten-Siliziumzelle mit Laserdotierung (Rück-Si)

Förderkennzeichen: 0325213

Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013

Zuwendungssumme: 2.626.505 €

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

Kurzfassung: Das Projekt Rückseiten-Siliziumzelle mit Laserdotierung "RückSi" untersucht die Umsetzbarkeit von kostengünstigen ipe-Niedertemperaturprozessen in die industrielle Fertigung von hocheffizienten Solarzellen. Aufbauend auf die Laserdotierung von einerseits selektiven Emittern 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 Siliciumsolarzellen**Förderkennzeichen:** 0325241**Laufzeit:** 01.08.2010 – 31.07.2013**Zuwendungssumme:** 1.303.469 €**Projektpartner:** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Das GRIPS-Projekt hat zum Ziel, die Grundlagen für die industrielle Fertigung von oberflächenpassivierten Siliciumsolarzellen 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 Silicium-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 €**Projektpartner:** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Solarzellen aus kristallinem Silicium 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.

Solarzellenprozess mit hoher Industrierelevanz – SHINE

Förderkennzeichen: 0325268
Laufzeit: 01.10.2010 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 3.774.069 €
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: 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 schnelle Überführung der Ergebnisse in die Industrie zu ermöglichen. Das Vorgehen gliedert sich in folgende Arbeitspakete: Installation einer Singular 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 und Aufbau einer Klimakammer für die Zuverlässigkeitsuntersuchung an Modulen.

Entwicklung hocheffizienter bifacialer Rückkontakt-Siliziumsolarzellen und PV-Module für die industrielle Massenfertigung (BiBaC)

Förderkennzeichen: 0327529A
Laufzeit: 01.08.2006 – 31.07.2010
Zuwendungssumme: 1.329.100 €
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: Im BiBaC-Projekt werden neue Prozesstechnologien entwickelt, die als Einzelprozesse in den Herstellungsablauf heutiger Industriesolarzellen integriert werden können. Am Beispiel einer am ISFH entwickelten bifacialen Rückkontaktsolarzelle wird das volle Wirkungspotenzial aufgezeigt. Bei den neuen Technologien handelt es sich um Lokales Ätzen und Deponieren funktionaler Schichten, Niedertemperatur-Oberflächenpassivierung, Metallisieren beider Kontakte in einem Aufdampfschritt und Durchfeuern der Metallisierung bei niedrigen Temperaturen (< 300 °C). Diese berührungslosen Techniken haben geringere mechanische Belastungen zur Folge, die Mengen der Verbrauchsmaterialien werden deutlich reduziert und das Metallisieren der Solarzellen wird vereinfacht (einer anstelle von drei Schritten).

Verbundvorhaben: SolarFocus – Solarsilizium-Forschungscluster zur industrienahen Erforschung der Grundlagen des Defect Engineering in kristallinem Silizium für Solarzellen

Förderkennzeichen: 0327650E; 0327650A; 0327650B; 0327650C;
0327650D; 0327650F; 0327650G; 0327650H

Laufzeit: 01.03.2007 – 28.02.2010

Zuwendungssumme: 4.082.714 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Kordinator); IHP/BTU Joint Lab; Georg-August-Universität Göttingen – Fakultät für Physik – IV. Physikalisches Institut; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg – Naturwissenschaftliche Fakultät – Department Physik – Institut für Physik der Kondensierten Materie – Angewandte Physik; Institut für Solarenergieforschung GmbH; Max-Planck-Gesellschaft (MPG), vertreten durch das Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik; Technische Universität Bergakademie Freiberg – Fakultät für Chemie und Physik – Institut für Experimentelle Physik; Universität Konstanz – Fachbereich Physik

Kurzfassung: Silizium ist das Ausgangsmaterial für über 90 Prozent aller Solarzellen. Im März 2007 haben sich zwölf Unternehmen der deutschen Photovoltaikindustrie und zwölf Forschungspartner im Verbundprojekt „SolarFocus“ zusammengeschlossen, um in den folgenden drei Jahren das aktuell für die Solarzellenfertigung genutzte Siliziummaterial genauestens zu analysieren. In Experimenten wurden grundlegende Mechanismen in der Siliziumprozessierung untersucht. Dazu wurde Silizium gezielt mit Verunreinigungen versetzt und die sich ergebenden Wechselwirkungen verschiedener Defekte erforscht. Der Forschungsverbund konnte dadurch wesentliche Erkenntnisse über grundlegende Limitierungen für den Solarzellen-Wirkungsgrad gewinnen.

Anlagen- und Prozessentwicklung für im Durchlauf aufgedampfte Solarzellenkontakte VAMOS

Förderkennzeichen: 0327660

Laufzeit: 01.05.2007 – 30.04.2010

Zuwendungssumme: 1.837.074 €

Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: Das Institut für Solarenergieforschung Hameln/Emmerthal (ISFH) führt eine Prozessentwicklung für das Durchlauf-Hochratenvakuumaufdampfen als Alternative zum heute üblichen Siebdruckverfahren zur Herstellung der elektrischen Kontakte von hocheffizienten Solarzellen in der industriellen Massenfertigung durch. Seit der Inbetriebnahme der Anlage Anfang 2009 ist es deutschen Zellherstellern möglich, am ISFH individuelle massenproduktionsnahe Prozessentwicklung mit den speziellen Anforderungen ihrer jeweiligen Zellherstellungsprozesse durchzuführen.

Abbildende Verlustanalyse von Solarzellen für die industrielle Fertigungskontrolle

Förderkennzeichen: 0327661

Laufzeit: 01.04.2007 – 31.03.2010

Zuwendungssumme: 505.536 €

Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: Der Wirkungsgrad und die Ausbeute in der industriellen Fertigung von Solarzellen kann gesteigert werden, wenn die Hersteller eine schnelle und zuverlässige Quantifizierung von Verlustmechanismen produktionsbegleitend zur Verfügung hätten. Für die Quantifizierung von Verlusten gibt es viele sich ergänzende Untersuchungstechniken, doch werden diese bisher nur selten kombiniert. Im Rahmen des Projektes werden geeignete Algorithmen für die simultane Auswertung der Ergebnisse unterschiedlicher Messverfahren entwickelt. Es werden kamerabasierte Messmethoden entwickelt und eingesetzt um die Orte von Verlusten zu lokalisieren. Mit Hilfe eines neuen Kombi-Analysegerätes, in dem alle notwendigen Messverfahren integriert sein werden, wird eine weitgehende Automatisierung der Messungen möglich sein.

Evaluation des Potentials von siebgedruckten Al-p+ Emittern für hocheffiziente n-Typ Siliziumsolarzellen (ALU+)

Förderkennzeichen: 0327666

Laufzeit: 01.06.2007 – 31.05.2010

Zuwendungssumme: 715.668 €

Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: In diesem Projekt wurde ein neuartiges Solarzellenkonzept für n-Typ Czochralski-Silizium (Cz-Si) entwickelt, das auf industrienahen Herstellprozessen basiert. Es wurde erstmals gezeigt, dass höhere Wirkungsgrade damit erreichbar sind als sie mit derzeitiger Standardtechnologie erreicht werden. n-Typ Cz-Si hat sich als ideales Material für hocheffiziente Solarzellen erwiesen, da es im Gegensatz zum derzeit überwiegend eingesetzten p-Typ Cz-Si keine lichtinduzierte Degradation aufweist und wesentlich höhere Ladungsträgerlebensdauern besitzt. In diesem Projekt wurde ein mittels einfacher Siebdrucktechnologie hergestellter Al-dotierter p+-Emitter auf seine Eignung für Hocheffizienz solarzellen auf n-Typ Cz-Si untersucht. Es wurden unabhängig bestätigte Rekordwirkungsgrade von 20 % erreicht.

Ressourcenschonende und schädigungsarme Herstellungsprozesse in der Solarzellen-Technologie – ReST

Förderkennzeichen: 0329819B

Laufzeit: 01.04.2007 – 30.09.2010

Zuwendungssumme: 416.960 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM)

Kurzfassung: In der Solarzellenherstellung wirken bei Prozessschritten wie Drucken, Sintern und Löten sowohl mechanische als auch thermische Belastungen auf die Wafer, die zu Spannungen und Schädigungen führen können. Ziel des Projekts ist es, mechanische Spannungen und weitere Belastungen in Prozessschritten so zu minimieren, dass Bruchquoten unter 1 % bei dünnen Wafern erreicht werden. Arbeitsschwerpunkte sind Modellierung von Prozessschritten sowie die Bewertung und Optimierung von mechanischen und thermisch induzierten Spannungen in Solarzellen.

Das Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik, Freiburg, arbeitet dabei zusammen mit den Firmen SCHOTT Solar GmbH, SOLARWATT AG, SOLARWATT Cells GmbH und der sunways AG.

Neue Technologien für höchsteffiziente Siliciumsolarzellen

Förderkennzeichen: 0329849A

Laufzeit: 01.07.2007 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 6.054.800 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Aufgrund des starken Trends in der Silicium-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 Siliciumzellen 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 – 28.02.2011

Zuwendungssumme: 3.958.775 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: 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.

Herstellung von Polysiliciumgranulat für die Photovoltaikindustrie: Technologieweiterentwicklung und Überführung in den Produktionsmaßstab

Förderkennzeichen: 0329866A

Laufzeit: 01.07.2006 – 31.03.2010

Zuwendungssumme: 938.975 €

Projektpartner: Wacker Chemie AG – Werk Burghausen – Wacker Polysilicon

Kurzfassung: Mit dem Fördervorhaben wurde erfolgreich ein von WACKER POLYSILICON entwickeltes Verfahren zur Abscheidung von polykristallinem Siliciumgranulat in einer Wirbelschicht von der Pilotreife zur Produktionsreife weiterentwickelt.

Granulares Polysilicium aus diesem Prozess bietet mit seinen besonderen Eigenschaften Vorteile vor allem für die Weiterentwicklung zukunftsreicher, kostengünstiger Kristallisationstechnologien. Das Vorhaben umfasste die Weiterentwicklung von Technologie und Prozessen bis hin zum Aufbau und Test eines Prototyp-Systems in Produktionsgröße und deckt neben der eigentlichen Abscheidereaktion auch die zugehörigen Feststoffsysteme und die Einbindung der Anlagen in den Stoffverbund von WACKER POLYSILICON ab.

Verbundvorhaben: Zuverlässigkeit von PV-Modulen II

Förderkennzeichen: 0329978A; 0329978B; 0329978C

Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2013

Zuwendungssumme: 1.775.929 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Kordinator);
Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM);
TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH

Kurzfassung: 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.

3.2 Dünnschichttechnologien: Silizium

Im Bereich der siliziumbasierten Dünnschicht-Photovoltaik hat sich 2010 eine schwierige Marktsituation ergeben, unter anderem wegen der Wirtschafts- und Finanzkrise der vergangenen Jahre. Der Modulwirkungsgrad hat sich auf einem niedrigen Niveau von 7 bis 8,5 % eingependelt und ist somit im Vergleich mit den Modulen aus Siliziumwafern für Käufer weniger attraktiv. Ganz aktuell ist es nun aber im Februar 2011 in einem vom BMU geförderten Projekt gelungen, industriell produzierte Silizium-Dünnschichtsolarmodule mit einem Wirkungsgrad von 10,6 % zu erzeugen. Die weitere Entwicklung der Zellkonzepte verspricht generell Modulwirkungsgrade von bis zu 10 %, langfristig werden mehr als 12 % erwartet. Auf diesem Niveau kommen die Vorteile der siliziumbasierten Dünnschichtzellen wieder zum Tragen und die Technologie könnte gegenüber anderen erneut aufschließen.

Die Vorteile der Dünnschichttechnologien sind im 5. Energieforschungsprogramm zusammengefasst: großflächige Beschichtung, integrierte Serienverschaltung, hohe Materialeinsparung und größere Flexibilität bei der Verwirklichung innovativer Zellkonzepte. Zudem ergeben sich kürzere Energierücklaufzeiten – die Zeit, die eine PV-Anlage benötigt, um die Energie zu erzeugen, die dafür verbraucht wurde, die Anlage herzustellen und zu installieren.

Besteht die Dünnschichtzelle aus Silizium, ist der Ausgangsstoff wie auch für Siliziumwafer gut zugänglich. Der dünnen Schichten wegen wird viel Material gespart, was wiederum die Kosten senkt. Ist genug Fläche für Solarmodule vorhanden 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.

Die wesentlichen Formen siliziumbasierter Dünnschichtzellen sind diejenigen, die ausschließlich aus amorphem Silizium (α -Si) bestehen und sogenannte Tandemzellen, die aus einer Schicht amorphem und einer Schicht mikrokristallinem Silizium (α -Si/ μ c-Si) bestehen. Letztere sind eine relativ junge Entwicklung, α -Si-Dünnschichtzellen sind der Standard am Markt. Dünnschichtmodule werden vom Substrat bis zum Endprodukt (Modul mit integriert verschalteten Zellen) in einer Produktionslinie hergestellt. Die Tandemzellen erreichen in der industriellen Produktion aktuell dabei die höheren Wirkungsgrade von bis zu 8,5 %, die Zellen ausschließlich aus α -Si liegen bei 7,5 %.

Für ihren bereits erwähnten Rekordwirkungsgrad von 10,6 % gingen die Wissenschaftler von Tandemzellen mit einer Dicke von 0,2 μm aus. Die Arbeiten am Projekt LIMA „Lichtmanagement für industriell gefertigte Silizium-Dünnschichtsolarmodule“ werden mit 4,4 Millionen Euro gefördert. Die Verbundpartner unter Koordination des Forschungszentrums Jülich konnten den Lichtweg, den das Sonnenlicht durch das Silizium zurücklegt, verlängern und somit die Leistung erhöhen. Dazu nutzten sie Ätzschritte mit Fluss- oder Salzsäure, die auf dem Oxidmaterial des elektrischen Frontkontakts eine wohldefinierte Krateroberfläche hinterlassen, wodurch sich die gewünschten Lichtstreu-Eigenschaften ergeben. Die verbesserten Schichten konnten auf mehr als 5 m² Fläche aufgebracht werden. In Zukunft soll der Wirkungsgrad, der im Labormaßstab bereits 12 % betrug, auch auf diese großformatigen Industriemodule übertragen und somit weiter erhöht werden.

Gefördert werden laut Förderbekanntmachung vom 20. November 2008 folgende Forschungsaktivitäten für alle Dünnschichttechnologien:

- Innovative Konzepte und Prozesse sollen aus dem Technikumsmaßstab für die industrielle Produktion umgesetzt werden.
- Prozesse sollen zudem optimiert werden mit den Zielen erhöhte Abscheideraten, reduzierter Materialverbrauch, reduzierter Energieeinsatz und verbesserter Wirkungsgrad, wobei darauf zu achten ist, die Kosten zu minimieren.
- Das Degradationsverhalten soll untersucht werden, um langzeitstabile Dünnschichtstrukturen zu entwickeln.
- Konzepte sollen entwickelt werden, anhand deren Grundlage das Sonnenlicht und dessen Lichtspektrum besser ausgenutzt werden kann.

Verbundprojekt: Einsatz von kontinuierlichen VHF-Plasma-CVD (Linienquelle) zur Deposition von α -Si:H/ μ c-Si:H-Solarzellen

Förderkennzeichen: 0325024A; 0325024B
Laufzeit: 01.03.2008 – 30.09.2011
Zuwendungssumme: 1.366.461 €
Projektpartner: Forschungszentrum Jülich GmbH – Institut für Energieforschung (IEF 5) (Kordinator);
 VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH

Kurzfassung: 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 α -Si Module (ISS)

Förderkennzeichen: 0325029
Laufzeit: 01.07.2008 – 30.06.2011
Zuwendungssumme: 890.589 €
Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 5 Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik – Institut für Physikalische Elektronik (IPE)

Kurzfassung: 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.

Verbundprojekt: Herstellung kristalliner Silicium-Dünnschicht-Solarzellen auf biologisch abgeleiteten Substraten (HELIOS)

Förderkennzeichen: 0325031B; 0325031A

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2012

Zuwendungssumme: 2.053.193 €

Projektpartner: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) – Abt. 3 – Thermosensorik und Photovoltaik (Kordinator); Schunk Kohlenstofftechnik GmbH – Abt. Composites

Kurzfassung: Im Verbundprojekt HELIOS wird ein industrierelevanter Silicium-Dünnschicht-Solarzellenprozess für die Erfordernisse von biogen abgeleiteten Keramiksubstraten entwickelt. Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt auf der Optimierung eines weltweit einmaligen Epitaxieverfahrens für Silicium auf Basis eines neuartigen konvektionsunterstützten CVD-Abscheidungsprozesses. Die Rekristallisation der Siliciumkeimschicht wird mit neuen Lampenverfahren durchgeführt. Das ZAE Bayern übernimmt die Aufgaben der Siliciumabscheidung, 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, hoch-effiziente Si-Zellen mit einer Absorberdicke von wenigen μ kostengünstig herzustellen.

Makroporöses Silicium für ultradünne monokristalline Waferphotovoltaik (MacPSI)

Förderkennzeichen: 0325147

Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2012

Zuwendungssumme: 584.407 €

Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: Monokristalline Silicium 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 Silicium-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 €
Projektpartner: Technische Universität Dresden – Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik – Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik (IHM)

Kurzfassung: 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 Abscheidungs-technologie 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 α -Si-Emitter auf Float-Glas

- Förderkennzeichen:** 0325200
Laufzeit: 01.06.2010 – 30.05.2012
Zuwendungssumme: 505.570 €
Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH – Institut Silizium-Photovoltaik (E-11)

Kurzfassung: 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 α -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.

Grundlagen und Technologie für die Silizium-Dünnschichtphotovoltaik auf der Basis von Niedertemperaturprozessen

- Förderkennzeichen:** 0327625
Laufzeit: 01.09.2006 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 3.275.610 €
Projektpartner: Forschungszentrum Jülich GmbH – Institut für Energie- und Klimaforschung (IEK5 – Photovoltaik)

Kurzfassung: Das Institut IEK 5 Photovoltaik am Forschungszentrum Jülich befasst sich im Rahmen des HGF Programms „Erneuerbare Energien“ mit der Si-Dünnschichtsolarzelle als zentrales Forschungsgebiet. Durch den rapiden Aufbau von Produktionskapazitäten für diese Solarzelle in Deutschland und weltweit ist der Bedarf insbesondere an produktionsnahen F&E Arbeiten enorm gestiegen. Um das Institut in die Lage zu versetzen, diesem Bedarf nachzukommen und die Technologie voranzutreiben, wurden im Rahmen des Projekts ein breites Spektrum mittel- und großflächiger Depositions- und Meßapparaturen für Si-Dünnschichtsolarzellen angeschafft. Diese Anlagen beinhalten u. a. eine hochkomplexe Cluster-Tool-Plasma-Depositionsanlage sowie großflächige Messplätze für AFM, Degradation und Solarzellencharakterisierung.

Entwicklung mikromorpher Si-Dünnschichttechnologie für großflächige PV-Module II

- Förderkennzeichen:** 0327636A
Laufzeit: 01.01.2010 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 672.959 €
Projektpartner: SCHOTT Solar Thin Film GmbH – Phototronics

Kurzfassung: SCHOTT Solar Thin Film produziert bereits heute mit großem Erfolg 40 MWp Dünnschichtmodule auf Basis einer α -Si/ α -Si Tandemzelle mit bis zu 105 W stabilisierter STC-Leistung auf 1,4 m² Fläche, entsprechend einem Modulwirkungsgrad von 7,5 %. Mit dem α -Si/mc-Si Tandemzellkonzept ("mikromorph") wurde eine Erhöhung des Zell- und Modulwirkungsgrad im vorliegenden Projekt angestrebt. Schwerpunkt im Projekt war die Optimierung der PECVD-Prozesse, die Untersuchung der Stabilität der Zellen, Light-Management, präzises Flashen von Tandemzellen, Entwicklung von Charakterisierungsmethoden und innovative Zellverschaltungskonzepte. Auf Zellebene wurde mit 13 % ein beachtlicher initialer Wirkungsgrad erreicht. Auf 1,4 m² großer Fläche wurden 143 W initial und 122 W stabile Module erreicht.

EpiTest A: Herstellung und Test von Epitaktischen Waferäquivalenten im Technikumsmaßstab

Förderkennzeichen: 0327672A

Laufzeit: 01.06.2007 – 30.06.2010

Zuwendungssumme: 1.003.100 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Ziel des Verbundprojekts EpiTest ist, in einer Technikumsphase zur Herstellung epitaktischer Waferäquivalent-Solarzellen vorhandene Qualitäts- und Durchsatzprobleme zu erkennen und zu bereinigen.

Im Ergebnis sollen Module mit Flächen um 1 m² mit Wirkungsgraden um 13,5% stabil und reproduzierbar hergestellt werden können. Ein Schwerpunkt des Projekts ist die Silizium-Epitaxie, die mit Betriebsdauern über mehrere Stunden getestet werden soll. Weitere Schwerpunkte bei der Solarzellentechnologie sind auch Plasmaverfahren, um an das Waferäquivalent angepasste Prozessschritte zu entwickeln.

Die epitaktischen Waferäquivalente können mit geringen Modifikationen in die bestehenden Prozesslinien eingespeist werden und somit die Fortschritte und Investitionen der Silizium-Wafer-technologie verwenden.

Verbundvorhaben: Lichtmanagement für industriell gefertigte Silizium-Dünnschichtmodule – LIMA

Förderkennzeichen: 0327693A; 0327693B; 0327693C; 0327693D;
0327693E; 0327693G; 0327693H; 0327693J

Laufzeit: 01.07.2007 – 31.12.2010

Zuwendungssumme: 4.410.835 €

Projektpartner: Forschungszentrum Jülich GmbH – Institut für Photovoltaik (IPV) (Kordinator); Applied Materials GmbH & Co. KG – Geschäftsbereich Großflächenbeschichtung – Abt. Entwicklung; Sentech Instruments GmbH; Sunfilm AG; SCHOTT Solar Thin Film GmbH – Phototronics; SAINT-GOBAIN SEKURIT Deutschland GmbH & Co. KG – Werk Herzogenrath; Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH- Institut Silizium-Photovoltaik (E-11); Malibu GmbH & Co. KG

Kurzfassung: Das Projekt "Lichtmanagement für industriell gefertigte Silizium-Dünnschichtsolar-module" unter Koordination des Forschungszentrums Jülich wollte die Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit von Dünnschichtmodulen erhöhen und gleichzeitig die Herstellungskosten senken. Wichtig für die Leistung dieser Solarmodule ist die optimale Ausnutzung des einfallenden Lichtes. Auf dieses Lichtmanagement kann etwa ein Drittel der Modulleistung zurückgeführt werden. Das Lichtmanagement erfolgt durch die Kombination von lichtstreuenden Strukturen und hoch-reflektierenden Kontakten. Im Rahmen des Verbundvorhabens LIMA beschäftigten sich vier Forschungsanstalten und sechs Industrieunternehmen mit der Optimierung vorhandener und neuer Konzepte zum Lichtmanagement sowie kostengünstigeren Herstellungsverfahren.

Beschichtung von flexiblen Substraten mit α -Silizium pin-Solarzellen mittels einer VHF-PECVD-Durchlaufanlage**Förderkennzeichen:** 0329563E**Laufzeit:** 01.10.2006 - 31.03.2010**Zuwendungssumme:** 653.687 €**Projektpartner:** Technische Universität Dresden – Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik – Institut für Halbleiter- und Mikrosystemtechnik (IHM)

Kurzfassung: Das Gesamtziel des Vorhabens besteht in der Weiterentwicklung eines hochproduktiven dynamischen Verfahrens zur Abscheidung von α -Si:H-Solarzellen auf flexiblen Polymerfolien mittels einer VHF-Plasma-CVD-Durchlaufanlage. Das Vorhaben beinhaltet die Entwicklung einer Technologie zur Herstellung einfacher pin – Solarzellen auf flexiblem Bandsubstrat einschließlich der Bearbeitung von Rolle auf Rolle. Ziel ist es, das anlagentechnische Know How für die Beschichtung nicht nur flexibler pin-Solarzellen zu erlangen, sondern diese Technologie für weitere Bereiche, wie z. B. den medizinischen Bereich, Labels usw. zu nutzen. Die prinzipielle Eignung der VHF-Durchlaufanlage für die Beschichtung von α -Si:H Solarzellen mit hohen Raten ($>100\text{nm}/\text{min}$) wurde bereits im Vorläuferprojekt nachgewiesen.

3.3 Dünnschichttechnologien: CIS/CIGS

CIS- bzw. CIGS-Module sind nach den in ihnen enthaltenen Elementen Kupfer, Indium, Gallium, Schwefel oder auch Selen abgekürzt. Die CIS- / CIGS-Module wurden 1999 erstmals im Pilotmaßstab (1 MW pro Jahr) gefertigt, seit 2006 läuft die Serienproduktion. Die Vorteile gegenüber Siliziumwafern sind dieselben wie die der siliziumbasierten Dünnschichtmodule: großflächige Beschichtung, integrierte Serienschaltung, hohe Materialeinsparung, größere Flexibilität bei der Verwirklichung innovativer Zellkonzepte und kürzere Energierücklaufzeiten. Ihr Vorteil gegenüber den siliziumbasierten Dünnschichtmodulen liegt in dem höheren Wirkungsgrad der CIS- / CIGS-Module. Mit Werten zwischen 12 und 13 % ist es der vergleichsweise höchste Wirkungsgrad aller am Markt befindlichen Dünnschichttechnologien.

Weltrekorde wie der am Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) bestätigen zudem das Entwicklungspotenzial dieser Technologie. Auch machen sie die Spitzenstellung der deutschen Forschung in diesem Bereich deutlich. Mit einem Wirkungsgrad von 20,3 % ist es den Forschern dort gelungen, erstmalig mit einer Dünnschichttechnologie (CIGS) ein Niveau zu erreichen, das bislang den Solarzellen aus kristallinen Siliziumwafern (c-Si) vorbehalten war. Noch sind c-Si-Zellen insgesamt kostengünstiger als CIGS-Zellen, sie produzieren also mehr Strom für das gleiche investierte Geld. Mit dem neuen Weltrekord ist denkbar, dass dieses Verhältnis in Zukunft anders aussehen könnte. Das Ergebnis von 20,3 % wurde bisher erst einmal unter Laborbedingungen erreicht, die entsprechende Weltrekordzelle ist 0,5 cm² groß. Die Erkenntnisse sollen nun in die industrielle Fertigung übertragen werden.

Im Gegensatz zur siliziumbasierten Dünnschichttechnologie hat sich der Markt für CIS- und CIGS-Module seit Markteinführung rasant entwickelt. Von ursprünglich drei



Fassadenintegrierte CIS-Anlage am „World Jewellery Centre“, Mailand, mit 1077 GeneCIS-Modulen der Würth Solar. Quelle: Würth Solar GmbH & Co. KG / Schwäbisch Hall

deutschen Produzenten ist deren Zahl auf mittlerweile elf angestiegen. In Deutschland wurden dort nach Schätzungen der Fachzeitschrift Photon (Januarausgabe 2011) Module mit rund 150 MW produziert, für das Jahr 2011 erwarten die Unternehmen demnach eine Produktion von rund 315 MW. Die Produktionskapazität in Deutschland liegt bei 310 MW. Noch werden die solaraktiven Schichten auf Glas abgeschieden, flexible CIS-Module werden jedoch bereits entwickelt.

Auch im Ausland entwickelt sich der Markt weiter: Der japanische Hersteller Solar Frontier hat im Februar 2011 eine Produktion für CIS-Zellen mit einer Kapazität von 900 MW jährlich in Betrieb genommen. Auf drei Produktionslinien mit jeweils 300 MW Kapazität sollen im Endausbau, nach Unternehmensangaben geplant für den Sommer 2011, Module mit einer Fläche von 0,78 Quadratmetern und einem Wirkungsgrad von 12,2 % hergestellt werden. In Deutschland erreichen einzelne Produktionslinien bislang maximale Kapazitäten von 30 MW. Allerdings bieten die Unternehmen Centrotherm und Manz Automation mittlerweile schlüsselfertige Produktionslinien mit insgesamt bis zu 120 MW an, Avancis errichtet zurzeit eine Linie mit 100 MW.

Die Bundesregierung fördert Forschung und Entwicklung in der CIS-/CIGS-Technologie kontinuierlich seit 1989. Anhand der bisher geschaffenen Produktionsstätten und der damit gewonnenen Arbeitsplätze lässt sich der Erfolg der Förderung verdeutlichen. Grundlegende Fragestellungen zu Grenzflächen und der strukturellen Zusammensetzung des Halbleiters müssen nun weiter untersucht werden. Je mehr Module produziert werden, desto notwendiger wird zudem eine hinreichende Qualitätssicherung.

Geförderte Forschungsaktivitäten betreffen dieselben Bereiche wie auch die der siliziumbasierten Dünnschichtmodule, entsprechend der Förderbekanntmachung vom 20. November 2008:

- Innovative Konzepte und Prozesse sollen aus dem Technikumsmaßstab für die industrielle Produktion umgesetzt werden.
- Prozesse sollen zudem optimiert werden mit den Zielen erhöhte Abscheideraten, reduzierter Materialverbrauch, reduzierter Energieeinsatz und verbesserter Wirkungsgrad, wobei darauf zu achten ist, die Kosten zu minimieren.
- Das Degradationsverhalten soll untersucht werden, um langzeitstabile Dünnschichtstrukturen zu entwickeln.
- Konzepte sollen entwickelt werden, anhand deren Grundlage das Sonnenlicht und dessen Lichtspektrum besser ausgenutzt werden kann.

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

Förderkennzeichen: 0325043A; 0325043B

Laufzeit: 01.05.2008 – 30.04.2011

Zuwendungssumme: 1.238.002 €

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

Kurzfassung: 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 1000 mm/s gesteigert werden und der Wirkungsgrad der CIS-Zelle durch eine Optimierung der Materialzusammensetzung erhöht werden.

Verbundprojekt: Reliability von CIS-Dünnschichtsolarzellen (RECIS)

Förderkennzeichen: 0325148A; 0325148B; 0325148C

Laufzeit: 01.08.2009 – 31.07.2012

Zuwendungssumme: 493.340 €

Projektpartner: Würth Solar GmbH & Co. KG (Kordinator); Hochschule Ulm – Fakultät Mechatronik und Medizintechnik; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Kurzfassung: 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 €

Projektpartner: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) – Abt. 3 – Thermosensoren und Photovoltaik (Koordinator); Würth Solar GmbH & Co. KG

Kurzfassung: 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 Untersuchungen konzentrieren sich auf die Optimierung der Meßmethoden zur Differenzierung und Charakterisierung dieser Fehler. Zusätzliche Simulationen des Forschungszentrum Jülich fördern das Verständnis der Verlustmechanismen.

Die Ergebnisse werden zur Optimierung des Herstellungsprozesses und Effizienzsteigerung genutzt, um so das Potential 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 €

Projektpartner: CIS Solartechnik GmbH & Co. KG

Kurzfassung: CIS Solartechnik hat ein kostengünstiges Produktionsverfahren für flexible CIS Solarzellen entwickelt und erprobt alle Prozessschritte in einer Pilotlinie. Die wesentlichen Merkmale bestehen in der galvanischen CIS Precursorherstellung und kontinuierlichen Rolle zu Rolle Prozessen auf Metallbändern. Das Projektziel ist eine Verbesserung der Leistungsparameter des CIS Absorbers, um die Qualität zu steigern und die Produktionskosten zu verringern. Hierbei spielt auch die Alterungsstabilität der Solarzellen eine zentrale Rolle. Das Projekt besteht aus drei Arbeitspaketen: 1. Flächenhomogenisierung des CIS Absorbers 2. Stabilisierung von Photostrom, Photospannung und Füllfaktor 3. Vergrößerung der Bandlücke. Die Projektergebnisse fließen direkt in die Planung einer Produktionsanlage ein.

Bandbeschichtungsanlage zur Herstellung von CIGS-Dünnschichtsolarzellen im "Rolle-zu-Rolle-Verfahren" (CISROLL)

- Förderkennzeichen:** 0327578
Laufzeit: 01.05.2006 – 30.06.2010
Zuwendungssumme: 4.354.513 €
Projektpartner: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Kurzfassung: Im Rahmen des CISROLL-Vorhabens wurde eine Rolle-zu-Rolle Bandbeschichtungsanlage für die vorindustrielle Fertigung von CIGS-Solarzellen auf flexiblen Foliensubstraten geplant, gebaut und am ZSW in Betrieb genommen. Das Anlagenkonzept wurde dabei in enger Zusammenarbeit mit einem Anlagenbauer entwickelt. Parallel dazu entwickelte das ZSW die Substratheizung und die Verdampferquellen zur Beschichtung des Foliensubstrates. Mit einer Bandbreite von 30 cm entstand eine Anlage, die die Herstellung von CIGS-Solarzellen auf Foliensubstraten in einem vorindustriellen Maßstab realisieren kann. Die Übertragung der hier entwickelten Technikumschichtungsanlage in den industriellen Maßstab (Bandbreite 60 – 120 cm) eröffnet neue Absatzchancen für derartige Anlagen und Produkte bei der Industrie.

Verbundprojekt: Kontrollierte Dotierung im CuInS_2 -System (KD-CIS)

- Förderkennzeichen:** 0327589B; 0327589C; 0327589D
Laufzeit: 01.01.2007 – 30.04.2010
Zuwendungssumme: 1.003.728 €
Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH (Koordinator); 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 – AG Energie- und Halbleiterforschung (EHF)

Kurzfassung: Das Projekt hatte zum Ziel, durch eine deutliche Leistungssteigerung von Solarmodulen aus Kupfer-Indium-Sulfid (CuInS_2 , kurz "CIS") die CIS-Dünnschichttechnologie für den Photovoltaikmarkt auch bei reduzierter Subventionierung der Photovoltaik wettbewerbsfähig zu machen. Zur Erreichung dieses Zieles wurde der Einfluss von gezielten Verunreinigungen in der CIS-Schicht auf die elektronische Struktur analysiert, der Herstellungsprozess mit einer neuartigen in-situ Prozesskammer untersucht sowie Degradationsmechanismen der Solarzellen studiert. Durch den Einbau von Ga konnte ein neuer, zertifizierter Rekordwirkungsgrad von 12,8 % erreicht werden.

Verbundprojekt: HT CIGS – Entwicklung von Cu(In, Ga) S_2 -Dünnschichtsolarmodulen

Förderkennzeichen: 0327589E; 0327589F; 0327589G; 0327589H

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2012

Zuwendungssumme: 1.494.619 €

Projektpartner: Sulfurcell 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

Kurzfassung: Ziel des Forschungsprojekts ist es, erstmals Selen-freie Dünnschichtsolarmodule auf Chalkopyrit-Halbleiterbasis mit Wirkungsgraden $> 10\%$ zu entwickeln und diesen Prozess in die MW-Produktion zu überführen. Dazu arbeiten Mitarbeiter der Sulfurcell Solartechnik GmbH, des Helmholtz-Zentrums Berlin sowie der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg gemeinsam daran, den bisher nur auf kleiner Fläche ($5 \times 5 \text{ cm}^2$) im Labor existierenden Herstellungsprozess auf die Sulfurcell-typische Modulmaße von $125 \text{ cm} \times 65 \text{ cm}$ zu skalieren.

Für den CIGS-Laborprozess hält das HZB den Wirkungsgrad-Weltrekord mit knapp 13% , erste gefertigte CIGS-Module erreichen bereits heute $> 9,5\%$. Parallel zur Skalierung wird vom Projektteam an geeigneten schnellen Absorber-Prozesskontrollen für diesen neuen Prozess gearbeitet.

Pufferschichten durch ILGAR Bandbeschichtung für Cu(In, Ga) (S, Se) $_2$ Solarzellen

Förderkennzeichen: 0327657

Laufzeit: 01.11.2007 – 31.10.2011

Zuwendungssumme: 958.929 €

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH

Kurzfassung: Zur kostensparenden Roll-to-roll-Produktion von Dünnschichtsolarmodulen auf Bandsubstraten fehlt einzig für die Pufferschicht ein bewährter Abscheidprozess. Spray-ILGAR (Ion Layer Gas Reaction) besitzt ideale Voraussetzungen für eine solche in-line-Produktion. Das Verfahren hat auf stationären Substraten gezeigt, dass es Cd-freie Pufferschichten für effiziente, Langzeit-stabile Chalkopyrit-Solarzellen robust produzieren kann. Bester Zellwirkungsgrad ($0,5 \text{ cm}^2$ auf $2,5 \times 2,5 \text{ cm}^2$ Substrat) lag bisher bei $16,4\%$, bester Modulwirkungsgrad ($30 \times 30 \text{ cm}^2$) bei 13% . CIS-Solartechnik baut gerade eine Pilotfertigung für Cu(In,Ga)(S,Se) $_2$ Solarzellen auf Stahlband auf. Ziel des gemeinsamen Projektes ist es, die ILGAR-Pufferdeposition in einen Bandprozess umzusetzen, unter diesen speziellen Bedingungen zu verstehen und die Materialentwicklung voranzutreiben.

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

- Förderkennzeichen:** 0327665A; 0327665B; 0327665C; 0327665D; 0327665E
- Laufzeit:** 01.06.2007 – 31.05.2011
- Zuwendungssumme:** 3.976.264 €
- 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

Kurzfassung: 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 €
- Projektpartner:** Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Kurzfassung: Basierend auf $\text{Cu}(\text{In,Ga})\text{Se}_2$ (CIGS) als dem Absorbermaterial mit dem höchsten Wirkungsgrad aller Dünnschicht-PV Technologien, soll in diesem im April 2010 begonnenen Vorhaben die erfolgreiche Entwicklung der CIGS-Technologie und deren Transfer in die Industrie fortgesetzt werden. Durch ein tieferes Verständnis des CIGS-Wachstums soll ein neuer Zellrekord von 21 % erzielt werden und durch Verbesserungen an allen Einzelprozessen bei der Herstellung von $30 \times 30 \text{ cm}^2$ Modulen eine Steigerung des Modulwirkungsgrades auf > 17 % umgesetzt werden.

Als herausragendes Ergebnis im ersten Projektjahr ist die Steigerung des CIGS Zellwirkungsgrades von 20,0 % (NREL, USA) auf den neuen Rekordwert von 20,3 % zu nennen (0,5 cm^2 , mit ARC, zertifiziert am FhG ISE).

CIS-Solarmodule: Ausschöpfung der Entwicklungspotentiale für die Serienfertigung

Förderkennzeichen:	0329843E
Laufzeit:	01.03.2006 – 28.02.2010
Zuwendungssumme:	6.403.669 €
Projektpartner:	Würth Solar GmbH & Co. KG

Kurzfassung: Die CIS-Technik hat das Potenzial sich kostenmäßig gegenüber anderen Technologien auf dem PV Markt durchzusetzen. Aufbauend auf die erfolgreichen Arbeiten in der Pilotierungsphase erarbeitete die Würth Solar weitere Verbesserungen und Innovationen für die Serienfertigung.

An den Produktionsanlagen werden Ziel gerichtete Prozessoptimierungen durchgeführt und im Hintergrund Innovationen vorbereitet. Der Schwerpunkt der Arbeiten ist die Steigerung des Modulwirkungsgrades von ca. 12% auf 14% durch Optimierung der Prozesse und Modifikationen in der Anlagentechnik. Weitere Schwerpunkte sind die erhebliche Reduzierung der Taktzeiten als auch die Optimierung der Prozessausbeuten über die ganze Linie hinweg. Im Erfolgsfall in der Vorentwicklung werden die Ergebnisse für die Produktion qualifiziert.

Vorbereitung der CIS-Technologie für die Netzparität "CIS GP"

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

Kurzfassung: 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 Kadmium-haltigen 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.

3.4 Systemtechnik, Netzanbindung und übergreifende Fragestellungen

Photovoltaikanlagen an vorhandene Stromnetze anzuschließen, ist heutzutage einfach und kostengünstig zu handhaben. Dazu dienen Wechselrichter, die den Gleichstrom der PV Anlage in Wechselstrom wandeln. Diese Geräte können aber auch Systemdienstleistungen zur Verfügung stellen, also helfen, das Netz zu stabilisieren. Deutschland behauptet auf diesem Gebiet zurzeit eine Spitzenposition gegen starke internationale Konkurrenz, innovative Produkte und stetige Weiterentwicklungen sind dafür allerdings unerlässlich.

Das Marktforscherunternehmen iSuppli hat berechnet, dass die weltweiten Fertigungskapazitäten für Wechselrichter nun bei rund 50 GW liegen. 2010 war ein erfolgreiches Jahr für die gesamte Photovoltaikbranche, so auch für den Markt der Wechselrichter. Schätzungen von iSuppli für das Jahr 2011 ergeben allerdings, dass lediglich 22 GW weltweit installiert werden – die deutschen Unternehmen werden sich gegen ihre Konkurrenz durchsetzen müssen. Noch steht Deutschland an der Spitze, die deutsche Firma SMA Solar Technology ist Marktführer. Bei einem Großteil der Geräte liegt laut Vorstandsvorsitzendem Günther Cramer (gleichzeitig Präsident des BSW-Solar) der Wirkungsgrad bei über 98 %, aktuelles Forschungsziel des Unternehmens ist ein Wirkungsgrad von 99 %. Dieser Prozentpunkt bedeutet, dass die Verluste halbiert werden, wodurch sich die Kosten reduzieren und sich eine längere Lebensdauer ergibt. SMA ist an verschiedenen BMU-Förderprojekten beteiligt.

Ein weiteres Beispiel für die starke Position Deutschlands – speziell innerhalb der Forschungslandschaft – ist das im Herbst 2010 eingerichtete Speziallabor für Qualitäts- und Haltbarkeitstests für Wechselrichter der MW-Klasse am Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE). Es ist bislang das einzige Labor in Europa, das Tests zum Low Voltage Ride Through-Verhalten der Wechselrichter stationär anbietet. Bei diesen Tests werden kurzzeitige Netzstörungen simuliert, um zu prüfen, ob der Wechselrichter diese Fehler überbrückt und somit in der Lage ist, das Netz zu stabilisieren.

Je mehr PV-Strom produziert wird, desto wichtiger wird die Frage, wie das Stromnetz mit der vermehrt dezentral erzeugten Leistung umgehen kann. Wechselrichter können etwa eine Rolle spielen, wenn es darum geht, wie die Schnittstelle zwischen Netz und Gebäude als Teil der Netzregelung fungieren kann. Ein anderer möglicher Weg



Steuerpult für die „Low Voltage Ride Through“-Prüfeinrichtung zum Test von Wechselrichtern nach der neuen Mittelspannungsrichtlinie. Quelle: Fraunhofer ISE

wäre es, PV-Anlagen mit modernen Speichern zu kombinieren, die sowohl in das Netz einspeisen aber auch ein isoliertes Inselnetz versorgen können. Projekte, die über die Fragestellungen der Photovoltaik hinausgehen, also das übergeordnete Problem der dezentral einzuspeisenden Energie etwa auch durch Windenergieanlagen adressieren, werden seit 2008 dem Förderschwerpunkt „Netzintegration“ zugeordnet (siehe Kapitel 7).

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 bei uns dann, wenn im ländlichen Raum beispielsweise entlegene Funkstationen betrieben werden müssen. Speziell für diese Anwendungen sind Systeme unter Einbeziehung von Photovoltaik heute kostengünstiger als beispielsweise der Einsatz von Dieselgeneratoren. Weil jedoch die regenerativen Systeme komplexer sind, wird untersucht, wie Erzeuger, Speicher und Verbraucher zusammen funktionieren können, die Auslegung der Inselssysteme soll möglichst optimal erfolgen. Das System soll zuverlässig funktionieren, gleichzeitig auch vertretbare Stromkosten erzeugen. Das Energieangebot muss also einerseits geklärt werden. Andererseits muss die Nach-

frage nach Energie geklärt werden, wer innerhalb des Systems wann wie viel verbraucht. Auf diese Werte muss schließlich der Speicher angepasst werden, er stellt zunehmend die systembestimmende Größe für ein Inselnetz dar. Hierfür werden neue Speichermöglichkeiten wie etwa lithiumbasierte Akkus getestet. Gegebenenfalls sind auch Prioritäten in der Energieversorgung festzulegen, eine Frage des Systemmanagements.

Auch übergreifende Fragestellungen zum gesamten PV-Netz werden gefördert. Die Aufgaben bestehen darin, die Lebensdauer von Modulen und Leistungselektronik zu erhöhen, Stoffe zu vermeiden, die Umwelt und Gesundheit belasten könnten, den Energieeinsatz in der Produktion zu verringern sowie ein geeignetes Recycling für PV-Module zu entwickeln.

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 2010 neu hinzugekommen sind Task 13 „PV Performance and Reliability“ sowie Task 14 „High Penetration of PV Systems in Electricity Grids“.

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 €
Projektpartner: SMA Solar Technology AG

Kurzfassung: In dem Projekt "PV-EMS", das insbesondere dezentral aufgebaute Photovoltaik-Großanlagen zum Untersuchungsgegenstand hat, werden die beiden zentralen Aspekte thematisiert, die für die Photovoltaik zukunftsweisend sind. Dies ist zum einen die Netzintegration, die aufgrund der wachsenden Zahl dezentraler PV-Anlagen an Bedeutung gewinnt. Zum anderen muss die Photovoltaik mittelfristig auch ohne Subventionierung wirtschaftlich sein. Hierfür ist eine weitere Kostensenkung auch bei der Systemtechnik erforderlich.

Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer neuen modularen Systemtechnik für PV-Anlagen der Größenordnung 10 kW bis in den MW-Bereich, die insbesondere eine optimale Netzintegration ermöglicht.

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 €
Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 2: Bau- und Umweltingenieurwissenschaften – Lehrstuhl für Bauphysik – Abt. Ganzheitliche Bilanzierung (Koordinator);
 Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Kurzfassung: 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, ZSW1 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 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel

Kurzfassung: 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. Eine zentrale Aufgabe besteht in der Erarbeitung von Richtlinien, welche das Bauprodukt "PV-Bauelement" ausreichend für eine Typprüfung beschreiben.

Ultra kompakter PV-Wechselrichter mit Siliziumcarbid-Halbleitern und hohem Wirkungsgrad

Förderkennzeichen: 0325068

Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2010

Zuwendungssumme: 1.332.906 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: In diesem Projekt wurde die Verwendung von Transistoren aus Siliziumcarbid (SiC) in PV-Wechselrichtern untersucht. Mit einem einphasigen Wechselrichter konnte ein Wirkungsgradweltrekord von 99 % erzielt werden. Ferner wurde ein ultrakompakter dreiphasiger 5 kW Wechselrichter mit 48 kHz Schaltfrequenz entwickelt, dessen Leistungsdichte um den Faktor drei bis vier über der Leistungsdichte heutiger auf dem Markt erhältlicher Wechselrichter liegt. Trotz der hohen Schaltfrequenz und extremer Leistungsdichte ist der Wirkungsgrad des Wechselrichters mit SiC-Transistoren um 1,3 % besser als es heute mit IGBTs bei gleicher Topologie und 16 kHz möglich ist. So bieten SiC-Transistoren die Möglichkeit die Produktionskosten zu reduzieren und die Energieerträge und damit die Rendite zu steigern.

Verbundprojekt: Langzeitstabilität und Leistungscharakterisierung von Dünnschicht-Solarmodulen

Förderkennzeichen: 0325070A; 0325070B

Laufzeit: 01.10.2008 – 30.09.2012

Zuwendungssumme: 3.436.486 €

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

Kurzfassung: Ziel des Vorhabens ist es, die Markteinführung von Dünnschicht(DS)-Solarmodulen zu beschleunigen. Hierzu wurden beim TÜV Rheinland und am ZSW Prüfkapazitäten zur Leistungscharakterisierung und für Stabilitätsuntersuchungen an DS-Solarmodulen aufgebaut. In diesem Vorhaben werden Mess- und Prüfmethode entwickelt und der deutschen Dünnschicht-PV-Industrie ausreichend Testkapazität für entwicklungsbegleitende Untersuchungen zur Verfügung gestellt. Schwerpunkte der F&E-Arbeiten sind dabei:

Entwicklung von spezifischen Messverfahren zur Leistungscharakterisierung von Dünnschichtmodulen, 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 €
Projektpartner: KACO new energy GmbH

Kurzfassung: 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 Dieselgeneratoren 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 €
Projektpartner: TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH (Kordinator);
 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE);
 Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: 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 sollen Betriebsdaten von PV-Anlagen in verschiedenen Klimazonen begründete Aussagen zur Zuverlässigkeit und Ertragsstärke gewonnen werden. Im Rahmen des Vorhabens soll im Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS) der Internationalen Energieagentur unter dem Titel "Performance and Reliability of PV Systems" ein internationaler Task geleitet werden. Ziel des IEA PVPS Task 13 ist es, aus 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 €
Projektpartner: Sunicon Aktiengesellschaft

Kurzfassung: 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 – 31.08.2012
Zuwendungssumme: 143.860 €
Projektpartner: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen,
Lehrstuhl für Stochastik und Wirtschaftsmathematik

Kurzfassung: 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 Annahmeproofung stützen. Da die Leistungsdaten i.d.R. nicht normalverteilt 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 €
Projektpartner:	Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG)

Kurzfassung: Die Möglichkeiten zur rückführbaren Messung (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 angepassten Referenzen 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 €
Projektpartner:	Kostal Industrie Elektrik GmbH

Kurzfassung: 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.

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

Kurzfassung: Um PV-Stromrichter in Funktion, Qualität und Betriebsverhalten vergleichen zu können, sind einheitliche Begriffsdefinitionen, Qualitätskriterien und standardisierte Prüfverfahren unabdingbar. Datenblatt- und Typenschildangaben sind wichtige Entscheidungshilfen für Handel, Planer, Handwerk und Kunden. IWES koordiniert das Projekt **OPTINOS**, in dem zahlreiche deutsche PV-Stromrichterhersteller, ein VDE-Prüf- und Zertifizierungsinstitut und ein Prüfsystem-Hersteller vertreten sind.

IWES wird in Diskussion mit den Industriepartnern fundierte, im Labor erprobte Prüfprozeduren entwickeln, die in nationale und internationale Standardisierungsprozesse einfließen können. Damit soll das Projekt einen wesentlichen Beitrag zur Funktions-, Qualitäts- und Leistungsicherung von PV-Systemen leisten.

Photovoltaik-Wechselrichter mit USV – (unterbrechungsfreie Stromversorgung) und PQ- (power Quality) Funktion

Förderkennzeichen: 0327582
Laufzeit: 01.06.2006 – 30.11.2010
Zuwendungssumme: 1.001.378 €
Projektpartner: Kostal Industrie Elektrik GmbH

Kurzfassung: Ein immer größer werdender Anteil des elektrischen Stromes wird durch regenerative Energien erzeugt und überwiegend dezentral ins Verbundnetz eingespeist. In Zukunft werden daher diesen dezentralen Energieerzeugern auch zunehmend Aufgaben zur Verbesserung der Netzqualität zufallen.

In diesem Projekt werden Verfahren untersucht, wie diese Zusatzfunktionen bei Photovoltaik-Wechselrichtern realisiert werden können. Ausgehend von heute üblichen Wechselrichtern, wie sie Stand der Technik sind, werden Konzepte für z.B. Verbesserung der Spannungsqualität, Stützung und Entlastung der Netze auf der Niederspannungsebene und die Bereitstellung von Energie bei Netzausfall erstellt und untersucht.

Verbundprojekt: Teilnahme eines deutschen Konsortiums an der IEA PVPS task 11

Förderkennzeichen:	0327598A; 0327598B
Laufzeit:	01.09.2006 – 31.12.2010
Zuwendungssumme:	230.293
Projektpartner:	Steca Elektronik GmbH (Koordinator); SMA Technologie AG

Kurzfassung: The scope of Task 11 is PV based hybrid generators that combine PV with other electricity generators and also energy storage systems. A particular focus is on mini-grid systems in which energy generators, storage systems and loads are interconnected by a "stand-alone" AC distribution network with relative small rated power and limited geographical area. The mini-grid concept has potential applications that range from village electrification in less developed areas to "power parks" that offer ultra-reliable, high quality electrical power to high tech industrial customers. These systems can be complex, combining multiple energy sources, multiple electricity consumers, and operation in both island (stand-alone) and utility grid connected modes. Steca leads the german consortium.

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

Förderkennzeichen:	0327656
Laufzeit:	01.06.2007 – 31.12.2013
Zuwendungssumme:	826.918 €
Projektpartner:	Steca Elektronik GmbH

Kurzfassung: 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.

3.5 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 1 cm^2 . Mit Linsen oder Spiegeln wird das Licht auf diese Punkte konzentriert. Dadurch entsteht eine 500- bis 1000fache Konzentration, wodurch ein Zellwirkungsgrad von über 40 % 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 bieten zwei Unternehmen konzentrierende Photovoltaik-Systeme an. Weltweit stellen nur zwei Firmen aus den USA sowie die deutsche AZUR Space das passende Zellmaterial her, überwiegend die oben beschriebenen III - IV Halbleiter, mit Elementen der dritten und vierten Hauptgruppe. Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (Fraunhofer ISE) in Freiburg hatte Anfang 2009 mit 41,1 % den Wirkungsgradweltrekord für konzentrierende Photovoltaik-Systeme erreicht. Im Sommer 2009 wurde der Weltrekord von Spectrolab, einem Boeing-Tochterunternehmen in Kalifornien, mit 41,6 % zwar nochmals übertroffen, für die Ent-



FLATCON®-Modul als Beispiel für ein konzentrierendes Photovoltaik-Modul. Durch Rauch wird die Bündelung der Lichtstrahlen visualisiert.

Quelle: Fraunhofer ISE

wicklung ihrer metamorphen Dreifachsolarzelle, dem Weltrekord von Anfang 2009, nahmen Dr. Andreas Bett und Dr. Frank Dimroth vom Fraunhofer ISE aber noch im Mai 2010 die höchste Auszeichnung der Fraunhofer-Gesellschaft, den Joseph-von-Fraunhofer-Preis 2010, entgegen. Dr. Frank Dimroth wurde im Juni 2010 für die Rekordzelle zudem mit dem Preis der „Fondation Louis D“ ausgezeichnet, dem höchst dotierten Wissenschaftspreis Frankreichs.

Die Entwicklungsziele für konzentrierende Photovoltaik-Systeme, speziell für die industrielle Produktion, liegen ebenfalls 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 % zu erreichen.

CdTe-Solarzellen

CdTe-Solarzellen sind Dünnschichtmodule aus dem Verbindungshalbleiter Kadmium-Tellurid (CdTe). Sie sind seit einigen Jahren auf dem Markt und derzeit mengenmäßig die dominierende Dünnschichttechnologie. Produziert wird Kadmium-Tellurid hauptsächlich in den USA, in Deutschland und in Asien. Nur wenige Firmen beschäftigen sich allerdings mit der Herstellung der Module. Ihr Wirkungsgrad liegt bei etwa 9 bis 10 %, dafür ist der Herstellungsprozess schnell, einfach und robust. Derzeit werden einige wenige Projekte zur Grundlagenforschung gefördert, die unter anderem der Ausbildung qualifizierter akademischer Fachkräfte für die deutschen Produktionsstätten dienen.

Neue Forschungsansätze

Es gibt regelmäßig neue Vorschläge zu geeigneten Absorbermaterialien 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. Das aktuelle Beispiel aus der Projektförderung ist das Projekt NEPHOS. Hier entwickeln die Projektpartner Solarzellen auf der Basis von „Schwarzem Silizium“ und „Schwarzem Zinkoxid“. Diese Art Halbleiter wird bereits in hochempfindlichen Photodetektoren als Sensormaterial eingesetzt, so dass es möglich sein könnte, das Material auch für photovoltaische Zwecke einzusetzen.

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 €
Projektpartner: AZUR SPACE Solar Power GmbH

Kurzfassung: 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 Konzentrator-Solarzellen 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 – 31.07.2011
Zuwendungssumme: 851.722 €
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

Kurzfassung: Um den erhöhten Bedarf an regenerativen Energien in den nächsten Jahrzehnten decken zu können werden neue Solarzellenkonzepte benötigt. Dazu muss vor allem der Wirkungsgrad gesteigert werden. Schwarzes Silizium wird daher als neues Ausgangsmaterial für Solarzellen untersucht. Es hat eine besonders hohe Absorption bis weit in den nahen Infrarotbereich hinein. Der theoretisch mögliche Wirkungsgrad von Solarzellen auf Basis von schwarzem Silizium ist somit viel höherer als bei herkömmlichen Solarzellen. Weiterhin werden neben Silizium auch andere Ausgangsmaterialien wie Zinkoxid auf ihre Verwendbarkeit für Solarzellen hin untersucht. Der 1. Meilenstein wurde mit einer black silicon Solarzelle mit einem Wirkungsgrad von 2,4% erreicht.

KoMGenb – Entwicklung von Konzentratormodulen der nächsten Generation

Förderkennzeichen: 0327567A

Laufzeit: 01.04.2010 – 31.03.2014

Zuwendungssumme: 3.041.590 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Im Projekt "Entwicklung von Konzentratormodulen der nächsten Generation – KoMGen" 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. "concentraing photovoltaic and thermal system"). Die Konzepte werden im Projekt sowohl technisch als auch ökonomisch evaluiert und bilden die Grundlage für zukünftige photovoltaische Konzentratormodule.

Entwicklung der nächsten Generation von FLATCON Konzentratormodulen mit reduzierten Kosten (CPV-Gen2)

Förderkennzeichen: 0327662A

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2011

Zuwendungssumme: 862.620 €

Projektpartner: Concentrix Solar GmbH

Kurzfassung: Concentrix Solar GmbH ist eines der weltweit führenden Unternehmen im Bereich der Konzentratort-Photovoltaik und hat Ende 2008 eine vollautomatisierte Produktionslinie zur Fertigung von FLATCON(R)-Modulen in Betrieb genommen. Der Photovoltaikmarkt ist zurzeit durch eine massive Reduktion der Modulpreise gekennzeichnet. Dies erhöht den Kostendruck auf die noch junge Konzentratortechnik. Die Ziele dieses Projektes, das in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer ISE durchgeführt wird, sind dementsprechend: Methoden zur Qualitätssicherung zu verbessern, die nächste kostenoptimierte Modulgeneration zu entwickeln, sowie Methoden zur industriell umsetzbaren Integration von Sekundäroptiken zu untersuchen und in Feldtests zu evaluieren.

n-i-p CdTe Hochleistungs-Dünnschichtsolarzellen: Wissensbasierte Optimierung der Materialien, Bauelemente und Präparation

Förderkennzeichen: 0329857B
Laufzeit: 01.05.2008 – 30.04.2011
Zuwendungssumme: 1.338.931 €
Projektpartner: Technische Universität Darmstadt – FG Oberflächenforschung –
 Institut für Materialwissenschaft

Kurzfassung: 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 – 30.04.2012
Zuwendungssumme: 891.000 €
Projektpartner: Friedrich-Schiller-Universität Jena – Physikalisch-Astronomische
 Fakultät – Institut für Festkörpertheorie und -optik

Kurzfassung: Dünnschicht-Solarzellen aus Cadmium-Tellurid (CdTe) bieten derzeit das größte Potential zur Kostensenkung in der Photovoltaik. Die Wirkungsgrade der industriell erzeugten CdTe Solarmodule erreichen heute bereits um 10 %. Hier setzt unser Forschungsprojekt an, bei dem es darum geht, die Materialeigenschaften des CdTe in den Solarzellen so zu verändern, dass dessen elektrische Leitfähigkeit – über eine Erhöhung der sogenannten p-Dotierung – erheblich verbessert wird. Dann, so lassen die theoretischen Überlegungen erwarten, könnten die im Labor erreichbaren Spitzenwirkungsgrade von derzeit 16 auf über 20 % gesteigert werden. Wenn es dann noch gelingt, diese Ergebnisse in die industrielle Produktion zu übertragen, sind Modulwirkungsgrade bis zu 15 % durchaus realistisch.

4. Geothermie

Erdwärme wird kontinuierlich durch natürliche Prozesse im Inneren der Erde erzeugt. Als „Tiefe Geothermie“ werden Bereiche zur Nutzung der Erdwärme ab einer Tiefe von 400 m unter der Erdoberfläche bezeichnet. 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.

Das Thema Geothermie wird in unterschiedlicher Ausrichtung von verschiedenen Ministerien gefördert: Das BMBF fördert im Geotechnologien-Programm die Grundlagenforschung („Grundlagenforschung Energie 2020+“), das BMWi fördert Projekte der angewandten Forschung im Bereich oberflächennaher Geothermie („Rationelle Energieumwandlung“) und das BMU fördert Projekte der angewandten Forschung im Bereich tiefer Geothermie („Erneuerbare Energien“). Alle Förderschwerpunkte sind zusammengefasst im 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung.

Bei der tiefen Geothermie gibt es nun verschiedene Möglichkeiten, wie die Energie gewonnen werden kann, je nachdem, wie der Untergrund beschaffen ist. Man unterscheidet die Lagerstätten grob in hydrothermale und petrothermale Lagerstätten. Ein Beispiel für hydrothermale Lagerstätten sind Aquifere, also warm- oder heißwasserführende Grundwasserleiter, die in Tiefen zwischen 2.500 m bis 5.000 m anzutreffen sind. Sie können entweder direkt Wärme liefern aber auch Wärme bzw. Kälte speichern. Als Beispiel für petrothermale Lagerstätten können Hot Dry Rock oder Enhanced Geothermal Systems genannt werden. Sie befinden sich in größeren Tiefen, im kristallinen Gestein ab etwa 5.000 m. Petrothermale Lagerstätten müssen durch Stimulationsmaßnahmen erschlossen werden. Beim sogenannten hydraulic fracturing wird zum Beispiel Wasser unter hohem Druck in den Untergrund verpresst, so dass dort kleine Risse entstehen und somit Wegsamkeiten für die Zirkula-



Das Geothermie-Kraftwerk Landau.

Quelle: geo x GmbH

tion von Wasser geschaffen werden. Kaltes Wasser, das durch eine Bohrung nach unten geleitet wird, kann aus einer anderen Bohrung, durch das warme Gestein auf hohe Temperaturen erhitzt, wieder nach oben befördert 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. An diesen Standorten werden unterschiedliche Projekte durchgeführt, um die jeweils 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 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.

In Deutschland waren Ende 2010 17 Geothermieranlagen in Betrieb. Sie stellen Wärme mit einer installierten Leistung von 165 MW bereit. Drei Anlagen (Landau und Bruchsal im Oberrheingraben, Unterhaching im Molassebecken) wurden innerhalb der letzten Jahre bis zur Stromerzeugung entwickelt und speisen zusammen 8 MW Strom in das öffentliche Netz ein.

Weitere Projekte erarbeiten die Grundlage dafür, die tiefe Geothermie für die Wärme- und Stromversorgung in Zukunft wirtschaftlich zu nutzen. Die gesamte technologische Wertschöpfungskette innerhalb der Geothermie muss dafür weiter erforscht bzw. optimiert werden. Forschungsschwerpunkte sind die Bohrtechnologie oder die Entwicklung von an die extremen Umweltbedingungen angepassten Anlagenkomponenten, wie etwa Pumpen. Auch Untersuchungen zur Seismizität bilden einen Schwerpunkt, genauso wie die Erforschung von Maßnahmen zur Verhinderung von chemischen Ablagerungen mit natürlicher Radioaktivität aus dem Untergrund.

In einem aktuellen Strategieworkshop 2010 wurde die zukünftige Ausrichtung der Forschung in der Geothermie diskutiert. Zum Beispiel wurde angeregt, den Pool geo-

thermischer Daten für Deutschland durch Labor- und Feldproben weiter auszubauen. Methoden, mit denen geothermische Systeme charakterisiert werden, darunter auch mathematische Verfahren zur Modellierung und Simulation, sollen weiterentwickelt werden. Weitere Themen sind die intelligente Bohrtechnologie, moderne Erkundungsverfahren, Monitoringsysteme für den Betrieb der Anlagen, systemkonkrete Inhibitoren zur Verhinderung von Ablagerungen sowie die Themen Netzintegration und Maßnahmen zur Steigerung der Akzeptanz der Geothermie in der Bevölkerung.

Ein Beispiel für ein Projekt zum Thema intelligente Bohrtechnologie ist das vom Deutschen Geoforschungszentrum (GFZ) koordinierte Verbundprojekt „(Seismic) Prediction While Drilling“ (SPWD). Dabei entwickeln die Projektpartner ein optimiertes seismisches Vorauserkundungssystem. Strukturen in 50 bis 100 Metern Entfernung vor dem Bohrmeißel sollen mit einer Auflösung von circa einem Meter erkannt werden. Der Bohrverlauf kann so während der Bohrung an den Untergrund angepasst und gezielt gesteuert werden. Sowohl die Sender der seismischen Wellen (magnetostriktive Aktuatoren) sowie die Empfänger des Signals (Geophone) befinden sich in dem neuen System zusammen im Bohrwerkzeug. Bei bisherigen Systemen blieb stets eines von beiden, Sender oder Empfänger, an der Oberfläche zurück. So blieb die Auflösung von Strukturen gering. Auch waren real-time Messungen nicht möglich, so dass die Vorauserkundung mit relativ großem Fehler behaftet war. Die Projektpartner haben bereits einen Feldprototypen entwickelt, der in einem nächsten Schritt im Lehr- und Forschungsbergwerk „Reiche Zeche“ in Freiberg in einem vertikalen, mit Wasser gefüllten Bohrloch erprobt werden soll.



Test des Prototypen.

Quelle: GFZ

Verbundprojekt: Geothermische Charakterisierung von karstig-klüftigen Aquiferen im Großraum München

Förderkennzeichen: 0325013A; 0325013B

Laufzeit: 01.05.2008 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 3.520.249 €

Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) (Kordinator);
Bayerisches Landesamt für Umwelt – Referat 107

Kurzfassung: Der Malm des Molassebeckens ist als Kluff-Karst-Aquifer das bedeutendste Reservoir für geothermische Energie in Mitteleuropa, sowohl für die Wärmebereitstellung wie für die Erzeugung von elektrischem Strom. Am Beispiel der Region München wird das Gesamtnutzungspotenzial des Reservoirs und das Ausmaß einer möglichen gegenseitigen thermischen oder hydraulischen Beeinflussung mehrerer Geothermieanlagen untersucht. Das Verbundvorhaben gliedert sich in Messung und Interpretation einer 3D-Seismik bei der Bohrung Unterhaching Gt 2, Erstellung eines regionalen geologischen 3D-Strukturmodells, hydrogeologisches und numerisches Modellieren. Die Ergebnisse des Vorhabens stellen die Grundlage für eine wirtschaftliche Nutzung der geothermischen Energie aus Kluff-Karst-Aquiferen im großen Maßstab dar.

Verbundvorhaben: EGS Technologie Entwicklung – Teilprojekt: Risikominimierung in der Exploration

Förderkennzeichen: 0325040A; 0325040B

Laufzeit: 01.05.2008 – 31.10.2010

Zuwendungssumme: 714.939 €

Projektpartner: Institut für Geothermisches Ressourcenmanagement im Institut
für Innovation Transfer und Beratung gGmbH (Kordinator);
GKW Hochrhein GmbH

Kurzfassung: Ziel des Projektes ist die Entwicklung der Enhanced Geothermal System (EGS) Technologie für die Erschließung der geothermischen Ressourcen im variskischen, kristallinen Grundgebirge von Deutschland. Aufgrund einer hohen Wärmeflussanomalie und der guten hydraulischen Voraussetzungen wurde das Projekt im Gebiet des Südschwarzwaldes durchgeführt. Die Erschließung von EGS Ressourcen zur Wärme- und Stromproduktion ist nach heutigem Stand der Technik mit technischen und finanziellen Risiken verbunden. Das Projekt zeigt einen Ansatz zur Identifikation von besonders geeigneten Standorten für EGS Projekte auf, wobei verschiedene geowissenschaftliche Methoden für das Kristallin getestet wurden und somit auch eine Übertragbarkeit auf andere Gebiete in Deutschland gewährleistet wird.

Monitoring und Kapazitätserweiterung einer geothermischen Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlage im Malmkarst des Bayerischen Molassebeckens am Beispiel Unterhaching

Förderkennzeichen: 0325041
Laufzeit: 01.05.2008 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 122.766 €
Projektpartner: Geothermie Unterhaching GmbH & Co. KG

Kurzfassung: Ziel ist es, den Anlagenbetrieb in Bezug auf bestimmte Parameter zu optimieren und durch ein gezieltes Monitoring Betriebserfahrung zu sammeln. Außerdem sollen die Möglichkeiten zur Kapazitätserweiterung der Anlage bei maximaler Ausnutzung des geothermischen Potentials am Standort analysiert werden.

Die Planung sieht folgende Arbeitspakete vor: Komplexes Monitoring des Thermalwasserkreislaufs und einen Kurzzeit-Zirkulationstest für die Richtungsumkehr.

Die Ergebnisse sollen sowohl der Optimierung des eigenen Betriebes als auch für die Konzeption neuer Anlagen dienen. Sie sollen Entscheidungsgrundlagen für die optimale Reservoirnutzung bilden und helfen, Testkosten und -zeiten einzusparen.

Zum Thema Feststoffuntersuchung liegen erste Ergebnisse vor.

Verbundprojekte: Langzeitkorrosionsuntersuchungen und -monitoring in salinarem Thermalwasser; Teilprojekt: Fluidchemie und Fluid-Gesteins-Wechselwirkungen

Förderkennzeichen: 0325069A; 0325069B; 0325069C
Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2011
Zuwendungssumme: 2.473.087 €
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

Kurzfassung: 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 mit unterschiedlichen Plattenmaterialien 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.

Konzept, Entwicklung, Fertigung und Test eines innovativen und kostengünstigen Geothermie-Verrohrungssystems

Förderkennzeichen: 0325073
Laufzeit: 01.01.2009 – 31.03.2013
Zuwendungssumme: 4.023.626 €
Projektpartner: Baker Hughes INTEQ GmbH

Kurzfassung: 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 EXPRESS (TM) – Entwicklung eines Systems zur halboffenen Verlegung von Erdwärmeleitungen

Förderkennzeichen: 0325076
Laufzeit: 01.09.2008 – 30.04.2012
Zuwendungssumme: 1.866.709 €
Projektpartner: HERRENKNECHT AKTIENGESELLSCHAFT – Business Unit Utility Tunneling

Kurzfassung: Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer neuen technischen Lösung in der Verlegetechnik von Verbindungsleitungen zwischen Erdwärmebohrungen. Die hierzu entwickelte Verlegetechnologie 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.

Nachhaltige Produktion und Injektion von Thermalwasser der tiefen sedimentären geothermischen Lagerstätten in Groß Schönebeck

Förderkennzeichen:	0325088
Laufzeit:	01.10.2008 – 31.12.2011
Zuwendungssumme:	3.464.418 €
Projektpartner:	Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ - Internationales Geothermiezentrum

Kurzfassung: 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 Korrosion und Komponentenverhalten werden durchgeführt. Anhand der Ergebnisse kann das Potenzial des Norddeutschen Beckens für die geothermische Energiebereitstellung besser abgeschätzt werden.

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 €
Projektpartner:	Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Kurzfassung: In dem Vorhaben sollen durch geophysikalische und hydraulische Verfahren während und nach der Ateufung der Bohrung GeneSys GT1 in Hannover potenzielle Zielhorizonte für die geothermische Nutzung, die jedoch nicht Bestandteil des Konzepts für das Demonstrationsprojekt GeneSys Hannover sind, untersucht werden. 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.

Modulare Überwachung der Injektionswasserqualität

Förderkennzeichen: 0325102
Laufzeit: 01.01.2009 – 30.10.2010
Zuwendungssumme: 82.482 €
Projektpartner: Geothermie Neubrandenburg GmbH

Kurzfassung: Das Gesamtziel des Vorhabens war die Schaffung von Grundlagen für ein Geothermieanlagen-Monitoring zur Sicherung der langfristigen Betriebssicherheit von Anlagen zur geothermischen Energiegewinnung. Dazu wurden die Planungsunterlagen für die Module erstellt.

Schwerpunkte bildeten die konzeptionelle und planerische Entwicklung von Modulen zur flexiblen Überwachung geochemisch-physikalischer Prozesse im Thermalwasserkreislauf und deren Auswirkungen auf das Betriebsverhalten. Von besonderem Interesse waren dabei die Probleme bei der Reinjektion von abgekühlten Wässern in Porenschichten (Druckanstieg), die einen wesentlichen Einfluss auf den wirtschaftlichen Betrieb einer Geothermieanlage haben.

Die Untersuchungen wurden an bestehenden Anlagen (Klaipeda, Neustadt-Glewe) durchgeführt.

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 €
Projektpartner: Baker Hughes INTEQ GmbH

Kurzfassung: Projektziel ist die Entwicklung deutlich zuverlässigerer elektrischer Tauchpumpen für Geothermiebohrungen mit dem Anwendungshorizont Deutschland. Eine "Hochvolumenpumpe" für die Anwendung insbesondere im süddeutschen Hydrothermalbereich wurde inzwischen weitgehend entwickelt und soll im Jahr 2011 Langzeittests im Labor unterzogen werden. Dazu wurde ein spezieller, aufwändiger, und in dieser Form einmaliger Versuchsstand am Standort der durchführenden Institution geschaffen, der Mitte 2011 in Betrieb gehen soll. Alle Entwicklungsarbeiten erfolgen in enger Abstimmung mit den Erfahrungen im Feld, so dass entsprechende neue Erkenntnisse direkt in die Konstruktion eingehen können.

Verbundprojekt LOGRO: Langzeitbetrieb und Optimierung eines Geothermie-Kraftwerks in einem geklüftet-porösen Reservoir im Oberrheingraben

Förderkennzeichen: 0325111A; 0325111B; 0325111C

Laufzeit: 01.01.2009 - 31.12.2011

Zuwendungssumme: 931.138 €

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 – EIfER, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Kurzfassung: 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.

Wissenschaftliche Begleitung der Aktivitäten im Bereich "Geothermische Wärme- und Stromerzeugung"

Förderkennzeichen: 0325130

Laufzeit: 01.05.2009 - 30.04.2012

Zuwendungssumme: 198.322 €

Projektpartner: Technische Universität Hamburg-Harburg – Verfahrenstechnik – Institut für Umwelttechnik und Energiewirtschaft

Kurzfassung: 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.

Entwicklung eines Prognosetools zur Unterstützung standartbezogener Aussagen zur Fündigkeit hydrogeothermischer Projekte in Baden-Württemberg

Förderkennzeichen: 0325136
Laufzeit: 01.06.2009 – 31.05.2012
Zuwendungssumme: 232.715 €
Projektpartner: Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 5, Referat 54.2

Kurzfassung: 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.

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 – 31.10.2011
Zuwendungssumme: 638.270 €
Projektpartner: BESTEC GmbH

Kurzfassung: Die Pfalzwerke geofuture GmbH beabsichtigt, in Insheim das zweite industriell betriebene Geothermiekraftwerk im Oberrheingrabens zu errichten. Die Bedingungen für die Förderung von Erdwärme sind hier besonders vorteilhaft: In 3.800 Metern Tiefe wurde Wasser mit einer Temperatur von mehr als 160 Grad Celsius vorgefunden. Für die geplante Geothermieanlage in der Pfalz wurden in 2009 Zirkulationstests und in 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. Das Geothermiekraftwerk Insheim wird mit einer elektrischen Leistung von mehr als 4 Megawatt in der Lage sein, rechnerisch rund 8.000 Haushalte mit elektrischer Energie zu versorgen.

Test und Probetrieb des HDR Kraftwerks Soultz

Förderkennzeichen:	0325159
Laufzeit:	01.09.2009 – 31.08.2011
Zuwendungssumme:	869.167 €
Projektpartner:	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Kurzfassung: 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 2011 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. Im Jahr 2010 wurde die Stromproduktion durch Heisswasserförderung aus einer Bohrung (GPK2) realisiert. Ab Mitte 2011 ist zusätzlich die Produktion aus der zweiten Förderbohrung (GPK4) vorgesehen.

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 €
Projektpartner:	Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Institut für Kern- und Energietechnik (IKET)

Kurzfassung: Salzausfällungen aus Geothermalwasser bereiten Probleme in Geothermie-Anlagen. So mindern beispielsweise Salzablagerungen im Wärmeübertrager den Wärmeübergang und können im schlimmsten Fall Rohre verstopfen. Am häufigsten treten Erdalkaliausfällungen auf, insbesondere Carbonate und Sulfate. Bei Bariumsulfat wurde eine kinetische Hemmung der Ausfällung beobachtet, die – so wird vermutet – von der Scherung abhängt. Um den Reaktionsfortschritt dieser Fällung bei verschiedenen Scherraten beobachten zu können, wird ein Ringspaltversuch aufgebaut sowie analytische Methoden evaluiert, mit denen die Konzentration von Barium in konzentrierten Salzlösungen online und offline bestimmt werden kann.

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 €
Projektpartner: BWG Boden Wasser Gesundheit GbR

Kurzfassung: Die Methodik zur Bestimmung des Gas-Wasser-Verhältnisses in Tiefenwässern wird optimiert. Hierzu wird das Wasser über einen Abgang des Geothermiekreislaufes einem mobilen Entgaser zugeführt und entgast. Das Verfahren wird so weiter entwickelt, dass eine Entgasung des Tiefenfluids bei unterschiedlichsten Betriebsbedingungen möglich ist. Parallel zu diesen Vor-Ort Entgasungen kommen neu konzipierte Probenahmebehälter zur direkten Wasserprobenahme bei T bis 180 °C und p bis 40 bar zur Anwendung. Im Labor erfolgt dann die Entgasung der Proben unter kontrollierten p- und T-Bedingungen. Ziel ist es, mehr Sicherheit in den Analyseergebnissen zu erreichen, da diese die Grundlage zur Berechnung der Entgasungsdrücke sind.

Untersuchungen zum Umgang mit natürlicher Radioaktivität bei tiefer Geothermie

Förderkennzeichen: 0325166
Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2011
Zuwendungssumme: 382.580 €
Projektpartner: BWG Boden Wasser Gesundheit Gesellschaft des bürgerlichen Rechtsverein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.

Kurzfassung: Ablagerungen natürlicher Radionuklide (NORM) gewinnen bei der energetischen Nutzung hydrothormaler 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 Anlageteilen 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.

Entwicklung eines Werkzeuges zur Auslegung von HDR-Risssystemen

Förderkennzeichen: 0325167
Laufzeit: 01.09.2010 – 31.08.2013
Zuwendungssumme: 919.142 €
Projektpartner: Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen –
E.ON Energy Research Center – Institute for Applied Geophysics
and Geothermal Energy

Kurzfassung: 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 Klufsysteme geweitet bzw. neue aktiviert. Das lokale Spannungsfeld kontrolliert dabei, wie das vorhandene Klufsystem 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.

EGS Pilotkraftwerk Soultz-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 €
Projektpartner: GTC Kappelmeyer GmbH

Kurzfassung: 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 derer Übertragbarkeit auf andere Standorte.

Verbundprojekt NanoCoating: Nanodiamant mit integrierter optischer Sensorik zum Schutz vor Korrosion und Scaling sowie Entwicklung technisch-normativer Planungs- und Service-Guidelines für Geothermieanlagen

Förderkennzeichen: 0325190A; 0325190B; 0325190C

Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013

Zuwendungssumme: 1.194.935 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP) – Standort Dresden (Koordinator); Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.; VETCO COATING GmbH – Abt. Labor

Kurzfassung: 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.

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

Laufzeit: 01.05.2010 – 30.04.2013

Zuwendungssumme: 2.034.274 €

Projektpartner: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) (Koordinator); Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Fakultät für Physik – Geophysikalisches Institut; Ludwig-Maximilians-Universität München – Fakultät für Geowissenschaften – Department für Geo- und Umweltwissenschaften – Sektion Geophysik; Freie Universität Berlin – Fachbereich Geowissenschaften – Institut für Geologische Wissenschaften; Technische Universität Clausthal – Energie-Forschungszentrum Niedersachsen

Kurzfassung: Die Nutzung der tiefen Geothermie soll einen wichtigen Beitrag zum Klimaschutz und zur zukunftsfesten Energieversorgung leisten. Die Akzeptanz hat aber durch spürbare seismische Ereignisse gelitten. Im Rahmen von MAGS sollen Konzepte zur Begrenzung der mikro-seismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung tiefergeothermischer Systeme entwickelt und das Verständnis des Entstehens fluidinduzierter Beben verbessert werden, um wissenschaftlich klar darlegen zu können, ob eine seismische Gefährdung besteht. Die zu erwartenden Ergebnisse umfassen: a) Richtlinien für das seismische Monitoring und die hydraulischen Stimulationen, b) Abschätzung der zu erwartenden induzierten Seismizität vor der Bohrphase. MAGS-Partner sind KIT Karlsruhe, LMU München, BGR, FU Berlin, TU Clausthal und TU Freiberg.

Verbundprojekt: Entwicklung eines untertägigen 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 €

Projektpartner: gec-co Global Engineering & Consulting – Company GmbH (Koordinator); Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg – Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik (iPAT)

Kurzfassung: 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.

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 €

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches Geoforschungszentrum GFZ – Zentrum für CO₂-Speicherung – Mikrobielles Geoengineering

Kurzfassung: Mikrobiologische Stoffwechselfvorgänge können die Bildung von Ausfällungen (Scaling) und Korrosion in geothermischen Anlagen hervorrufen und beschleunigen. Im Rahmen des Forschungsprojektes 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 zur Verstopfung der Porenräume und somit zu einer drastischen Verschlechterung der Injektivität führen. Biofilme im Filterbereich verringern ebenfalls die Injektivität. Außerdem gilt es, mikrobiell induzierte Korrosion zu vermeiden, da diese erhebliche Wartungsarbeiten und Stillstandzeiten der Anlagen zur Folge haben kann. Zur Verbesserung des Prozessverständnisses und der Abschätzung ökologischer Auswirkungen auf die autochthone mikrobielle Biozönose im Reservoir ist es erforderlich, die Ausgangssituation vor Beginn des geothermischen Betriebes zu erfassen, um anschließend die durch die Nutzung erzeugte Veränderung der Bedingungen zu beobachten. Zur Quantifizierung der mikrobiologischen Stoffwechselprozesse sollen die an Prozessstörungen beteiligten Mikroorganismen qualitativ und quantitativ erfasst und ihre Stoffwechselaktivität mittels molekularbiologischer und geochemischer Methoden bestimmt werden.

Qualifizierung geothermischer Technologie – Integration von Untertage- und Übertagessystemen

Förderkennzeichen:	0325217
Laufzeit:	01.09.2010 – 31.08.2013
Zuwendungssumme:	1.934.750 €
Projektpartner:	Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ - Internationales Geothermiezentrum

Kurzfassung: Geothermische Technologie umfasst Exploration, bohrtechnische Erschließung, Reservoirengineering, 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.

Verbundprojekt: Entwicklung eines Diagnose- und Überwachungssystems für Spülpumpen und Bohranlagen sowie die Entwicklung nachhaltiger Pulsationsdämpfersysteme und die Erarbeitung von Grundlagen für bessere Planungssicherheit für zukünftige Bohranlagen

Förderkennzeichen:	0325225A; 0325225B; 0325225C
Laufzeit:	01.10.2010 – 30.09.2013
Zuwendungssumme:	646.567 €
Projektpartner:	Herrenknecht Vertical GmbH (Koordinator); Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg - Lehrstuhl für Prozessmaschinen und Anlagentechnik (iPAT); Schäfer und Urbach GmbH & Co. KG

Kurzfassung: 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.

Verbundvorhaben: Entwicklung und Erprobung eines EIV-Bohrkopfes für Tiefengeothermie

Förderkennzeichen: 0325253A; 0325253B; 0325253C

Laufzeit: 01.11.2010 – 31.10.2013

Zuwendungssumme: 1.680.375 €

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

Kurzfassung: Die Kosten tiefer Geothermieprojekte sind eng mit der verfügbaren Bohrtechnologie verbunden. Konventionelle Bohrmeißel bohren im Hartgestein sehr langsam und verschleifen schnell. Das Elektroimpulsverfahren (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 bohrlochähnlichen 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.

Verbundvorhaben: Geothermie-Atlas zur Darstellung möglicher Nutzungskonkurrenzen zwischen CCS und Tiefer Geothermie

Förderkennzeichen: 0325257A; 0325257B

Laufzeit: 01.10.2010 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 330.524 €

Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG) (Koordinator); Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Kurzfassung: Die Bundesregierung hat in ihrem Koalitionsvertrag beschlossen, einen Geothermie-Atlas zu beauftragen, um Nutzungskonkurrenzen zwischen CO₂-Einlagerung und Geothermie zu prüfen. Um kurzfristig Entscheidungshilfen zu liefern, wird man Karten mit der Verbreitung der Horizonte, die potenziell für die Erdwärmennutzung und CO₂-Einlagerung geeignet sind, erstellen, miteinander verschneiden und bewerten. Tiefreichende, regionale Störungssysteme sind für beide Nutzungsarten von Bedeutung. Für die vergleichende Übersichtsdarstellung werden die Karten einen kleinen Maßstab haben (1:500.000 oder kleiner). Die Ergebnisse stellen naturwissenschaftliche Grundlagen für grundsätzliche politische Entscheidungen über die Nutzung des tieferen Untergrundes dar.

Verbundvorhaben: OSG – Optimierte Stromerzeugung aus hoch salinaren Thermalwässern mit hohen Gasgehalten

- Förderkennzeichen:** 0325258B; 0325258A
Laufzeit: 01.11.2010 – 31.10.2013
Zuwendungssumme: 576.571 €
Projektpartner: EnBW Energie Baden-Württemberg AG – Bereich Forschung und Innovation (Koordinator);
 Technische Universität Hamburg-Harburg – Maschinenbau – Institut für Energietechnik

Kurzfassung: 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 der großen Menge der im Thermalwasser gelösten Salze und Gase. Im Forschungsprojekt will man das Zusammenspiel des Kraftwerks mit dieser speziellen Wärmequelle genauer verstehen und verbessern. Anhand von Betriebsdaten der Geothermieanlage Bruchsal werden Kennzahlen zur Beurteilung der Stromerzeugungsanlage ermittelt. Simulationen für verschiedene Lastfälle und variierte Randbedingungen sollen die Ergebnisse übertragbar machen. So können optimierte Fahrweisen für den Betrieb vorgeschlagen und Maßnahmen zur Erhöhung der Verfügbarkeit erarbeitet werden.

Aufbau eines Internet basierten Informationszentrums für geothermische Energienutzung

- Förderkennzeichen:** 0327542A
Laufzeit: 01.06.2009 – 31.05.2012
Zuwendungssumme: 1.389.910 €
Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Kurzfassung: Auf der Basis des Geothermischen Informationssystems (GeotIS) wird 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.

Verbundprojekt: Tracerversuche zur Charakterisierung von sedimentären Geothermalreservoiren (Smart Tracers)

Förderkennzeichen: 0327579

Laufzeit: 01.09.2006 – 30.06.2010

Zuwendungssumme: 700.113 €

Projektpartner: Georg-August-Universität Göttingen – Fakultät für Geowissenschaften und Geographie – Geowissenschaftliches Zentrum – Angewandte Geologie

Kurzfassung: Neuartige Tracerkombinationen und Markierungsmethoden ermöglichen gezielte Aussagen zu Mobilfluidvolumina, Fluidverweilzeitverteilungen, Wärmetauschflächen und Speicher-Durchfluß-Mustern in sedimentären Tiefengeothermalreservoiren und zu ihren -induzierten Kurz-/Langzeitänderungen bei unterschiedlichen Betriebsarten. Das jeweils maßgebende physikochemische Tracerverhalten wird in begleitenden Laborversuchen quantifiziert. Ihr Einsatz unter Geothermalfeldbedingungen erfolgt in Einloch-push-pull-, Einloch-Dipol- und Zweilochverfahren. 2007 wurden Markierungen in Landau (hydrothermal) und GroßSchönebeck (HDR; chemo/hydraulische Rißbildungen begleitende Einlochtests) vorgenommen; weitere Tests laufen seit 2004 in Horstberg. Modellrechnungen übersetzen Tracerassagen in thermische Prognosen.

Optimierung der Stromerzeugung mit ausgekoppelter Wärmeerzeugung aus Geothermieanlagen in Deutschland

Förderkennzeichen: 0327596

Laufzeit: 01.09.2006 – 31.03.2011

Zuwendungssumme: 268.541 €

Projektpartner: Technische Universität Hamburg-Harburg – Maschinenbau – Institut für Energietechnik

Kurzfassung: 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.

Reduzierung der geologisch bedingten bohrtechnischen Risiken – Bohrlochstabilität in tertiären Tonsteinfolgen im Oberrheingraben als Hindernis für die Erschließung geothermischer Reservoire

Förderkennzeichen: 0327599

Laufzeit: 01.08.2006 – 31.01.2010

Zuwendungssumme: 520.617 €

Projektpartner: Karlsruher Institut für Technologie (KIT) – Fakultät für Bauingenieur-, Geo- und Umweltwissenschaften – Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik – Lehrstuhl für Bodenmechanik und Grundbau

Kurzfassung: Geothermie-Bohrungen durchörteren Tonsteinformationen, die bereits bei vertikalen Bohrpfeilen kritisch sind; bei geneigten Pfaden nehmen die Probleme erheblich zu. Das Verständnis für die zeit- und temperaturabhängigen geomechanischen Vorgänge wird weiterentwickelt. Numerische Simulationen prognostizieren die Zeiten, bis zu denen unzulässig große Verformungen des Bohrlochs eingetreten sein werden. Sie hängen ab von den Spannungen, der Bohrlochgeometrie, der Temperatur und den Gesteinseigenschaften. Für Open-hole-Bereiche wird der zeitliche Verlauf bis zur Grenze des Chippings, für verrohrte Abschnitte die zunehmende Casing-Belastung ermittelt. Mit dem entwickelten Verständnis und den daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen lassen sich die Erschließungskosten und -risiken reduzieren.

Entwicklung einer Förderpumpe für den Einsatz im Bereich der geothermischen Energiegewinnung – Temperaturbereich 150°/160°C

Förderkennzeichen: 0327600

Laufzeit: 01.08.2006 – 31.07.2010

Zuwendungssumme: 3.228.910 €

Projektpartner: Flowserve Hamburg GmbH

Kurzfassung: Um die "Geothermie" langfristig wettbewerbsfähig machen zu können, nimmt neben der Bohr- und Kraftwerkstechnik auch die Pumpentechnik eine Schlüsselrolle ein. Die Rahmenbedingungen hinsichtlich Mediumtemperatur und Motorleistungen, teilweise über 1.000 kW, sind extreme Anforderungen an die Unterwassermotortechnik. Die Schwerpunkte der Motorkonstruktion liegen neben dem weiten Feld der Materialwissenschaft, in der Lagertechnik, thermischen Ausdehnung, Motorwicklung sowie in der Zuverlässigkeit der Komponenten und nicht zuletzt in der Motorüberwachung in rund 700 m Einbautiefe. Diesen Anforderungen haben wir uns gestellt und entwickelten innerhalb der letzten drei Jahre ein Aggregat, welches genau auf die Betriebsbedingungen "Geothermie" abgestimmt ist.

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 €
Projektpartner: Flowserve Hamburg GmbH

Kurzfassung: Um die Geothermie langfristig "marktfähig" zu machen, nimmt neben der Bohr- und Kraftwerkstechnik auch die Pumpentechnik eine Schlüsselrolle ein. Die Rahmenbedingungen hinsichtlich Mediumtemperatur und Motorleistungen über 1.000 kW sind extreme Anforderungen an die Unterwassermotortechnik, die in allen Komponenten und Bauteilen des Motors umgesetzt werden müssen. Die Schwerpunkte der Motorkonstruktion liegen in der Materialwissenschaft, der Lagertechnik, thermischen Ausdehnung, Motorwicklung, Zuverlässigkeit und nicht zuletzt in der Motorüberwachung.

Anpassung der Bohrtechnologie an die Erfordernisse der Geothermie

Förderkennzeichen: 0327602
Laufzeit: 01.08.2006 - 30.09.2010
Zuwendungssumme: 1.699.056 €
Projektpartner: Herrenknecht Vertical GmbH

Kurzfassung: Um der Geothermie zum Durchbruch zu verhelfen, ist es essentiell, die Bohrkosten als größten Investitions- und Risikofaktor zu minimieren und die Bohreffizienz zu steigern. Gesamtziel des Forschungsvorhabens „Anpassung der Bohrtechnologie an die Erfordernisse der Geothermie“ ist die Entwicklung, Herstellung, Inbetriebnahme und Optimierung eines speziellen Drehantriebs für den Einsatz bei tiefen Geothermieprojekten. Der hier entwickelte Kraftdrehkopf ist erstmals in der Lage, Anpresskräfte zu erzeugen und somit die ersten Bohrer schneller zu überwinden. Desweiteren ist der innovative Drehantrieb mit einem größeren Spindeldurchgang ausgelegt, um neben dem gängigen Rotary-Bohrverfahren auch die trägerschonende Technik des Lufthebens anwenden zu können.

Einsatz von 3D-Seismik zur Reduzierung des Fündigkeitsrisikos bei Geothermieprojekten

Förderkennzeichen: 0327630

Laufzeit: 01.11.2006 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 1.670.780 €

Projektpartner: Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Kurzfassung: Eine Verminderung des Fündigkeitsrisikos, dem wesentlichen Hemmnis bei der Nutzung der Hydrogeothermie, kann durch den Einsatz seismischer Verfahren erreicht werden. Im Projekt wird untersucht, ob und wie moderne Techniken (z. B. 3D-Seismik, Analyse seismischer Attribute) übernommen und angepasst werden können. Dafür sollen 3D-Datensätze aus den drei für die Geothermie relevanten Regionen (Molassebecken, Oberrheingraben, Norddeutsches Becken) analysiert werden.

Einzelne Arbeitsschritte sind die Bearbeitung der 3D-Datensätze und Einbeziehen von 2D-Daten, Spezialprocessing für einen Vergleich 2D-/3D-Seismik und spezielle seismische Messungen. Ziel ist, eine Handlungsanweisung zu erstellen, 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 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 598.976 €

Projektpartner: Freie Universität Berlin – Fachbereich Geowissenschaften – Institut für Geologische Wissenschaften (Kordinator); Erdwerk GmbH hydrogeologie geothermie

Kurzfassung: 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. H₂S) gelegt.

Verbundprojekt: (Seismic) Prediction While Drilling (S) PWD-Entwicklung einer Messeinrichtung zur vorausschauenden Erkundung beim Bohren

Förderkennzeichen: 0327683A; 0327683B; 0327683C

Laufzeit: 01.06.2007 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 2.258.073 €

Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Potsdam Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ),
Wissenschaftliches Bohren (Koordinator); Herrenknecht Vertical GmbH;
Geothermal Engineering GmbH

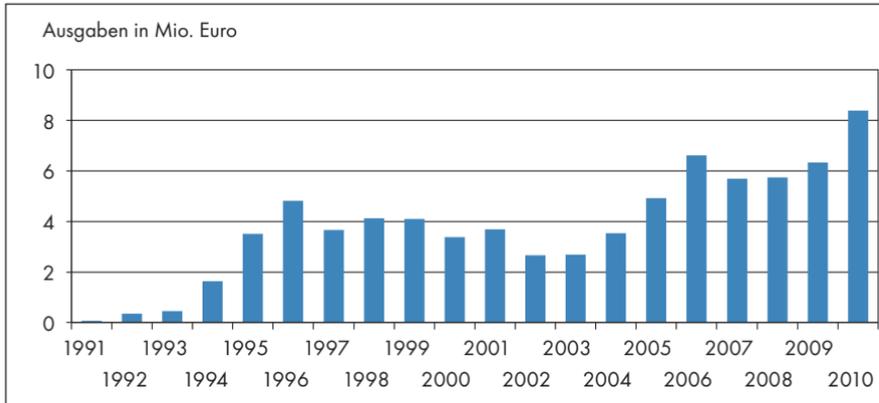
Kurzfassung: Den Erkundungsverfahren zur sicheren Erschließung geothermischer Reservoirs kommt eine besondere Rolle zu, da neben dem Risiko der Fündigkeit auch die Bohrkosten limitierende Faktoren sind. (S)PWD wird mit einem an die konventionelle Bohrtechnik angepassten, neu entwickelten Bohrlochtool Bilder des Untergrunds erzeugen. Mit entsprechender Reichweite und Auflösung von (S)PWD sollen hydraulisch aktive Störungszonen in geothermischen Reservoirs abgebildet werden. Der Einsatz in Bohrungen von geringem Durchmesser stellt besondere Anforderungen an die Konstruktion des Bohrlochtools mit Erregern und Empfängern. Um seine erwartete Leistung erbringen zu können, muss (S)PWD zukünftig auf seinen Einsatz am Ende eines bis zu fünf Kilometer langen Bohrstranges angepasst werden.

5. Niedertemperatur-Solarthermie

Die Vision der Forschungsstrategie der Deutschen Solarthermie-Technologieplattform (DSTTP) ist es, die Niedertemperatur-Solarthermie langfristig zur kostengünstigsten Wärmequelle zu entwickeln. 2050 soll sie einen Anteil von 50 % zur Wärmeversorgung in Deutschland beitragen, derzeit liegt ihr Anteil bei 0,4 %. Im Wärmemarkt hat sich die Nutzung aller erneuerbarer Energien im Jahr 2010 um gut 11 % auf knapp 138 Milliarden kWh erhöht. Die Biomasse stellt davon mit rund 92 % zurzeit noch den Hauptteil, die Solarthermie 4 %. Die größten Steigerungsraten waren beim Einsatz von Holz in Haushalten, bei Wärmepumpen sowie bei der Wärmeerzeugung in Biogas-KWK-Anlagen zu verzeichnen. Trotz konjunktur- und witterungsbedingt angestiegenem Gesamtwärmeverbrauch konnten die erneuerbaren Energien ihren Anteil am Wärmeverbrauch auf 9,8 % (2009: 9,1 %) steigern. Das ergeben erste Abschätzungen der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) von März 2011. Wird ihr großes Technologieentwicklungspotenzial genutzt, bietet die Solarthermie die größten Möglichkeiten, um fossile Brennstoffe im Wärmemarkt zu ersetzen.

Deutschland hält mit gut einem Drittel den größten Anteil am europäischen Markt für solarthermische Kollektoranlagen. Wichtige Grundlagen für die weitere Entwicklung sind die Forschungsförderung des BMU sowie das Marktanreizprogramm der Bundesregierung (MAP) für die breite Markteinführung. Nach dem kurzzeitigen Programmstopp des MAP im letzten Jahr wurde bei der Eröffnung der Internationalen Messe ISH, dem größten internationalen Forum für Bad-, Gebäude-, Energie- und Klimatechnik, am 15. März 2011 die neuen erhöhten Förderkonditionen bekannt gegeben. Damit möchte das BMU eine verstärkte Dynamik in den Wärmemarkt der erneuerbaren Energien bringen.

2010 hat es nach dem umsatzstärksten Jahr 2008 das zweite Jahr in Folge einen Marktrückgang im Bereich der Niedertemperatur-Solarthermie gegeben. Im vergangenen Jahr wurden circa 1,2 Millionen m² Kollektorfläche neu installiert. Das ergaben Prognosen des BSW-Solar von Anfang 2011. Insgesamt gab es Ende 2010 in ganz Deutschland somit circa 14 Millionen m² Kollektorfläche, was einer thermischen Leistung von 10 GW entspricht. Mit rund 5,2 Mrd. kWh (2009: 4,7 Mrd. kWh) wurde 2010 rund 10 % mehr Wärme durch Solarthermie produziert als im Vorjahr. Der BSW-Solar rechnet für 2011 zudem mit einer Marktbelebung aufgrund steigender Heizkosten und eines hohen Sanierungsbedarfs. Im Nationalen Aktionsplan des



Niedertemperatur-Solarthermie: Jährliche Projektfördermittel zwischen 1991 und 2010

Quelle: BMU

BMU vom 4. August 2010 wurde die wachsende Rolle der Solarthermie für den deutschen Energiemarkt ebenfalls festgeschrieben.

Ein wesentliches Ziel der aktuellen Forschungsstrategie besteht darin, die solaren Wärmegestehungskosten durch weitere Effizienzsteigerung und fallende Systemkosten zu senken.

Neben der 50 %-Marke für 2050 besteht ein weiteres Ziel für die Niedertemperatur-Solarthermie laut BMU-Roadmap von 2006 deshalb darin, die solaren Wärmegestehungskosten bis 2020 zu halbieren.

Die Schwerpunkte der Forschungsförderung in der Förderbekanntmachung vom 20. November 2008 werden hinsichtlich dieser Ziele noch einmal präzisiert. Demnach werden insbesondere die Bereiche Kollektor-, Speicher- und Systemtechnik sowie begleitendes Monitoring gefördert.

Kollektortechnik

Um die Kollektoren zu verbessern, soll der Einsatz langzeitstabiler Werkstoffe für Absorber und Kollektoren erforscht werden. Auch sollen optimierte Fertigungsprozesse

entwickelt werden, um die Kosten zu senken. Anwendungsorientierte Kollektorkonzepte entsprechend der benötigten Betriebstemperaturen, wie etwa spezielle Prozesswärme- oder spezielle Niedertemperaturkollektoren, sollen die Effizienz erhöhen. Des Weiteren sollen Konzepte einschließlich Prüfverfahren entwickelt werden, um zu hohe Temperaturen oder Stagnation zu vermeiden und um die Langzeitstabilität zu erhöhen. Zudem sind eine standardisierte Integration in das Gebäude sowie synergetische Konzepte vonnöten.

Speichertechnik

Neue kostengünstige Materialien, Dämmstoffe und Konstruktionsprinzipien wie zum Beispiel Vakuumdämmung sollen für Wasserspeicher eingesetzt werden, um die spezifischen Speicherbaukosten weiter zu senken und Speicherverluste für Kurz-, Mittel- und Langzeitwärmespeicherung zu reduzieren. Neue anwendungs- bzw. temperaturorientierte Speicherkonzepte sollen entwickelt werden, wobei auch die Kombination von Solar- und Erdwärme in Betracht gezogen wird.

Ein weiterer wichtiger Entwicklungsschwerpunkt sind alternative Speicherkonzepte wie die thermochemische Speicherung sowie die Speicherung auf Basis von Phasenwechselmaterialien. Vornehmliches Ziel ist es, mit neuen Materialien (PCM / PCS / chemische Speicher) die Effizienz der Speicherung zu erhöhen.

Systemtechnik

Das Solarsystem soll in das konventionelle Heizsystem integriert werden, einschließlich Regelungsoptimierung und automatischer Ertragsbewertung sowie Last-, Speicher- und Erzeugungsmanagement. Planungstools und Software sollen entwickelt werden, mit denen das System ganzheitlich ausgelegt und bewertet werden kann. Auch sollen Systemlösungen für neue Anwendungsgebiete wie solare Klimatisierung und Kälteerzeugung oder solare Prozesswärme entwickelt werden, wobei gleichzeitig deren Planungskomplexität und Installationskosten reduziert werden sollen. Außerdem sollen Systemkonzepte entwickelt werden, mit denen eine kombinierte Wärme- und Kälte- oder Stromerzeugung möglich ist.

Monitoring

Übergreifend für alle Themenbereiche wurden zudem Vorhaben gefördert, die eine wissenschaftliche Begleitung (Monitoring) von ausgewählten Pilot- und Demonstrationsvorhaben planen und errichten. Speziell wird Monitoring in folgenden Bereichen

gefördert: solare Heizungsunterstützung in größeren Gebäuden (Mehrfamilienhäuser, Hotels usw.), solare Nahwärme einschließlich Langzeitwärmespeicherung, Integration von Solaranlagen in Fernwärmenetze (Solarisierung der Fernwärme), CO₂-neutrale Wärme- und Kälteversorgung (insbesondere auch durch Kombination von Solarenergie und Erdwärme) sowie solare Prozesswärme im Bereich bis 250° C.

Das zentrale übergeordnete Ziel lautet: Die Effizienz soll gesteigert und die Kosten sollen gesenkt werden. Bisher entfällt der Solarthermiemarkt überwiegend auf den Bereich Ein- und Zweifamilienhäuser, 2010 betrug der Anteil in Deutschland 90 %. Die erforderliche Systemtechnik für größere Anlagen wurde in den Förderprogrammen Solarthermie-2000 und Solarthermie2000plus entwickelt und in über 80 Demoplanen über 100 m² Kollektorfläche erprobt und mit einem mehrjährigen Monitoring wissenschaftlich begleitet. Nun muss der Markt für Mehrfamilienhäuser bzw. Siedlungen erschlossen werden. Auch für den Bereich der Heizungsmodernisierung herrscht großes Potenzial: Bisher nutzen erst 13 % der insgesamt bestehenden rund 18 Millionen Heizungsgeräte erneuerbare Energien.

Ein Projekt, das sich mit der weiteren Forschungsstrategie für die Solarthermiebranche befasst hat, ist TechnoSol. Zusammen mit über hundert Fachexperten entwickelten der BSW-Solar, das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) Freiburg und das ITW der Universität Stuttgart eine langfristige Forschungsstrategie für die Solarthermie bis zum Jahr 2030. Als Kommunikationsbasis nutzten sie die Expertenplattform DSTP (Deutsche Solarthermie-Technologieplattform). Auf einer Abschlusspräsentation am 8. Dezember 2010 übergaben die Projektpartner ihr Ergebnis an das BMU. Die Strategie ist Handlungsempfehlung für die Solarbranche und ist als Stellungnahme der Branche für das geplante 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung konzipiert.

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.

5.1 Forschung und Technologieentwicklung für Kollektoren und Speicher

Kollektoren und Speicher sollen effizienter werden und die erforderlichen Kosten sollen gesenkt werden. Das ist das zentrale Ziel, um den Markt für die Niedertemperatur-Solarthermie zu erschließen und deren Potenziale zu nutzen.

Speziell im Bereich der Kollektortechnik geht es darum, den Wirkungsgrad in Abhängigkeit von der benötigten Betriebstemperatur weiter zu steigern. Eine höhere Betriebstemperatur ist notwendig für den Einsatz zur solaren Klimatisierung (siehe Abschnitt 5.3) und um solare Prozesswärme für die industrielle Anwendung zu erzeugen (siehe Abschnitt 5.4). Ein weiterer Schwerpunkt in der Forschung zur Kollektortechnik liegt darauf, neue kostengünstigere Werkstoffe und Konstruktionsprinzipien einzusetzen. Zudem soll die Fertigung der Kollektoren zunehmend automatisiert und standardisiert werden. Hocheffiziente Flachkollektoren werden insbesondere durch die Solarforschungsinstitute Fraunhofer ISE, dem Bayerischen Zentrum für Angewandte Energieforschung (ZAE) und dem Institut für Solare Energieforschung Hameln (ISFH) in Zusammenarbeit mit der Industrie erforscht.

Sowohl für den Kollektor- als auch für den Speicherbau sind wegen der stark gestiegenen Weltpreise für metallische Werkstoffe, insbesondere für Kupfer und Stahl, neue Lösungen hinsichtlich des Materials erforderlich. Verschiedene Projekte beschäftigen sich mit dem Einsatz kostengünstiger polymerer Werkstoffe und neuer Fertigungsprinzipien für Kollektoren. Dazu wird vom Laserzentrum Hannover (LZH) gemeinsam mit der Firma Solvis GmbH & Co. KG Braunschweig ein Verbundprojekt zur Kostensenkung bei der Flachabsorberfertigung bearbeitet. In dem Projekt wird ein neues Laserschweiß- und Rohrbiegeverfahren unter Einsatz extrem dünnwandiger Absorberrohre angewandt. Dabei werden unter anderem Aspekte wie Gebrauchsdauer oder neue Möglichkeiten für die Fertigung untersucht.

Die Wärmespeicherung gilt als Schlüsselthema der Niedertemperatur-Solarthermie. Besonders auch für den ganzjährigen Einsatz großer Solarthermieanlagen zur Heizungsunterstützung müssen Speicher Wasser über längere Zeiträume ausreichend heiß zur Verfügung stellen. Dafür ist insbesondere die Wärmedämmung der Speicher deutlich zu verbessern, die mit bisherigen Dämmstoffen entsprechend große Dämm-

stoffdicken erfordert. Das ZAE Garching hat gemeinsam mit der Firma Hummelsberger einen superisolierten Heißwasserspeicher mittels Vakuumdämmung entwickelt.

Andere Speicherkonzepte, wie zum Beispiel in einem Verbundprojekt des ISFH mit der Firma BASF SE, basieren auf innengedämmten erdvergrabenen Speichern. Diese sollen insbesondere dort eingesetzt werden, wo keine oder keine genügend großen Kellerräume zur Verfügung stehen, um Speicher aufzustellen.

Die Forschungsarbeiten für neue Speicher und Kollektoren sind auch Teil der internationalen Aktivitäten im IEA Implementing Agreement on Solar Heating & Cooling (IEA SHC).

Verbundprojekt: Solarthermie2000plus: Neuartiges Konzept für kosteneffiziente erdvergrabene Heißwasserspeicher (KES)

Förderkennzeichen: 0325950A; 0325950B

Laufzeit: 01.01.2009 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 811.854 €

Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH (Kordinator);
BASF SE – Abt. GKT

Kurzfassung: Im Projekt KES werden erdvergrabene Pufferspeicher für den dezentralen Einsatz in solarthermischen und anderen Anwendungen in einem Größenbereich von 3 bis 30 m³ entwickelt. Durch die Installation außerhalb des Gebäudes werden große Volumina realisierbar, so dass in solarthermisch unterstützten Heizungssystemen solare Deckungsanteile von 50% erreicht werden können. Im laufenden Projekt wurde ein erster Prototyp entwickelt und in Betrieb genommen, basierend auf einer Betonzisterne, einer innen liegenden hochtemperaturbeständigen Wärmedämmung aus XPS und einem Doppel-Inliner aus EPDM und Aluverbundfolie. Die Wärmeverluste für den 5,45 m³ großen Speicher betragen 5 W/K (Temperaturverluste etwa 1 K/d). Mit Hilfe eines neuen Erdreichmodells werden umfangreiche Systemsimulationen durchgeführt.

Solarthermie2000plus: Entgasung von Solarkreisläufen und Bestimmung der zur Auslegung erforderlichen Stoffdaten

Förderkennzeichen: 0325951A

Laufzeit: 01.09.2008 – 31.08.2011

Zuwendungssumme: 224.736 €

Projektpartner: Technische Universität Dresden – Institut für Energietechnik – Professur für Energiesystemtechnik und Wärmewirtschaft

Kurzfassung: 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 – 30.06.2011

Zuwendungssumme: 270.666 €

Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 1 Architektur und Stadtplanung – Institut für Baukonstruktion – Lehrstuhl 2 für Baukonstruktion und Entwerfen

Kurzfassung: 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 €
Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 1 Architektur und Stadtplanung – Institut für Baukonstruktion -Lehrstuhl 2 für Baukonstruktion und Entwerfen

Kurzfassung: Das Vorhaben beinhaltet die Entwicklung und Tests von thermischen mittelgroßen Warmwasser-Langzeitspeichern (30-150 m³) mit neuen Be- und Entladesystemen aus Kunststoff und vergleichende Untersuchungen zum Langzeitverhalten unterschiedlicher Dämmarten (passiv u. aktiv) sowie unterschiedlicher Dämmsysteme (Kombination aus Dämmstoffen u. Dämmarten). Die Minimierung der äußeren Verluste durch Verdopplung des Wärmewiderstandes bei gleichzeitiger Halbierung des U-Wertes nahe 0 wird durch einen neuartigen Funktionsschichtaufbau realisiert. Dabei kommen sowohl dünne Metallfolien zur Wärmestrahlungsreflexion als auch neuartige umweltfreundliche Materialien, z. B. Papierwaben zum Einsatz. Die Minimierung innerer Verluste nahe theoretisch idealer Verteilung konnte an neuen Konstr. nachgewiesen werden.

NT-Solarthermie: Luko-E – Grundlagen zur Luftkollektorentwicklung

Förderkennzeichen: 0325959A
Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2012
Zuwendungssumme: 330.504 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: 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 – 31.03.2012
Zuwendungssumme:	1.051.880 €
Projektpartner:	CENTROSOLAR Glas GmbH & Co. KG

Kurzfassung: 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 €
Projektpartner:	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: Im Rahmen dieses Projekts werden Grundlagen zur Analyse und Bewertung sowie Optimierungspotenziale zur Anwendung von Schwerkraft-Wärmerohren (Heat-Pipes) in Sonnenkollektoren erarbeitet. Hierfür werden zunächst marktübliche Heat-Pipes in eigens im Projekt entwickelten Prüfständen in Bezug auf Wärmetransport, Leistungsgrenzen, Gebrauchstauglichkeit und Wärmeübertragerbewertung vermessen und mit Simulationsrechnungen verglichen. Hieraus werden Optimierungsansätze hinsichtlich Leistungsfähigkeit und Stagnationssicherheit von Heat-Pipes in Sonnenkollektoren 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 Heat-Pipes entwickelt.

Superisolierter Heißwasser-Langzeitwärmespeicher

Förderkennzeichen:	0325964A
Laufzeit:	01.05.2010 – 31.10.2012
Zuwendungssumme:	278.988 €
Projektpartner:	Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) – Abt. 1 – Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien

Kurzfassung: 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 soll mit Volumina zwischen 5 und 100 m³ gefertigt und mit einer neuartigen Be- und Entladevorrichtung für eine stabile Temperaturschichtung im Speicher ausgestattet werden.

Charakterisierung der mechanischen Lastfälle durch Schnee- und Windlasten an solarthermischen Kollektoren

Förderkennzeichen:	0325968A
Laufzeit:	01.08.2010 – 31.01.2013
Zuwendungssumme:	711.353 €
Projektpartner:	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Die Qualitätsprüfungen nach der Norm EN 12975 und EN 12976 von Solar Kollektoren durch Belastungstests sind nicht auf alle innovativen Kollektorgeometrien anwendbar. Ferner bestehen Zweifel, inwiefern die auf die Kollektoren ausgeübten Kräfte die Realität widerspiegeln (ungleichmäßige Druckverteilung von Schneelasten). Ziel des Vorhabens ist die Weiterentwicklung mechanischer Belastungstests für Solarkollektoren und ihre Montagesysteme sowie die Entwicklung neuer Berechnungsverfahren und Testverfahren (Normentwicklung). Dafür erforderlich ist der Aufbau eines neuen Prüfstands in konditionierbarer Testumgebung (Klimakammer) zur möglichst realitätsnahen computergestützten Strömungs- und Lastsimulation sowie ein Abgleich mit real gemessenen Kräften an extremen Standorten.

Grundlegende Weiterentwicklung zum Werkstoff- und Bauteilverhalten von GFK-Wärme (Langzeit)-Heißwasserspeichern

Förderkennzeichen: 0325970A
Laufzeit: 01.09.2010 – 28.02.2013
Zuwendungssumme: 524.521 €
Projektpartner: Technische Universität Ilmenau – Fakultät für Maschinenbau –
Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidynamik

Kurzfassung: 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.

Verbundprojekt: Kostensenkung bei der Solarabsorberfertigung für Flachkollektoren

Förderkennzeichen: 0325972A; 0325972B
Laufzeit: 01.11.2010 – 31.10.2013
Zuwendungssumme: 911.628 €
Projektpartner: Solvis GmbH & Co. KG (Koordinator);
LZH Laserzentrum Hannover e.V. – Abt. Werkstoff und Prozesstechnik

Kurzfassung: Das Ziel des Forschungsvorhabens ist die Kostenreduzierung bei der Solarabsorberfertigung. Dazu werden drei Vorgehensweisen nacheinander verfolgt und miteinander kombiniert. Ansatzpunkte bieten dabei Einsparungspotentiale 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 %.

Solarthermie2000plus: Entwicklung eines leistungsgesteigerten Flachkollektors mit Reflektoren für die Gewinnung von Prozesswärme bis 150 °C

Förderkennzeichen: 0329280C
Laufzeit: 01.08.2007 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 379.372 €
Projektpartner: Wagner & Co Solartechnik GmbH

Kurzfassung: Standard-Solarflachkollektoren sind kostengünstig, weisen jedoch bei Betriebstemperaturen oberhalb von 80 °C hohe Wärmeverluste und damit zu geringe Wirkungsgrade auf. Aus diesem Grund werden für solare Prozesswärmeanwendungen in diesem Temperaturbereich häufig kostenintensive Vakuumröhren- oder Parabolrinnenkollektoren eingesetzt. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines kostengünstigen Flachkollektors für Prozesswärmeanwendungen bis 150 °C. Wesentliche konstruktive Merkmale sind konzentrierende Reflektoren und eine transparente Zweifachabdeckung zur Reduzierung der Wärmeverluste. Der Kollektor wird in einer neu errichteten, messtechnisch begleiteten Demonstrationsanlage zur solargestützten Prozesswärmeversorgung praktisch getestet.

Solarthermie2000plus: Grundlagen für selektiv beschichtete Hochleistungsverglasungen für Flachkollektoren

Förderkennzeichen: 0329280D
Laufzeit: 01.10.2007 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 477.853 €
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH

Kurzfassung: Hocheffiziente Flachkollektoren zeichnen sich durch geringe Wärmeverluste aus und sind daher für höhere Nutztemperaturen bzw. Deckungsanteile geeignet. Das Projektziel ist, das Prinzip von Wärmeschutzverglasungen auf Kollektoren zu übertragen. Die Aufgaben sind: Entwicklung von niedrig emittierenden TCO-Schichtsystemen mit hoher Transmission, Gebrauchstauglichkeitstests an Isolierverglasungen und Kollektoren, Analyse des Wärmetransports. Untersuchungen an Prototypen werden mit handelsüblichen Gläsern durchgeführt, mittels Simulation werden die Eigenschaften der neu entwickelten Schichten auf zukünftige Kollektoren übertragen. Ergebnisse sind ein Verlustkoeffizient α_{60} von max. 2,6 W/(m²K) (Flachkollektor ca. 4,5 W/(m²K) und konstruktive Lösungen für die Integration der Verglasungen.

TECHNOSOL – Entwicklung einer Forschungsstrategie für die Niedertemperatur-Solarthermie-Technologie sowie nationale Begleitung der Europäischen Solarthermie-Technologie-Plattform ESTP (Phase 2)

Förderkennzeichen: 0329281B

Laufzeit: 01.06.2009 – 31.12.2010

Zuwendungssumme: 104.880 €

Projektpartner: Bundesverband Solarwirtschaft e.V.

Kurzfassung: In der zweiten Phase des Projekts TechnoSol hat die ca. einhundertköpfige Expertenplattform DSTTP die Arbeiten an der Forschungsstrategie Niedertemperatur-Solarthermie 2030 abgeschlossen. Das Dokument zeigt eindrucksvoll die Potenziale der Technologie auf und verweist auf den Forschungsbedarf in 5 Schlüsselbereichen in den Feldern der Kollektor-, Speicher-, Systemtechnik und der Anwendungsfelder der solaren Kühlung und Prozesswärme sowie die flankierenden Maßnahmen zur Qualitätssicherung und der Aus- und Weiterbildung. Die interessierte Fachöffentlichkeit wurde über die 2. Solarthermie-Technologiekonferenz Ende Januar 2010 über Stand der Technik sowie über Innovationen informiert, die im Rahmen des Projekts ko-finanziert werden konnte.

Verbundprojekt: Solarthermie 2000 plus: Entwicklung eines neuartigen NIR Lötverfahrens für Solarabsorber

Förderkennzeichen: 0329282A; 0329282B; 0329282C

Laufzeit: 01.03.2007 – 30.06.2010

Zuwendungssumme: 686.336 €

Projektpartner: Technische Universität Dresden – Fakultät Maschinenwesen – Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik (Koordinator); Lambda Technology Gesellschaft für thermische Prozesse mbH; Almeco-TiNOX GmbH

Kurzfassung: Im Projekt wurde eine NIR-Löttechnologie entwickelt, um Vollaluminiumabsorber für Solarkollektoren herzustellen. Dabei wurde eine vollmechanisierte Verfahrensführung incl. Lotzufuhr-, Bewegungs- und Spannsystem sowie die Leistungsregelung des NIR-Strahlers realisiert. Es konnte erstmals die prinzipielle Möglichkeit der Fertigung von Aluminiumabsorberrn mittels NIR-Strahlung gezeigt werden. Die erzeugten, linienförmigen Lötverbindungen sind durch gleichmäßige Lotkehlen zwischen Absorberblech und Rohr gekennzeichnet. Es konnte mithilfe dieser Fügetechnologie eine Wärmeübertragung vom Absorberblech auf die Registerrohre realisiert werden, die mit ultraschallgeschweißten Kupferabsorberrn vergleichbar ist. Das NIR-Löten besitzt somit das Potential, effizientere Aluminiumabsorber herzustellen.

Solarthermie2000plus: Theoretische und experimentelle Untersuchungen großer kostengünstiger Solarspeicher in Mehrkomponentenbauweise

Förderkennzeichen: 0329284A
Laufzeit: 01.01.2007 – 30.06.2010
Zuwendungssumme: 316.250 €
Projektpartner: Universität Kassel – Fachbereich 15 Maschinenbau – Institut für Thermische Energietechnik (ITE)

Kurzfassung: Um die Realisierung großer solarthermischer Kombianlagen zu erleichtern und die Kosten solcher Systeme zu senken, wird ein neuartiger Warmwasserspeicher in der Größenordnung von 3..30 m³ entwickelt und wissenschaftlich untersucht. Um sowohl eine einfache Einbringung als auch eine hohe Leistungsfähigkeit zu erreichen, werden konstruktiv die Funktionen "Wasserdichtigkeit", "Formstabilität" und "Wärmedämmung" getrennt. Es werden verschiedene Kunststoffe auf ihre Langzeitbeständigkeit geprüft, Prototypen aufgebaut und Simulationsstudien zur hydraulischen Einbindung durchgeführt. Abschließend soll in Feldversuchen die Funktionstüchtigkeit des Konzepts unter Beweis gestellt werden.

Solarthermie 2000plus: Kunststoffe in solarthermischen Kollektoren – Anforderungsdefinition, Konzeptentwicklung und Machbarkeitsbewertung

Förderkennzeichen: 0329285A
Laufzeit: 01.12.2007 – 31.10.2010
Zuwendungssumme: 271.852 €
Projektpartner: Fachhochschule Ingolstadt – Institut für angewandte Forschung

Kurzfassung: Steigende Weltmarktpreise für Rohstoffe laufen den Bemühungen nach weiteren Kostensenkungen in der Solarkollektorfertigung entgegen. Neben der Einsparung von teurem Kupfer sind mit dem Einsatz von Kunststoffen eine Gewichtsreduzierung und Vorteile bei der Montage realisierbar. Durch Nutzung moderner Fertigungstechnologien kann die bisherige Kollektorfertigung weiter automatisiert und die Kosten gesenkt werden. Allerdings setzen dabei die Werkstoffeigenschaften Grenzen zum Einsatz preiswerter Kunststoffe. Am Kompetenzfeld Erneuerbare Energien der Hochschule Ingolstadt wurden deshalb für den Einsatz von Kunststoffen angepasste Solarsysteme entwickelt. Anschließend wurden Konzepte für kostengünstige integrierte Kunststoffkollektoren erarbeitet und bezüglich ihrer Umsetzbarkeit untersucht.

Solarthermie2000plus: Solarkollektor mit transparentem Polymerabsorber und in das Wärmeträgermedium verlagertes Absorption – Arbeitstitel (Mesopol)

Förderkennzeichen: 0329285B
Laufzeit: 01.04.2008 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 207.948 €
Projektpartner: Phönix Sonnen Wärme AG

Kurzfassung: 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 verlagertes 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 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Für einen signifikanten Beitrag der solarthermischen Energieerzeugung wird die Substitution metallischer Werkstoffe durch Kunststoffe notwendig. Deren Vorteile 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 Kunststoffeinsatzes im Absorber Rücksicht nimmt, nötig.

Das Projekt beinhaltet die Leitung der IEA-SHCP-Task 39 durch das Fraunhofer ISE sowie Mitarbeit bei der Entwicklung neuer Komponenten, Materialien und geeigneter Qualifizierungsverfahren für die Materialien.

5.2 Solare Heizungsunterstützung und solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicherung

Der Gesamtwärmebedarf von Gebäuden konnte in der Vergangenheit, allein durch solarthermische Anlagen zur Trinkwassererwärmung, nur zu 5 bis 10 % gedeckt werden. Dagegen tragen heutige Kombi-Solaranlagen, die Trinkwasser erwärmen und zusätzlich zum Heizen genutzt werden, bereits mit 10 bis 35 % zum Gesamtwärmebedarf bei. Somit leisten sie einen wesentlich größeren Beitrag dazu, fossile Brennstoffe einzusparen und tragen somit 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 bzw. 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.

Das Steinbeis-Forschungsinstitut Solites Stuttgart hat nun ein programmbegleitendes Messprogramm zu den Forschungsprogrammen Solarthermie-2000 und Solarthermie2000plus abgeschlossen, in dem in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht analysiert wurde, wie sich solare Langzeit-Wärmespeicher entwickelt haben. In der dritten Speichergeneration konnten Effizienz und Sicherheit der jeweiligen Speichertechnologie erhöht und Konstruktionskosten gesenkt werden. So wurde zum Beispiel bei Behälter-Wärmespeichern ursprünglich mit Mineralfasern gedämmt, die häufig durchfeuchteten. Mittlerweile verwendet man dafür Schaumglasschotter und Blähglasgranulat in Membranschalung. Die Speicher der dritten Generation sind besser wärmegeklämt und havariesicher. Durch zum Beispiel neuartige Schichtbeladeeinrichtungen mit höhenverstellbaren Be- und Entladeeinrichtungen – und damit besserer Temperaturschichtung – und durch Kombination mit Wärmepumpen sind die Speicher zudem besser in das Nahwärmesystem eingebunden. Trotzdem sind sie im Vergleich kostengünstiger als ihre Vorgänger. Die durchschnittlichen Kosten einer Kilowattstunde solarer Nutzwärme aus den realisierten solaren Nahwärmesystemen mit saisonalem Wärmespeicher haben sich zwischen 1996 und 2008 in Abhängigkeit von Speichergröße und Deckungsanteil von



Der Multifunktionsspeicher in Hamburg im September 2010.

Quelle: E.ON Hanse Wärme GmbH

durchschnittlich 0,40 €/kWh auf 0,20 €/kWh etwa halbiert.

In Hamburg-Bramfeld wird in einem Verbundprojekt unter Koordination der E.ON Hanse Wärme GmbH der erste saisonale Solarwärmespeicher zu einem Multifunktionsspeicher erweitert und in das Fernwärmenetz Hamburg-Ost integriert. Neben dem Speichern von solarer Wärme soll er nun auch die zusätzliche Abwärme eines Müllheizkraftwerks aufnehmen. Erstmals sollen sich hier die saisonale Wärmespeicherung aus Solarwärme und die Abwärmenutzung aus Kraft-

Wärme-Kopplung-Anlagen (KWK) ergänzen. Die Be- und Entladeleistungen sollen bis zu 10 MW betragen, im Extremfall soll der Speicher innerhalb von 24 Stunden vollständig durchgeladen werden können. Er fasst 4.000 m³ Wasservolumen. Seit Dezember 2010 ist er fertiggestellt, die endgültige Inbetriebnahme ist im März 2011 erfolgt. Der Multifunktionsspeicher hat dabei seine Bewährungsprobe bereits erfolgreich bestanden und einen zeitweisen Ausfall von KWK-Wärme problemlos wie geplant kompensiert. In einem mehrjährigen wissenschaftlichen Monitoringprogramm wird die Leistungsfähigkeit des neuen Speichers detailliert überprüft.

**Verbundprojekt: Solarthermie2000plus:
Solare Gebäude-Wärmeversorgung – BiSolar-WP**

Förderkennzeichen: 0325952B; 0325952A
Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2011
Zuwendungssumme: 405.300 €
Projektpartner: Institut für Solarenergieforschung GmbH (Koordinator);
GEFGA Gesellschaft zur Entwicklung und Förderung von
Geothermen Anlagen mbH

Kurzfassung: Innerhalb des Projektes werden unabgedeckte photovoltaisch-thermische (PVT) Kollektoren in Wärmepumpensystemen untersucht. Der PVT-Kollektor wandelt Sonnenstrahlung gleichzeitig in elektrischen Strom und Wärme um und ist besonders geeignet für die Kombination mit einer Wärmepumpe. Bei passender Auslegung deckt der PVT-Kollektor den jährlichen Strombedarf der Wärmepumpe. Forschungsgegenstand ist der PV-Mehrertrag durch die Modulkühlung und die Verbesserungen an der Wärmepumpe durch die eingespeiste Sonnenwärme. Dazu werden seit März 2009 eine Pilotanlage und verschiedene PVT-Kollektoren vermessen und begleitende Simulationen durchgeführt. Aktuelle Ergebnisse zeigen eine Verbesserung des Photovoltaischen Jahresertrages um 4 % und eine elektrische Stromersparung an der Wärmepumpe von 10 %.

**Berechnungssoftware und Projektierungspaket für solarthermische
Minimalenergiewohngebäude bzw. Sonnenhäuser – SonnenHaus
ProjektierungsPaket SHPP**

Förderkennzeichen: 0325955C
Laufzeit: 01.08.2009 – 31.05.2011
Zuwendungssumme: 200.690 €
Projektpartner: ETU Software GmbH

Kurzfassung: 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:
Einfache Auslegungs- und Simulationssoftware für Sonnenhäuser.
Das Sonnenhaus Projektierungspaket (SHPP), welches auf einem vom Sonnenhaus-Institut e.V. zertifizierten Auslegungsverfahren basiert.
Die Sicherstellung der EnEV-Konformität des Auslegungsverfahrens.
Die Ausarbeitung von Schulungsangeboten zum Auslegungsverfahren und der Software.
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 – 29.02.2012
Zuwendungssumme:	657.123 €
Projektpartner:	Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften – Hochschule Braunschweig/Wolfenbüttel – Institut für Energieoptimierte Systeme, Labor für Heizungstechnik

Kurzfassung: Das Projekt hat folgende Schwerpunkte:

- Erstellung eines Kesselmodells als TRNSYS-Type. Ziel: Zeitverhalten (z. B. Takten) sinnvoll abbilden, Berücksichtigung von Prüfstandswerten als Parameter.
- Kesselprüfstandsmessung. Ziel: fehlende Daten zum Betriebsverhalten (insbesondere zeitveränderliche Größen) erheben.
- Validierung des TRNSYS-Types anhand von hochaufgelösten Feldmessungen von 4 Kessel/Solar-Anlagen (Sekunden/Minutenmessungen).
- Berechnung von weiteren praxistypischen Kessel/Solar-Varianten mit dem Kesselmodell in TRNSYS. Ziel: Ermittlung energiesparender hydraulischer und regelungstechnischer Lösungen.
- 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 €
Projektpartner:	Universität Stuttgart – Fakultät 4 Energie-, Verfahrens- und Biotechnik – Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)

Kurzfassung: 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.

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 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: 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 wissenschaftlichen 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.

Solarthermie2000plus: Wissenschaftlich-technische Begleitung von Solaranlagen im Südwesten Deutschlands

Förderkennzeichen: 0329601P

Laufzeit: 01.08.2006 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 510.446,78 €

Projektpartner: Hochschule Offenburg – Hochschule für Technik, Wirtschaft und Medien

Kurzfassung: 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 – 28.02.2011
Zuwendungssumme: 1.827.776 €
Projektpartner: ZfS-Rationelle Energietechnik GmbH

Kurzfassung: 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 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 702.046 €
Projektpartner: Technische Universität Ilmenau – Fakultät für Maschinenbau – Fachgebiet Thermo- und Magnetofluidynamik

Kurzfassung: 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), liegen die Schwerpunkte in Solarthermie2000plus aktuell auf erweiterten und neuen Lösungen der Solartechnik bei weiter intensiver Betreuung des Anlagenbestandes. Aktuell ist die Anlage Sophienhütte Ilmenau und in der Anlage Jena II wird zusätzlich das gesamte Wärmeversorgungssystem 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 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 635.829 €

Projektpartner: Technische Universität Chemnitz – Fakultät für Maschinenbau – Institut für Mechanik und Thermodynamik – Professur für Technische Thermodynamik

Kurzfassung: Im Rahmen des Förderkonzepts Solarthermie2000plus werden in ganz Deutschland Pilot-, Forschungs- und Demoanlagen im Bereich Solargroßanlagen zur Heizungsunterstützung, solaren Nahwärme, Prozesswärmebereitstellung und solaren Klimatisierung/-Kühlung wissenschaftlich begleitet. Dazu gehören Objektauswahl und -begutachtung, Planungsunterstützung, Überwachung der Anlagen- und Messtechnikinstallation sowie Anlagenüberwachung per Monitoring mit dem Ziel von Optimierungsempfehlungen bei Anlagenminderfunktionen. 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.

Solarthermie2000plus: Integrales Konzept zur weitgehend CO₂-neutralen Wärmeversorgung in Kombination der thermischen Solarenergie mit Biomasse, Wiershäuser Weg 25-41 in Hannoversch Münden

Förderkennzeichen: 0329604F

Laufzeit: 01.09.2006 – 31.08.2010

Zuwendungssumme: 103.010 €

Projektpartner: Gemeinnütziger Bauverein in Münden e.G.

Kurzfassung: Es ist ein Vorzeigeprojekt geworden, das über die Fachwelt hinaus Wellen schlägt: Bei der Sanierung eines 80 Jahre alten Wohnensembles hat der Bauverein in Hann. Münden bewiesen, dass man mit Innovationsgeist und Überlegung nicht nur der Umweltbelastung, sondern auch der zweiten Mietschicht zu Leibe rücken kann. Ein zentraler Holzpelletskessel (100 kW) mit Gasbrennwertkessel als Sicherheitsleistung, ab Frühjahr 2010 kombiniert mit Solarthermie (105 m² Kollektorfläche) zur Heizungsunterstützung und Warmwasserbereitung, sowie die energetische Sanierung der Gebäude ergänzen sich mit Hilfe einer Nahwärme zu einem Gesamtpaket.

Gebäudedaten:

3 Wohngebäude mit 49 Wohnungen (2730 m² Wohnfläche).

Verwaltungsgebäude mit Heizzentrale (160 m² Büro).

Solarthermie 2000plus: Solare Nahwärmeversorgung Neubau von Stadtvielen, Siegfried-Czapski-Straße, Jena

Förderkennzeichen: 0329604G
Laufzeit: 01.07.2007 – 30.06.2010
Zuwendungssumme: 145.072 €
Projektpartner: Heimstätten-Genossenschaft Jena eG

Kurzfassung: Im Juni 2009 wurden 57 Wohneinheiten in 4 Wohnhäusern fertiggestellt. Alle Wohnungen werden mit Fußbodenheizung beheizt. Das Trinkwasser wird über dezentrale Wohnungsstationen (Frischwasserstation) bereitgestellt. Besonders wichtig für die Vermietung ist die niedrige Menge an Wärmeenergie, die primär aus einer Solarthermieanlage mit 300 m² Kollektorfläche gewonnen und in einem 30 m³ großen Schichtenspeicher gepuffert wird. Eine DDC-Regelung kontrolliert und überwacht die Anlagenteile Solar und Heizungsnetz, vergleicht über eine Temperturorauswertung die vorhandenen und die benötigten Wärmemengen und steuert die hocheffizienten Umwälzpumpen in den beiden Heizkreisen sowie in den Belade- und Entlade Solarkreisen. Eine notwendige Nachheizung erfolgt über 2 Gas- Brennwertthermen.

Solarthermie 2000plus: Solare Nahwärmeversorgung Seniorenwohnanlage Sophienhütte Ilmenau

Förderkennzeichen: 0329604J
Laufzeit: 01.04.2008 – 30.09.2011
Zuwendungssumme: 106.200 €
Projektpartner: Wohnungsbaugenossenschaft Ilmenau/Thüringen e.G.

Kurzfassung: 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 39 altersgerechte Wohnungen, 1 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= 30 °C) senken die Zirkulationsverluste in hohem Maße. Damit werden die Voraussetzungen für einen solaren Deckungsanteil der 146 m² Solarthermieanlage von >23 % geschaffen. Offizielle Inbetriebnahme am 02.10.2009. Anlage läuft im Probetrieb.

Solarthermie 2000plus: Solares Nahwärmesystem zur Wärmeversorgung und Klimatisierung Industriedenkmal ehemalige Schultheiss-Brauerei Dessau

Förderkennzeichen: 0329604K
Laufzeit: 01.06.2008 – 30.09.2011
Zuwendungssumme: 1.092.606 €
Projektpartner: Brauhaus Verein Dessau e.V.

Kurzfassung: Seit dem Jahr 2009 wird das "Denkmal der Industrie – Brauerei Dessau" mit einem solaren Nahwärmesystem versehen, welches den CO₂-neutralen Betrieb des Gesamtkomplexes mit 35.000 qm Nutzfläche sicherstellt. 2010 wurden die "saisonalen Wärmespeicher" mit einem Volumen von 285 cbm, die "solare Kühlung" und das Dach zur Aufnahme der Solarthermieelemente mit einer Fläche von ca. 350 qm fertiggestellt, in Kürze erfolgt die Aufstellung der Biomassegrösskessel. Die abschliessende Inbetriebnahme der Anlage steht für Sommer 2011 an. Durch die äusserst kompakte Anordnung aller Komponenten sowie die Nutzung alter Industrieaussubstanz sind Merkmale moderner Energietechnik in selten erreichbarer Dichte zu erwarten.

Solarthermie 2000 : Einrichtung einer solaren Nahwärmeversorgung im Neubaugebiet "Ackermannbogen" in München

Förderkennzeichen: 0329607C
Laufzeit: 01.05.2002 – 31.03.2010
Zuwendungssumme: 1.843.204 €
Projektpartner: Landeshauptstadt München, Referat für Gesundheit und Umwelt

Kurzfassung: Die solar versorgte Siedlung mit 319 Wohnungen ist eines der ehrgeizigsten Projekte zur Sonnenenergienutzung in München. Hauptelemente sind großflächige Solarkollektoren (3000 m²), ein Wärmespeicher (Wasser) mit 6000 m³ Inhalt, und die Energiezentrale, in der auch eine Absorptionswärmepumpe zur optimalen Nutzung des Speichers installiert ist. Mit diesem System werden knapp 50 % des Energiebedarfs für Heizwärme und Warmwasser durch die Sonne gedeckt. Den Rest, sowie die Reservefunktion, übernimmt die Fernwärme. Abgesehen von der zukunftsweisenden Technik, die derzeit in Europa neue Maßstäbe setzt, wurden auch innovative vertragliche und organisatorische Konzepte zwischen den Beteiligten realisiert.

Solarthermie2000plus: Solarunterstützte Nahwärmeversorgung Crailsheim Hirtenwiesen II

Förderkennzeichen: 0329607H
Laufzeit: 01.12.2004 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 2.474.915 €
Projektpartner: Stadtwerke Crailsheim GmbH

Kurzfassung:

Entstehung der größten thermischen Solaranlage Deutschlands mit 10.000 qm Kollektorfläche.

- Bisher ca. 6.000 qm Kollektoren montiert.
- Wärmebedarf des Wohngebiets Hirtenwiesen II soll zu 50 % durch Sonnenwärme abgedeckt werden.
- Im Sommer erzeugte Solarwärme wird für den Winter in einem Erdsondenspeicher gespeichert.
- Dazu sind zwei Wärmespeicher vorgeschaltet, ein 100.000-Liter-Turm & der 4,8 mal größere Wallspeicher.
- Einbindung der Solaranlage in die Nahwärmeversorgung mit Einbindung einer Wärmepumpe.
- Hier steht das bis zu 108 °C heiße Wasser unter drei bar Druck.

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 €
Projektpartner: Steinbeis Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme

Kurzfassung: 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 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 2.768.690 €
Projektpartner: E.ON Hanse Wärme GmbH

Kurzfassung: In der vorgenannten Studie werden u. a die Ergebnisse des Monitorings von solarthermischen Anlagen mit Langzeit-Wärmespeichern zusammengefasst. Die Anlage in Hamburg-Bramfeld war 1996 eine der ersten Anlagen dieser Art und hatte Pilotcharakter. Mangels Erfahrungswerten ging die wissenschaftliche Projektbegleitung in der Planungsphase 1993...1995 von 1.610 MWh/a Wärmebedarf und 49 % solarem Deckungsbeitrag = 790 MWh/a aus. Diesen Wert erreichte allerdings weder die Anlage in HH-Bramfeld, noch die anderen, vom BMFT geförderten Projekte mit ähnlicher Konzeption. Der Wärmebedarf (Netzeinspeisung) betrug 1.862 MWh im 5-Jahres-Mittel.

Solarthermie2000plus: Wissenschaftlich technische Begleitung des Förderprogramms Solarthermie2000plus zu solar unterstützte Nahwärme und Langzeit-Wärmespeicherung

Förderkennzeichen: 0329607P
Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2011
Zuwendungssumme: 618.610 €
Projektpartner: Universität Stuttgart – Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik

Kurzfassung: Das Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik der Universität Stuttgart (ITW) führt die wissenschaftlich-technische Programmbegleitung von fünf solar unterstützten Nahwärmeversorgungen mit saisonaler Wärmespeicherung. Ziele dieses Projekts sind der Ausbau des Wissenstandes bei der Optimierung und Effizienzsteigerung der Anlagenkomponenten wie dem Langzeit-Wärmespeicher und der Systemverschaltung unter anderem durch die Intergration 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 €

Projektpartner: Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig –
Fakultät 3 – Architektur, Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften –
Institut für Gebäude- und Solartechnik

Kurzfassung: 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.

5.3 Solare Klimatisierung

Die Standardlösung zur Produktion von Kälte sind elektrisch angetriebene Kompressionskälteanlagen. Da rund ein Sechstel des bundesweiten elektrischen Strombedarfs dazu genutzt wird, Kälte zu erzeugen, könnte man erhebliche Mengen an Strom sparen, wenn stattdessen solar betriebene Kälteanlagen zum Standard gemacht würden. Zudem erscheint es logisch, statt Strom dafür die Sonne zu nutzen: Schließlich ist der Sonnenschein selbst neben weiteren internen Lasten maßgeblich für den Klimatisierungsbedarf verantwortlich.

Bereits vor 1980 wurden erste Pilotanlagen gebaut, die zur solar unterstützten 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 % pro Jahr gewachsen, liegt aber noch auf niedrigem Niveau. Weltweit waren bis Ende 2009 rund 450 bis 500 Solar Cooling Systeme installiert, davon rund 400 in Europa. 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“ untersucht.



Kollektoren an der
Technikerschule in Butzbach.
Quelle: FhG ISE Freiburg

Innerhalb des Förderprogrammes Solarthermie 2000plus wurden auch fünf Pilot- und Demonstrationsanlagen zur solaren Klimatisierung gefördert. In einem wissenschaftlichen Begleitvorhaben zur solarthermischen Gebäude-Klimatisierung hat das Fraunhofer ISE zusammen mit Partnern untersucht, inwieweit die Betriebserfahrungen dieser

Anlagen die Zielvorgaben erreichten und welchen Beitrag sie damit zum Klimaschutz leisten können. Dafür wurden umfangreiche Anlagendokumentationen erstellt. Für das neue Technologiecenter der Festo AG & Co. KG in Esslingen-Berkheim liefert eine Solaranlage mit 1.330 m² Vakuumröhrenkollektoren mit CPC-Spiegeln (CPC = Compound Parabolic Concentrator) Antriebsenergie für eine der weltweit größten solaren Adsorptionsanlagen mit einer Gesamtleistung von 1 MW. Weitere Daten für das ISE-Monitoring kamen von einer Klimaanlage des Niedrigenergie-Gebäudes der Technikerschule Butzbach. Die Kälte wird dort komplett aus Solarwärme bereitgestellt, es gibt also kein weiteres Back-up-System. Zwei kleine Absorptionskältemaschinen mit jeweils 10 kW Kälteleistung, die mit Wärme aus einem Kollektorfeld mit 60 m² Fläche an Vakuumröhren angetrieben werden, kühlen über sechs bis acht Stunden am Tag die Unterrichtsräume. Die letzte der fünf Anlagen ging im April 2011 bei der Deutschen Telekom in Rottweil in Betrieb. 450 m² Vakuumröhrenkollektoren liefern neben einem BHKW die Wärme für den Betrieb der Absorptionskälteanlage. 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.

Bei der Forschung zur solaren Klimatisierung nimmt Deutschland international eine wichtige Rolle ein. Ende Dezember schloss nach vierjähriger Laufzeit die Arbeitsgruppe „Solar Air-Conditioning and Refrigeration“ (Task 38) im Programm „Solar Heating and Cooling“ der Internationalen Energie Agentur (IEA) seine Untersuchungen ab. Circa 60 Teilnehmer aus zwölf Ländern nahmen unter deutscher Leitung an dem umfangreichen Arbeitsprogramm zur solaren Kühlung teil. In diesem Jahr erscheint als Ergebnis die vollständig überarbeitete Neuauflage des Planungshandbuchs „Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings“. Die Ergebnisse des soeben dargestellten begleitenden Monitorings der deutschen Pilot- und Demonstrationsanlagen wurden mit eingebracht.

Deutsche Firmen gehören zu den Vorreitern im Bereich der solaren Klimatisierung. Anfang 2009 gründeten sie den Industrieverband Green Chiller – Verband für Sorptionskälte e. V., anfangs mit sieben Firmen und zwei Forschungseinrichtungen. Seit März 2010 können auch Unternehmen oder Forschungseinrichtungen aus dem europäischen Ausland beitreten.

FDG Rottweil, Solarthermie/solare Kühlung; Einbindung in bestehendes Wärme- und Kältesystem

Förderkennzeichen:	0325012
Laufzeit:	01.05.2009 – 30.04.2012
Zuwendungssumme:	276.743 €
Projektpartner:	PASM Power and Air Condition Solution Management GmbH & Co. KG Münster

Kurzfassung: Es wird eine solarthermische Anlage mit dem Ziel einer Effizienzsteigerung und Kostensenkung sowie Senkung des CO₂-Ausstosses im Gebäudebestand erstellt. Das bereits bestehende BHKW zur Nutzung der Abwärme für Absorptionskältegewinnung wird durch Solarthermie ergänzt. Folgende Konzepte werden erprobt: Solar unterstützte Wärmenetze, einschließlich deren Kombination mit anderen umweltfreundlichen Wärmequellen. (Abwärme aus hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung), zur weitgehend CO₂-neutralen Wärmeversorgung. Neue Anwendungsgebiete für die Solarthermie: Die solarunterstützte Klimatisierung von Gebäuden (Solares Kühlen). Erkenntnisse durch dieses solarthermische Kollektorfeld (ca. 500 m²), betrieben im Niedertemperaturbereich, 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 €
Projektpartner:	Universität Stuttgart – Fakultät 4 Energie-, Verfahrens- und Biotechnik – Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik (ITW)

Kurzfassung: Mit dem Forschungsprojekt wird versucht, den Diffusions-Absorptionskälteprozess in einen Solarkollektor zu integrieren. Dieser Kälteprozess wird direkt mit der gewonnenen Solarwärme angetrieben und kommt ohne elektrische Hilfsenergie aus. Die Betriebsstoffe sind Ammoniak (Kältemittel), Wasser (Lösungsmittel) und Helium (Hilfsgas). Wenn der Solarkollektor im Sommer in Stagnation geht, wird der Kälteprozess aufgrund der hohen Kollektortemperaturen automatisch in Gang gesetzt. Auf diese Weise ist eine Kühlung ohne elektrischen Strombedarf möglich. In der ersten Projektphase soll die Machbarkeit dieses Konzepts geprüft werden. Wissenschaftliche Herausforderungen sind die Steigerung von Kälteleistung und Effizienz des Absorptionskälteprozesses sowie die völlig neuartige solarthermische Beheizung.

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 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Kordinator);
Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH;
Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)
– Abt. 1 – Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien

Kurzfassung: Solare Kühlung wird überwiegend mit solarthermischen Verfahren assoziiert, da hier eine systemtechnische Verknüpfung der Komponenten besteht. Aufgrund der sinkenden Kosten für netzgekoppelte PV-Systeme geraten jedoch auch zunehmend Ansätze mit PV zur Kompensation des Strombedarfs in den Blickpunkt.

Im Verbundvorhaben wird grundsätzlich 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. Das Vorhaben umfasst zudem einen messtechnischen Ansatz zur Effizienzbestimmung konventioneller Kälteerzeugung (Referenzsysteme).

Solarthermie2000plus: Wissenschaftliche Programmbegleitung und Begleitforschung "Solarthermische Gebäude-Klimatisierung"

Förderkennzeichen: 0329605A

Laufzeit: 01.01.2005 – 30.06.2012

Zuwendungssumme: 876.445 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Im Rahmen der Programmbegleitung werden bzw. wurden Betriebsergebnisse von fünf Anlagen zur solarthermischen Kühlung im Förderprogramm Solarthermie 2000plus ausgewertet; die fünfte Anlage ist derzeit im Aufbau. 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.

**Solarthermie2000plus: Pilotanlage solarautarke Klimatisierung
Bürogebäude iba AG Fürth**

Förderkennzeichen: 0329605E
Laufzeit: 01.06.2006 – 30.09.2011
Zuwendungssumme: 115.782 €
Projektpartner: iba AG

Kurzfassung: 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.

Solarthermie2000plus: Solare Klimatisierung Werk 2 TechnologieCenter Fa. Festo

Förderkennzeichen: 0329605F
Laufzeit: 01.12.2006 – 30.11.2010
Zuwendungssumme: 392.542 €
Projektpartner: FESTO AG & Co. KG

Kurzfassung: Im Rahmen des Förderprogramms Solarthermie2000plus hat die Festo AG in Esslingen die mit 1218 m² Aperturfläche weltweit größte solar unterstützte Klimatisierungsanlage installiert. Die Anlage ging im November 2007 in Betrieb. Im Sommer versorgt die Solaranlage die bereits vorhandenen Adsorptionskälteanlagen mit Heizenergie. Mit der erzeugten Kälte werden ein Bürogebäude mit über 33.000 m² Gesamtfläche und ein Rechenzentrum des Unternehmens gekühlt. Im Winter wird die Solarwärme für die Beheizung der Gebäude genutzt. Durch die Einbindung der Solaranlage werden jährlich mindestens 500 MWh an Primärenergie eingespart und damit ein deutlicher Beitrag zum Klimaschutz und zur Ressourcenschonung geleistet.

Solarunterstützte Klimatisierung Technikerschule Butzbach / Wetteraukreis

Förderkennzeichen: 0329605G
Laufzeit: 01.12.2007 – 30.11.2010
Zuwendungssumme: 316.214 €
Projektpartner: Berufs- und Technikerschule Butzbach

Kurzfassung: Die im Jahre 2008 im Niedrigenergiehaus der Berufs- und Technikerschule Butzbach in Betrieb genommene solare Klimatisierung soll die im Wesentlichen durch große Glasfronten bedingten Überhitzungsprobleme beseitigen. Die Anlagenfunktion wird durch eine umfangreiche Messdatenerhebung überprüft und ausgewertet. Für die Lehr- und Lernbedingungen sind besonders die minütlichen Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsdaten aus den Unterrichtsräumen von Bedeutung. Die aktuell vorliegende Datenlage wird der Erwartungshaltung in Bezug auf winterliche Heizungsunterstützung und sommerliche Kühlung prinzipiell gerecht und ist die Grundlage für weitere Optimierungen. Die Verschattung eines Unterrichtsbereiches ist noch optimierungsbedürftig.

Solarthermie 2000plus: Integration des solaren Heizen und Kühlens in Wohngebäuden mit Niedrigenergie- und Passivhausstandard

Förderkennzeichen: 0329605H
Laufzeit: 01.06.2008 – 30.06.2011
Zuwendungssumme: 154.411 €
Projektpartner: Ruhr-Universität Bochum – Fakultät für Maschinenbau –
 Institut für Energietechnik – Energiesysteme und Energiewirtschaft

Kurzfassung: Bisher werden in Wohngebäuden zur Kühlung überwiegend elektrisch angetriebene Klimageräte eingesetzt, die in den Sommermonaten bereits heute zur erhöhten Spitzenlast führen. Unter Berücksichtigung des steigenden Bedürfnisses nach einem angenehmen Raumklima wird im Haushaltsbereich für das Jahr 2020 ein Strombedarf der Raumklimageräte von etwa 1.630 GWh prognostiziert, der eine Lastspitze von etwa 1,75 GW zufolge hätte. Die Untersuchung hat zum Ziel, verschiedene Konzepte zum solaren Heizen und Kühlen für Wohngebäude zu erstellen und sie hinsichtlich Primärenergie, CO₂-Emissionen und Kosten zu bewerten und zu vergleichen. Dabei sollen insbesondere Wohngebäude mit Niedrigenergie- und Passivhausstandard im Vordergrund stehen.

Verbundprojekt: 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 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Koordinator); SorTech AG; Solvis GmbH & Co. KG

Kurzfassung: 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 10 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 Betriebsbewertung der Komponenten und Systemkonzepte verwendet als auch zur primärenergetischen Systemoptimierung.

Komponenten- und Systementwicklung: Solares Heizen und Kühlen mit Adsorptionskälteanlage und Latentwärmespeicher

- Förderkennzeichen:** 0329605O
Laufzeit: 01.10.2009 – 30.09.2012
Zuwendungssumme: 886.932 €
Projektpartner: Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) – Abt. 1 – Technik für Energiesysteme und Erneuerbare Energien

Kurzfassung: In Systemen zum solaren Heizen und Kühlen mit Adsorptionskälteanlagen 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 niedrigem Temperaturniveau.

5.4 Solare Prozesswärme

Auch wenn die Technik der solaren Prozesswärme in einigen Pilotanlagen im Bereich der Lebensmittelindustrie (830 m²- VRK- Anlage Hofmühl- Privatbrauerei Eichstätt und 150 m²- Flachkollektoranlage Hütt- Brauerei Kassel- Baunatal) und der Metallverarbeitung (108 m²- PTC- Kollektoren Firma Alanod Ennepetal) innerhalb des Förderprogrammes Solarthermie 2000plus erfolgreich entwickelt und erprobt werden konnte, besteht auf diesem Gebiet ein großer Nachholbedarf. Denn prinzipiell herrscht hier ein gewaltiges Potenzial: Etwa ein Drittel des Gesamtprozesswärmebedarfs entfällt auf den Temperaturbereich bis 250 °C, ist also im Prinzip durch Solarkollektoren zu liefern. Ein Drittel davon liegt sogar im Bereich unter 100 °C.

Für diese Prozesstemperaturen eignen sich besonders hocheffiziente Flachkollektoren, CPC-Vakuumröhrenkollektoren sowie auch konzentrierende Kollektorsysteme wie etwa Parabolrinnen oder Fresnelkollektoren. Es gibt einige grundlegende Schwierigkeiten bei der gewerblichen Nutzung, die es zu überwinden gilt. Zum einen existieren hier sehr unterschiedliche Prozessbedingungen, Prozesstemperaturen und Prozessabläufe, so dass eine Integration solarer Systeme individuell angepasst werden muss. In gewerblichen Energiekonzepten haben zum anderen Maßnahmen Vorrang, mit denen Energie gespart, Abwärme genutzt oder der Prozess auf zum Beispiel niedrigere Temperaturbedingungen umgestellt wird. Erst anschließend können in einem weiteren Schritt solarthermische Anlagen integriert werden. Nicht zuletzt hindern die in der Industrie üblichen geforderten kurzen Amortisationszeiten von drei bis fünf Jahren eine weite Verbreitung. Deshalb ist es künftig erforderlich, die Kosten zu senken und das Gesamtsystem in Verbindung mit Maßnahmen zur Energieeffizienz und Energieeinsparung in den Prozessabläufen zu optimieren.

In dem Projekt P3 haben Wissenschaftler und Industriepartner unter Koordination des DLR- Institutes für Technische Thermodynamik ein innovatives Konzept zur solaren Prozesswärme entwickelt und getestet. In einer Pilotanlage bei der Firma Alanod Aluminiumveredlung GmbH & Co. KG wird erstmalig Prozessdampf von 143 °C und 4 bar direkt in den Absorbern der Kollektoren erzeugt. Anschließend wird der Dampf in ein konventionelles Dampfnetz eingespeist. Alanod stellt Aluminiumbänder für die Solarbranche her und benötigt Sattdampf, um die Beschichtungen zu trocknen. Ein Teil des Dampfes kommt seit dem Beginn des Probetriebs im Juni 2010 von zwölf Parabolrinnen-Kollektormodulen mit einer Kollektorfläche von 108 m² auf dem Dach



Zwölf Parabolrinnen-Kollektormodule auf dem Dach der Firma Alanod in Ennepetal.
Quelle: Institut für technische Thermodynamik (ITT) des DLR Köln

des Unternehmens. Die Anlage wurde hinsichtlich der Volumenströme, Pumpenleistung und weiterer Faktoren optimiert. Der bisherige Probebetrieb lässt erwarten, dass die geplanten wissenschaftlich-technischen Zielstellungen erreicht werden können. Ziel des Projektes ist es auch, zu untersuchen, wie zuverlässig eine solche Anlage im mitteleuropäischen Klima funktioniert. Durch die Ergebnisse sollen Test- und Qualifizierungsverfahren zur internationalen Normung von Parabolrinnenkollektoren definiert werden. Die Betriebs- und Kosteninformationen werden als Grundlage für eine künftige Markteinführung und den Export genutzt.

Innerhalb des Task 33 „Solar Heat for Industrial Processes“ des IEA Programms Solar Heating and Cooling wurden generelle Einsatzgebiete für solare Prozesswärme ermittelt. Insbesondere die Bereiche Lebensmittel- und Getränkeindustrie, Metallverarbeitung, chemische Industrie, Wäscherei oder Trocknungsprozesse in der Landwirtschaft sind demnach geeignet. Eine Folgetask ist beabsichtigt. 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.

Verbundprojekt: Komponenten- und Systementwicklung für Solar unterstützte dezentrale KWKK**Förderkennzeichen:** 0325963A; 0325963B**Laufzeit:** 01.07.2010 - 31.12.2012**Zuwendungssumme:** 1.076.724 €**Projektpartner:** Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig – Institut für Gebäude- und Solartechnik (Koordinator); Institut für Luft- und Kältetechnik gemeinnützige Gesellschaft mbH

Kurzfassung: 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 – 31.05.2011**Zuwendungssumme:** 247.135 €**Projektpartner:** Universität Kassel – Fachbereich 15 Maschinenbau – Institut für Thermische Energietechnik (ITE)

Kurzfassung: Das Fachgebiet Solar- und Anlagentechnik der Universität Kassel arbeitet im Rahmen dieses Projektes an der Bereitstellung solarer Wärme für industrielle Prozesse. In einer Potentialstudie werden geeignete Branchen und Prozesse mit hohem Wärmebedarf bis 250°C erfasst und hinsichtlich der Integrationsmöglichkeiten solarthermischer Anlagen untersucht. Des Weiteren werden innerhalb der nächsten drei Jahre mehrere Pilotanlagen zur Bereitstellung solarer Prozesswärme errichtet und messtechnisch begleitet. Schließlich werden möglichst allgemeine Branchenkonzeppte entwickelt, welche im Rahmen von Checklisten eine schnelle Abschätzung der Machbarkeit, möglichst standardisierte Planungen und eine sinnvolle Integration solarthermischer Anlagen in die bestehenden Prozesse ermöglichen.

Verbundprojekt: Solarthermie 2000plus: Pilotanlage zur solaren Prozesswärmeerzeugung mit Parabolrinnenkollektoren (Begleitforschung)

Förderkennzeichen: 0329609A; 0329609B; 0329609C
Laufzeit: 01.02.2007 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 613.857 €
Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik (ITT) (Koordinator); ALANOD Aluminium-Veredlung GmbH & Co. KG – Forschung und Entwicklung ; SOLITEM GmbH

Kurzfassung: Das P3 Verbundprojekt (Pilotanlage zur solaren Prozesswärmeerzeugung mit Parabolrinnenkollektoren) demonstriert die solare Versorgung eines typischen industriellen Verbrauchers mit Satteldampf als Energieträger. Eine Anlage zur Beschichtung von Aluminiumbändern bei der Firma Alanod wird mit direkt im Kollektorfeld erzeugtem Dampf bei ca. 150°C beschickt. Die Planung und Errichtung des Parabolrinnenfeldes der Firma Solitem mit 108 m² Kollektorfläche und des Anschlusses an die Produktion ist abgeschlossen. Die Inbetriebnahme ist für April 2010 geplant.

Parallel zur Planung und Errichtung der Demonstrationsanlage werden verschiedene wissenschaftliche Arbeitspakete durch das ITW der Uni Stuttgart, das Solarinstitut Jülich, Prof. Quaschnig und die Solarforschung im DLR (Koordinator) bearbeitet.

Solarthermie 2000 plus: Solare Prozesswärme Hofmühlbrauerei Eichstätt

Förderkennzeichen: 0329609D
Laufzeit: 01.07.2007 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 762.431 €
Projektpartner: Privatbrauerei Hofmühl GmbH

Kurzfassung: Die Privatbrauerei Hofmühl errichtet ein 1 MW Sonnenwärmekraftwerk. Erstmals wird ein Röhrenkollektorfeld für die Erzeugung von Prozesswärme über 100°C eingesetzt. Das vorerst ca. 1.000 m² große Kollektorfeld hat eine Wärmeleistung von 1 Megawatt und wird ca. 60.000 l Heizöl pro Jahr ersetzen.

Notwendig wird dabei eine exakte Anpassung der Produktionsprozesse und der Energiespeicher an den Sonnenzyklus.

Zwischenbericht: Seit August 2009 sind drei nach Tichelmann verschaltete Einzelfelder mit einer Gesamtaperturfläche von 735,5 m² installiert. Verbraucherseitig ist die Flaschenreinigungsmaschine, der Brauchwarmwasserspeicher und die Raumheizung an die zwei 55 m³ Energiespeicher angeschlossen. Erste Messergebnisse im Sommerbetrieb und Winterbetrieb als reines Wassersystem liegen vor.

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 €
Projektpartner: Hütt-Brauerei Bettenhäuser GmbH & Co. KG

Kurzfassung: Im Rahmen des Projektes wird die Identifizierung und Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen im Bereich der Heißwasserversorgung der Hütt Brauerei Kassel mit dem Bau einer thermischen Solaranlage zur Bereitstellung von Prozesswärme für den Brauprozess kombiniert. Nach der Umstellung der atmosphärischen Würzekochung auf ein neues energieeffizientes Kochverfahren und der Optimierung der innerbetrieblichen Wärmerückgewinnung erfolgt die Integration einer thermischen Solaranlage mit 150 m² in die Heißwasserversorgung der Brauerei. Zusätzlich wird im Rahmen des Projektes ein Energie-Monitoring des Brauprozesses eingeführt, um weitere Schwachstellen zu identifizieren und eine Erhöhung der Energieeffizienz zu ermöglichen.

Verbundprojekt: Solare-Prozesswärme-Standards (Sol-Pro-St)

Förderkennzeichen: 0329609G; 0329609F
Laufzeit: 01.07.2009 – 30.06.2012
Zuwendungssumme: 439.818 €
Projektpartner: Fachhochschule Aachen – Standort Jülich – Solar-Institut (Kordinator);
 Fachhochschule Düsseldorf – Arbeitsgruppe E² – Erneuerbare Energien
 und Energieeffizienz

Kurzfassung: Das Potenzial der solaren Prozesswärme ist immens, wie u.a. Studien der IEA Task 33/IV-SHIP (Solar Heating for Industrial Processes) zeigen: Rund 30 % des industriellen Wärmebedarfs werden für Prozesse im Temperaturbereich unterhalb 100 °C und etwa 57 % unterhalb von 400 °C benötigt. Bisher war das Interesse von Unternehmen an Solaranlagen zur Prozesswärmebereitstellung vor Allem aufgrund einer fehlenden Standardisierung der Anlagentechnik eher gering. Ziel dieses Projektes ist es, beispielhaft für zwei Industriebranchen Wärmebedarfsprofile zu erfassen, Auslegungsempfehlungen für solare Pilotanlagen zu geben und Planung sowie Aufbau wissenschaftlich zu begleiten. Die Anlagentechnik soll dabei hinsichtlich ihres Standardisierungs- und Optimierungspotenzials überprüft und simuliert werden.

6. Solarthermische Kraftwerke

Für aride Gebiete mit direkter Sonneneinstrahlung sind solarthermische Kraftwerke dazu geeignet, in Konkurrenz mit konventionellen Kraftwerken zu treten und sie somit auf Dauer abzulösen. Indem statt fossiler Brennstoffe oder Atomkraft die Sonne als Antriebsenergie des Kraftwerksprozesses genutzt wird, kann ein Beitrag zum globalen Klimaschutz geleistet werden. In klimatisch geeigneten Regionen wie Südeuropa, Ostafrika und im Nahen Osten stellen sie die effizienteste Technik dar, mit der Sonnenenergie in Strom umgewandelt werden kann. Deutsche Hersteller sind als Zulieferer von Kernkomponenten wie den 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. Mit der Förderung anwendungsorientierter Forschungsprojekte soll die bisherige deutsche Spitzenposition am Markt beibehalten werden.

Solarthermische Kraftwerke funktionieren wie konventionelle Kraftwerke. Dampf oder Gas, die die Turbine antreiben, werden statt durch das Verbrennen fossiler Energieträger durch Sonnenenergie erhitzt. Um ausreichend hohe Temperaturen zu erreichen, werden die Sonnenstrahlen konzentriert. Anschließend werden sie auf einen Receiver geleitet, wo sie ein Wärmeträgermedium wie etwa Öl, Wasser, Salz oder Luft erhitzen.

Dadurch, dass der herkömmliche Kraftwerksprozess genutzt wird, kann dieser bei nicht ausreichender Sonnenstrahlung durch das Verbrennen fossiler oder aus Biomasse gewonnener Energieträger unterstützt werden. Umgekehrt könnte auch ein Kraftwerk, welches mit fossilen Brennstoffen betrieben wird, die Solarwärme nutzen, um Brennstoffe einzusparen. Durch Speicher kann außerdem der Betrieb des solarthermischen Kraftwerks vom Zeitpunkt der auf die Anlage scheinenden Sonne entkoppelt werden.

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.

Am weitesten entwickelt ist die Technologie der Parabolrinnenkraftwerke. Die ersten derartigen Kraftwerke wurden bereits zwischen 1984 und 1991 in Kalifornien gebaut und sind heute noch in Betrieb. In Parabolrinnenkraftwerken werden gekrümmte



Skal-ET Parabolrinnenkollektor in den Andasol-Kraftwerken in der spanischen Provinz Granada.

Quelle: Solar Millennium AG / Paul Langrock

Spiegel, die Parabolspiegel, in einer 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. Der Großteil der Parabolrinnenkraftwerke nutzt Thermoöl als Wärmeträgermedium. Diese Kombination trägt 767 MW zu den weltweit installierten 820 MW bei.

In dem aktuellen Verbundforschungsprojekt Ultimate Trough unter Koordination der Flabeg Holding GmbH arbeiten Ingenieure und Wissenschaftler daran, größere Parabolrinnenkollektoren zu entwickeln. Durch diese neue Kollektorgeneration sollen Kosten für Bau und Betrieb signifikant reduziert werden. Die Kollektoren sollen in Kraftwerken mit einer Leistung ab 250 MW eingesetzt werden. Neue Bauweisen, neue Montagemethoden und ein effizientes Steuerungssystem sollen ebenfalls dazu beitragen, die Kosten zu senken. Insgesamt soll der Ertrag im Vergleich zur aktuell genutzten SKAL-ET-Technologie um 25 % gesteigert werden, wodurch sich die Stromgestehungskosten von 20 Cent auf circa 16 Cent reduzieren würden.

Eine Sonderform der Parabolrinnenkollektoren sind Fresnel-Kollektoren. Zurzeit sind derartige Kraftwerke mit einer Leistung von 9,4 MW 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 Fresneltechnologie 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.

Nach den Parabolrinnenkraftwerken die zweitwichtigste Technologievariante mit insgesamt 42,4 MW installierter Leistung sind die Solarturmkraftwerke. Bei diesen Kraftwerken werden Heliostate genannte Spiegel in zwei möglichen Rotationsachsen der Sonne nachgeführt, um das Licht auf einen Receiver zu konzentrieren, der sich in einiger Entfernung auf einem Turm befindet. Auch in Deutschland gibt es ein Solarturmkraftwerk. Hier können deutsche Unternehmen ihr Wissen und ihren technologischen Vorsprung ausbauen. Das Demonstrations- und Versuchskraftwerk in Jülich ist eines der fortschrittlichsten Solarturmkraftwerke weltweit. Alle Komponenten können optimiert oder teilweise durch Neuentwicklungen ersetzt werden. Speziell der Receiver – ein offener volumetrischer Receiver, in dem sich die Luft bis zu 70 °C erwärmen kann – ist eine deutsche Entwicklung. Über 2.000 Heliostate mit zusammen rund 18.000 m² Spiegelfläche bündeln das Sonnenlicht auf einen Receiver am Kopf eines 60 m hohen Turms. Die Strahlung wird dabei bis zu tausendfach konzentriert. Ab Juli 2009 lief der Solarturm im reinen Solarbetrieb, wobei eine Leistung von 1 MW erreicht werden konnte (maximale Leistung bei Gasbetrieb: 1,5 MW). Im Heißluftkreis nach dem Receiver wurde im Optimalfall eine Lufttemperatur von 650 °C erreicht. Der thermische Speicher hat das System zuverlässig unterstützt.



Das Jülicher Solarturmkraftwerk:
Quelle: Stadtwerke Jülich GmbH

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.

Für weitere Projekte liegen die Schwerpunkte der BMU-Forschungsförderung auf alternativen Wärmeträgermedien für Rinnenkraftwerke, zu verbessernden Komponenten für Turmkraftwerke sowie Speichertechnologien und Qualitätssicherung.

Solarthermisches Versuchskraftwerk Jülich

Förderkennzeichen: 03UM0061
Laufzeit: 01.11.2005 – 31.10.2010
Zuwendungssumme: 4.053.928 €
Projektpartner: Stadtwerke Jülich GmbH

Kurzfassung: Solarthermische Kraftwerke sind laut IEA die kostengünstigste Art, aus direkter Sonnenstrahlung im Sonnengürtel der Erde CO₂-freien Strom zu erzeugen. Um effizient zu arbeiten und ihren Kostenvorteil auszuspielen, müssen sie ein hohes Temperaturniveau ausschöpfen und in großen Einheiten gebaut werden. Zur Markteinführung von Innovationen sind funktionstüchtige Demo-Gesamtsysteme notwendig. Deshalb wurde im Zeitraum 2006 bis 2010 in Jülich von einem Konsortium aus Forschungseinrichtungen (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V., Solar-Institut Jülich der FH Aachen), Energieversorger (Stadtwerke Jülich GmbH) und Industrie (Kraftanlagen München GmbH) die weltweit erste Anlage eines sehr innovativen Solarturmkraftwerks mit einer elektrischen Leistung von 1,5 MW errichtet und optimiert.

Verbundprojekt: Entwicklung und Integration Thermischer Energiespeicher in Rinnenkraftwerken mit Solarer Direktverdampfung – ITES

Förderkennzeichen: 03UM0064; 03UM0065
Laufzeit: 01.05.2006 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 2.935.503 €
Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik (ITT) (Kordinator);
 Ed. Züblin AG

Kurzfassung: 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.

Analyse und Auslegungskriterien für Heliostat-Antriebe und Optimierung der Antriebssysteme – HELIANT

Förderkennzeichen: 03UM0067
Laufzeit: 01.04.2006 – 31.03.2010
Zuwendungssumme: 284.039 €
Projektpartner: Siemens Geared Motors GmbH

Kurzfassung: Zur Dimensionierung von Heliostaten ist die genaue Kenntnis der auftretenden Belastungen erforderlich. Für einen einzelnen Heliostaten wurden Windkanaltests durchgeführt. Windstärke, -richtung und Elevationswinkel wurden in weiten Grenzen variiert, um ein realistisches Abbild der Lastverhältnisse zu erhalten. Die Untersuchungen wurden durch CFD-Rechnungen unterstützt. Gegenwärtig erfolgt eine Komplettierung durch Messungen an einem realen Heliostaten im Feld. Auf Basis dieser Daten und aufgrund von Verformungsmesswerten vorhandener Getriebe wurde eine Methode entwickelt, die es erlaubt, den Einfluß verschiedener Getriebevarianten auf den jährlichen Energieertrag infolge der Windlasten abzuschätzen. Die bisher gewonnenen Erkenntnisse flossen in die Erstellung weiterer Getriebevarianten ein.

Verbundprojekt: Innovative volumetrische Absorberstrukturen – INVAB

Förderkennzeichen: 03UM0086; 03UM0087
Laufzeit: 01.05.2007 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 299.651 €
Projektpartner: Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut (Koordinator); Bauer Technologies GmbH

Kurzfassung: Solarthermische Kraftwerke stellen die kostengünstigste Option dar, in groß-technischem Maßstab Strom aus Solarstrahlung zu gewinnen. Mit dem Betrieb des solar thermischen Versuchs- und Demonstrationskraftwerks in Jülich wird die Solarturmtechnologie mit offenem Luftreceiver zur Marktreife geführt. Schwerpunkt des Projekts INVAB ist die Entwicklung und Bewertung eines optimierten Absorberprototypen mit dem Ziel, den Receiverwirkungsgrad maßgeblich zu steigern. Die Herstellung erfolgt auf Basis eines innovativen 3D-Siebdruckverfahrens. Die keramischen Absorberstrukturen werden im Betrieb mit Dauergebrauchstemperaturen von über 900 °C belastet, was im Zusammenhang mit der Wirkungsgradsteigerung eine der wesentlichen Herausforderungen in dem Verbundprojekt darstellt.

Verbundprojekt: Realisation of Direct Stream Generation in Parabolic Trough – Real-DISS

- Förderkennzeichen:** 03UM0090; 03UM0091; 03UM0092; 03UM0093; 03UM0094
Laufzeit: 01.09.2007 – 31.12.2011
Zuwendungssumme: 1.655.290 €
Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Technische Thermodynamik (ITT) (Kordinatorator);
 FLAGSOL GmbH;
 Schott Solarthermie GmbH – Abt. SHE;
 Senior Berghöfer GmbH; FLAGSOL GmbH

Kurzfassung: Für die solare Direktverdampfung in Parabolrinnenkraftwerken wird Wasser als Wärmeträgermedium verwendet und ohne Zwischenkreislauf zur Stromerzeugung genutzt. Dies kann Kosten sparen, da alle Öl-relevanten Komponenten entfallen und höhere Temperaturen und damit höhere Wirkungsgrade erreicht werden können.

Im Rahmen von REAL-DISS haben deutsche und spanische Partner eine Versuchsanlage für System- und Komponentenuntersuchungen bei 500 °C und 120 bar errichtet und alle für den Kraftwerksbetrieb erforderlichen Komponenten wie Receiver, Speichersystem und flexible Rohrverbindungen entwickelt. Bislang wurden alle Komponenten in die Versuchsanlage eingebaut und die Gesamtanlage erfolgreich in Betrieb genommen. Erste Speicher- und Receiverversuche wurden durchgeführt.

Projekt: Qualifizierungs- und Evaluationszentrum solarthermische Kraftwerkstechnik – Quarz-CSP

- Förderkennzeichen:** 03UM0095
Laufzeit: 01.10.2007 – 30.09.2010
Zuwendungssumme: 2.254.819 €
Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Technische Thermodynamik – Solarforschung (TT-SF)

Kurzfassung: In solarthermischen Kraftwerken werden sehr spezifische Komponenten (Spiegel, Absorber, Strukturen, Antriebe) benötigt. Auf dem aktuellen Entwicklungsstand dieser Technologien gibt es erst wenige Erfahrungen hinsichtlich der Spezifikationen, die diese Komponenten erfüllen müssen, um einen hohen Nutzwert zu erzielen. Präzision, Haltbarkeit und optische Eigenschaften haben sehr starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Kraftwerke. Daher werden im DLR Kriterien und Prüfverfahren entwickelt, um die technische Leistungsfähigkeit der Komponenten und ihr Zusammenspiel zu bewerten und über die Lebensdauer sicherzustellen. Dazu werden Versuchsstände aufgebaut und erprobt sowie die Messverfahren dokumentiert. Es wird Wert auf Transparenz, Verlässlichkeit und Herstellerunabhängigkeit gelegt.

OPTISIM – Entwicklung eines Simulationsprogramms zur technisch-wirtschaftlichen Systemoptimierung von solarthermischen Kraftwerken**Förderkennzeichen:** 0325045**Laufzeit:** 01.04.2008 – 31.03.2010**Zuwendungssumme:** 336.000 €**Projektpartner:** Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: Um das Optimierungspotenzial bei der Auslegung solarthermischer Kraftwerke voll ausschöpfen zu können, müssen alle technischen und wirtschaftlichen Einflüsse adäquat berücksichtigt werden.

Im Projekt OPTISIM wird ein techno-ökonomisches Simulationsprogramm entwickelt, das Energieertrag und wirtschaftliche Kenngrößen der Anlagenkonfiguration standortspezifisch berechnet. Multi-Parameter-Optimierungsverfahren werden eingesetzt, um simultan Parameter wie die Größe von Solarfeld und ggf. thermischem Speicher, Kraftwerksschaltungen, Druck- und Temperaturniveaus, Kondensatorbauart und -größe zu optimieren.

Das Programm wird für Parabolrinnen- und Fresnel-Kollektoren, Solar-Only- und Hybrid-Kraftwerke, wahlweise mit Wärmeträgeröl oder Direktverdampfung entwickelt.

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 €**Projektpartner:** MAN Diesel & Turbo SE

Kurzfassung: 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.

Machbarkeitsstudie für Solarthermisches Kraftwerk mit innovativen, regionalspezifischen Lösungen für die Innere Mongolei – MONA

Förderkennzeichen: 0325047
Laufzeit: 01.08.2008 – 31.03.2010
Zuwendungssumme: 265.951 €
Projektpartner: FLAGSOL GmbH

Kurzfassung: In dem Forschungsvorhaben wurde ein integriertes Systemwerkzeug entwickelt, das Varianten der Trockenkühlung, Verschattungen und den Einsatz verschiedener Zusatzbrennstoffe modellieren kann. Es wurden Daten zum Erdbeben und zum Auftreten von und dem Schutz vor Sandstürmen gesammelt. Mit dem Modell wurden verschiedene Varianten durchgerechnet. Die Ergebnisse wurden in einem Workshop mit chinesischen Partnern in China vorgestellt und diskutiert. Es wurden meteorologische Daten für den aussichtreichsten Standort – Ba La Gong – gesammelt. Von den chinesischen Partnern wurden regionale Daten zur Verfügung gestellt und Verbesserungsvorschläge gemacht. Diese Eingaben wurden in dem Modell verarbeitet und in dem Abschlussbericht dargestellt.

Verbundprojekt: Hochtemperatur-Feststoffspeicher im Solarturm – HOTSPOT

Förderkennzeichen: 0325048A; 0325048B
Laufzeit: 01.08.2008 – 31.07.2012
Zuwendungssumme: 1.877.073 €
Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Technische Thermodynamik (ITT) (Kordinator);
 KBA-MetalPrint GmbH – Technik Abluftreinigung/Wärmespeicherung

Kurzfassung: 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.

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 – 31.03.2011

Zuwendungssumme: 1.561.348 €

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik – Solarforschung (TT-SF) (Koordinator); Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut; Schunk Ingenieurkeramik GmbH; Development HPR

Kurzfassung: 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.

Verbundprojekt: Standardisierung der Energieertragsprognose für solarthermische Kraftwerke (SESK)

Förderkennzeichen: 0325084B; 0325084A; 0325084C

Laufzeit: 01.12.2008 – 31.03.2011

Zuwendungssumme: 197.134 €

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik – Solarforschung (TT-SF) (Koordinator); EPURON GmbH – Special Projects, CSP; Carl von Ossietzky Universität Oldenburg – Fakultät V – Mathematik und Naturwissenschaften – Institut für Physik, Energie- und Halbleiterforschung

Kurzfassung: 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 aufwändiger 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.

Verbundprojekt: Entwicklung eines Referenzkonzepts für eine Solarhybrid-GuD-Anlage (SHCC) der Leistungsklasse bis 20 MW

- Förderkennzeichen:** 0325086A; 0325086B; 0325086C; 0325086D
Laufzeit: 01.03.2009 – 31.08.2010
Zuwendungssumme: 346.672 €
Projektpartner: MAN Diesel & Turbo SE (Koordinator);
 Technische Universität Dresden – Fakultät Maschinenwesen –
 Institut für Energietechnik;
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Technische Thermodynamik (ITT);
 VGB PowerTech e.V.

Kurzfassung: Solarhybrid-GuD-Anlagen sind gekennzeichnet durch die Einbindung solarer Hochtemperaturwärme in den Gasturbinenprozeß. Die Solarwärmezufuhr erfolgt zwischen Verdichteraustritt und Brennkammereintritt entweder mittels direkter solarthermischer Aufheizung in den Receivern des Solarturms oder indirekt durch Zwischenschaltung eines Wärmeträgerkreislaufes. Neben dem hohen Wirkungsgrad der mit solarer Wärme und fossilen Energieträgern betriebenen Kraftwerksprozesse besteht ein wesentlicher Vorteil in der vollen Leistungsverfügbarkeit bei Variation der zugeführten Primärenergieanteile aus Solarstrahlung und Erdgas bzw. Öl. Die beim Betrieb von Anlagen mit fluktuierender Stromerzeugung notwendigen Reservekapazitäten im Stromverbundsystem sind beim "SHCC(R)-Konzept" nicht erforderlich.

EVOSOL – Entwicklungs- und Versuchsumgebung zur Optimierung von solarthermischen Parabolrinnenkollektoren und deren Komponenten

- Förderkennzeichen:** 0325112A; 0325112B; 0325112C
Laufzeit: 01.06.2009 – 30.11.2010
Zuwendungssumme: 725.228 €
Projektpartner: FLAGSOL GmbH (Koordinator);
 sbp sonne gmbh;
 Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML)

Kurzfassung: Die Vorhabensbeschreibung lag bei Redaktionsschluss nicht vor.

HiTExStor: Weiterentwicklung eines Hochtemperatur-Wanderbett-Wärmeübertrager zur Speicherung sensibler Wärme in Schüttgütern

- Förderkennzeichen:** 0325119A; 0325119B; 0325119C; 0325119D
Laufzeit: 01.09.2009 – 31.03.2011
Zuwendungssumme: 2.189.619 €
Projektpartner: Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut (Kordinator);
 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)

Kurzfassung: Ziel des Verbundprojektes ist die Optimierung und Planung eines innovativen Hochtemperaturwärmeübertragers 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.

Entwicklung eines Heliostaten mit Hydraulik-Antrieb (Hydrohelio)

- Förderkennzeichen:** 0325123A; 0325123B; 0325123C
Laufzeit: 01.08.2009 – 31.01.2012
Zuwendungssumme: 859.560 €
Projektpartner: CIRRISSolutions GmbH (Kordinator);
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik – Solarforschung (TT-SF);
 Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut

Kurzfassung: 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.

Verbundprojekt: Optinel: Weiterentwicklung des linearen Fresnel-Kollektors

Förderkennzeichen: 0325144C; 0325144B; 0325144D
Laufzeit: 01.10.2009 – 30.09.2011
Zuwendungssumme: 1.530.785 €
Projektpartner: SCHOTT Solar CSP GmbH (Kordinator);
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Technische Thermodynamik (ITT);
 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Kurzfassung: 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 Potentiale 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.

Verbundprojekt: DE-TOP: Demonstration der solaren Direktverdampfung mit thermischem Speicher und optimierten Dampfparametern

Förderkennzeichen: 0325164A; 0325164B; 0325164C; 0325164D; 0325164E;
 0325164F
Laufzeit: 01.10.2009 – 31.10.2010
Zuwendungssumme: 538.488 €
Projektpartner: Solar Millennium AG – Strategic Technology (Kordinator);
 FLAGSOL GmbH;
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Standort
 Stuttgart – Institut für Technische Thermodynamik;
 Schott Solar CSP GmbH – Entwicklung;
 Ed. Züblin AG – Zentrale Technik – Technisches Büro Tiefbau Berlin;
 Senior Berghöfer GmbH

Kurzfassung: Bei der Solaren Direktverdampfung wird das Speisewasser aus dem Kraftwerksprozess direkt in einem Kollektorfeld verdampft, überhitzt und anschließend in einer Turbine expandiert. Bisherige Untersuchungen zeigten, dass gegenüber herkömmlichen Anlagen eine deutliche Steigerung der Wirkungsgrade bei gleichzeitiger Senkung der Anlagenkosten möglich sei. Die Demonstration der Direktverdampfung in einer Anlage mit 2 Kollektorreihen und Frischdampfparametern von 500°C / 112 bar sollte dem Nachweis der Prozess- und Komponentenstabilität sowie der Realisierung weiterer Optimierungspotenziale dienen. Ein detaillierter Vergleich des Direktverdampfungssystems mit einem Öl-System zeigte jedoch, dass das erwartete Potential dieser Technologie mit integriertem Speicher derzeit nicht erreicht werden kann.

Basisausstattung Forschungsplattform Solarturm Jülich

Förderkennzeichen:	0325185
Laufzeit:	01.12.2009 – 31.12.2010
Zuwendungssumme:	818.219 €
Projektpartner:	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik – Solarforschung (IT-SF)

Kurzfassung: 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 wird im Rahmen dieses Vorhabens eine umfassende und flexibel einsetzbare Grundausrüstung an Sicherheitseinrichtungen, Messtechnik und Testständen beschafft. Dadurch entsteht eine in Deutschland einzigartige Testeinrichtung für leistungsstarke Experimente mit hochkonzentrierter solarer Strahlung.

Verbundvorhaben High Performance Solarthermie (HPS) – solarthermische Kraftwerke auf Basis von neuen Salzschnmelzen

Förderkennzeichen:	0325208A; 0325208B; 0325208C; 0325208D
Laufzeit:	01.04.2010 – 31.03.2013
Zuwendungssumme:	3.738.659 €
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

Kurzfassung: Innerhalb der letzten Jahre haben sich die Marktbedingungen für solarthermische Kraftwerke deutlich verbessert, so dass sie zukünftig einen signifikanten Beitrag zur weltweiten Stromversorgung leisten werden. Um die Wirtschaftlichkeit der Parabolrinnentechnologie weiter zu erhöhen und einen wirtschaftlichen Einsatz auch ohne staatliche Subventionen zu ermöglichen, ist unter anderem eine Wirkungsgradsteigerung notwendig. Eine vielversprechende Möglichkeit bietet dabei der Einsatz von Wärmeträgermedien, die eine Erhöhung der Betriebstemperatur zulassen. Dies soll durch die Anwendung von Salzschnmelzen als Wärmeträger- und Speichermedium erreicht werden. Die im Rahmen des Projektes entwickelten Salze sollen auf ihre Funktionsfähigkeit in einem Pilot Loop untersucht werden.

Maßnahmen zur Optimierung des Anlagenbetriebs des Prüfstands KONTAS (Kontas-Pro)

- Förderkennzeichen:** 0325214
Laufzeit: 01.09.2010 – 30.04.2013
Zuwendungssumme: 394.026 €
Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Technische Thermodynamik – Solarforschung (TT-SF)

Kurzfassung: Der drehbare Parabolrinnen-Kollektor-Prüfstand Kontas wurde im Jahr 2010 auf der Plataforma 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.

SOLTREC II: Quarzglas-Fenster für Hochtemperatur-Druckreceiver in Solarturmkraftwerken

- Förderkennzeichen:** 0325221A; 0325221B
Laufzeit: 01.10.2010 – 30.09.2012
Zuwendungssumme: 452.454 €
Projektpartner: Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG (Koordinator);
 Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
 Institut für Technische Thermodynamik (ITT)

Kurzfassung: 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.

Ultimate Trough – Entwicklung eines Designs und Prototyps für eine neue kostengünstige Generation von Parabolrinnenkollektoren

Förderkennzeichen: 0325232
Laufzeit: 01.07.2010 – 30.06.2011
Zuwendungssumme: 1.175.306 €
Projektpartner: Flabeg Holding GmbH – Solar Business Development Unit

Kurzfassung: 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 projektiert werden.

Machbarkeitsstudie zur Entwicklung einer radargestützten Positionsregelung von Heliostatenfeldern für Solarturm Kraftwerke – HelioScan

Förderkennzeichen: 0325234A; 0325234B
Laufzeit: 01.11.2010 – 31.10.2011
Zuwendungssumme: 557.233 €
Projektpartner: Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut (Kordinator); Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik (FHR)

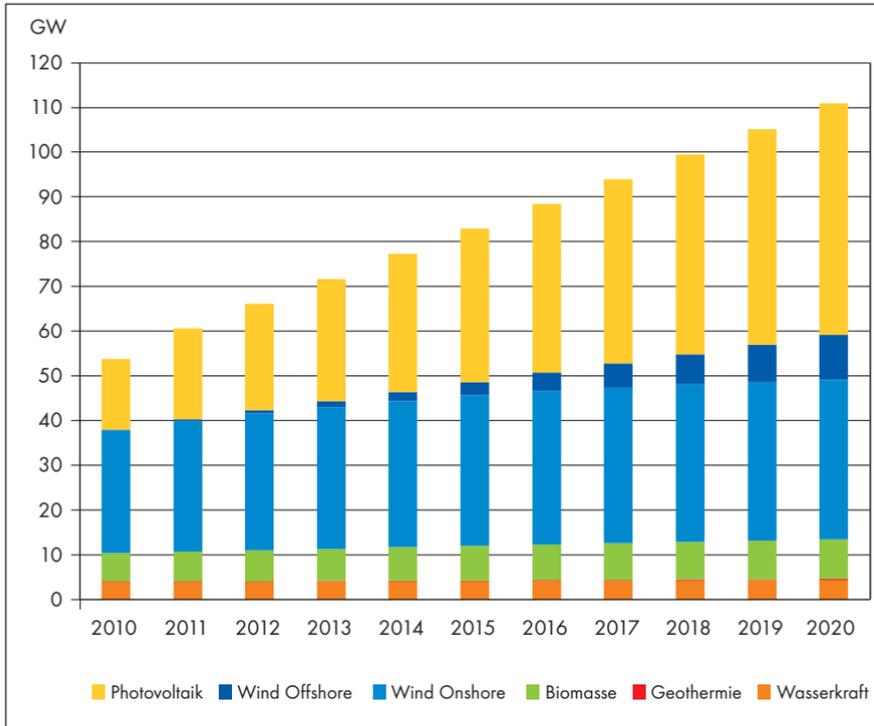
Kurzfassung: Die aktuellen Systeme für die Spiegelnachführung bei Solarturmkraftwerken sind technisch ausgereift und bieten kein Potenzial für rigorose Kostensenkung. In der Machbarkeitsstudie HelioScan des Solar-Instituts Jülich (SIJ) und des Fraunhofer-Instituts für Hochfrequenzphysik und Radartechnik 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.

7. Optimierung der Energieversorgungssysteme

Das Energieversorgungssystem, wie es bisher besteht, muss modernisiert werden. Je mehr Strom aus erneuerbaren Energien eingespeist werden soll, desto deutlicher wird, dass die Netze in einem ersten Schritt umgestaltet und anschließend ausgebaut werden müssen. Wind oder Sonne sind fluktuierende Stromquellen, sie sind nicht konstant verfügbar. Trotzdem soll der Strom für die Endkunden zuverlässig fließen. Dazu müssen geeignete Speicher und intelligentes Lastmanagement entwickelt werden. Zudem sind die erneuerbaren Energien weitgehend dezentral in ganz Deutschland verteilt, kleine Mengen Strom aus Haushalts-PV-Anlagen wie auch große Leistungen aus Windparks müssen somit an verschiedenen Orten eingespeist werden. Dazu kommen weitere Entwicklungen, die zu berücksichtigen sind: die Liberalisierung der Stromversorgung, grenzüberschreitende Stromlieferungen und die Altersstruktur des Kraftwerksparks.

Nach dem Nationalen Aktionsplan für erneuerbare Energien vom 4. August 2010 werden im Jahr 2020 wahrscheinlich allein Wind- und Photovoltaikanlagen mit einer Gesamtnennleistung von etwa 98 GW in Deutschland installiert sein. Die Stromnachfrage schwankt im Laufe eines Jahres in Deutschland zwischen 40 und 80 GW – sie liegt also mindestens in Schwachlastzeiten deutlich unter der installierten regenerativen Kraftwerksleistung. In Zukunft werden die erneuerbaren Energien also den Strombedarf allein abdecken können bzw. sogar mehr als benötigt produzieren. Stromerzeugung und -verbrauch müssen jedoch 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. Auch Systemdienstleistungen wie etwa Spannungshaltung der Netze, die aktuell noch vor allem von fossilen Kraftwerken erbracht werden, müssen die Erneuerbaren in Zukunft übernehmen. Mindestens ebenso wichtig für die Funktion des neuen Systems ist es, den Strommarkt zu flexibilisieren. Zusammengefasst liegen die Herausforderungen für Forschung und Entwicklung sowohl im technischen, im ökonomischen als auch im rechtlich-administrativen Bereich. Das Gesamtsystem muss optimiert werden, von der Stromerzeugung über den Transport der Elektrizität bis hin zum Verbraucher sind dabei alle Bereiche zu beachten.



Entwicklung der installierten Leistung EE im Elektrizitätsbereich in Deutschland
Quelle: Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energien

7.1 Systemintegration von Windstrom

Die Windenergie liefert derzeit den größten Beitrag der Erneuerbaren Energien an der Stromproduktion. Auch geht der Großteil der Prognosen davon aus, dass im nächsten Jahrzehnt On- und Offshore-Windenergieanlagen (WEA) den wirtschaftlichsten Weg zur Erhöhung des Anteils der EE an der Stromproduktion liefern. Mit Blick auf die installierte Leistung (vgl. Diagramm) ist auch zu berücksichtigen, dass die Zahl der sogenannten Volllaststunden von WEA deutlich höher ist als bei PV-Installationen. Da insbesondere bei Offshore-Installationen eine hohe Leistung auf einem begrenzten Raum und fern der Verbraucherzentren in das Netz zu integrieren ist, wurde diesem Feld ein eigener Schwerpunkt gewidmet. Durch die in den letzten Jahren sprunghaft gestiegene installierte PV-Leistung finden sich dennoch auch ohne einen eigens formulierten Schwerpunkt mehrere Vorhaben in der Förderung, die sich mit den PV-spezifischen Herausforderungen auseinandersetzen.

Beispiele aus der laufenden Projektförderung sind aus dem Windbereich das Vorhaben zur Entwicklung eines Netzimpedanzmessgerätes für die Mittelspannungsebene (Helmut-Schmidt-Universität – Universität der Bundeswehr Hamburg) oder für den PV-Bereich die Entwicklung eines aktiven, intelligenten Niederspannungsnetzes, welches im Ergebnis eine erhöhte PV-Aufnahmefähigkeit des Niederspannungsnetzes möglichst ohne einen Netzausbau ermöglichen soll.

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

Förderkennzeichen: 0325049

Laufzeit: 01.09.2008 – 31.03.2012

Zuwendungssumme: 546.743 €

Projektpartner: Helmut-Schmidt-Universität – Universität der Bundeswehr Hamburg – Fakultät für Elektrotechnik – Fachgebiet Elektrische Energiesysteme

Kurzfassung: Die Netzimpedanz spielt eine zentrale Rolle bei der Abschätzung der Anschlusskapazität von Netzanschlussknoten und bei der Bewertung der entstehenden Netzurückwirkungen 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.

Verbundvorhaben: Hochzuverlässige Leistungshalbleiter für Stromrichter in Windenergieanlagen

- Förderkennzeichen:** 0325261A; 0325261B
Laufzeit: 01.11.2010 – 31.01.2015
Zuwendungssumme: 1.857.790 €
Projektpartner: Woodward Kempen GmbH (Kordinator);
 Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
 Institutsteil Kassel

Kurzfassung: In dem hier vorgeschlagenen 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 off-shore 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 €
Projektpartner: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Lehrstuhl für Elektrische Netze und Alternative Elektroenergiequellen (Kordinator);
 Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF);
 Siemens Aktiengesellschaft – Energy Sector – Abt. E D SE PTI NC

Kurzfassung: Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, systemübergreifende intelligente Betriebsführungsstrategien für das Offshore-Windenergiesystem mit mehreren Anschlusspunkten an das Energiesystem auf dem Festland (Multiterminal-HVDC) zu erforschen. Diese sollen einerseits eine vollständige Nutzung der Offshore-Windenergie ermöglichen und andererseits weiterhin die hohe vorhandene 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.

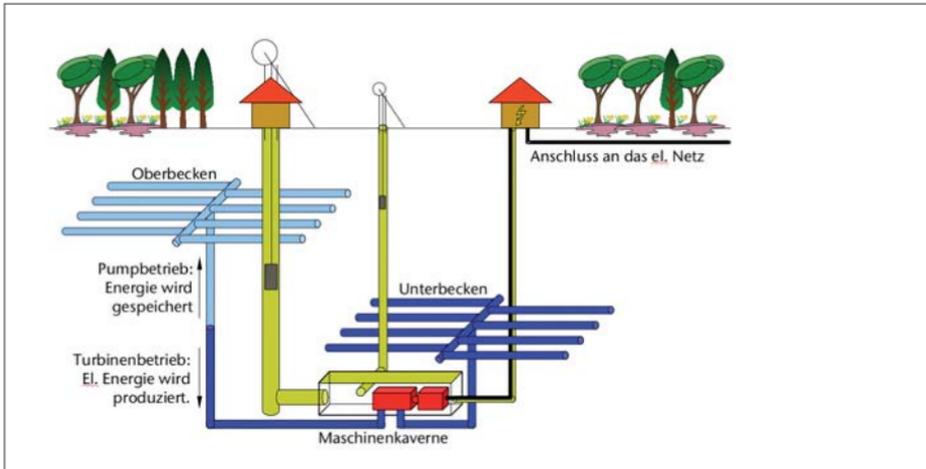
7.2 Speicher

Um das gesamte Energieversorgungssystem für die erneuerbaren Energien zu optimieren, ist es wichtig, Energie effizient speichern zu können. Ein Forschungsschwerpunkt liegt deshalb auf dem Themenbereich Speicher. Es sind verschiedene Speichertechnologien mit unterschiedlichen Anforderungen notwendig, die sowohl den Ausgleich kurzfristiger Fluktuationen als auch die Langzeitspeicherung für saisonale Schwankungen erneuerbarer Energien erfüllen können. Um alle Bereiche abdecken zu können, müssen verschiedene Speichertechnologien kombiniert werden.

Zum Beispiel gibt es Fluktuationen, die im mittleren Zeitbereich von Stunden bis hin zu Tagen liegen. Dafür eignen sich unter anderem Pumpspeicherkraftwerke. Bei einem Stromüberangebot pumpen diese Kraftwerke Wasser von einem niedrig gelegenen in ein höher gelegenes Becken. Um Strom abzugeben, fließt das Wasser wieder herunter und treibt damit eine Turbine an. Geeignete konventionelle Standorte in Deutschland sind zwar weitgehend ausgeschöpft, in einem vom BMU geförderten Projekt untersuchen Wissenschaftler der TU Clausthal unter Federführung des Energie-Forschungszentrums Niedersachsen nun aber das entsprechende Potenzial stillgelegter Bergwerke in Deutschland. Es wurden sechs Bergwerksregionen in Deutschland identifiziert, in denen nach einer ersten Schätzung etwa hundert gut oder bedingt geeignete Standorte mit einer Mindestleistung von 100 MW bei zwei Stunden Volllast (respektive 200 MWh minimale Speichergöße) erwartet werden.

Ebenfalls für den mittleren Zeitbereich geeignet sind Druckluftspeicherkraftwerke, die nach einem ähnlichen Prinzip funktionieren wie die Pumpspeicherkraftwerke. Hier wird der Strom genutzt, um Luft zu komprimieren und in unterirdischen Kavernen zu speichern. Bei Bedarf wird die Luft wieder entspannt (dekomprimiert), um eine Turbine anzutreiben. Bisher gibt es weltweit nur zwei Kraftwerke mit zusammen 500 MW Leistung. Eines liegt im niedersächsischen Huntorf an der Unterweser. Das Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT hat 2010 ein Projekt mit BMU-Mitteln gestartet, in dem es kleinere Druckluftspeicher zwischen fünf und 50 MW entwickelt. Die kleinen, emissionsfreien Anlagen eignen sich aufgrund ihrer hohen Dynamik insbesondere dafür, das Stromnetz lokal zu stabilisieren.

Fraunhofer UMSICHT hat auch ein Projekt zur Entwicklung von Redox-Flow-Batterien gestartet, die sich ebenfalls für den Zeitbereich Stunden oder Tage eignen. Die Energie



Exemplarische Darstellung eines unterirdischen Pumpspeicherwerks (Prinzipskizze).
Quelle: Energie-Forschungszentrum Niedersachsen / TU Clausthal

wird dabei in flüssigen Elektrolyten, deren Redox-Zustand sich ändern kann, in Tanks gespeichert. Die Energieumwandlung findet in sogenannten Stacks in der Mitte der Batterie statt, die vom Aufbau her einer Brennstoffzelle ähneln. Der Vorteil der Redox-Flow-Batterien ist, dass für die doppelte Speichermenge lediglich ein weiterer Tank mit Elektrolyten angebracht werden muss, der Stack bleibt derselbe. Das Fraunhofer UMSICHT entwickelt nun 35-kW-Stacks, bisher sind nur kleine Stacks mit 1 kW gebräuchlich.

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 €
Projektpartner:	voltwerk electronics GmbH (Kordinator); Saft Batterien GmbH

Kurzfassung: 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.

Windenergiespeicherung durch Nachnutzung stillgelegter Bergwerke

Förderkennzeichen:	0325074
Laufzeit:	01.01.2009 – 31.03.2010
Zuwendungssumme:	571.221 €
Projektpartner:	Technische Universität Clausthal – Energie-Forschungszentrum Niedersachsen

Kurzfassung: Ziel der EFZN-Studie ist die Bestimmung des Potenzials zur Nachnutzung von stillgelegten Bergwerken durch untertägige hydraulische Pumpspeicherkraftwerke zur Zwischenspeicherung der Windenergie in Deutschland. Exemplarisch wird ein Konzept für ein untertägiges Pumpspeicherwerk in Deutschland entwickelt – um die verschiedenen Aspekte eines solchen Kraftwerksprojekts aus berg- bzw. maschinenbaulicher, elektrotechnischer, ökonomischer, ökologischer und rechtlicher Sicht zu untersuchen.

Unter den gegebenen Einschränkungen, Kriterien und auf Basis bergmännischer Erfahrungen wurden sechs Bergwerksregionen in Deutschland identifiziert, in denen nach einer ersten Schätzung etwa 100 gut oder bedingt geeignete Standorte mit einer Mindestleistung von 100 MW_{el} bei 2h Vollast erwartet werden.

Adiabates Niedertemperatur-Druckluftspeicherwerk zur Unterstützung der Netzintegration von Windenergie

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

Kurzfassung: Ziel dieses Projektes ist die detaillierte Machbarkeitsanalyse für ein neuartiges Anlagenkonzept eines adiabaten Niedertemperatur-Druckluftspeichers. Das verfolgte Entwicklungskonzept 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 – sprich, dieselbe Komponente wird zur Ein- und Ausspeicherung genutzt – lassen sich zudem die Investitionskosten im Vergleich zu bisherigen Druckluftspeicherwerkwerken 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 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Umwelt, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)

Kurzfassung: 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.

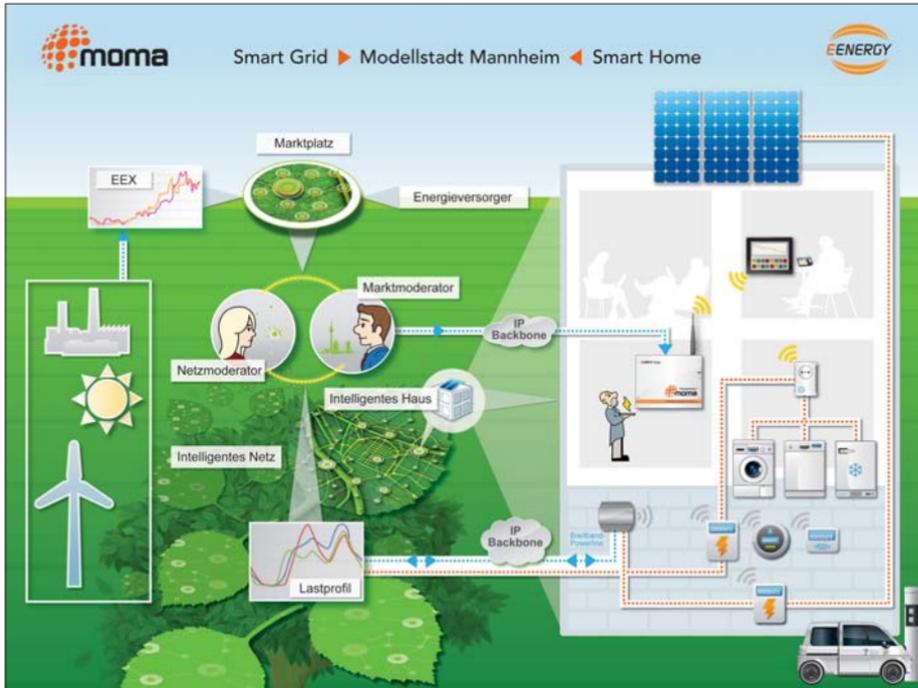
7.3 Optimierung des Gesamtsystems / smart grid

Der Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien ist ein Ansatz, das zukünftige Stromversorgungssystem auf erneuerbare Energien einzustellen. Im Technologiewettbewerb zu E-Energy, einem Förderprogramm des BMWi und BMU, wurden sechs Modellregionen ausgewählt, die unter Einsatz solcher Technologien verschiedene Konzepte testen. In der Modellstadt Mannheim, kurz moma, hat Anfang Oktober 2010 ein zweiter Feldversuch mit 200 Testhaushalten begonnen.

Sowohl der Energieverbrauch als auch der selbst erzeugte Strom aus den vorhandenen dezentralen Anlagen der 200 Teilnehmer werden dabei gemessen, womit ein verkleinertes Abbild der Stromversorgung der Zukunft dargestellt wird. Der zweite Feldversuch wird noch bis Juli 2011 dauern, anschließend folgt ein dritter, thematisch umfassenderer Feldtest mit 1.500 Kunden.

Eine wichtige Rolle in dem intelligenten Energiesystem von moma nimmt der sogenannte Energiebutler ein. Das ist ein Computersystem, das für den kostengünstigen und effizienten Einsatz gekaufter oder selbst erzeugter Energie innerhalb der einzelnen Gebäude verantwortlich ist. Strom verbrauchende Geräte werden zum Beispiel dann durch den Butler eingeschaltet, wenn der Strom günstig ist. Dafür erhält das System täglich im Voraus Strompreise für verschiedene Tarifzonen des Folgetags. Die Preise richten sich auch nach der Menge erneuerbarer Energien, die aktuell in das Netz eingespeist werden.

Das Prinzip von moma sieht vor, dass es zwischen den einzelnen teilnehmenden Gebäuden einen lokalen Austausch von erzeugtem und verbrauchtem Strom geben soll. Einige Häuser zusammen stellen dabei jeweils eine sogenannte Verteilnetzzelle dar, innerhalb der ein erster Ausgleich erfolgt. Weiter gefasst kann der Strom auch mit weiteren Verteilnetzzellen ausgetauscht werden. Wenn die dazugehörigen dezentral einspeisenden Windenergieanlagen, Photovoltaikinstallationen oder Ähnliches nicht ausreichend Strom produzieren, regelt eine Netzleitwarte, ob von außen weiterer Strom zugekauft werden muss. Die Projektpartner unter Leitung des Mannheimer Energieunternehmens MVV Energie kommen aus den Bereichen der Energieversorgung, der Kommunikationstechnik, der Softwareentwicklung und der Forschung.



Schema der Modellstadt Mannheim.

Quelle: MVV Energie AG

Verbundprojekt: E-Energy-Projekt Modellstadt Mannheim – System- und Geschäftsmodellentwicklung, Teilprojekt Durchführung und Überwachung der Feldtests, Realisierung der bidirektionalen externen Kommunikation und Gesamtprojektleitung

Förderkennzeichen: 0325089C; 0325089A; 0325089B; 0325089D;
0325089E; 0325089G; 0325089X

Laufzeit: 01.11.2008 – 31.10.2012

Zuwendungssumme: 9.954.878 €

Projektpartner: MVV Energie AG – Konzernabt. Technologie und Innovation (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) – Institutsteil Kassel;
Universität Duisburg-Essen –
Fakultät für Ingenieurwissenschaften – FG Energietransport und -speicherung;
Power PLUS Communication AG – Technik und Projekte;
DREWAG – Stadtwerke Dresden GmbH – Abt. Informationstechnik;
IBM Deutschland GmbH – Global Business Services;
Papendorf Software Engineering GmbH

Kurzfassung: 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 Markt 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:** 0325090A; 0325090B; 0325090C; 0325090D; 0325090E;
0325090F; 0325090H; 0325090I; 0325090J; 0325090K;
0325090L
- Laufzeit:** 01.11.2008 – 31.10.2012
- Zuwendungssumme:** 9.153.552 €
- Projektpartner:** RegenerativKraftwerke Harz GmbH & Co. KG (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
Institutsteil Kassel;
E.ON Avacon AG;
CUBE Engineering GmbH;
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF);
HALBERSTADTWERKE GmbH;
Universität Kassel – Fachbereich 16 Elektrotechnik/Informatik – Institut
für Elektrische Energietechnik – FG Rationelle Energiewandlung;
50Hertz Transmission GmbH;
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Fakultät für Elektrotechnik
und Informationstechnik – Institut für Elektrische Energiesysteme –
Elektrische Netze und Alternative Elektroenergiequellen;
Siemens Aktiengesellschaft – Corporate Technology – Abt. CT IC 2;
Stadtwerke Quedlinburg GmbH

Kurzfassung: 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 €

Projektpartner: SMA Solar Technology AG (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) –
Institutsteil Kassel; J. Schneider Elektrotechnik Gesellschaft mbH;
E.ON Asset Management

Kurzfassung: 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.

Verbundprojekt: 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 €

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

Kurzfassung: 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?

Verbundprojekt: 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 €

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

Kurzfassung: 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.

7.4 Elektromobilität

Elektrofahrzeuge können einen Beitrag dazu liefern, das Stromnetz auf die erneuerbaren Energien umzustellen. Die Batterien der Autos können als Speicher bzw. zum Lastmanagement eingesetzt werden. Zum Beispiel könnte überschüssiger Windstrom in diesen Batterien zwischengespeichert werden. Produzieren Windenergieanlagen bei bestimmten Wetterlagen „zu viel“ Strom bzw. befindet sich bereits durch andere Quellen genug Strom im Netz, müssen die Anlagen zurzeit noch abgeschaltet werden, so dass viel potenzielle Energie verloren geht. Wird dieser Strom in Zukunft in den Fahrzeugbatterien gespeichert, muss allerdings geregelt werden, dass Laden und Rückspeisung zusammenpassen, damit es nicht zu Netzproblemen kommt.

Am 19. August 2009 hat die Bundesregierung den nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität verabschiedet, der die Entwicklung und Markteinführung von Elektroautos in Deutschland voranbringen soll. Bis 2020 sollen demnach rund eine Million dieser Fahrzeuge in Deutschland fahren.

Insgesamt stehen dem BMU aus dem Konjunkturpaket II bis Ende 2011 rund 100 Millionen Euro zur Verfügung, um dieses Ziel zu unterstützen. Der Einsatz der Elektroautos zur Modernisierung des Stromsystems fällt in das Gebiet der Forschung und Entwicklung im Bereich der Erneuerbaren Energien. Die Systemintegration steht im Fokus der in Berlin stattfindenden Feldversuche im PKW- und Wirtschaftsverkehr.

Verbundprojekt: Flottenversuch Elektromobilität

- Förderkennzeichen:** 0325071F; 0325071A; 0325071B; 0325071C;
0325071E; 0325071G; 0325071H
- Laufzeit:** 01.07.2008 – 30.06.2012
- Zuwendungssumme:** 14.985.180 €
- Projektpartner:** VOLKSWAGEN AG – Konzernforschung/Antriebssysteme (Kordinator);
ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH;
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR);
E.ON Energie AG – Neue Technologien – EA-ET;
Westfälische Wilhelms-Universität Münster;
Fraunhofer-Institut für Siliziumtechnologie (ISIT);
Evonik Litarion GmbH

Kurzfassung: 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 werden bis zu 20 Fahrzeuge mit insgesamt 4 verschiedenen Batterietechnologien aufgebaut und als Flottenversuch betrieben.

7.5 Modellierung und Simulation des zukünftigen Stromsystems

Das Stromsystem muss auf die ansteigende Menge an Strom aus erneuerbaren Energien angepasst werden. In diesem Forschungsschwerpunkt geht es darum, für die Zukunft geeignete Lösungsansätze zu entwickeln, die in Simulationen getestet werden und deren Eignung somit eingeschätzt werden kann.

In einem Verbundprojekt unter Koordination des Fraunhofer Instituts für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) möchten Wissenschaftler nachweisen, dass erneuerbare Energien auch Systemdienstleistungen für Stromnetze bereitstellen können und somit in der Lage sind, die Versorgungssicherheit vollständig zu gewährleisten. Im „RegenerativKraftwerk 2050“ untersuchen die Projektpartner mit Hilfe von Simulationen, wie mehrere zusammengeschlossene dezentrale Energieanlagen die Systemregelleistungen (etwa eine stabile Frequenz), die Blindleistungen (stabile Spannung) und das Netzengpassmanagement absichern können.

In einem bereits 2008 abgeschlossenen Projekt haben Wissenschaftler, ebenfalls unter Koordination des Fraunhofer IWES, gezeigt, dass die Energie aus erneuerbaren Quellen prinzipiell für ganz Deutschland ausreichen kann. In ihrem „Regenerativen Kombikraftwerk“ schlossen sie über das ganze Land verteilte Wind-, Solar- und Biomasseanlagen zu einem virtuellen Kraftwerk mit einer Gesamtleistung von 23,2 MW zusammen. Die durch Wetterverhältnisse wechselnden Einträge der Wind- und Solaranlagen konnten durch Biomasseanlagen und ein Pumpspeicherkraftwerk ausgeglichen werden. Die Projektpartner haben somit in einem verkleinerten Maßstab von 1/10.000 gezeigt, dass der Strombedarf Deutschlands durch erneuerbare Energien gedeckt werden kann. Für das Projekt wurde Dr. Kurt Rohrig vom Fraunhofer IWES mit dem Deutschen Klimaschutzpreis 2009 geehrt.

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 €

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

Kurzfassung: 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, welches aus realen Windenergie-, Photovoltaik- und Biogas-Anlagen besteht, demonstriert. 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.

8. Querschnittsaktivitäten und Sonstiges

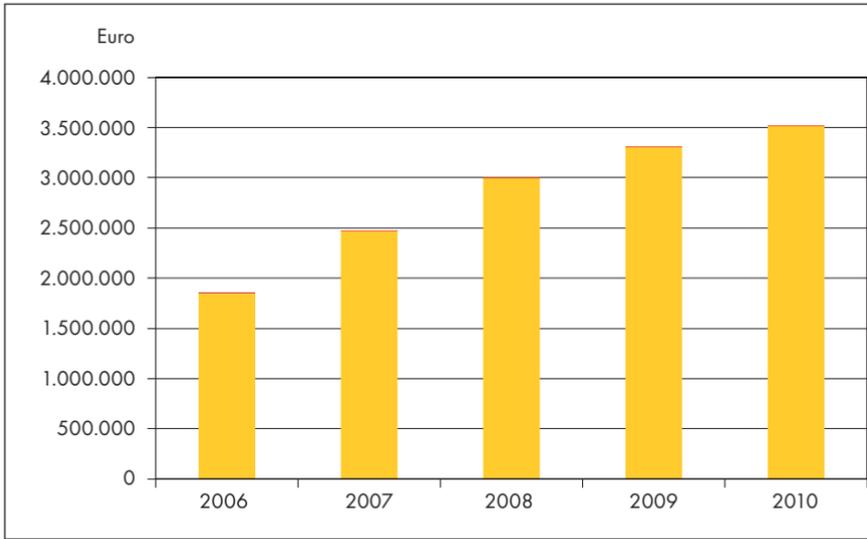
8.1 Querschnittsaktivitäten und übergreifende Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien

Fragen, wie sich der Ausbau der erneuerbaren Energien auf die Mechanismen der Energiemärkte bzw. auf den Arbeitsmarkt auswirkt oder wie dieser Ausbau von der Bevölkerung wahrgenommen wird, sind Beispiele dafür, welche Themen in den Bereich der Querschnittsaktivitäten einzuordnen sind. In der aktuellen Förderbekanntmachung vom 31. August 2010 werden Wissenschaftler und Unternehmen aufgerufen, die Voraussetzungen für geeignete politische, soziale, ökologische und ökonomische Rahmenbedingungen mitzugestalten bzw. diese Ziele durch ihre Forschungsprojekte zu unterstützen.

Die Energieversorgung soll in Zukunft zu einem weitgehend auf erneuerbaren Energien beruhenden Energieversorgungssystem transformiert werden. Dieses System muss nicht nur die technischen Voraussetzungen bieten, sondern auch geeignete ökonomische und ökologische Rahmenbedingungen besitzen. Hohe Anteile erneuerbarer Energien sollen in einem optimierten Gesamtsystem integriert sein, wobei jederzeit eine sichere, sozial und ökologisch verträgliche und auch wirtschaftliche Energieversorgung gewährleistet werden soll. Nach wie vor sind viele Fragen offen, um dieses Ziel zu erreichen.

Untersuchungsansätze ergeben sich im Bereich ökonomischer, ökologischer und rechtlicher Randbedingungen, sowohl für den weiteren Ausbau als auch speziell bei der Netzintegration und der Speicherung. Marktmechanismen, die sich weiterentwickeln, werden von rechtlichen Instrumenten wie dem EEG und dem zunehmenden Anteil an erneuerbaren Energien beeinflusst und umgekehrt. Dieses Wechselspiel muss beobachtet und möglichst optimal aneinander angepasst werden.

Die Förderbekanntmachung beinhaltet ebenfalls die Bereiche Kraft-Wärme-Kopplung und Elektromobilität sowie die Aufgabe, nationale Energiekonzepte in ein sich entwickelndes europäisches Verbundnetz einzubinden. Soziale Aspekte liegen bei einer zu steigenden Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung als auch bei zu entwickelnden Bildungs- und Informationsangeboten zu erneuerbaren Energien.



Entwicklung des Neubewilligungsvolumens seit 2006

Quelle: PTJ

Insgesamt stehen mittel- bis langfristige Herausforderungen im Mittelpunkt der Bekanntmachung. Inhaltlich schließt sie an bereits geförderte Vorhaben aus dem Querschnittsbereich an. Diese behandelten bisher Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung, Systemintegration und Umweltkommunikation.

Verbundprojekt: Das Projekt "100% EE Regionen" analysiert und bewertet die erfolgsbestimmenden Faktoren von Kommunen und Regionen, die sich das Ziel gesetzt haben, ihre Energieversorgung umfassend auf Erneuerbare Energien umzustellen.

Förderkennzeichen: 0325007A; 0325007B

Laufzeit: 01.10.2007 – 31.10.2010

Zuwendungssumme: 1.252.734 €

Projektpartner: Universität Kassel – Fachbereich 07 Wirtschaftswissenschaften (Koordinator);
deENet GmbH gemeinnützige Gesellschaft zur Förderung dezentraler Energietechnologien

Kurzfassung: Das von der Universität Kassel und dem Kompetenznetzwerk Dezentrale Energietechnologien, deENet durchgeführte Forschungs- und Transferprojekt „100%-Erneuerbare-Energie-Regionen“ identifiziert, untersucht und begleitet Kommunen und Regionen, die sich zu 100% aus Erneuerbaren Energien (EE) versorgen wollen. Dazu führt das Projektteam Strategiegespräche mit regionalen Akteuren vor Ort, hält Vorträge auf Konferenzen und Fachtagungen und veröffentlicht Teilaspekte in der eigenen Schriftenreihe "Arbeitsmaterialien 100EE". Die interaktive Karte "100EE Map" gibt einen bundesweiten Überblick über die Verteilung der regionalen Aktivitäten zur Umstellung der Energieversorgung. Eine Plattform zum Austausch und zur Vernetzung bietet der seit 2009 jährlich stattfindende Kongress "100% EE-Regionen".

Analyse von Rahmenbedingungen für die Integration erneuerbarer Energien in die Strommärkte auf der Basis agentenbasierter Simulation

Förderkennzeichen: 0325015

Laufzeit: 01.05.2008 – 30.06.2010

Zuwendungssumme: 199.595 €

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik (ITT)

Kurzfassung: Durch die erfolgreiche Förderung hat die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (EE) in Deutschland eine energiewirtschaftlich relevante Größenordnung erreicht. Zunehmend wird die Frage relevant, wie der Übergang aus der EEG-Förderung in den freien Markt am besten bewerkstelligt werden kann. An solchen Prozessen sind viele Akteure beteiligt, die über komplexe Wechselwirkungen miteinander in Verbindung stehen und in unterschiedlicher Weise auf Änderungen der Rahmenbedingungen reagieren. Mit der Übertragung des Ansatzes der agentenbasierten Simulation auf Fragestellungen zur Marktintegration der EE soll eine Methodik für eine Bewertung von entsprechenden Förderinstrumenten entwickelt werden, die Entscheidungsregeln sowie Verhaltensänderungen der relevanten Akteure mit berücksichtigt.

Erarbeitung und Abstimmung von Standards für eine naturverträgliche Erzeugung und Nutzung Erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen: 0325016
Laufzeit: 01.02.2008 – 30.06.2010
Zuwendungssumme: 293.325 €
Projektpartner: Dr. Wolfgang Peters, Umweltplanung

Kurzfassung: Gegenstand des Projektes ist der Prozess der Standardsetzung einer naturverträglichen Nutzung Erneuerbarer Energien in Deutschland. Dabei wurden die Sparten Bioenergie, Windenergie, Wasserkraft, Solarenergie und Geothermie betrachtet. Mit Entwicklung einer online verfügbaren Informations- und Literaturdatenbank erfolgte die strukturierte Erfassung, Aufbereitung und Dokumentation des Wissenstandes zu Auswirkungen und Konflikten bei der Nutzung Erneuerbarer Energien sowie zu Maßnahmen zur Konfliktminderung und bereits formulierten Anforderungen bzw. Standards. Bezogen auf ausgewählte Konflikte wurden drängende Ansatzpunkte für weitergehende Standardsetzungen identifiziert, vertieft diskutiert und Instrumente für deren Umsetzung benannt.

Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt

Förderkennzeichen: 0325042
Laufzeit: 01.01.2008 – 31.03.2011
Zuwendungssumme: 1.058.237 €
Projektpartner: GWS Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung mbH

Kurzfassung: 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.

Aktivität und Teilhabe – Akzeptanz Erneuerbarer Energien durch Beteiligung steigern

Förderkennzeichen: 0325052
Laufzeit: 01.07.2008 – 30.06.2010
Zuwendungssumme: 318.863 €
Projektpartner: Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg – Fakultät für Naturwissenschaften – Institut für Psychologie II – Umweltpsychologie

Kurzfassung: Ziel des Projektes war die Untersuchung von Beteiligungsmöglichkeiten bei Einführungsprozessen Erneuerbarer Energien (EE) auf unterschiedlichen Handlungsebenen (lokal-anlagenbezogen, regional, finanziell), deren Zusammenhang mit der Akzeptanz von EE-Projekten sowie die Erarbeitung diesbezüglicher Gestaltungsempfehlungen. In diesem Zusammenhang wurde ein Praxisfoliensatz zu finanziellen Beteiligungsformen erarbeitet, welcher für kommunale Akteure und interessierte BürgerInnen nutzbar ist. Das Projekt wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Zukunftsforschung und Technologiebewertung (IZT) sowie dem Zentrum Technik und Gesellschaft (ZTG) der TU Berlin durchgeführt.

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

Kurzfassung: Das SEC-Projekt (Energy Sustainable Community) begleitet die **Regenerative Modellregion Harz** auf dem Weg zur "Energienachhaltigen Gemeinschaft" unter sozialwissenschaftlichen Gesichtspunkten (2010-08 – 2013-07). 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 €
Projektpartner: FFE Forschungsstelle für Energiewirtschaft e. V.

Kurzfassung: 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.

Entwicklung einer fachlich-methodischen Handreichung zur Berücksichtigung von Naturschutzbelangen bei der Planung und Zulassung von Biogasanlagen

Förderkennzeichen: 0325092
Laufzeit: 01.03.2009 – 31.10.2010
Zuwendungssumme: 114.503 €
Projektpartner: Bosch und Partner GmbH – Zweigstelle Hannover

Kurzfassung: Die Erarbeitung der "Handreichung Biogasanlagenplanung und Naturschutz" erfolgte von 2009 bis 2011 im Auftrag des BMU sowie des Projektträgers FZ Jülich durch ein interdisziplinär zusammengesetztes Bearbeitungsteam. Der umweltfachliche Bearbeitungsteil wurde von Bosch & Partner GmbH durchgeführt, der aktuelle Stand der Technik von Biogasanlagen wurde von TrueEnergy GmbH beschrieben und der planungs-/genehmigungsrechtliche Bearbeitungsteil von Engemann & Partner Rechtsanwälte und Notare. Die Handreichung sowie ein dazu gehörender ausführlicher Gesamtbericht mit Materialanhang beinhalten umfassende Hinweise für eine verfahrenssichere Zusammenstellung der erforderlichen naturschutzfachlichen Unterlagen bei der Planung und Zulassung von Biogasanlagen.

Ertragsprognosen von Windenergieanlagen mit rekurrenten neuronalen Netzen

Förderkennzeichen: 0325093
Laufzeit: 01.11.2008 – 30.04.2011
Zuwendungssumme: 346.796 €
Projektpartner: Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung
Baden-Württemberg (ZSW)

Kurzfassung: Der einzigartige Boom der Windenergie in Deutschland hat zur Installation von Windenergieanlagen (WEA) mit einer Leistung von mehr als 27 GW geführt. Für die reibungslose Integration des aus Windenergie erzeugten Stroms in das deutsche Verbundnetz werden genaue Prognosen bis 72h immer wichtiger. Bisher eingesetzte Verfahren für die WEA-Leistungsvorhersage nutzen normalerweise entweder relativ einfache statistische Zeitreihenmodelle oder auf kurze Zeifenster angewandte Maschinenlernverfahren, wie z. B. statische neuronale Netze. Im Rahmen unseres Vorhabens werden verbesserte Prognosemodelle auf Basis Rekurrenter Neuroner Netze entwickelt, die in der Lage sind, zeitliche Zusammenhänge beliebig genau zu modellieren und Korrelationen über viele Zeitschritte hinweg zu berücksichtigen.

Verbundprojekt: Kurz- bis Mittelfristig realisierbare Marktpotentiale für die Anwendung von Demand Response im gewerblichen Sektor

Förderkennzeichen: 0325094B; 0325094A
Laufzeit: 01.12.2008 – 30.11.2010
Zuwendungssumme: 163.657 €
Projektpartner: energy & meteo systems GmbH (Koordinator);
Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Kurzfassung: Eine stärkere Flexibilisierung des Netzbetriebes ist auf Grund der steigenden fluktuierenden Erzeugung aus erneuerbaren Energien zukünftig von besonderer Bedeutung. Eine viel versprechende Optionen stellt das Lastmanagement von Stromverbrauchern dar. Erste Erfahrungen mit Kühlhäusern deuten darauf hin, dass Demand Response im gewerblichen Sektor großmaßstäblich umsetzbar ist. Ein großflächiger Einsatz ist aus regelungstechnischen und Effizienz Gesichtspunkten am ehesten über ein Pooling vieler Anlagen zu realisieren. Eine kritische, weil unbekannte Größe für die Umsetzung ist das Potential geeigneter Anlagen. Ziel des Projektes ist es daher, kurz- bis mittelfristig realisierbare Marktpotentiale für die Anwendung von Demand Response im gewerblichen Sektor zu ermitteln.

Vorbereitung, Organisation, Durchführung und Nachbereitung einer Fachtagung zur Präsentation von Erfolgsmodellen der energetischen Nutzung von Biomasse aus der Landschaftspflege

Förderkennzeichen: 0325095

Laufzeit: 01.06.2009 – 30.04.2010

Zuwendungssumme: 72.788 €

Projektpartner: Deutscher Verband für Landschaftspflege (DVL) e.V.

Kurzfassung: Die energetische Verwertung ohnehin anfallender Materialien aus der Landschaftspflege ist dazu geeignet, Landschaftspflegekosten zu senken, umweltfreundliche Energie zu erzeugen, CO₂-Emissionen zu minimieren und damit globale Klimaschutzziele zu unterstützen. Ziel des Vorhabens war es daher, Möglichkeiten für Synergien zwischen der energetischen Biomassenutzung und der Landschaftspflege aufzuzeigen und erfolgreichen Praxisbeispielen eine Präsentationsplattform zu geben. Alle gesammelten Erfolgsbeispiele werden auf der Internetseite des DVL präsentiert und ausgewählte zudem in einer Broschüre veröffentlicht. Auf einer abschließenden Tagung wurden zudem nachahmenswerte Beispiele vorgestellt. Dabei fand ein reger Erfahrungsaustausch der Fachöffentlichkeit statt.

Verbundprojekt: Erneuerbare Energien und Ökostrom – zielgruppenspezifische Kommunikationsstrategien

Förderkennzeichen: 0325107; 0325108

Laufzeit: 01.09.2009 – 31.08.2011

Zuwendungssumme: 349.125 €

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

Kurzfassung: 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 €

Projektpartner: IZT-Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbH

Kurzfassung: powerado ist ein Verbundforschungsprojekt, das 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 einen Einblick in die EE erhalten. Grundschüler können die Vielfalt der EE in attraktiven eLearning-Kursen wie z. B. Energie, Solarenergie, Windenergie, Wasserkraft und Bioenergie kennenlernen auf www.izt.de/moodle. 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 – 31.05.2011

Zuwendungssumme: 573.565 €

Projektpartner: Ecofys Germany GmbH – Niederlassung Berlin –
Bereich Power Systems and Markets (Koordinator);
Öko-Institut. Institut für angewandte Ökologie e.V. – Büro Berlin

Kurzfassung: 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 €

Projektpartner: Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V.

Kurzfassung: Viele Konjunkturprogramme, die als Reaktion auf die Wirtschaftskrise verabschiedet wurden, beinhalten umfangreiche Investitionen im Bereich der Umweltindustrie. Deutsche Unternehmen nehmen in diesem Bereich 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.

Ziel des Projektes ist eine Bewertung, inwiefern die deutsche Wirtschaft tatsächlich von nationalen und internationalen Konjunkturprogrammen profitieren konnte.

Kombinierte Modellierung der Strom- und Wärmeversorgung

Förderkennzeichen: 0325178

Laufzeit: 01.06.2010 – 31.05.2013

Zuwendungssumme: 439.835 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Kurzfassung: 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 Heizungsanlagen 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 €
Projektpartner: IZES gGmbH

Kurzfassung: 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-Spotmarks und der Nutzung regelbarer Lasten durchzuführen. Damit verbunden sind grundlegende Veränderungen der Markt- und Börsenmechanismen und eine bestmögliche Nutzung bestehender Flexibilitätspotentiale.

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 €
Projektpartner: Deutsche Umwelthilfe e.V. (Kordinator);
 Fachhochschule Trier – Umwelt-Campus Birkenfeld –
 Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS)

Kurzfassung: Die Ausgangsfragestellung des Projekts lautet, ob und wie Kommunen durch direkte und indirekte Investitionen in Erneuerbare Energien Beiträge zur kommunalen und regionalen Wertschöpfung leisten können. Die Projektpartner Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH) und Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) untersuchen im Rahmen von Einzelfallstudien in zwölf ausgewählten Kommunen die Relevanz direkter finanzieller Investitionen in verschiedene Technologien, die aus den kommunalen Finanzhaushalten heraus oder über kommunale Unternehmen getätigt werden. Ebenfalls wird die Wirkung indirekter Unterstützungsleistungen (kommunale Förderprogramme für Privatpersonen, Bauleitplanung, Unternehmensansprache über kommunale Wirtschaftsförderung, Beratung zu Erneuerbaren Energien, Öffentlichkeitsarbeit) analysiert. Das Grundgerüst der Untersuchung bzw. der Einzelfallstudien bildet ein Wertschöpfungsmodell, in dem ökonomische, soziale und ökologische Faktoren kommunaler Wertschöpfung zusammengeführt werden.

**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 €

Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) –
Institut für Technische Thermodynamik – Solarforschung (TT-SF)

Kurzfassung: Nachdem im Rahmen eines Pilotvorhabens (FKZ 0325015) ein erstes, noch vereinfachtes Modell entwickelt wurde, mit dem die grundsätzliche Eignung des Ansatzes der agentenbasierten Simulation für eine Nutzung zu Fragestellungen der Marktintegration von Erneuerbaren Energien (EE) gezeigt werden konnte, werden die Arbeiten an AMIRIS im Rahmen dieses Vorhabens weitergeführt und methodisch erweitert. Der Fokus der Weiterentwicklung liegt dabei neben einer Ergänzung um weitere Optionen der Vermarktung von EE-Strom auf einer verstärkten Abbildung der jeweiligen Interdependenzen des Akteursverhaltens, u. a. auch mit Hilfe einer modellendogenen Börsenpreisermittlung, sowie einer Integration weiterer Akteure erneuerbarer Stromerzeugung.

**Transformationsstrategien von fossiler zentraler Fernwärmeversorgung
zu Netzen mit höheren Anteilen erneuerbarer Energien**

Förderkennzeichen: 0325184

Laufzeit: 01.11.2010 – 30.04.2012

Zuwendungssumme: 218.488 €

Projektpartner: ifeu-Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH –
Fachbereich Erneuerbare Energien

Kurzfassung: Im Rahmen kommunaler Klimaschutzkonzepte ist häufig die Bewertung fossil betriebener großer KWK-Anlagen, die in Fernwärmenetze einspeisen, notwendig. Grundsätzlich handelt es sich bei KWK um eine ressourcenschonende Technologie. Doch welchen Klimanutzen ein Fernwärmesystem auf Basis von z. B. Stein- oder Braunkohle hat, welche Transformationsstrategien möglich sind, ist abhängig von örtlichen Gegebenheiten. Welche Auswirkungen ein Kraftwerksneubau auf den kommunalen und nationalen Klimaschutz hat, gilt es zu hinterfragen, Alternativen müssen aufgezeigt werden. Wie können große Fernwärmenetze hinsichtlich der Klimaschutzanforderungen und Ausbaus der regenerativen Energien optimiert werden? Wie kompatibel sind sie mit Effizienzzielen im Gebäudebereich? Diese Fragen werden im Projekt erörtert.

Aktualisierung von Ökobilanzdaten für Erneuerbare Energien im Bereich Treibhausgase und Luftschadstoffe (LCA-EE)

Förderkennzeichen: 0325188

Laufzeit: 01.07.2010 – 31.12.2011

Zuwendungssumme: 264.587 €

Projektpartner: Öko-Institut – Institut für angewandte Ökologie e.V. – Büro Darmstadt

Kurzfassung: 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 das Vorhaben "**Aktualisierung von Ökobilanzdaten für erneuerbare Energien im Bereich Treibhausgase und Luftschadstoffe**".

Dieses Vorhaben zielt auf einen wesentlichen und übergreifenden Aspekt des Ausbaus der EE. Die Berichterstattung über die effektive Umweltentlastung durch EE erfordert, die **lebenswegbezogenen** Umwelteffekte der EE denen der substituierten Energieträger gegenüberzustellen.

Realisierung hoher Anteile erneuerbarer Energien in der leitungsgebundenen 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 €

Projektpartner: Technische Universität Berlin – Fakultät VI – Planen Bauen Umwelt – Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung – Fachgebiet Umweltprüfung und Umweltplanung

Kurzfassung: Der Übergang zu hohen EE-Anteilen in der Energieversorgung erfordert den Aus- und Neubau sowie die Modernisierung von Netzinfrastrukturen der Strom-, Gas- und Wärmeversorgung.

Ziel des Projektes ist es, die dabei auftretenden technischen, sozialen, politischen, administrativen und wirtschaftlichen Ziele, Abhängigkeiten und Wechselwirkungen mittels einer Konstellationsanalyse zu betrachten, indem alle relevanten Konstellationselemente (Akteure/-sinteressen, Steuerungsimpulse, Technik und Umwelt) sichtbar gemacht werden. Das Forschungsprojekt strukturiert das Problemfeld und führt die zersplitterten, teilweise nicht konsistenten Konzepte der zukünftigen Netzinfrastrukturentwicklung zusammen. Dabei werden Hemmnisse und Restriktionen benannt und Hinweise zu ihrer Überwindung gegeben.

BNEE – Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und Erneuerbare Energien – Konzeption und Durchführung einer interdisziplinären Tagungsreihe 2010/2011

Förderkennzeichen: 0325197

Laufzeit: 01.09.2010 – 30.09.2011

Zuwendungssumme: 210.103 €

Projektpartner: Arbeitsgemeinschaft Natur- und Umweltbildung – Bundesverband e.V.

Kurzfassung: 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 – 31.07.2011

Zuwendungssumme: 155.727 €

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

Kurzfassung: 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 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Kurzfassung: 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.

Innovationsbiographie der Erneuerbaren Energien in Deutschland

Förderkennzeichen: 0327607

Laufzeit: 01.10.2006 – 30.06.2010

Zuwendungssumme: 478.926 €

Projektpartner: Technische Universität Berlin – Fakultät VI –
Institut für Landschaftsarchitektur und Umweltplanung –
FG Umwelprüfung und Umweltplanung

Kurzfassung: Im Zentrum des Projekts „Innovationsbiographie der erneuerbaren Energien“ steht die Frage nach den zentralen Bedingungen, treibenden Kräften und Hemmnissen für erfolgreiche Innovationen im Bereich erneuerbarer Energien. Dazu wird die Innovationsgeschichte der Sparten Biomasse, Photovoltaik, Geothermie, Windkraft und Wasserkraft ab 1990 einer Querschnittsbetrachtung unterzogen. Für jede Phase des Innovationsverlaufs wird die jeweilige Konstellation der Akteure und das Zusammenwirken verschiedener Einflussfaktoren untersucht und mit der Methodik der Konstellationsanalyse visualisiert. Diese Vorgehensweise wird auch auf die aktuelle Konstellation im EE-Wärmesektor angewendet. Aus der Analyse werden Erkenntnisse für den zielgerichteten Einsatz von Steuerungsinstrumenten abgeleitet.

Identifizierung strategischer Hemmnisse und Entwicklung von Lösungsansätzen zur Reduzierung der Nutzungskonkurrenzen beim weiteren Ausbau der energetischen Biomassenutzung

Förderkennzeichen: 0327635

Laufzeit: 01.05.2007 – 31.12.2010

Zuwendungssumme: 330.934 €

Projektpartner: DBFZ Deutsches BiomasseForschungsZentrum gemeinnützige GmbH

Kurzfassung: Die verstärkte Bioenergienutzung ist Ziel der deutschen und europäischen Politik und wird mit unterschiedlichen Maßnahmen vorangetrieben. Aufgrund der damit stark gestiegenen Nachfrage von Biomassen aus der land- und forstwirtschaftlichen Produktion sind bereits Nutzungskonkurrenzen zu erkennen bzw. ihr verstärktes Auftreten kann erwartet werden. Vor diesem Hintergrund ist das Ziel des Forschungsprojektes, potentielle Nutzungskonkurrenzen v. a. unter Berücksichtigung von Naturschutzbelangen zu identifizieren und Maßnahmen zu entwickeln, die zur Verhinderung bzw. Reduzierung der Konkurrenzen beitragen. Auf einer breiten Datengrundlage basierend werden verschiedene Biomassenutzungsszenarien entwickelt, die u. a. Maßnahmen zur Reduzierung der Konkurrenzen berücksichtigen.

Struktur und Dynamik einer Stromversorgung mit einem hohen Anteil erneuerbarer Energieerzeuger – Energiestudie

Förderkennzeichen: 0327639

Laufzeit: 01.12.2007 – 31.01.2010

Zuwendungssumme: 269.447 €

Projektpartner: Fachhochschule Aachen – Campus Jülich – Solar-Institut

Kurzfassung: Die von der Bundesregierung beschlossene Emissionsreduktion zum Klimaschutz sowie der geplante Ausstieg aus der Kernenergie machen tiefgreifende Veränderungen des Stromversorgungssystems notwendig. In mehreren Untersuchungen wurden bereits die Potenziale des Ausbaus erneuerbarer Energien gezeigt. Im Rahmen dieses Projekts wurde anhand einer quasi-dynamischen Simulation untersucht, unter welchen Voraussetzungen die Einbindung eines hohen Anteils erneuerbarer Energien (EE) zur Stromerzeugung bei gleichbleibender Versorgungssicherheit möglich ist. Dabei wurden verschiedene Szenarien für das Zieljahr 2020 u. a. mit und ohne Berücksichtigung der Kernenergie mit einem Anteil von 36 % EE entwickelt.

**Erneuerbare Energien aus Sicht der Innovationsforschung:
Synopsis der relevanten Literatur und Synthese für den special Report
des IPCC zu Erneuerbaren Energien (SRREN)**

Förderkennzeichen: 0327651

Laufzeit: 01.08.2007 – 31.01.2010

Zuwendungssumme: 73.214 €

Projektpartner: Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Kurzfassung: In der Innovationsforschung haben sich in den letzten Jahren erhebliche Weiterentwicklungen ereignet, die aber aus Sicht des Klimaschutzes kaum wahrgenommen werden. Daher wird der Kenntnisstand zum Themenfeld "Innovation und erneuerbare Energien" aufgearbeitet. Die wichtigsten Ergebnisse bieten den zentralen Akteuren Hilfestellung für ihre strategische Orientierung, gleichzeitig werden sie im Hinblick auf die Verwertung für die Berichte des IPCC in Zeitschriftenbeiträgen aufbereitet. Innovationsindikatoren zu den erneuerbaren Energietechnologien werden erhoben, ökonomische Analysen über die Bestimmungsgründe der Innovationen durchgeführt sowie Ansätze für eine empirische Modellierung von First-mover-Vorteilen und darauf basierenden Exporterfolgen erprobt.

**Gesamtwirtschaftliche und sektorale Auswirkungen des Ausbaus
erneuerbarer Energien**

Förderkennzeichen: 0327652

Laufzeit: 01.05.2007 – 30.06.2010

Zuwendungssumme: 314.600 €

Projektpartner: Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW Berlin) –
Abt. Energie, Verkehr, Umwelt (EVU)

Kurzfassung: Ziel des Vorhabens ist es, eine fundierte Analyse der Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien in Deutschland auf Produktivität, Produktion und Beschäftigung zu leisten. Hierzu wird ein Modellierungsinstrumentarium entwickelt, welches die gesamtwirtschaftlichen und sektoralen Effekte des Ausbaus der erneuerbaren Energien empirisch-quantitativ abbildet. Ausgangspunkt der Modellierung ist NiGEM, ein ökonomisches, theoretisch konsistentes makroökonomisches Mehrländermodell. Es wird um sektorale Aspekte sowie insbesondere um die Abbildung der erneuerbaren Energien für Deutschland erweitert. Im Vordergrund steht die Untersuchung der Beschäftigungseffekte auf gesamtwirtschaftlicher und sektoraler Ebene unter Berücksichtigung von Innovationspotenzialen und Wettbewerbswirkungen.

Ergänzende Untersuchungen und vertiefende Analysen zu möglichen Ausgestaltungsvarianten eines Wärmegesetzes – Folgevorhaben

- Förderkennzeichen:** 0327675A
Laufzeit: 01.03.2009 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 219.319 €
Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik (ITT)

Kurzfassung: Nachdem das EEWärmeG Anfang 2009 in Kraft trat, waren Interpretationsfragen zum Gesetzestext zu klären. Weitere Fragen ergaben sich aus Anforderungen neuer EU-Richtlinien. Hierzu gehören der Bereich des Kältebedarfs sowie Untersuchungen zur Vorbildfunktion öffentlicher Gebäude, welche in der EU-Richtlinie zu erneuerbaren Energien gefordert wird. Auf juristischer Seite wurden die rechtlichen Spielräume zur Förderung des Aufbaus örtlicher Wärmenetze untersucht. Die Vorteile solcher Strukturen wurden anhand von Erfahrungen in Dänemark reflektiert, wo über 60 % aller Wohnungen aus Wärmenetzen mit einem hohen Anteil an erneuerbaren Energien versorgt werden. Es wurde ein Prüflleitfaden für die Vollzugskontrolle des EEWärmeG entworfen. Der Endbericht steht im Internet zur Verfügung.

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 €
Projektpartner: IZES gGmbH – Arbeitsfeld Biomasse / Stoffstrommanagement und Energiesystemtechnik

Kurzfassung: Im Rahmen des europäischen Projekts „Sustainable Energy Management System – SEMS“ soll ein Dezentrales Energiemanagementsystem – DEMS auf kommunaler Ebene in 3 ausgewählten Gemeinden in Europa umgesetzt werden. Beteiligte Forschungsinstitute sind das CRTE/Luxemburg, BAUM e. V. sowie das Institut für angewandtes Stoffstrommanagement als Projektkoordinator. Die Hauptaufgabe der IZES gGmbH besteht in der Anpassung und Implementierung des von SIEMENS entwickelten „Dezentralen Energiemanagementsystems – DEMS“ sowie der wissenschaftlichen Analyse der Systemeigenschaften während der Projektlaufzeit von 2007-2012.

Kosteneffizienter Ausbau der Erneuerbaren Energien

Förderkennzeichen: 0327699
Laufzeit: 01.10.2007 – 31.03.2011
Zuwendungssumme: 381.755 €
Projektpartner: Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung e.V. (PIK)

Kurzfassung: 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 Ausbastrategie kommt.

RECCS plus – Regenerative Energie (RE) im Vergleich mit CO₂-Abtrennung und -Speicherung (CCS)-Update und Erweiterung der RECCS-Studie 0329967/07000285

Förderkennzeichen: 0329967A
Laufzeit: 01.05.2009 – 30.06.2010
Zuwendungssumme: 130.065 €
Projektpartner: Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH –
Forschungsgruppe Zukünftige Energie- und Mobilitätsstrukturen

Kurzfassung: In RECCS plus wurden neue Entwicklungen hinsichtlich der Verfahren der CO₂-Abtrennung, der politischen Entwicklungen sowie die Haltung maßgeblicher Akteure in Bezug auf CCS als Klimaschutzoption untersucht. Außerdem wurden aktuelle Ökobilanzen zusammengestellt, die Kostenentwicklung von Kraftwerken mit CCS-Technologie im Vergleich zu erneuerbaren Energien aktualisiert und neue Langfrist-Energieszenarien unter Einbeziehung von CCS erstellt. Drei Bereiche wurden grundlegend neu erarbeitet: Es wurde eine konservative Abschätzung der CO₂-Ablagerungspotentiale in Deutschland und anderen europäischen Ländern erstellt. Weiterhin wurden die Entwicklungen der Rechtssituation in Deutschland und der EU betrachtet. Schließlich wurde ein kurzer Blick auf Nutzungsmöglichkeiten von CO₂ geworfen.

8.2 Deutsch-Israelische Kooperationen in der Energieforschung

Seit 2007 werden vier Verbundprojekte innerhalb einer Forschungsk Kooperation mit dem israelischen Ministerium für Wissenschaft und Technologie (MOST) aus Mittel des BMU gefördert: drei bilaterale Forschungsverbände zwischen deutschen und israelischen Forschungseinrichtungen sowie ein trilaterales Verbundvorhaben, an dem zusätzlich Jordanien beteiligt ist. Das trilaterale Projekt zur solarthermischen Meerwasserentsalzung und ein Verbundprojekt zu selbstreinigenden PV-Modulen wurden Ende 2010 abgeschlossen. In einem weiteren Vorhaben erforschen Wissenschaftler der Universität Stuttgart und der Tel Aviv University, wie mittels aktiver Strömungsbeeinflussung der Lärm, der an den Hinterkanten von Rotorblättern an Windenergieanlagen entsteht, reduziert werden kann. 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.

Wissenschaftliche Fragen werden mittlerweile seit rund 50 Jahren zwischen Israel und Deutschland erörtert. Im Jahr 1965 begannen diplomatische Beziehungen, aber schon sechs Jahr zuvor nutzten die beiden Länder den wissenschaftlichen Austausch, um sich einander anzunähern. 1959 reiste erstmals eine deutsche Delegation von Wissenschaftlern nach Israel, unter der Leitung des Chemikers Otto Hahn. Die offizielle wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Israel begann 1972. Eines der ersten Forschungsgebiete stellte auch die nichtnukleare Energieforschung dar.

Verbundprojekt: Self-Cleaning Photovoltaics Panels

- Förderkennzeichen:** 0327559B; 0327559Q
Laufzeit: 01.09.2007 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 328.843 €
Projektpartner: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) (Kordinator);
 Ben Gurion University of the Negev – Blaustein Institute of Desert
 Research/Solar Energy and Environment Physics Dept.

Kurzfassung: In Wüstenregionen wird der Energieertrag von Photovoltaik-Modulen durch Staubablagerungen auf deren Oberflächen stark reduziert. Jedoch sind gerade diese Gebiete wegen hoher solarer Einstrahlung für den Betrieb von PV-Anlagen sehr interessant. Wasser und andere klassische Reinigungsmethoden scheiden hier aus diversen Gründen (z. B. Verfügbarkeit, Kosten) aus. Im Verbundprojekt „**Self-Cleaning PV-Panels**“ wurde gemeinsam mit einem israelischen Projektpartner eine energieeffiziente Technik zur Reinigung der Oberflächen mittels elektrischer Felder entwickelt. Dazu wurde eine spezielle Elektronik erstellt, die in einem Wechselrichter als Pulsgenerator zur Erzeugung der elektrischen Felder genutzt wird. Umfangreiche Feldtests in der Negev-Wüste dienten der Erprobung und Optimierung des Systems.

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 €
Projektpartner: Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie Gesellschaft
 mit beschränkter Haftung (Kordinator);
 Weizmann Institute of Science, Rehovot (Israel);
 The Hebrew University of Jerusalem;
 Tel Aviv University

Kurzfassung: 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 – 28.02.2011
Zuwendungssumme: 293.424 €
Projektpartner: Universität Stuttgart – Fakultät 6 Luft- und Raumfahrttechnik und Geodäsie – Institut für Aerodynamik und Gasdynamik (IAG) (Koordinator);
 Tel Aviv University – Fachbereich Maschinenbau

Kurzfassung: Die Zielsetzung dieses deutsch-israelischen Gemeinschaftsprojektes besteht in der Anwendung und Demonstration des Potentials 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.

**Verbundprojekt: Concentrating Solar Power & Desalination
for Communities in Israel and Jordan (CSPD-COMISJO)**

Förderkennzeichen: 0327559P; 0327559A; 0327559R; 0327559S
Laufzeit: 01.05.2007 – 31.12.2010
Zuwendungssumme: 427.884 €
Projektpartner: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) – Institut für Technische Thermodynamik – Solarforschung (TT-SF) (Koordinator);
 Universität Bremen – Fachbereich Produktionstechnik,
 Fachgebiet Technische Thermodynamik;
 National Energy Research Center, Amman ;
 Ben Gurion University of the Negev

Kurzfassung: Israel and Jordanien liegen wie die meisten Länder der MENA Region unterhalb der Grenze zur Trinkwasserarmut. Da die Bevölkerung beider Länder weiter zunimmt stellt die nachhaltige und kostengünstige Produktion und Bereitstellung von Frischwasser ein akutes Problem dar. Eine ressourcen- und umweltschonende technologische Lösung besteht in der Nutzung von solarer Energie (Sonnenstrahlung) zum Betrieb klassischer Meerwasserentsalzungsverfahren wie der Multi Effekt Destillation oder der Membranverfahren. Das Ziel der Studie ist die Ermittlung der jeweils effektivsten Technologie, bestehend aus einem solaren Teil (PV-Zellen, Niedertemperaturkollektoren oder Parabolrinnenkraftwerk) und einem Entsalzungsteil (MSF, MED, MED-TVC oder RO), für drei Standorte in Israel und Jordanien.

8.3 Wasserkraft und Meeresenergie



Vormontierte Gezeitenturbine des Projekts WAGSA.
Quelle: Voith Hydro Ocean Current Technologies

Um die Energie aus Wellen, Strömung und Gezeiten effizient nutzen zu können, ist weitere Forschung und Entwicklung vonnöten. Die Potenziale vor der deutschen Küste sind zwar vergleichsweise gering, deutsche Unternehmen sind aber mit Komponenten und Anlagen an einer Vielzahl internationaler Projekte im Demonstrations- und Pilotstadium beteiligt. Experten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) schätzen, dass perspektivisch die Energie aus dem Meer mindestens ein Drittel des derzeitigen globalen Strombedarfs decken könnte.

Um die Meeresströmung zu nutzen, die an Küsten, Buchten und Meerengen sehr stark sein kann, werden Rotoren eingesetzt, die einen Generator antreiben. Diese ist mit der von Windenergieanlagen vergleichbar. In Europa wird das Potenzial für diese Technologie auf 12 GW geschätzt. In dem Verbundprojekt WAGSA, koordiniert von der Voith

Hydro Current Technologies GmbH & Co. KG, wird das Modell einer Gezeitenströmungsanlage getestet. Für den kommerziellen Einsatz ist ein Rotordurchmesser von 16 m geplant, die Anlage soll eine Leistung von 1 MW erzeugen. Die Pilotanlage, in der eine neu entwickelte Turbine mit innovativen Elementen getestet werden soll, ist im Maßstab 1:3 aufgebaut worden. Damit wird getestet, ob die Anlage zuverlässig funktioniert und der Wartungsaufwand entsprechend klein gehalten werden kann.

Im Bereich der Wasserkrafftorschung ist 2010 ein Projekt abgeschlossen worden, in dem Wissenschaftler der Bauhaus-Universität Weimar eine Anlage konzipiert haben, mit der flussabwärts wandernde Fische quasi per Rollband über eine Wasserturbine hinweg geleitet werden. Damit werden bisher übliche unbewegliche Rechen vermieden, die leicht verstopfen und die Effizienz einer Turbine verlangsamen können. Fragen der Umwelt- und Naturverträglichkeit stehen generell im Vordergrund der Wasserkrafftorschung des BMU.

Prototyp-Entwicklung einer Rechenanlage zum Schutz der Ichthyofauna an Großwasserkraftanlagen

Förderkennzeichen: 0325100

Laufzeit: 01.07.2009 – 31.05.2010

Zuwendungssumme: 200.406 €

Projektpartner: Bauhaus-Universität Weimar, Professur Strömungstechnik

Kurzfassung: Bei der Erzeugung von Elektrizität aus Wasserkraft werden Fische verletzt und getötet. Das kann vermieden werden, wenn Rechensysteme, die bisher zum Schutz der Kraftwerksturbinen installiert wurden, auch den Fischschutz erfüllen. Das moderne System "Intelligenter Rechen" kann dafür eine Alternative sein. Prinzipiell ist dieser Prototyp ein wasserdurchlässiges Transportband, das die anschwimmenden Fische und das Schwemmgut in eine strömungsberuhigte Zone an der Wasseroberfläche fördert. Hier werden die Fische und das Treibgut entweder über das Gerinne ins Unterwasser gespült oder sie verdriften seitlich ins nächste Wehrfeld. Im Sohlbereich des Zulaufkanals sind ebenfalls Bypässe zur Fischableitung vorgesehen. In der ersten Phase wird die Machbarkeit des Systems untersucht und geprüft.

Verbundprojekt: WAGSA – Entwicklung einer wartungsarmen Gezeiten-Strömungsanlage

Förderkennzeichen: 0325101; 0325101A

Laufzeit: 01.11.2008 – 28.02.2011

Zuwendungssumme: 3.649.905 €

Projektpartner: Voith Hydro Ocean Current Technologies GmbH & Co. KG (Kordinator); Loher GmbH

Kurzfassung: 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 zeichnet sich nicht durch ihre technischen Feinheiten aus, sondern dadurch, dass diese bei der Entwicklung konsequent weggelassen wurden. So hat die Anlage beispielsweise keine Blattwinkelverstellung oder Turmdrehung, sondern arbeitet mit speziell geformten Blattprofilen, die eine Anströmung von beiden Gezeitenströmungsrichtungen zulassen. Weiterhin verzichtet die Anlage auf komplexe und wartungsintensive Dichtungen und setzt stattdessen wassergeschmierte Gleitlager ein.

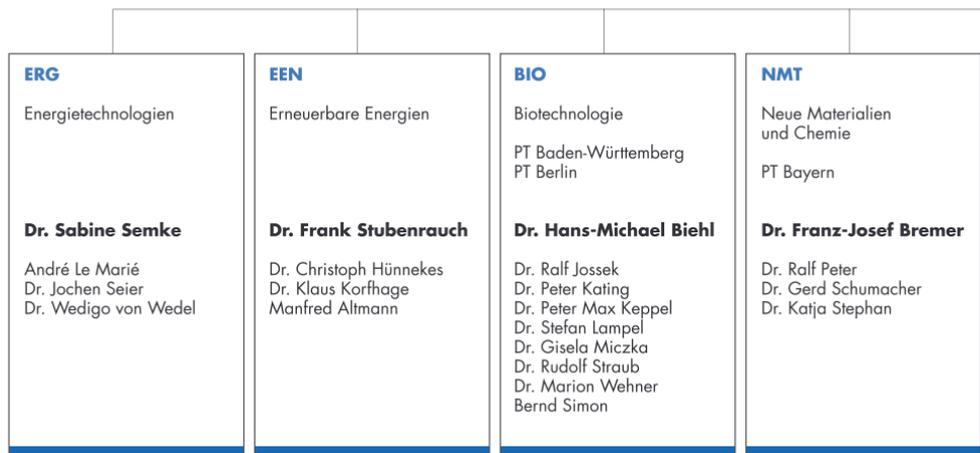
Numerische Simulation und Formoptimierung der Gründungsstrukturen von Meeresströmungskraftwerken unter Berücksichtigung der Fluid-Struktur-Interaktion**Förderkennzeichen:** 0325222**Laufzeit:** 01.09.2010 - 31.08.2013**Zuwendungssumme:** 350.000 €**Projektpartner:** Technische Universität München – Lehrstuhl für Statik

Kurzfassung: 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.

**ADM**

Zentrales Management,
Planung und Controlling

Stefan Demuth

**Nationale Kontaktstellen für die europäische Forschungs-**

Legende:

Geschäftsbereichsleiter/in
Mitglied Leitungsteam

Projektträger
Forschungszentrum

LEITUNG

Dr. Ulrich Schlüter

Stabsfunktion
Kommunikation

Thomas Christoph Pieper

Stabsfunktion
Qualitätsmanagement

Silke Hildebrandt

TRI

Technologische und
regionale Innovationen

PT Nordrhein-Westfalen

Dr. Hartmut Paetsch

Carola Becker
Silva Voigt

UBV

Technologietransfer und
Unternehmensgründung

Förderberatung
des Bundes

Wilfried Wascher

Anke Hoffmann
Dietrich Hoffmann

UMW

Umwelt

Beate Schütze

Dr. Ingo Fitting
Franziska Eichler
Michael Weber

MGS

System Erde

Schiffahrt und Meerestechnik

PT Mecklenburg-Vorpommern

Dr. Joachim Harms

Nicole Sprick

Förderung | European Research Area Network – ERA-NET

Jülich
m Jülich GmbH

Jülich

Wilhelm-Johnen-Straße
52428 Jülich

Tel.: 02461 61-4622
Fax: 02461 61-6999

Außenstelle Berlin

Zimmerstraße 26-27
10969 Berlin

Tel.: 030 20199-431
Fax: 030 20199-470

Außenstelle Warnemünde

Seestraße 15
18119 Rostock

Tel.: 0381 5197-2 81
Fax: 0381 51509

9. Organisation / Ansprechpartner

Geschäftsbereichsleitung Dr. Frank Stubenrauch Tel. 02461 61- 4744

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 / Netzintegration	Dr. Klaus Korfhage	- 4589
Windenergie	Dr. Klaus Korfhage	- 4589
Ökologische Begleitforschung	Tobias Petrovic	- 3620
Netzintegration	Dr. Klaus Korfhage	- 4589

Fachbereich

Geothermie & Querschnittsaktivitäten	Dr. Frank Stubenrauch	- 4744
Geothermie	Andrea Ballouk	- 1596
Querschnittsaktivitäten	Dr. Volker Monser	- 2808
Wasserkraft, Meeresenergie	Dr. Hermann Bastek	- 4849
Deutsch/Israelische Kooperation	Tobias Petrovic	- 3620
Koordination Öffentlichkeitsarbeit	Meike Bierther	- 9057

Administrative Projektbearbeitung Manfred Altmann - 3246

Kontakt

Forschungszentrum Jülich GmbH
 Projektträger Jülich
 Geschäftsbereich EEN
 52425 Jülich

Email: ptj-een@fz-juelich.de

Internet: http://www.ptj.de/erneuerbare_energien

(Stand: 19.04.2011)

Diese Druckschrift wird von PtJ kostenlos abgegeben
und ist nicht zum Verkauf bestimmt.

