



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Energie **wende**
Umschalten auf Zukunft



Forschungsjahrbuch Erneuerbare Energien 2013

Forschungsberichte im Überblick

IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie (BMWi)
Referat IIC6 Energieforschung,
Projektförderung
11019 Berlin
www.bmwi.de



Das Bundesministerium für
Wirtschaft und Energie ist mit
dem audit berufundfamilie®
für seine familienfreundliche
Personalpolitik ausgezeichnet
worden. Das Zertifikat wird von
der berufundfamilie gGmbH, einer
Initiative der Gemeinnützigen
Hertie-Stiftung, verliehen.

Redaktion

adelphi research gemeinnützige GmbH
Caspar-Theysss-Strasse 14a, 14193 Berlin
Telefon: +49 (30) 8900068-0
Telefax: +49 (30) 8900068-10
Internet: www.adelphi.de

Fachliche Beratung

Projektträger Jülich (PtJ)

Für den Inhalt der Projektbeschreibungen
sind die Projektdurchführenden verantwortlich.

Gestaltung

stoffers/steinicke, www.stoffers-steinicke.de

Stand

Juli 2014

Bildnachweis

rainersturm/pixelio.de (Titel), Schleswig-Holstein Netz AG (S. 5), Audi AG (Seite 13),
Fraunhofer IWES (S. 38), Fraunhofer IWES - Harry Soremski (S. 62), Deutscher
Wetterdienst (DWD) (S. 67), Fraunhofer IWES (S. 73), PTB/FCS GmbH (S. 103),
Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) (S. 129), Mirco Kaiser, DNV
GL (S. 135), IGB-TUBS (S. 143), SolarWorld AG (S. 161), WACKER (S. 170), Hochschule
Ulm (Seite 210), TÜV Rheinland (Seite 223), Fraunhofer ISE - A. Wekkeli (S. 229), Silke
Meier (S. 234), BGR/MAGS-Projekt (S. 247), Pfalzwerke geofuture GmbH, BSW-Solar -
Langrock (www.solarwirtschaft.de) (S. 283), Fa. Timo Leukefeld - Energie verbindet
(S. 298), Fraunhofer ISE (S. 309, 316), Novatec Solar GmbH (S. 324), DLR-SF (S. 333),
DLR (S. 346), Caroline Enders/IdE (S. 352), ifps UG, 2013 (S. 373)

Inhaltsverzeichnis

1. Einführung	5
2. Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien (SystEEm)	10
2.1 Speichertechnologien	13
2.2 Netztechnologien und Netzbetrieb	38
2.3 Regenerative Kombikraftwerke	62
2.4 Prognosen für Erzeugung und Verbrauch	67
3. Windenergie	71
3.1 Weiterentwicklung der Anlagentechnik	73
3.2 Ressource Wind	102
3.3 Gründungen und Logistik	112
3.4 Forschung im Offshore-Testfeld	129
3.5 Forschungsplattformen	135
3.6 Ökologische Begleitforschung und technischer Umweltschutz	142
3.7 Studien und Tagungen	155
4. Photovoltaik	159
4.1 Innovationsallianz Photovoltaik	161
4.2 Siliciumwafer-Technologie	170
4.3 Dünnschichttechnologien: Silicium	203
4.4 Dünnschichttechnologien: CIS/CIGS	210
4.5 Systemtechnik, Netzanbindung	215
4.6 Qualitätssicherung und Langzeitstabilität von PV-Komponenten und -Systemen sowie übergreifende Fragestellungen	222
4.7 Alternativkonzepte	228

5. Geothermie	232
5.1 Planungs- und Explorationsphase	234
5.2 Bohr-/Errichtungs-/Bauphase und Technologieentwicklung	247
5.3 Test- und Betriebsphase	262
5.4 Übergreifende Fragestellungen	271
6. Niedertemperatur-Solarthermie	280
6.1 Forschung und Technologieentwicklung für Kollektoren und Speicher	282
6.2 Solare Heizungsunterstützung und solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicherung	298
6.3 Solare Klimatisierung	309
6.4 Solare Prozesswärme	316
7. Solarthermische Kraftwerke	321
7.1 Linienfokussierende Systeme (Parabolrinnen- und Fresnel-Kollektoren)	323
7.2 Solarturmkraftwerke	333
7.3 Integrierte Speicher	342
7.4 Übergreifende Fragestellungen	346
8. Querschnittsaktivitäten, Wasserkraft und Meeresenergie	351
8.1 Querschnittsaktivitäten und übergreifende Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien	351
8.2 Wasserkraft und Meeresenergie	374
9. Organisation/Ansprechpartner	379



Förderinitiative „Energiespeicher“: Im Projekt SmartRegion Pellworm erforschen Wissenschaftler, wie elektrische Speicher mit erneuerbaren Energien optimal zusammenarbeiten.

1. Einführung

Die seit dem 17. Dezember 2013 amtierende Bundesregierung hat bestätigt, dass die Energiewende ein richtiger und notwendiger Schritt auf dem Weg in eine Industriegesellschaft ist, die dem Gedanken der Nachhaltigkeit und der Bewahrung der Schöpfung verpflichtet ist. In der Koalitionsvereinbarung hat die Regierung festgelegt, dass sie die Entwicklung zu einer Energieversorgung ohne Atomenergie und mit einem stetig wachsenden Anteil erneuerbarer Energien konsequent und planvoll fortführen will. Beim weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien wird der Kosteneffizienz und Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems eine höhere Bedeutung zugemessen. Die Energieforschung soll weiterhin konsequent auf die Energiewende ausgerichtet werden.

Mit dem Organisationserlass der Bundeskanzlerin wurden zu Beginn der Legislatur die Ressortzuschnitte neu gefasst. Dem Bundeswirtschaftsministerium (BMWi) wurden, unter der neuen Bezeichnung „Bundesministerium für Wirtschaft und Energie“, Kompetenzen für Energie aus anderen Ressorts zugesprochen. Diese Maßnahmen betreffen unter anderem das Energieforschungsprogramm: Die Projektförderung von Forschung und Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien, bisher in der Zuständigkeit des Bundesumweltministeriums, wurde dem Bundeswirtschaftsministerium übertragen und wird in Zukunft dort weitergeführt. Die Weiterentwicklung des Energieforschungsprogrammes ist Gegenstand des Bundesberichtes Energieforschung, der im Sommer 2014 vorgelegt wurde.

Die Förderung von Forschung und Entwicklung zielt auch künftig auf den Ausbau der regenerativen Energien, Kostensenkungen und die Optimierung der Energieversorgungssysteme für einen steigenden Anteil erneuerbarer Energien ab. Weitere Ziele sind die Unterstützung der Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen – und damit das Schaffen zukunftsfähiger Arbeitsplätze in Deutschland – sowie die möglichst umwelt- und naturverträgliche Nutzung der erneuerbaren Energien, wie im geltenden 6. Energieforschungsprogramm festgelegt.

Auch im Jahr 2013 hat diese Zielsetzung die Ausgestaltung der Forschungsförderung für erneuerbare Energien geprägt. Der vorliegende Bericht gibt einen Überblick über alle Bereiche der Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien, die bisher in der Zuständigkeit des Bundesumweltministeriums lag. Er zeigt die wichtigsten Markt- und Technologieentwicklungen in den einzelnen Bereichen auf und stellt alle Projekte vor, die mit Unterstützung des BMU realisiert und künftig vom BMWi weiter umgesetzt werden. Der Bericht trägt dem Übergang der Zuständigkeiten durch die Kurzbezeichnung „BMU/BMWi“ Rechnung.

Im Jahr 2013 hat das BMU Forschungs- und Entwicklungsprojekte im Bereich der erneuerbaren Energien mit insgesamt rund 186 Millionen Euro aus dem Bundeshaushalt und dem Energie- und Klimafonds (EKF) unterstützt. Dies entspricht einer Steigerung um 31,5 Millionen Euro gegenüber 2012, um 66 Millionen Euro gegenüber 2010 und auf mehr als das Dreifache gegenüber 2004.

260 Projekte mit einem Gesamtvolumen von rund 160 Millionen Euro wurden neu bewilligt. Damit lag das Neubewilligungsvolumen 2013 rund 19 Millionen Euro über dem Volumen des Jahres 2010, allerdings erheblich unter dem Gesamtvolumen neu bewilligter Projekte in den Jahren 2011 und 2012. In diesen Jahren konnten aufgrund der aufwachsenden Mittelvolumina im Bundeshaushalt und im EKF deutlich mehr Projekte bewilligt werden als in den Vorjahren. Gegenüber dem Jahr 2004 hat sich das Neubewilligungsvolumen 2013 hingegen verdreifacht.

Schwerpunkt der Förderung blieben die Technologien der erneuerbaren Energien, die den größten Beitrag zur Energiewende im Strombereich leisten: Windenergie und Photovoltaik. Der Förderschwerpunkt SystEEem (Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien) wurde aufgrund der zunehmenden Bedeutung optimierter Energieversorgungssysteme für die Energiewende und den Ausbau der erneuerbaren Energien – sowohl im Strom- als auch im Wärmebereich – intensiviert. Wesentliche Fördergebiete waren außerdem die Bereiche Geothermie, Niedertemperatur-Solarthermie und solarthermische Kraftwerke. Projekte zu Wasserkraft und Meeresenergie wurden wie bisher in Einzelfällen gefördert. In allen Bereichen der Förderung wird Wert auf einen möglichst raschen Wissens- und Technologietransfer von der Forschung in den Markt gelegt.

Im Rahmen der Querschnittsforschung wurden Projekte mit Blick auf geeignete politische, soziale, ökologische und ökonomische Rahmenbedingungen für ein auf erneuerbare Energien basierendes deutsches Energiesystem gefördert. Außerhalb des 6. Energieforschungsprogrammes förderte das BMU auch Projekte zur energetischen Biomasse-nutzung.

Ausführliche Angaben für interessierte Unternehmen und Forschungseinrichtungen finden sich in der zum 6. Energieforschungsprogramm erstellten Förderbekanntmachung des BMU, veröffentlicht im „Bundesanzeiger“ vom 17. Januar 2012 (www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/verwaltungsvorschriften_im_internet_bsvwvbund_13122011_KIIII54603022.html). An einer Förderung Interessierte können sich auch auf der Webseite des Projektträgers Jülich (www.ptj.de/erneuerbare_energien) informieren, der die Forschungsförderung im Bereich der erneuerbaren Energien für das BMWi betreut.

In den gemeinsamen Förderinitiativen „Energiespeicher“ und „Zukunftsfähige Stromnetze“ kooperieren das BMU/BMWi und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Bis Mitte Dezember 2013 sind im Rahmen der Forschungsinitiative „Energiespeicher“ 255 eingereichte Vorhaben mit einem Fördervolumen von rund 191 Millionen Euro bewilligt worden, davon entfallen 89 Vorhaben mit einem Fördervolumen von rund 56 Millionen Euro auf die Forschungsförderung der erneuerbaren Energien. Zu demselben Zeitpunkt forderten das BMU/BMWi bereits Einreicher von 18 Projektskizzen mit einem Fördervolumen von rund 33 Millionen Euro im Rahmen der Förderinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“ zur Antragstellung auf.

Zur Flankierung der Innovationsallianz Photovoltaik wurde im Mai 2013 von BMU und BMBF der gemeinsame Förderaufruf „Forschung und Entwicklung für Photovoltaik“ gestartet. Ab 2014 werden aus den eingereichten Projektvorschlägen zwölf industriegeführte Vorhaben mit insgesamt bis zu 50 Millionen Euro bewilligt (dann durch das BMWi).

Dieses Forschungsjahrbuch stellt sämtliche Projekte kurz vor, die im Laufe des Jahres 2013 eine Förderung erhielten. Damit gibt es einen vollständigen Überblick über die Forschungsförderung von BMU/BMWi im Bereich der erneuerbaren Energien. Die Broschüre ergänzt den Jahresbericht 2013 „Erneuerbare Energien: Innovation durch Forschung“, der neben sämtlichen Bilanzen der Projektförderung in einem Jahr einige ausgewählte aktuelle Projekte einem breiten Publikum vorstellt.

Die Einleitungstexte der einzelnen Kapitel und Unterkapitel dieses Forschungsjahrbuches geben jeweils eine kurze Einführung in den geförderten Themenbereich. Eine vollständige Auflistung der Themen, die entsprechend der Förderbekanntmachung zum 6. Energieforschungsprogramm, veröffentlicht im „Bundesanzeiger“ vom 17. Januar 2012, unterstützt werden, findet sich unter www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Technologien/technologien.html.

Zusammenfassend verteilen sich die 2013 bewirtschafteten Mittel wie folgt auf die einzelnen Förderschwerpunkte:

	Neu bewilligte Projekte 2013		Mittelabfluss 2013*	Mittelabfluss Ø 2010–2013	
	1.000 Euro	Prozent	1.000 Euro	1.000 Euro	Prozent
Photovoltaik	36.197	22,7	48.725	44.577	30,2
Wind	37.340	23,4	52.634	42.968	29,1
Geothermie	20.615	12,9	17.104	14.852	10,1
Niedertemperatur-Solarthermie	9.945	6,2	8.399	7.797	5,3
Solarthermische Kraftwerke	8.661	5,4	8.459	6.983	4,7
SystEEem	38.519	24,1	34.974	18.547	12,6
Sonstiges	8.476	5,3	15.745	11.806	8,2
Summe	159.753	100,0	186.040	147.529	100,0

*inkl. Energie- und Klimafonds

2. Regenerative Energieversorgungssysteme und Integration erneuerbarer Energien (SystEEem)

Die größte Herausforderung der Energiewende liegt in dem Umbau und der Anpassung des bisherigen Energieversorgungssystems für hohe Anteile erneuerbarer Energien. Mit dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien wird der Anteil der fluktuierenden Erzeugung steigen. Dies stellt neue Anforderungen an das Zusammenwirken von konventioneller und erneuerbarer Stromproduktion, den Netzausbau beziehungsweise -umbau und die Energiespeicherung. Forschung und Entwicklung im Bereich der regenerativen Energieversorgungssysteme (SystEEem) befasst sich mit diesen Herausforderungen. Im Mittelpunkt der Forschungsförderung stehen die Themen intelligente Netze, Energiespeicher, Systemdienstleistungen und die Vernetzung von erneuerbaren Energien und Speichern zu virtuellen Kraftwerken.

Im Bereich der Stromnetze besteht laut Netzentwicklungsplan (NEP) 2013 beispielsweise auf der Ebene der Übertragungsnetze ein Bedarf für 56 Maßnahmen, rund 2.800 Kilometer an Optimierungs- und Verstärkungsmaßnahmen in bestehenden Trassen und etwa 2.650 Kilometer an Neubauprojekten. Auf Verteilnetzebene herrscht ebenfalls Handlungsbedarf: Neben dem klassischen Netzausbau stehen dabei der Umbau zu einem intelligenten Netz und die Nutzung von Lastmanagementpotenzialen im Vordergrund.

Stromspeicher bieten die Möglichkeit, Erzeugung und Verbrauch zeitlich zu entkoppeln. Im Bereich der Stromspeicher gibt es in Deutschland bisher fast ausschließlich Pumpspeicherwerke. Insgesamt sind in

Deutschland Stromspeicher mit einer Leistung von rund 7 Gigawatt und mit einer Speicherkapazität von lediglich circa 0,04 Terrawattstunden installiert. Derzeit erfahren stationäre Batteriespeicher eine starke Entwicklung – allerdings ausgehend von einem sehr geringen Niveau. Treiber ist hier insbesondere der Photovoltaik(PV)-Eigenverbrauch. Die Anschaffung solcher Speicher ist derzeit noch mit relativ hohen Kosten verbunden. Kostensenkungen sind deshalb ein Hauptziel der Forschungsförderung.

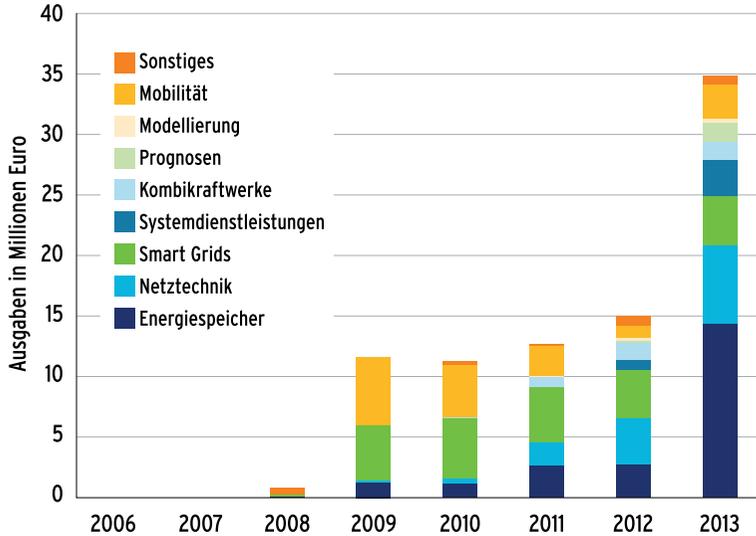
Zu den Themen Netze und Speicher führen das BMU/BMWi und das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die beiden Forschungsinitiativen „Energiespeicher“ und „Zukunftsfähige Stromnetze“ durch (nähere Informationen siehe Kapitel 2.1 und 2.2).

Zukünftig rückt im Förderschwerpunkt SystEEem die Kopplung der Energiesektoren, z. B. Strom und Wärme, in den Fokus, da sich dadurch erhebliche Flexibilitätsoptionen für das Energiesystem bieten. Außerdem können so die Anteile an erneuerbaren Energien in den anderen Sektoren, wie zum Beispiel Wärme, gesteigert werden. Mit Bezug auf die Klimaziele der Bundesregierung ergeben sich dadurch wichtige Synergien, denn in Deutschland entfällt etwa die Hälfte des Endenergiebedarfes auf den Bereich Wärme.

Wie die Erbringung von Systemdienstleistungen durch erneuerbare Energien statt durch konventionelle Kraftwerke sichergestellt werden kann, ist ein weiterer Schwerpunkt der Forschungsförderungen. Zu den wichtigsten Systemdienstleistungen zählen heute die Frequenzhaltung, die Spannungshaltung, der Netzwiederaufbau und das Netzengpassmanagement.

Insgesamt hat das BMU 2013 im Bereich SystEEem 73 Projekte mit einem Fördervolumen von rund 38,5 Millionen Euro neu bewilligt (2012: 65,6 Millionen Euro). Dies liegt zwar deutlich unter dem Neubewilligungsvolumen des vergangenen Jahres, aber wesentlich höher als vor 2011. Die Jahre 2011 und 2012 müssen aufgrund besonders

aufwachsender Mittelvolumina im Bundeshaushalt und im Energie- und Klimafonds gesondert betrachtet werden. Rund 35 Millionen Euro flossen 2013 in laufende Forschungsvorhaben (2012: 15,1 Millionen Euro). Damit liegt der Mittelabfluss deutlich über dem Durchschnitt der Jahre 2009 bis 2012 (12,5 Millionen Euro), was die zunehmende Bedeutung dieses Bereiches unterstreicht.



Verteilung der Fördermittel im Bereich SystEEem zwischen 2006 und 2013.



In der weltweit ersten Power-to-Gas-Anlage in industriellem Maßstab können pro Stunde über 320 Kubikmeter Methan aus Ökostrom hergestellt werden. Das Bild zeigt das Herzstück der Anlage: den Methanisierungsreaktor.

2.1 Speichertechnologien

Bei den Speichertechnologien reicht das Spektrum der geförderten Forschungsprojekte von Batterien in Haushalten über Stromspeicher im Megawatt-Maßstab für Energieversorger oder Netzbetreiber bis hin zu Vorhaben zur Langzeitspeicherung erneuerbarer Energien, bei denen mittels regenerativ erzeugten Stroms die Herstellung von Wasserstoff in Elektrolyseuren erfolgt. Hier konnte 2013 beispielsweise die weltgrößte Power-to-Gas-Anlage zur Herstellung von Methan (Erdgas) aus erneuerbaren Energien eingeweiht werden.

Um die zum Teil noch grundlegenden technologischen Entwicklungen in diesem Bereich weiter zu beschleunigen, hat die Bundesregierung die ressortübergreifende Forschungsinitiative „Energiespeicher“ aufgesetzt, die von BMU/BMWi und BMBF finanziert wird. Projekte zu den Themen Wind-Wasserstoff-Kopplung (Erzeugung von Wasserstoff mittels Windüberschussstrom) und Batterien in Verteilnetzen (Kopplung von Batteriespeichern mit dezentralen Erneuerbare-Energien-Anlagen, insbesondere Photovoltaik) wurden aufgrund ihrer großen Bedeutung in sogenannten Leuchttürmen gebündelt. So sollen die Projekte besser vernetzt und der Austausch und die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren verstärkt werden. Bis Mitte Dezember 2013 wurden im Rahmen der Forschungsinitiative „Energiespeicher“ 255 Vorhaben mit einem Fördervolumen von rund 191 Millionen Euro bewilligt. Davon werden 89 Vorhaben mit einem Volumen von rund 56 Millionen Euro im Bereich der erneuerbaren Energien gefördert.

Weitere Informationen finden Interessierte auf der Homepage der Förderinitiative unter <http://www.forschung-energiespeicher.de/>.

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

Förderkennzeichen	0325044A; 0325044B
Laufzeit	01.04.2008 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	2.558.671 Euro
Projektpartner	Bosch Power Tec GmbH; Saft Batterien GmbH

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von netzgekoppelten Photovoltaik(PV)-Systemen mit Lithium-Ionen-Speichern. Dabei soll der Eigenverbrauch von PV-Energie optimiert und die verbesserte Netzintegration von erneuerbaren Energieträgern erreicht werden. Privathaushalten soll es ermöglicht werden, den Großteil ihres Strombedarfes mit selbst erzeugtem PV-Strom zu decken. Um die technischen Voraussetzungen dafür zu schaffen, werden Lithium-Ionen-Speicher mit hoch-effizienten Wechselrichtern kombiniert. Ein lokales Energiemanagementsystem sorgt für den optimalen Leistungsfluss zwischen Speicher, PV-Anlage und Haushaltslasten, und der Beitrag netzgekoppelter PV-Batteriesysteme zu einer effizienteren und zuverlässigeren Stromversorgung wird bestimmt. Erste Prototypen werden im Feldversuch erprobt.

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

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

Im Rahmen des Projektes 1-MWh-Redox-Flow-Netzspeicher soll ein neuartiger Stromspeicher auf Basis einer Redox-Flow-Batterie entwickelt werden, um die Effizienz zu steigern, Kosten zu senken und vor allem die notwendige Leistungsgröße zu erreichen, die zukünftig im Bereich von 0,1 bis 10 Megawatt liegen wird. Das technologische Ziel

ist die Entwicklung eines skalierbaren Stromspeichers (100 Kilowatt elektrisch; 1 Megawatt elektrisch) mit einer Kapazität von einer bis zehn Volllaststunden, der die elektrische Energie über beliebig lange Zeit – und mit möglichst hohen Umwandlungswirkungsgraden – verlustfrei speichern kann.

Verbundvorhaben: Power-to-Gas – Errichtung und Betrieb einer Forschungsanlage zur Speicherung von erneuerbarem Strom als erneuerbares Methan im 250-kWel-Maßstab

Förderkennzeichen	0325275A; 0325275B; 0325275C
Laufzeit	01.04.2011 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	3.975.387 Euro
Projektpartner	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW); Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); ETOGAS GmbH

Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) hat gemeinsam mit seinen Partnern eine Speichertechnik entwickelt, die über ausreichend Kapazität verfügt, um wetterbedingte Stromüberschüsse saisonal zu speichern. Das Verfahren mit dem Namen Power-to-Gas (PtG) kombiniert die beiden Prozessschritte Elektrolyse und Methanisierung: Zuerst wird mit Strom Wasserstoff erzeugt, der in der Methanisierungsstufe mit Kohlenstoffdioxid zu Methan reagiert. Beim Betrieb der ZSW-Forschungsanlage mit einer elektrischen Anschlussleistung von 250 Kilowatt und einer möglichen Methanproduktion von bis zu 300 Kubikmetern pro Tag wird das Verfahren hinsichtlich der Wirkungsgrade und der Gasqualität optimiert, um die industrielle Anwendung von PtG vorzubereiten.

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

Förderkennzeichen	0325303A; 0325303B; 0325303C; 0325303D; 0325303E
Laufzeit	01.08.2011 – 31.07.2014
Zuwendungssumme	2.905.835 Euro
Projektpartner	Evonik Industries AG; VOLTARIS GmbH; energis GmbH – Projektbüro LionGrid; SMA Solar Technology AG; Hager Electro GmbH & Co. KG

Projektziel ist die Erarbeitung einer technischen Lösung zur netz-physikalischen Einbindung dezentraler Energieerzeuger mit Hilfe von Lithium-Ionen-Batteriespeichern. Aus der Möglichkeit, dezentral erzeugte Energie zu speichern, um sie lokal zu verbrauchen, ergibt sich eine effizientere Energienutzung. Außerdem werden durch die lokale Speicherung überschüssiger Energie unzulässige Überspannungen vermieden, was zu einer Verbesserung der Netzeinbindung erneuerbarer Energien führt. In vielen Fällen kann so auf einen teuren Netzausbau verzichtet oder dieser hinausgezögert werden. Ein Feldversuch mit 20 Teilnehmern, ausgerüstet mit je einer Batterie, einer kommunikativen Schnittstelle sowie einer zentralen Systembündelungseinheit, soll ab Frühling 2014 den Proof-of-Concept demonstrieren.

Entwicklung standardisierter Testprofile für anwendungs-basierte Performance-Tests von stationären elektrischen Energiespeichern

Förderkennzeichen	0325430
Laufzeit	01.08.2012 – 31.07.2015
Zuwendungssumme	603.296 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)

Im Rahmen des Projektes Standardisierte Performance-Tests werden stationäre Lithium-Ionen-Batterien untersucht, die mit regenerativen Energien (Windanlage, Photovoltaik) geladen und von Verbrauchern entladen werden. Das Besondere an der Anwendung im regenerativen

Bereich sind die Fluktuationen, die durch das unstetige Angebot von Sonne und Wind auftreten und eine spezielle Lade-/Entlade-Charakteristik, die die Batterie in besonderem Maße belastet, zur Folge haben. Um einen Jahresverlauf anwendungstypisch widerzuspiegeln und realitätsnahe Schwankungen abzubilden, werden Testzyklen entwickelt und diese nachfolgend erstmalig und exemplarisch an verschiedenen Lithium-Ionen-Batterien sowie zum Vergleich an einer Blei-Gel-Batterie angewendet.

Plan-DelyKaD – Studie zur Durchführbarkeit der Wasserstoff-Kraftstoffgewinnung durch Elektrolyse mit Zwischenspeicherung in Salzkavernen unter Druck

Förderkennzeichen	0325501
Laufzeit	01.11.2012 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	499.918 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Im Rahmen der Studie werden die Voraussetzungen für die Erprobung eines Gesamtsystems Strom/Wasserstoff/Speicherung/Nutzung in wirtschaftlich relevanten Dimensionen untersucht. Dazu werden Grundlagen für die nähere Untersuchung von Elektrolysesystemen für verschiedene Technologien erarbeitet, um möglichst viele Risiken bei der Realisierung zu identifizieren und zu bewerten. Diese Untersuchungen werden ergänzt durch Arbeiten auf dem Gebiet der Salzkavernenspeicherung sowie durch die Ermittlung der Potenziale und Anforderungen der Strombereitstellung mittels erneuerbarer Energien. Dies dient als Voraussetzung, um Wasserstoff unter anderem als ausgleichenden Speicher fluktuierender erneuerbarer Energien sowie als zukünftigen Kraftstoff im Verkehrssektor zu nutzen.

TEZEL – Test- und Entwicklungszentrum für PEM-Elektrolyseure

Förderkennzeichen	0325535
Laufzeit	01.10.2012 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	4.935.018 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Im Rahmen des Projektes soll ein Test- und Entwicklungszentrum für Proton-Austausch-Membran(PEM)-Elektrolyseure mit einer nominalen Anschlussleistung von bis zu 1 Megawatt aufgebaut werden. Weltweit existiert bisher kein Teststand, in dem Stacks dieser Leistungsklasse untersucht werden können. Kernstück des Zentrums ist ein Versuchsteststand zur Vermessung von PEM-Stacks mit 1-Megawatt-Anschlussleistung. Flankierend wird ein weiterer Teststand mit einer Leistung von 100 Kilowatt und spezieller Diagnostik aufgebaut, der Messungen an sogenannten Shortstacks mit verringerter Zellanzahl erlaubt. Der deutschen Entwicklungslandschaft wird damit eine leistungsfähige Testumgebung zur Verfügung gestellt, die der Industrie Servicemessungen ermöglichen, die weltweit einmalig sind.

Verbundvorhaben: WOMBAT – Optimierung der Methanisierungs- und Biogasanlagentechnologie im Rahmen eines EE-Speicherungs-pilotprojektes

Förderkennzeichen	0325428A; 0325428B; 0325428C; 0325428D; 0325428E
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2016
Zuwendungssumme	5.524.296 Euro
Projektpartner	Audi AG; ETOGAS GmbH; EWE VERTRIEB GmbH; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW); Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Im Verbundvorhaben geht es um die umfassende Optimierung der weltweit ersten industriellen Power-to-Gas(PtG)-Anlage, die eine Einspeisung

von Ökostromüberschüssen ins Erdgasnetz ermöglicht. Ein Ziel ist die technische Optimierung der Methanisierung im Verbund mit der bestehenden Biogasanlage für Abfallstoffe. Ein neues Wärmemanagement ermöglicht die Abwärmenutzung der PtG-Anlage zur Abtrennung des Kohlenstoffdioxids aus dem Rohbiogas und bei der Hygienisierung der eingesetzten Abfallstoffe. Des Weiteren sollen Musterabläufe zur Darstellung der Wirtschaftlichkeit der Erneuerbare-Energie-Gasherstellung und -Vermarktung erarbeitet werden. Ein weiteres Ziel ist eine gesamtsystemische ökologische Optimierung im Betrieb (inklusive Mobilitätsbereich) auf Basis von Life-Cycle-Analysen.

Hei-PhoSS – Hocheffizienter und intelligenter Photovoltaikstromspeicher

Förderkennzeichen	0325439A; 0325439B; 0325439C
Laufzeit	01.07.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.765.747 Euro
Projektpartner	sunways AG; Akasol GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Um Photovoltaikstrom effizient zu nutzen, muss die Aufteilung zwischen Speicherung, Eigennutzung und Einspeisung intelligent geregelt sein. sunways AG, Akasol GmbH und das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) haben sich zusammengeschlossen, um ein hocheffizientes Photovoltaikbatteriesystem mit intelligenter Kommunikations- und Regelungstechnik zu entwickeln. Die Batterie wird eine Spannung von 350 Volt aufweisen, sodass sie direkt an einen Zwischenkreis des Einspeisewechselrichters angeschlossen werden kann. Durch die Einsparung von Bauteilen werden die Kosten des Systems gesenkt und der Wirkungsgrad erhöht. Das Energiemanagement optimiert sowohl Eigenverbrauch, Einspeisung und Netzdienstleistungen als auch die Ladezyklen und so die Lebensdauer der Batterie.

Verbundprojekt: Lastwechselresistente Membran-Elektrolyse-Einheiten (MEA) für PEM-Elektrolysesysteme

Förderkennzeichen	0325440A; 0325440B
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	1.191.313 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR); Hydrogenics GmbH

Im Rahmen einer Partnerschaft aus Industrie und Wissenschaft werden neuartige Materialien für die Anwendung in der Protonen-Austausch-Membran(PEM)-Elektrolyse entwickelt und unter realitätsnahen Bedingungen getestet. Die Entwicklung umfasst sowohl Membran-Elektrolyse-Einheiten (MEA) und Katalysatoren als auch Interkonnektoren. Durch Messungen im Betrieb und Ex-situ-Messungen mittels bildgebender und spektroskopischer Methoden soll der Einfluss verschiedener, realistischer Betriebsprofile auf Leistung und Langzeitstabilität untersucht werden. Zudem wird der Einfluss der verfahrenstechnischen Komponenten der Anlage getestet. Begleitend wird eine Modellierung durchgeführt, welche die in den Experimenten beobachteten Degradationen abbilden und erklären soll – mit dem Ziel, Materialauswahl und Betrieb möglichst zu verbessern.

Verbundvorhaben: NET-PV – Netzmanagement von optimierten dezentralen PV-Batteriesystemen in der Niederspannungsebene

Förderkennzeichen	0325473A; 0325473B; 0325473C; 0325473D; 0325473F; 0325473G
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	3.278.746 Euro
Projektpartner	E 3 Energie Effizienz Experten GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); KACO new energy GmbH; IDS GmbH; Stadtwerke Schwäbisch Hall GmbH; Saft Batterien GmbH

Das Projekt Netzmanagement von optimierten dezentralen Photovoltaik(PV)-Batteriesystemen in der Niederspannungsebene verfolgt das

Ziel, die Basis für einen transparenten energie- und kosteneffizienten sowie sicheren und zuverlässigen Betrieb von dezentralen PV-Batteriesystemen zu schaffen, um aus Netzsicht und aus Sicht der Anlagenbesitzer einen Beitrag für eine nachhaltige, wirtschaftliche und umweltverträgliche Energieversorgung zu ermöglichen. In diesem Zusammenhang müssen aktive Verteilnetze zukünftig, neben der Überwachung der an das Verteilnetz angeschlossenen Komponenten, lokale Regelmöglichkeiten vorsehen. Die Zusammenschaltung der dezentralen PV-Batteriesysteme für Netzdienstleistungen soll in einem Feldversuch im Versorgungsgebiet der Stadtwerke Schwäbisch Hall erprobt werden.

Verbundvorhaben: SALSA – Salzbasierter Latentwärmespeicher für solare Dampferzeugung und Abwärmenutzung

Förderkennzeichen	0325496A; 0325496B; 0325496C
Laufzeit	01.12.2012 – 30.11.2016
Zuwendungssumme	1.552.710 Euro
Projektpartner	Novatec Solar GmbH; Köllemann GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines effizienten Latentwärmespeichers zur Speicherung von Wärme aus Dampfprozessen. Dieser zeichnet sich durch folgende innovative Merkmale aus: **1.** Entkopplung der Speicherkapazität von der installierten Wärmeübertragerfläche durch Einsatz eines Schneckenwärmeübertragers (SWÜ), **2.** Verdampfung/Kondensation im SWÜ und **3.** Hochdruckbeständigkeit. Es werden zwei Prototypen des Speichers in verkleinertem Maßstab getestet sowie eine Demonstratoranlage im bestehenden solarthermischen Kraftwerk PE1 des Verbundpartners Novatec Solar geplant, gebaut, in Betrieb genommen und in einer Testphase vermessen. Die Ergebnisse dienen als Grundlage zur Speicheroptimierung. In einer Simulation wird in einer Jahresrechnung die Wirtschaftlichkeit des Speichers beurteilt.

Verbundvorhaben: Smart Region Pellworm – Demonstration eines hybriden Speichersystems für eine stabile, kosteneffiziente und marktorientierte Elektrizitätsversorgung auf Basis erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen	0325498A; 0325498B; 0325498C; 0325498D; 0325498E; 0325498F
Laufzeit	01.04.2012 – 31.03.2015
Zuwendungssumme	4.100.130 Euro
Projektpartner	E.ON Hanse AG; Gustav Klein GmbH & Co. KG; Saft Batterien GmbH; Fachhochschule West- küste – Hochschule für Wirtschaft und Technik; Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.; Rheinisch- Westfälische Technische Hochschule Aachen

Der Anteil erneuerbarer Energien am Bruttostromverbrauch in Deutschland soll 2030 mindestens 50 Prozent betragen. Um diese Vorgabe zu erreichen, ist die Erforschung intelligenter Speicherkonzepte, die je nach Versorgungsaufgabe eine Koordination verschiedener Speichertechnologien zur Erhöhung der Kosteneffizienz und Stabilität erlauben, ein wichtiger Schritt. Im Rahmen des Projektes wird die effiziente Nutzung von elektrischen Speichern in einem System mit hohem Anteil erneuerbarer Energien getestet und demonstriert. Wesentliche Themen sind Datenerfassung, verteilte Speicherung, Batteriespeicher, Modellbildung, Kommunikationssysteme, Energiemanagementsysteme, Geschäftsmodelle und Übertragbarkeit.

Verbundvorhaben: 100 Prozent EE durch PTG – Das Power-to-Gas-Verfahren als Energiespeicher in einer dezentral organisierten Landschaft fluktuierend einspeisender, rein erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen	0325503A; 0325503B
Laufzeit	01.11.2012 – 30.04.2015
Zuwendungssumme	1.120.730 Euro
Projektpartner	juwi technologies GmbH; Reiner Lemoine Institut gGmbH

Eine lastgangkonforme Energieversorgung durch 100 Prozent erneuerbare Energien (EE) ist nur mit einer Technik möglich, deren Speicher-

kapazität und -dauer die bisher üblichen deutlich übertrifft. Beim Power-to-Gas(PtG)-Verfahren wird Strom in synthetisches Erdgas verwandelt, das bei Bedarf in Strom zurückverwandelt werden kann. Bei der systemanalytischen Konzeption und praktischen Demonstration der Versorgung einer dezentralen Region auf Basis von 100 Prozent EE liegt der Fokus auf dem Einsatz des PtG-Verfahrens zur Energiespeicherung. Dies beinhaltet die Konkretisierung und Quantifizierung der technischen und wirtschaftlichen Anforderungen an die PtG-Technologie als Speicher sowie die praktische Demonstration der Machbarkeit und Grenzen der Darstellung eines 100-Prozent-EE-Systems mit PtG.

Verbundvorhaben: green2store – Integrative Speichernutzung in der Cloud für den Ausbau von regenerativen Energien

Förderkennzeichen	0325521A; 0325521B; 0325521C; 0325521D; 0325521E; 0325521F; 0325521G; 0325521H; 0325521I
Laufzeit	01.11.2012 – 31.12.2016
Zuwendungssumme	4.580.348 Euro
Projektpartner	EWE Aktiengesellschaft; EWE NETZ GmbH; Alcatel-Lucent Deutschland AG – Bell Labs Germany; BTC Business Technology Consulting AG; ABB AG; Süwag Energie AG; OFFIS e.V.; EWE – Forschungszentrum für Energie- technologie e.V.; Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

green2store erforscht, wie dezentrale Speichersysteme zur Steigerung der Netzaufnahmefähigkeit erneuerbarer Energien betrieben werden können. Es wird eine Energy-Storage-Cloud entwickelt, die die aus der Informations- und Kommunikationstechnik bekannten Cloud-Lösun-

gen auf die Energiewirtschaft überträgt, und in einem überregionalen Feldversuch demonstriert. Durch die Bündelung verteilter Speicher zu einem virtuellen Großspeicher können Speicherkapazitäten wesentlich effektiver und von verschiedenen Akteuren gleichzeitig genutzt werden – unabhängig vom Standort der einzelnen Speichermedien. green2store bewertet die integrative Nutzung dezentraler Speicher auch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten und erörtert ihre regulatorischen Rahmenbedingungen.

Verbundprojekt: Entwicklungsarbeiten zur alkalischen Druckelektrolyse zwecks Umwandlung erneuerbaren Stroms in Wasserstoff

Förderkennzeichen	0325524A; 0325524B; 0325524C
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	3.253.163 Euro
Projektpartner	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW); ETOGAS GmbH; ENERTRAG HyTec GmbH

Eine neuartige Elektrolysetechnik soll künftigen Power-to-Gas(PtG)-Anlagen den Weg in eine höhere Leistungsklasse ebnen. Das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden- Württemberg (ZSW) koordiniert die Entwicklungsarbeiten an einer 300-Kilowatt-Elektrolyse mit einem Zellstapel, dessen Leistung bei entsprechender Vergrößerung auf mehr als ein Megawatt steigerbar ist. Dieser sogenannte Kurzblock setzt sich aus etwa 70 Zellen zusammen, die über vergrößerte Flächen und eine erhöhte Gasleistung verfügen. Dadurch kann der Elektrolyseprototyp kompakter als seine Vorgänger gebaut werden. Weitere technische Neuerungen werden erprobt, darunter zwei hocheffiziente Gleichrichteranlagen, eine innovative Elektrodenbeschichtung sowie ein modularer Aufbau der Gesamtanlage.

Verbundprojekt: ESPEN – Potenziale elektrochemischer Speicher in elektrischen Netzen in Konkurrenz zu anderen Technologien und Systemlösungen

Förderkennzeichen	0325530A; 0325530B; 0325530C; 0325530D; 0325530E; 0325530F
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	1.877.473 Euro
Projektpartner	Technische Universität Clausthal; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW); Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Technische Universität München

Ziel des Projektes ist es, Handlungsempfehlungen für den Einsatz von elektrochemischen Speichern neu oder weiterzuentwickeln, sodass sie das zukünftige Energieversorgungssystem optimal unterstützen können. Zu diesem Zweck werden die Potenziale verschiedener elektrochemischer Speichertechnologien daraufhin untersucht, wie sie zur Wirtschaftlichkeit, Stabilität und Sicherheit der künftigen Stromversorgung in Deutschland beitragen können. Weiterhin werden alternative Speichertechnologien (zum Beispiel Pumpwasser- oder Druckluftspeicher und stoffliche Speicher) und Systemlösungen (zum Beispiel Lastmanagement und Netzausbau) betrachtet, um Anwendungsbereiche zu identifizieren, für die elektrochemische Speicher wirtschaftlich und technisch besonders geeignet sind.

Verbundprojekt: PV-Nutzen – Analyse des betriebswirtschaftlichen, volkswirtschaftlichen, technischen und ökologischen Nutzens von Speichern in netzgekoppelten Photovoltaikanlagen

Förderkennzeichen	0325534A; 0325534B
Laufzeit	01.12.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	870.788 Euro
Projektpartner	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH

Ziel des Vorhabens ist die quantitative Darstellung des Nutzens von Speichern in Photovoltaik(PV)-Anlagen unter Berücksichtigung von: Speichertechnologie, -auslegung und -betriebsweise; Wirkungen in Verteilungs- und Übertragungsnetzen; Betriebs- und volkswirtschaftliche Wirkungen; ökologische und soziale Fragestellungen. Durch die Identifikation von Speicherbetriebsweisen, die sich auf das gesamte Energieversorgungssystem positiv auswirken, der damit verbundenen Rahmenbedingungen und deren Untersuchung hinsichtlich der Akzeptanz bei potenziellen Anlagenbetreibern sollen Empfehlungen sowie Fördermechanismen für die systemdienliche Einbettung von Speichern in PV-Anlagen abgeleitet werden. Im Fokus stehen Batteriespeichersysteme in Privathaushalten mit netzgekoppelter PV-Anlage.

Verbundprojekt: BaSta – Batterie: Stationär in Sachsen

Förderkennzeichen	0325563A; 0325563B; 0325563C; 0325563D
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	4.873.258 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS); Technische Universität Dresden; Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e. V.; Technische Universität Bergakademie Freiberg

Technisches Ziel ist die Entwicklung und Umsetzung eines neuen Batteriekonzeptes, das die Vorteile von Natrium-Schwefel-Hoch-

temperaturbatterien (niedrige Kosten, hohe Materialverfügbarkeit) mit der Performance moderner Lithium-Ionen-Batterien (jedoch auf Natrium-Ionen-Basis) im Niedertemperaturbereich verknüpfen wird. Dazu werden neue Elektroden- und Separatormaterialien entwickelt und bezüglich ihrer Interaktion und Degradationsstabilität in neuartigen Elektrolyten untersucht. Der Arbeitsplan sieht eine Bottom-up-Strategie von der Materialentwicklung über die Werkstoffprozessierung bis zur Komponentenfertigung und Charakterisierung der Niedertemperatur-Natrium-Schwefel-Batterien vor. Die Ergebnisse werden unmittelbar in die anwendungsorientierte Forschung überführt.

Verbundvorhaben: Solion+ – Netzgekoppelte PV-Systeme mit Lithium-Ionen-basierten Speichern zur Verbesserung der Integration von erneuerbaren Energien in das öffentliche Stromnetz

Förderkennzeichen	0325600A; 0325600B
Laufzeit	01.09.2013 – 31.10.2017
Zuwendungssumme	2.057.299 Euro
Projektpartner	Bosch Power Tec GmbH; Saft Batterien GmbH

Sieben Partner aus Forschung und Industrie wollen nachweisen, dass die Speicherung von Solarstrom sowohl für Endverbraucher als auch für die Stabilisierung von Verteilnetzen vielfache Vorteile bringt. Solche Speichersysteme ermöglichen dem Endkunden, deutlich weniger Energie aus dem öffentlichen Stromnetz zu beziehen und mehr Strom aus der eigenen Photovoltaikanlage zu nutzen. Durch die Skalierbarkeit dieser Systeme können auch größere Leistungen erzielt werden, sodass sie beim Einsatz in Versorgungsnetzen Leistungsschwankungen abfangen und die Stabilität der Stromversorgung erhöhen können.

Verbundvorhaben: WESpe – Wissenschaftliche Forschung zu Windwasserstoff-Energiespeichern

Förderkennzeichen	0325619A; 0325619D; 0325619E; 0325619C; 0325619B
Laufzeit	01.12.2013 – 31.05.2017
Zuwendungssumme	3.909.562 Euro
Projektpartner	Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg; DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg; Deutsche Umwelthilfe e.V.; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Um die Integration von Wasserstoffspeichern in eine Energieversorgung mit erneuerbaren Energien voranzutreiben, wird das Gesamtsystem zur Speicherung fluktuierender Überschusswindenergie in Wasserstoff mit verschiedenen Optionen der Zwischenspeicherung und den Verwendungspfaden untersucht. Die Forschungspartner betrachten alle Komponenten des Gesamtsystems, von der Elektrolysetechnologie, gekoppelt mit fluktuierenden erneuerbaren Energien, über die Untergrundgasspeicherung bis zur Gasnetzanbindung aus technischer und ökonomischer Sicht. Auch Fragen zur Akzeptanz und Kommunikation dieser Technologie in der Öffentlichkeit werden untersucht.

Verbundvorhaben: Konvergenz Strom- und Gasnetze – Integration fluktuierender erneuerbarer Energien durch konvergente Nutzung von Strom- und Gasnetzen

Förderkennzeichen	0325576A; 0325576I; 0325576C; 0325576H; 0325576G; 0325576B; 0325576E; 0325576D; 0325576F
Laufzeit	01.08.2013 – 31.01.2016
Zuwendungssumme	3.063.175 Euro
Projektpartner	DBI – Gastechnologisches Institut gGmbH Freiberg; DVGW-Forschungsstelle am Engler- Bunte-Institut des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT); Forschungszentrum Jülich GmbH; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Technische Universität Clausthal; Technische Universität Dresden; Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Das Projekt untersucht technische und volkswirtschaftliche Chancen, die sich aus der Kopplung von Strom- und Gasnetzen ergeben. Die Verbundpartner analysieren die Strom- und Gasnetze, um die Vorteile und Potenziale einer Kooperation beider Transportsysteme in ihrer Funktion als Energiespeicher herauszuarbeiten und die tages- und saisonal-abhängige Dynamik aus Angebot und Nachfrage zu nutzen. Dabei liegt der Fokus der Untersuchung auf Umwandlungskapazitäten von Strom aus erneuerbaren Energien in erneuerbare Gase mittels Elektrolyse und Methanisierung (Power-to-Gas). Die Analyse des gesamten Energieversorgungssystems ermöglicht die Übersicht über alle Marktprozesse und verhindert Fehler durch die Bevorzugung einzelner Versorgungsstränge.

Verbundvorhaben: INE-VES – Innovative Energiespeicher in vernetzten PV-Hybridssystemen

Förderkennzeichen	0325561A; 0325561C; 0325561D; 0325561E
Laufzeit	01.10.2013 – 30.09.2016
Zuwendungssumme	2.415.743 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Saft Batterien GmbH; SMA Solar Technology AG; Vaillant GmbH

Das Verbundvorhaben unter Koordination des Fraunhofer IWES befasst sich mit der Systemintegration von Strom-Wärme-Speichersystemen in elektrische Netze sowie in die Gebäudeenergieversorgung und erarbeitet Modelle, Anwendungsszenarien und Betriebsführungsstrategien, um den Nutzen der Speicher sowohl aus Sicht des Netzes als auch aus Sicht des Anlagenbetreibers zu erhöhen. Es werden innovative Speichertechnologien, intelligentes Energiemanagement und übergeordnete Regelungen zur Bildung von virtuellen Großspeichern innerhalb des Niederspannungsnetzes untersucht. Eine enge Rückkopplung mit der Industrie wird durch den Verbund mit der Saft Batterien GmbH, der SMA Solar Technology AG sowie der Vaillant GmbH sichergestellt.

Verbundvorhaben: Entwicklung, Aufbau und dynamischer Betrieb eines PEM-Druckelektrolyseurs der Megawattklasse

Förderkennzeichen	0325589A; 0325589B; 0325589C
Laufzeit	01.07.2013 – 30.06.2016
Zuwendungssumme	2.081.958 Euro
Projektpartner	GP JOULE GmbH; H-TEC SYSTEMS GmbH; NORTH-TEC MASCHINENBAU GmbH

Die fluktuierenden erneuerbaren Energien stellen zukünftig das Rückgrat der Energieversorgung dar. Bei der Flexibilisierung großer Energiemengen wird die Wasserelektrolyse eine große Relevanz haben. Im Forschungsvorhaben soll ein reaktionsschneller Proton-Exchange-Membrane(PEM)-Elektrolyse-Stack der Megawattklasse entwickelt,

aufgebaut und im dynamischen Betrieb getestet werden. Der Elektrolyseur wird nach seiner Entwicklung mit einer Biogasanlage zu einem Kombikraftwerk verkoppelt. Der aus der Elektrolyse stammende Wasserstoff kann so bei Bedarf gemeinsam mit dem Biogas wieder verstromt werden. Als Primärenergiequellen werden vorwiegend Wind- und Sonnenkraft genutzt. Das Kombikraftwerk wird in Nordfriesland, einer Region mit hohem Windaufkommen und begrenzten Stromnetzkapazitäten, realisiert.

Verbundprojekt: Entwicklung eines teilsaisonalen thermischen Energiespeichers mit hoher Speicherdichte auf Basis eines Wasserschichtspeichers mit PCM-Elementen

Förderkennzeichen	0325991A; 0325991B
Laufzeit	01.01.2013 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	697.476 Euro
Projektpartner	Hochschule Mannheim; Solvis GmbH & Co. KG

Die Anforderungen an die Wärmespeicher neuer Generation liegen in der Erhöhung der Speicherdichte bei gleichzeitiger Verringerung der Wärmeverluste. Durch den Einsatz von PCM (Phase Change Materials) kann die Speicherkapazität eines herkömmlichen Wasserspeichers erhöht werden. Im Rahmen des Projektes wird ein teilsaisonaler thermischer Energiespeicher mit hoher Speicherdichte auf Basis eines Wasserschichtspeichers mit PCM-Elementen bis hin zu Versuchsmustern entwickelt, die als Basis für den Transfer in die industrielle Serienproduktion dienen können. Dieser Speicher wird bei vergleichbaren Betriebsbedingungen die Speicherkapazität von herkömmlichen Wasserspeichern deutlich überschreiten sowie deren Wärmeverluste deutlich unterschreiten.

Auslegung, Bau und Betrieb von 5-Megawatt- und 20-Megawatt-Methanisierungsanlagen für das Energiespeicherkonzept Power-to-Gas

Förderkennzeichen	0325627
Laufzeit	01.08.2013 – 31.07.2014
Zuwendungssumme	105.304 Euro
Projektpartner	Infraserv GmbH & Co. Höchst KG

Um das Konzept Power-to-Gas – Energiespeicherung durch Einspeisung des über die Kohlenstoffdioxid-Wasserstoff-Methanisierung gewonnenen Methans (Synthetic Natural Gas – SNG) – in das bestehende Gasnetz im industriellen Maßstab (über 20 Megawatt – MW) zu bewerkstelligen, wird eine Vorstudie durchgeführt, die eine auf die Umgebung im Industriepark Höchst zugeschnittene Methanisierungsanlage vorstellen wird. Parallel zur optimalen Verfahrenstechnik werden auch Kosten und Zeitaufwand für den Anlagenbau und Betrieb konkretisiert sowie die Basisauslegung einer Pilotanlage (5 MW) gezeigt und auf Industriemaßstab (20 MW) hochskaliert. Bei positivem Ergebnis der Studie und einem entsprechenden Marktumfeld beabsichtigt der Antragsteller das Energiespeicherkonzept Power-to-Gas im industriellen Maßstab einzusetzen.

Verbundvorhaben: SmartPowerFlow – Optimierung der Netzerweiterung versus Energiespeicher auf der Verteilnetzebene infolge zunehmender regenerativer Leistungsflüsse

Förderkennzeichen	0325522A; 0325522D; 0325522C; 0325522B
Laufzeit	01.08.2013 – 31.07.2016
Zuwendungssumme	1.738.191 Euro
Projektpartner	Reiner Lemoine Institut gGmbH; LEW Verteilnetz GmbH; SMA Solar Technology AG; Younicos AG

Im Projekt wird erstmalig der Netzbetrieb unter Einbeziehung von Redox-Flow-Batterien (zur kostenoptimierten Integration von erneuerbaren Energien) in einem hierfür besonders geeigneten Verteilnetz untersucht. Dies umfasst sowohl die technische und wirtschaftliche

Analyse der Anforderungen und Rahmenbedingungen für einen Einsatz im Verbundnetz als auch die Entwicklung innovativer Systemkomponenten, insbesondere der Batteriespeichertechnologie, und eines optimierten und speziell an den Anwendungsfall (Einsatz im Verteilnetz sowie Redox-Flow- und andere Batterietechnologien) angepassten Batteriewechselrichters. Anschließend wird das entwickelte, modular zugeschnittene System in ein lokales Verteilnetz integriert, die Betriebsweise in einer Demonstration verifiziert und abschließend hinsichtlich der Einsatzbedingungen im Verbundnetz evaluiert.

Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher

Förderkennzeichen	0325666
Laufzeit	01.11.2013 – 30.04.2016
Zuwendungssumme	731.642 Euro
Projektpartner	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Ziel des Marktanzreizprogrammes (MAP) für Batteriespeicher in netzgekoppelten Photovoltaik(PV)-Anlagen ist die Förderung von PV-Speichersystemen, die den Eigenverbrauch erhöhen und eine Netzdienlichkeit aufweisen. Es soll eine signifikante Zahl von Systemen auf den Markt kommen, die damit langfristig kommerziell tragfähig wird. Der Einfluss einer großen Anzahl dezentraler Speicher auf das Stromnetz kann jedoch aus heutiger Sicht nur vage abgeschätzt werden. Für ein umfassendes Verständnis aller auftretenden Effekte wird das MAP durch ein Monitoringprogramm ergänzt. In einem mehrstufigen Prozess werden die wichtigsten Anlagen- und Betriebsdaten der geförderten Solarstromspeicher erfasst und ausgewertet: ihre elektrischen Leistungsdaten, ihre geographische Verteilung, die Gesamtwirkungsgrade der Systeme, die Zuverlässigkeit und Lebensdauer der Batterien sowie Potenziale für bidirektionale Netzdienstleistungen. Die Ergebnisse liefern eine solide Grundlage zur Statusbestimmung netzgekoppelter PV-Speicher in Deutschland und geben Hinweise zur bedarfsgerechten Anpassung der Förderrichtlinien.

Verbundvorhaben: PV-HOST – Betriebsstrategien und Systemkonfigurationen für Batteriespeicher für Einfamilienhäuser mit Photovoltaikanlagen

Förderkennzeichen	0325477A; 0325477D; 0325477B
Laufzeit	01.06.2013 – 31.05.2017
Zuwendungssumme	1.713.741 Euro
Projektpartner	Robert Bosch GmbH; münsterNETZ GmbH; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Da dezentrale Stromerzeuger wie die Photovoltaik in den letzten Jahren erschwinglicher geworden sind, sind sie in vielen Haushalten verbreitet. Um den Solarstrom auch dann nutzen zu können, wenn keine Sonne scheint, bietet sich der Einsatz von Hausbatteriespeichern an, die bei entsprechender Betriebsweise auch das Netz entlastet können. Bisherige Forschungsarbeiten haben einzelne Batterietechnologien betrachtet. In diesem Projekt soll evaluiert werden, welches die optimale Batteriespeichertechnologie und Systemkonfiguration für diese Anwendung ist. Wirtschaftlichkeit (insbesondere der Aspekt Batteriealterung) sowie die Netzdienlichkeit spielen eine herausragende Rolle.

Verbundvorhaben: StoEx – Entwicklung großvolumiger, preiswerter Warmwasserspeicher mit hocheffizienter Dämmung zur Außenaufstellung

Förderkennzeichen	0325992A; 0325992B
Laufzeit	01.01.2013 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	539.769 Euro
Projektpartner	Sirch Tankbau-Tankservice Speicherbau GmbH; Universität Stuttgart

Ziel ist die Entwicklung hocheffizienter Pufferspeicher mit einem Volumen von etwa 5 bis 100 Kubikmetern zur Außenaufstellung. Die spezifischen Kosten sollen maximal 900 Euro pro Kubikmeter Wasservolumen inklusive Isolierung betragen. Externe Verluste sollen durch den Einsatz hocheffizienter Dämmtechniken (Vakuum- und transparente Wärmedämmung) um mindestens Faktor 5 gegenüber konventionell gedämmten Speichern reduziert werden. Innere (Exergie-)

Verluste zum Beispiel durch Vermischung unterschiedlicher Temperaturschichten sollen reduziert und mittels Strömungsanalyse untersucht werden. Hierzu werden geeignete Vorrichtungen zur Schichtbe- und -entladung getestet und bewertet. Weitere Entwicklungsschwerpunkte sind die Gewährleistung der Zugänglichkeit des Speicherinnenraums (Reparatur, Anpassung und Umbau) und Optimierung des Materialeinsatzes.

Verbundvorhaben: Die Stadt als Speicher – Energietechnische und -wirtschaftliche Bündelung vielfältiger lokaler Speicherkapazitäten innerhalb städtischer Lastzentren zum Ausgleich der Fluktuation erneuerbarer Einspeiser

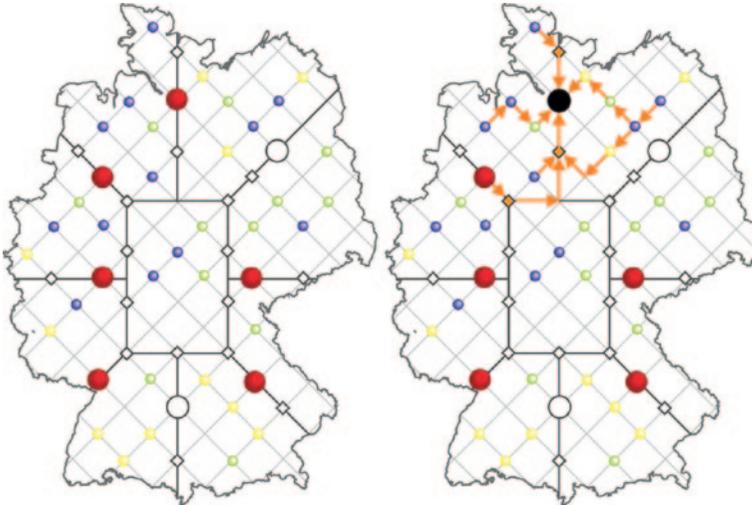
Förderkennzeichen	0325527A; 0325527I; 0325527B; 0325527D; 0325527C
Laufzeit	01.12.2013 – 30.11.2017
Zuwendungssumme	2.262.651 Euro
Projektpartner	Technische Universität Dortmund; Bittner + Krull Softwaresysteme GmbH; Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT); Robert Bosch GmbH; Universität Duisburg-Essen

Im Projekt werden in städtischen Gebieten vorhandene Flexibilitäts-potenziale erschlossen und für die Elektrizitätsmärkte nutzbar gemacht. Dies erfolgt durch Bündelung von Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen, Wärmepumpen, Nachtspeicherheizungen, Batteriespeicher und weiteren flexiblen Erzeugungs- und Verbrauchseinrichtungen in einem zentralen Managementsystem. Unter Berücksichtigung der jeweiligen Rahmenbedingungen der Anlagen, des Netzzustandes sowie der Marktanreize wird das Betriebsverhalten der Anlagen wirtschaftlich optimiert. Das Managementsystem sowie die hierzu entwickelte Informations- und Kommunikationstechnik-Infrastruktur wird in den Modellregionen Herten und Wunsiedel demonstriert und so für die beteiligten Stadtwerke nutzbar gemacht.

Verbundvorhaben: STENSEA – Entwicklung und Erprobung eines neuen Pumpspeicherkonzeptes zur Speicherung großer Mengen elektrischer Energie offshore

Förderkennzeichen	0325584B; 0325584A
Laufzeit	01.01.2013 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	2.329.957 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); HOCHTIEF Solutions AG

Das Projekt entwickelt und erprobt ein neues Pumpspeicherkonzept zur Speicherung großer Mengen elektrischer Energie offshore. Das Meeres-Pumpspeicherkraftwerk nutzt das Meer als oberes Speicherreservoir, das untere Speicherbecken ist ein Hohlkörper auf dem Meeresgrund. Er wird im Pumpbetrieb mit Ladestrom leer gepumpt und im Entladebetrieb über eine Turbine mit Wasser gefüllt. Das Projekt beinhaltet eine Systemanalyse zu Planung, Konstruktion, Bau- und Logistikkonzept des Druckbehälters, der Pumpturbinen, Einbindung in das Stromnetz, Marktanalysen und Wirtschaftlichkeitsberechnungen. Ein Modellversuch in einem Binnengewässer untersucht Detailfragestellungen zu Konstruktion, Bau, Installation und Logistik sowie Betriebsweise und Wartungskonzepten.



Das Projekt DEA-Stabil trägt dazu bei, die Stabilität des Stromnetzes besser bestimmen, bewerten und im Endeffekt verbessern zu können. Darauf aufbauend werden neue Anforderungen an die Regelung der dezentralen Stromerzeugungsanlagen bezüglich ihrer Eigenschaften gegenüber dem Netz entwickelt sowie neue Verfahren zur Sicherstellung der Netzstabilität entworfen.

2.2 Netztechnologien und Netzbetrieb

Die Netzinfrastruktur muss weiterentwickelt und der Netzbetrieb hinsichtlich hoher Anteile erneuerbarer Energien angepasst werden. Zum Beispiel muss der Netzbetrieb aufgrund der verstärkt fluktuierenden Einspeisung flexibler geregelt werden können.

Zum Thema Netze führen das BMU/BMWi und BMBF die Förderinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“ durch. Im Vordergrund der Initiative stehen die Themen intelligente Verteilnetze, Übertragungsnetze sowie Netzregelungsverfahren und Systemdienstleistungen. Hier sind 2013 bereits 18 Einreicher für Projektvorschläge mit einem Fördervolumen von rund 33 Millionen Euro durch das BMU zur Einreichung eines Antrags aufgefordert worden. Mit einer Bewilligung der Vorhaben (dann durch das BMWi) wird im Laufe des Jahres 2014 gerechnet.

Um das Zusammenspiel von Erzeugung, Verbrauch und Netz zu optimieren, fördert das BMU/BMWi Projekte, in denen der dezentrale Ausgleich von Fluktuationen erneuerbarer Energien über ein intelligentes Netz untersucht wird. Dadurch können neue Energiemärkte und neue Formen von Energiedienstleistungen und -produkten erschlossen werden. Im Bereich der intelligenten Netze wurde im Rahmen eines Verbundvorhabens eine aktive intelligente Netzstation entwickelt, um die Aufnahmefähigkeit von erneuerbaren Energien in Niederspannungsnetzen zu erhöhen. Dies hat zur Folge, dass insbesondere in ländlichen Regionen mit großem Photovoltaikanteil, geringer Last und langen Netzausläufern die sogenannte Lastflussumkehr sowie die Rückspeisung ins überlagerte Netz und lokale Spannungsüberhöhungen vermieden werden. Aufgrund nachgewiesener Eigenschaften ist eine rege Nachfrage seitens der Verteilnetzbetreiber nach dieser Technologie entstanden.

Ein wichtiger Punkt ist die Übernahme der Systemverantwortung durch erneuerbare Energien, indem sie Systemdienstleistungen für stabile und sichere Stromnetze erbringen. Um die Umstrukturierung und den Ausbau der Netze ganzheitlich planen zu können, werden auch handhabbare Netzsimulationsmodelle und Planungsinstrumente benötigt. Um die zukünftige Ausrichtung der Forschungsförderung sinnvoll und zielgerichtet weiterzuentwickeln, hat das BMU den Bedarf an Forschung und Entwicklung im Bereich Systemdienstleistungen gemeinsam mit führenden Experten erörtert. In einer Online-Umfrage des Projektträgers Jülich wurden die Experten zunächst zu Forschungsthemen und Methoden der Forschungsförderung im Bereich Systemdienstleistungen befragt. Die daraus gewonnenen Thesen wurden in einem Strategieworkshop Ende November 2013 in Berlin weiter konkretisiert und diskutiert.

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

Förderkennzeichen	0325049
Laufzeit	01.09.2008 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	546.743 Euro
Projektpartner	Helmut-Schmidt-Universität – Universität der Bundeswehr Hamburg

Die Netzimpedanz spielt eine zentrale Rolle bei der Abschätzung der Anschlusskapazität von Netzanschlussknoten sowie bei der Bewertung der Netzurückwirkungen von Erzeugern/Verbrauchern und der Einhaltung von Normen. Insbesondere bei der Netzintegration von erneuerbaren Energieanlagen ist die frequenzabhängige Netzimpedanz von großem Interesse: Durch deren Leistungselektronik werden Oberschwingungsströme eingespeist, die an der Netzimpedanz zu unerwünschten Oberschwingungsspannungen führen. Die Entwicklung eines Messgerätes zur Bestimmung der zeit- und frequenzabhängigen Netzimpedanz auf der Mittelspannungsebene soll eine bessere Anschlussbewertung als bisher erlauben und damit zur Optimierung des Anschlusses von erneuerbaren Energieanlagen ans Netz beitragen.

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

Förderkennzeichen	0325089C; 0325089A; 0325089B; 0325089D; 0325089E; 0325089G
Laufzeit	01.11.2008 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	9.410.353 Euro
Projektpartner	MVV Energie AG; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Universität Duisburg-Essen; Power PLUS Communication AG; DREWAG – Stadtwerke Dresden GmbH; IBM Deutschland GmbH

Ein intelligentes Stromnetz mit vielen dezentralen Erzeugern und Tarifen, die sich nach Angebot und Nachfrage richten – so könnte die

Stromversorgung der Zukunft aussehen. In Mannheim und Dresden soll die Vision Realität werden: Ende 2008 startete ein Konsortium unter der Leitung der MVV Energie AG das Projekt Modellstadt Mannheim (ausgezeichnet im Rahmen des Wettbewerbes E-Energy des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie, gefördert vom Bundesumweltministerium). Projektziel ist es, neue Geschäftsmodelle und dezentrale Systemarchitekturen für den Energiemarktplatz zu entwickeln sowie einen 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; 0325090D; 0325090H; 0325090I; 0325090J
Laufzeit	01.11.2008 – 31.01.2013
Zuwendungssumme	4.000.248 Euro
Projektpartner	RegenerativKraftwerke Harz GmbH & Co. KG; CUBE Engineering GmbH; Universität Kassel; 50Hertz Transmission GmbH; Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Zielsetzung des Projektes ist die technische und wirtschaftliche Erschließung und Einbindung erneuerbarer Energien (EE) durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien. Es werden verschiedene Energieträger und -speicher zu einem virtuellen Kraftwerk (VK) gekoppelt. Die drei Leitziele des Projektes sind: Aufbau einer funktionsfähigen Leitwarte zur Steuerung des VK, Entwicklung von Geschäftsmodellen zur Vermarktung des EE-Stroms, Netzmonitoring und Systemdienstleistungen zur Unterstützung des Netzbetriebes. Um dieses Ziel zu erreichen, werden Lösungsansätze in Simulationen ermittelt und in Demonstrationen präsentiert. So soll der Nachweis erbracht werden, dass eine zuverlässige Versorgung mit elektrischer Energie möglich ist – auch mit einem hohen Anteil EE.

**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 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	2.071.641 Euro
Projektpartner	SMA Solar Technology AG; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); J. Schneider Elektrotechnik GmbH; E.ON Asset Management

Bei großen Anteilen dezentraler Einspeisung ins Niederspannungsnetz kann es – insbesondere in ländlichen Regionen mit beispielsweise großem Photovoltaik(PV)-Anteil, geringer Last und langen Netzausläufern – zur sogenannten Lastflussumkehr bis hin zur Rückspeisung ins vorgelagerte Netz und zu lokalen Spannungsüberhöhungen kommen. Um in diesen Fällen die zulässigen Spannungsgrenzen einzuhalten, müssen die Netzspannungen dynamisch geregelt werden. Ziel des Vorhabens ist es, eine zuverlässige, kostengünstige und einfach implementierbare Lösung auf Basis einer regelbaren Ortsnetzstation zu entwickeln, die einen aktiven Betrieb des Niederspannungsnetzes ermöglicht und so den schnellen und wirtschaftlichen Anschluss zusätzlicher PV-Anlagen und anderer dezentraler Einspeiser erlaubt.

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

Förderkennzeichen	0325224A; 0325224B; 0325224C; 0325224D
Laufzeit	01.10.2010 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	1.949.706 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); SMA Solar Technology AG; Bosch Power Tec GmbH; juwi Energieprojekte GmbH

Ziel des Projektes ist eine technisch und wirtschaftlich verbesserte Netzintegration von Photovoltaik (PV) in Verteilnetze, um die Netzaufnahmefähigkeit für PV-Anlagen zu erhöhen und die Notwendigkeit von Netzausbaumaßnahmen zu reduzieren. Es werden Verfahren entwickelt, mit denen PV-Anlagen – im Zusammenspiel mit bekannten und neuen Betriebsmitteln (zum Beispiel Speichern) – aktiv an der Betriebsführung von elektrischen Mittel- und Niederspannungsnetzen beteiligt und die Rückwirkungen auf die Netzplanung analysiert werden.

PV & Netz – Netzverträgliche Systemintegration von Photovoltaikanlagen

Förderkennzeichen	0325254
Laufzeit	01.10.2010 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	3.177.074 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Die Dynamik der Solarstrahlung kann zu erheblichen Schwankungen bei der Einspeisung ins Stromnetz führen. Um die Auswirkungen auf das Netz untersuchen zu können, wurde ein synchron arbeitendes Messnetz für solare Einstrahlung und elektrische Netzgrößen entwickelt und betrieben. Die Analyse der Betriebsdaten soll in Erfahrung bringen, wie sich die räumlich-zeitliche Einstrahlungssituation regional auf die Verteilungsnetze auswirkt. Zur detaillierten Untersuchung der

Netzurückwirkungen wird derzeit ein Mittelspannungstestnetz aufgebaut, das weitergehenden Untersuchungen neuer Regelungs- und Betriebsführungsverfahren dient. Testumgebungen und neue Ansätze für Betriebsverfahren, mit denen Erzeuger und Lasten netzstabilisierend arbeiten, werden entwickelt.

Hochzuverlässige Leistungshalbleiter für Stromrichter in Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325261A; 0325261B
Laufzeit	01.11.2010 – 31.01.2015
Zuwendungssumme	1.857.790 Euro
Projektpartner	Woodward Kempen GmbH; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Im Rahmen des Vorhabens 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 sowie der angeschlossenen Komponenten in Windenergieanlagen, besonders im Offshore-Bereich. Entwickelt werden insbesondere Regelschaltungen zur gleichmäßigen und effizienten Lastverteilung in den Stromrichtern sowie Verfahren und Diagnoseschaltungen zur Identifizierung des Zustandes der Bauelemente – zum Zweck der frühzeitigen Erkennung von Fehlfunktionen per Ferndiagnose und einer sinnvollen Wartungsplanung.

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

Förderkennzeichen	0325264A; 0325264B; 0325264C
Laufzeit	01.12.2010 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	1.738.781 Euro
Projektpartner	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung (IFF); Siemens AG

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist es, systemübergreifende intelligente Betriebsführungsstrategien für Offshore-Windenergiesysteme, insbesondere mit mehreren Anschlusspunkten an das Energiesystem auf dem Festland (Multiterminal HVDC – High Voltage Direct Current), zu entwickeln. Diese sollen einerseits eine vollständige Nutzung der Offshore-Windenergie ermöglichen und andererseits, beispielsweise mittels Netzstützungsmaßnahmen, eine weiterhin hohe Systemsicherheit und -stabilität des gesamten europäischen Netzes gewährleisten. In einem interdisziplinären Forschungsverbund (eine Universität, ein Fraunhofer-Institut und ein Industriepartner) sollen vor allem die Bereiche Beobachtbarkeit, Netzsicherheit, Steuerbarkeit und Regelungsstrategien für Energiesysteme mit hohem Anteil an Offshore-Windenergie untersucht werden.

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

Förderkennzeichen	0325294
Laufzeit	01.06.2011 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	1.452.454 Euro
Projektpartner	Senvion SE

Ziel des Projektes ist die Entwicklung von Modellen, mit denen erstmals Wechselwirkungen zwischen Offshore-Windpark, VSC-HVDC-Verbindung (Voltage-Sourced Converter für den Einsatz zur Hochspannungs-Gleichstromübertragung) und Netz in Echtzeit unter Einbeziehung

realer Komponenten simuliert werden können, um Kompatibilitätsprobleme, Fehlauslegung von Komponenten und Schäden an Bauteilen zu vermeiden. Die Electro-Magnetic-Transient(EMT)- und Root-Mean-Square(RMS)-Modelle der Einzelkomponenten werden zu einer Simulationsumgebung zusammengeführt und das System durch Messungen validiert und iterativ in Detaillierungsgrad und Simulationsgeschwindigkeit gesteigert, sodass reale Windenergieanlagenbauteile in die Umgebung integriert werden können. Neben dem Normalbetrieb wird besonders das Verhalten bei Netzfehlern betrachtet.

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

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

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

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

Förderkennzeichen	0325315A; 0325315B; 0325315C
Laufzeit	01.12.2011 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	231.517 Euro
Projektpartner	Bosse Consulting GmbH; Bethke et al. GmbH; Steuerungsbau Hanswille GmbH

Das Verbundvorhaben zielt darauf ab, Netzteilnehmer unter Zuhilfenahme kostengünstiger und wirtschaftlicher Technologien überregional in einem virtuellen, intelligenten Stromnetz miteinander zu verbinden. Dies ermöglicht einerseits kleinen Erzeugern erneuerbarer Energien, Strom zu guten Konditionen abzugeben, und andererseits Verbrauchern, die ein fluktuierendes Stromangebot nutzen und insbesondere Energie speichern können, dieses Angebot zu integrieren. Gleichzeitig soll der Aufwand für den Betrieb und den Ausbau der Energieübertragungs- und Verteilungsnetze durch den systemorientierten Ansatz verringert werden. Man kann davon ausgehen, dass das Angebot erneuerbarer Energien aufgrund der verbesserten Marktbedingungen zunimmt.

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

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

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines intelligenten Systems zur Fehlerortung und Fehlerursachenfindung bei Hochspannungskabeln, insbesondere Seekabeln, zur Anbindung von Offshore-Windenergieanlagen. Dieses System soll: mechanische Beschädigungen in Echtzeit aufzeigen und dadurch die Reaktionszeit für das Einleiten von Reparaturmaßnahmen und für die Sicherstellung der Energieübertragung extrem verkürzen; Kabelfehler genau orten und dadurch den zeitlichen

und wirtschaftlichen Reparatur- und Wartungsaufwand erheblich verringern; die Ursachen beziehungsweise Verursacher der Schäden identifizieren; Veränderungen am Kabel frühzeitig erkennen können, sodass eventuelle Schäden am Kabel erst gar nicht entstehen.

Speicher- und Netzausbaubedarf bei Betrachtung des gesamten europäischen Raums mit hohem Anteil erneuerbarer Energien – Entwicklung eines Simulationsprogrammes und Untersuchung von Energieversorgungsszenarien

Förderkennzeichen	0325366
Laufzeit	01.10.2011 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	549.626 Euro
Projektpartner	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Im Rahmen der Energiewende werden sich die Energieversorgungssysteme in Deutschland und Europa in Zukunft stark verändern. Insbesondere die fluktuierende Einspeisung erneuerbarer Energien stellt hohe Anforderungen an die Systeme. Zur zeitlichen Glättung sollen Speicher, Netze und regelbare Kraftwerke zum Einsatz kommen, deren räumliche Verteilung über geographisch aufgelöste Wetter- und Verbrauchsdaten in die Gesamtsystemkosten einfließt. Das Programm GENESYS (Genetische Optimierung eines Europäischen Energieversorgungssystems) nimmt mittels eines genetischen Algorithmus eine Systemoptimierung vor, um die geringsten Kosten je Kilowattstunde und damit den Speicher- und Netzausbaubedarf in einem optimalen Energieversorgungssystem der Zukunft zu ermitteln.

Ogema 2.0 – Open-Source-Plattform für dezentrales Energiemanagement 2.0

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

Im Rahmen von Ogema 2.0 bringen die Fraunhofer-Institute IIS, ISE und IWES das Smart Building und das Smart Grid in Form eines offenen Energiemanagement-Gateways zusammen. Durch diesen ganzheitlichen systemtechnischen Ansatz kann das dezentrale Energiemanagement herstellerübergreifend geregelt und mit weiteren Funktionen der Gebäudeautomation verbunden werden. Die Grundlage stellt eine quelloffene Laufzeitumgebung mit Datenmodellen dar, die in Zusammenarbeit mit Unternehmen verschiedener Branchen entwickelt werden. Die eigentlichen Energiemanagementanwendungen können später von verschiedenen Herstellern oder von Software- und Serviceanbietern entwickelt und angeboten werden. Das Projekt wird von einem Arbeitskreis der Industrie begleitet, in den ihre Vertreter Praxiserfahrungen einbringen.

Entwicklung einer Mensch-Maschine-Schnittstelle zur aktiven Einbindung des Verbrauchers in die elektrischen Energieversorgungssysteme zur optimierten Ausnutzung regenerativer Energiequellen

Förderkennzeichen	0325380
Laufzeit	01.01.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	669.292 Euro
Projektpartner	Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Ziel ist es, eine Darstellungsform von Verbrauchsinformationen am Beispiel eines Inhome-Displays und im Kontext des zukünftigen Zähl- und Messwesens zu entwickeln, mit der eine Änderung des Kundenverhaltens erreicht werden kann. Die Verhaltensänderung zielt auf eine

Reduktion des Energieverbrauches und die Verlagerung auf regenerative Quellen in Zeiten hoher Darbietung ab. Erkenntnisse aus Theorie und Empirie fließen in den Entwurf des Inhome-Displays ein. Der Entwicklungsprozess erfolgt iterativ: Aus empirischen Testungen des Displays werden Modifikationen und Erweiterungen abgeleitet, die wiederum getestet werden. Darüber hinaus werden Fragen der technischen Anforderungen, möglicher Effizienzsteigerungen, des Datenschutzes und der Umsetzbarkeit behandelt.

Optimierung der Systemintegration fluktuierender Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien am Beispiel der Photovoltaik auf Niederspannungsebene – Untersuchungen zu Möglichkeiten und Potenzialen zukünftiger Energieversorgungsstrukturen

Förderkennzeichen	0325385
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	385.365 Euro
Projektpartner	Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Durch den starken Ausbau der Photovoltaik steigen die Anforderungen an die Verteilnetze deutlich. Das Projekt analysiert und bewertet deshalb verschiedene Optionen zur Netzintegration der zunehmenden fluktuierenden Einspeisung – insbesondere auf Niederspannungsebene. Die Analyse beinhaltet eine technische und wirtschaftliche Optimierung der Kombination verschiedener Optionen anhand von Simulationen auf Basis hochaufgelöster realer Netzdaten. Zusätzlich soll ein detaillierter Vergleich verschiedener Speichertechnologien eine technologie- und anwendungsspezifische Bewertung ermöglichen. Aus den Ergebnissen werden technische und wirtschaftliche Schlussfolgerungen für eine effiziente Transformation des Energiesystems hin zu den in der Optimierung erhaltenen Energieversorgungsstrukturen auf Niederspannungsebene erarbeitet.

Testzentrum Tragstrukturen – Generatorumrichter-Prüfstand

Förderkennzeichen	0325398
Laufzeit	01.01.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	4.046.697 Euro
Projektpartner	Leibniz Universität Hannover

Die Zunahme regenerativer, dezentraler Energiequellen und ihrer Einheitenleistung resultiert in neue Anforderungen an den Antriebsstrang und das elektrische System einer Windenergieanlage. Mit der Versuchseinrichtung für Generator- und Umrichterkonzepte sollen diese Anforderungen im Maßstab 1:10 und damit unter realitätsnahen Bedingungen untersucht werden. Realisiert werden die am häufigsten genutzten Generatortypen: eine permanentmagneterregte Synchronmaschine und eine doppelgespeiste Asynchronmaschine. Ein 3-Megawatt-Netzemulator soll alle wichtigen Netzsituationen simulieren. Der Forschungsschwerpunkt liegt auf Generatorumrichter-Interaktionen, netzstützende Strategien für Windenergieanlagen und Generatoraspekte (Fehlerfrüherkennung, fehlertoleranter Betrieb etc.).

Systemintegration von Elektrofahrzeugen

Förderkennzeichen	0325402
Laufzeit	01.01.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	3.994.770 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Das Vorhaben untersucht mittels einer neuartigen Laborinfrastruktur die Systemintegration von Elektrofahrzeugen, um den Einsatz von erneuerbaren Energien in der elektrischen Energieversorgung zu unterstützen. Die Kernziele sind: **1.** Entwicklung und Einsatz eines neuen Hardware-in-the-Loop(HiL)-Prüfstandes für E-Fahrzeuge, der Fahrbetrieb und Integration in das elektrische Netz abbildet; **2.** Untersuchung der Wechselwirkungen zwischen Netz und Batterien bei verschiedenen Umgebungsbedingungen und während des Fahrbetriebes; **3.** Untersuchung, Prüfung und Vorstandardisierung der

Netzschnittstelle zur Bereitstellung von Netzdienstleistungen;
 4. Untersuchung und Prüfung der Auslegung von Batterien inklusive Batteriemangement von E-Fahrzeugen durch den Einsatz virtueller Batterien.

Integratives virtuelles Regelkraftwerk für den Ausbau der erneuerbaren Energien

Förderkennzeichen	0325419
Laufzeit	01.01.2012 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	411.432 Euro
Projektpartner	Trianel GmbH

Die letzten Jahre haben gezeigt, dass die Umsetzung der Energiewende hinsichtlich der Ausbauziele gut vorangeht. Durch die zunehmende stochastische Einspeisung kann es jedoch zu einem steigenden Bedarf an flexibler Leistung – zur Ausregelung von Erzeugung und Verbrauch – kommen (Regelleistung). Ein bedeutender Teil der Flexibilität könnte durch dezentrale Anlagen bereitgestellt werden, ihr Flexibilitätspotenzial wird jedoch nicht immer voll ausgeschöpft. Ziel des Forschungsprojektes ist vor diesem Hintergrund die Präqualifikation eines virtuellen Kraftwerkes zur Erbringung von Sekundärregelenergie. Im Fokus steht die Einbindung von steuerbaren erneuerbaren Energien in einen Pool mit herkömmlichen dezentralen Stromerzeugungsanlagen, regelbaren Stromverbrauchern und Windenergieanlagen.

Regelenergie durch Windkraftanlagen – Entwicklung eines Verfahrens zur Bereitstellung von Regelleistung durch Windkraftanlagen

Förderkennzeichen	0325437
Laufzeit	01.05.2012 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	500.000 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Infolge des Ausbaus der erneuerbaren Energien und der gleichzeitigen Rückläufigkeit der konventionellen Kraftwerke, die bisher für den

größten Teil der Regelleistung gesorgt haben, ist es notwendig, dass zukünftig auch Windkraftanlagen Regelleistung bereitstellen. Deshalb wird im Rahmen des Projektes ein Verfahren zur Bereitstellung von Regelleistung durch Windkraftanlagen entwickelt. Dieses Ziel lässt sich in drei Teilziele aufteilen: **1.** Entwicklung und Demonstration eines Nachweisverfahrens; **2.** Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung eines gesicherten Regelleistungsangebotes; **3.** Entwicklung und Demonstration einer Regelung zur Bereitstellung von Regelleistung durch Windkraftanlagen.

Verifikation der dynamischen Netzstützung durch PV-Anlagen bei Fehlern im Mittelspannungsnetz

Förderkennzeichen	0325452
Laufzeit	01.05.2012 – 30.04.2015
Zuwendungssumme	1.504.500 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Solarparks, die in die Mittelspannungsebene einspeisen, müssen die dafür in Deutschland geltenden Richtlinien erfüllen: Dazu zählt neben der statischen auch die dynamische Netzstützung. Letztere definiert das Verhalten von Erzeugungsanlagen während Netzfehlern und Netzspannungseinbrüchen. Zum Nachweis müssen die einzelnen Erzeugungsanlagen den LVRT-Test (Low-Voltage-ride-through) bestehen. Die Untersuchung der dynamischen Netzstützung mehrerer, parallel betriebener Wechselrichter, so wie sie in einem Solarpark betrieben werden, ist Gegenstand des Projektes. Erkenntnisse aus Labor- und Feldvermessungen zeigen, dass insbesondere Resonanzphänomene der elektrischen Betriebsmittel und die Regelalgorithmen der Wechselrichter zu Instabilitäten führen können.

Entwicklung eines Messgerätes zur Bestimmung der frequenzabhängigen Netzimpedanz auf der Hochspannungsebene bis 110 Kilovolt zur Bewertung der Verfügbarkeit von Netzkapazitäten als Systemgröße zur Dimensionierung von Energiespeichern

Förderkennzeichen	0325562
Laufzeit	01.09.2012 – 31.08.2015
Zuwendungssumme	2.447.275 Euro
Projektpartner	Helmut-Schmidt-Universität – Universität der Bundeswehr Hamburg

Der stetig steigende Anteil der erneuerbaren Energien an der Stromerzeugung erfordert, um die Netzstabilität und Versorgungssicherheit zu gewährleisten, einen Netzausbau sowie die Integration von Energiespeichern. Für die zukünftige Planung und Auslegung der Stromnetze ist eine Analyse des Ist-Zustandes notwendig. Die Netzimpedanz kann bei der Abschätzung der Anschlusskapazität von Netzanschlussknoten, der Bewertung der entstehenden Netzzrückwirkungen von Erzeugern beziehungsweise Verbrauchern und der Einhaltung der damit verbundenen Normen herangezogen werden. Ziel des Projektes ist es, eine transportfähige Anlage zur Messung der frequenzabhängigen Netzimpedanz unterschiedlicher Netzverknüpfungspunkte im 110-Kilovolt-Verteilungsnetz zu entwickeln.

Verbundvorhaben: Moritzberg

Förderkennzeichen	0325331A; 0325331B; 0325331D
Laufzeit	01.07.2011 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	788.947 Euro
Projektpartner	Universität Hildesheim; Hanseatic Holding AG; INENSUS GmbH

Um erneuerbare Energien nachhaltig in Versorgungsnetze zu integrieren, müssen diese auf eine dezentrale und fluktuierende Energieerzeugung umgestellt werden. Im Rahmen des Projektes werden die hierfür notwendigen Systemstrukturen realisiert: 46 Wohnungen mit Smart-Home-Technologien werden zu einem Micro Grid vernetzt und mit

Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien versorgt. Eine sogenannte intelligente Maschine im Micro Grid steuert die technischen Einheiten über Prognosen zu Verbrauch und Nachfrage. Zudem erfolgt die Einbindung von Elektromobilität in das Grid über eine Smart-plug-in-Technologie, die Steckdosen in Stromtankstellen inklusive Abrechnungssystem umwandeln kann. Parallel zu den empirischen Untersuchungen erfolgen betriebswirtschaftliche und Akzeptanzanalysen.

Verbundvorhaben: Studie zur Veränderung der Netzkurzschlussleistung beim Übergang von einem zentral zu einem dezentral gespeisten Energieversorgungssystem

Förderkennzeichen	0325360A; 0325360B
Laufzeit	01.04.2012 – 31.07.2013
Zuwendungssumme	159.796 Euro
Projektpartner	Universität Kassel; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Die Netzbetreiber haben bislang keinerlei Systemdienstleistungen von Erzeugungsanlagen erneuerbarer Energien gefordert: Sie sollten bewusst keinen Beitrag zur Netzstabilität leisten, sondern sich bei Netzfehlern möglichst schnell vom Netz trennen. Inzwischen bereiten diese Altanlagen im Hinblick auf Spannungseinbrüche im Höchst- und Hochspannungsnetz immer größere Probleme. Die Universität Kassel erstellt daher Szenarien für die Mittelspannungs-, Höchst- und Hochspannungsebenen unter Berücksichtigung von städtischen Netzen. Anschließend sollen Schlussfolgerungen zu Netzschutz und -struktur sowie Auslegung von Betriebsmitteln gezogen werden, um zukünftig Erzeugungseinheiten erneuerbarer Energien bei der Lieferung von Kurzschlussleistung berücksichtigen zu können.

Verbundvorhaben: Entwicklung und Bau einer mobilen Versuchseinrichtung zur Erprobung von Spannungsqualitätsoptimierungsstrategien in Niederspannungsnetzen

Förderkennzeichen	0325377A; 0325377B; 0325377E
Laufzeit	01.01.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	955.911 Euro
Projektpartner	Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH; Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; Moeller Operating Engineering GmbH

Im Rahmen des Vorhabens werden eine mobile Versuchseinrichtung für Niederspannungsnetze entwickelt, gebaut und in Betrieb genommen sowie Langzeitmessungen zur Spannungsqualität im Netz der SH-Netz AG durchgeführt. Dabei steht nicht nur die Messung der Netzimpedanz im Fokus. Auch die Oberschwingungsspannungsvorbelastungen und die resultierenden Oberschwingungsströme in den Netzknoten werden analysiert, um eine messtechnische Datenbasis für eine optimierte Einspeisung von Oberschwingungsströmen zu schaffen und Vorschläge für eine verbesserte Bewertung von Oberschwingungsemissionen zu erarbeiten. Basierend auf den Phasenlagen der Oberschwingungsspannungen und der Netzimpedanzen wurden bereits Versuche zur aktiven Spannungsfilterung erfolgreich erprobt.

Niederspannungslabor – Aufbau eines Leistungselektroniklabors zur Erforschung von Komponenten für die Netzintegration erneuerbarer Energien und dezentraler Speicher

Förderkennzeichen	0325598
Laufzeit	01.01.2013 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	3.067.325 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Die zunehmend Leistungselektronik-basierte Energieerzeugung erfordert für einen stabilen und effizienten Betrieb der Energienetze

technische Voraussetzungen, die im Niederspannungslabor entwickelt bzw. weiterentwickelt werden. Basis des Labors sind Testfelder mit einstellbaren Wechselspannungen von 300 bis 1.000 Volt und Leistungen bis in den Megawatt-Bereich, in denen dezentrale Erzeuger hinsichtlich ihres statischen und dynamischen Verhaltens am Netz charakterisiert werden können. Kritische transiente Netzbedingungen, wie sie im High-Voltage-Ride-Through(HVRT)- und Low-Voltage-Ride-Through(LVRT)-Fall auftreten, können sowohl im stationären Betrieb als auch im Feld analysiert und Schwingkreistests sowie Tests von Kraftwerkeigenschaften, entwicklungsbegleitend oder für Prüf- und Zertifizierungszwecke, durchgeführt werden.

Verbundprojekt: DEA-Stabil – Beitrag der Windenergie und Photovoltaik im Verteilungsnetz zur Stabilität des deutschen Verbundnetzes

Förderkennzeichen	0325585A; 0325585B
Laufzeit	01.04.2013 – 31.03.2016
Zuwendungssumme	2.692.256 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); European Distributed Energy Resources Laboratories (DERlab) e.V.

Je mehr Strom Photovoltaik- und Windenergieanlagen in das Netz einspeisen, desto größer muss ihr Beitrag zur Netzstabilität sein. Es wird nicht mehr ausreichen, allein Leistungsbilanzen von Erzeugung und Verbrauch sicherzustellen. Vielmehr ist es dringend notwendig, eine vorausschauende Planung der Netzregelverfahren durchzuführen, um den sicheren Netzbetrieb zu gewährleisten. Das Projekt untersucht, welche Anforderungen sich daraus für die Kraftwerkeigenschaften der Photovoltaik- und Windenergieanlagen ergeben, und soll dazu beitragen, die Stabilität des Stromnetzes besser bestimmen, bewerten und für zukünftige Rahmenbedingungen sichern zu können.

Verbundvorhaben: OpSim – Test- und Simulationsumgebung für Betriebsführungen und Aggregatoren im Smart Grid

Förderkennzeichen	0325593A; 0325593B
Laufzeit	01.08.2013 – 31.01.2016
Zuwendungssumme	2.497.139 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Universität Kassel

Das elektrische Energieversorgungssystem der Zukunft wird diverse Akteure enthalten: Netzbetreiber unterschiedlicher Spannungsebenen, kommerzielle Aggregatoren von Erneuerbare-Energie-Anlagen (virtuelle Kraftwerke), Energiemanagementsysteme und andere. Aktuell wird ihre Betriebsführung oft separat getestet: Zur Validierung einer virtuellen Kraftwerksoftware wird zum Beispiel ein Anlagenpool simuliert, während das Stromnetz als Kupferplatte dargestellt ist. Im Projekt wird eine Echtzeit-Test- und Simulationsumgebung für Smart Grids entwickelt, um das Zusammenspiel verschiedener Betriebsführungen in einem komplexen Energieversorgungssystem mit hohem Anteil erneuerbarer Energien zu analysieren und zu optimieren. Die OpSim-Bausteine sind so konzipiert, dass die angeschlossenen Betriebsführungen Bedingungen auffinden, wie sie im realen Einsatz vorherrschen würden.

Verbundprojekt: SmartSCADAMSNS – Smart SCADA für Mittel- und Niederspannungsnetze

Förderkennzeichen	0325583A; 0325583C; 0325583B; 0325583D; 0325583E
Laufzeit	01.03.2013 – 31.08.2015
Zuwendungssumme	1.257.605 Euro
Projektpartner	IDS GmbH; COMback GmbH; Meteocontrol GmbH; SWK Stadtwerke Kaiserslautern Versorgungs-AG; Technische Universität Kaiserslautern

Um den Strom dezentraler und regenerativer Erzeuger in die Verteilnetze einzuspeisen und dabei einen störungsarmen Netzbetrieb sowie

eine normgerechte Spannungsqualität zu gewährleisten, ist die Beobachtbarkeit der Netze als Grundlage für steuernde Eingriffe notwendig. Während sich Höchst- und Hochspannungsnetze durch vorhandene Messtechnik vollständig beobachten lassen, ist dies auf Verteilnetzebene aufgrund der großen Anzahl an Verknüpfungspunkten, Lasten und Einspeisungen vergleichsweise teuer und aufwendig. Ziel des Projektes ist es, ein Verfahren zu erforschen, das durch intelligente Kopplung von Daten eine kosteneffiziente Aussage über den Betriebszustand von Mittel- und Niederspannungsnetzen treffen kann.

Verbundvorhaben: Dezentral und zentral gesteuertes Energiemanagement auf Verteilnetzebene zur Systemintegration erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen	0325578A; 0325578B
Laufzeit	01.03.2013 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	537.340 Euro
Projektpartner	Öko-Institut. Institut für angewandte Ökologie e.V.; OFFIS e.V.

In diesem Projekt werden die Systemintegration erneuerbarer Energien durch dezentral beziehungsweise zentral gesteuertes Last- und Erzeugungsmanagement auf Verteilnetzebene vergleichend bewertet und dabei insbesondere Verteilnetzrestriktionen berücksichtigt. Das Projekt trägt dazu bei, die aktuelle Diskussion über die dezentrale beziehungsweise zentrale Weiterentwicklung des Stromsystems quantitativ zu bewerten. Die Ergebnisse sollen Entscheidungsträger befähigen, die Rahmenbedingungen für Last- und Erzeugungsmanagementansätze in Verteilnetzen zielgerichtet weiterzuentwickeln. Den zentralen methodischen Neuheitsgrad des Projektes stellt die kombinierte Berücksichtigung von Netzrestriktionen in der Modellierung und Szenarienanalyse zur Systemintegration erneuerbarer Energien dar.

Standard Offshore Plattform 2.0 – Schwerpunkt Offshore-Konvertplattform der nächsten Generation 2.0, Korrosionsschutz, Bauraumreduzierung

Förderkennzeichen	0325665
Laufzeit	01.07.2013 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	3.533.215 Euro
Projektpartner	Siemens AG

Für den Betrieb von Übertragungsnetztechnik auf hoher See gab es bis vor wenigen Jahren keine Erfahrungswerte. Da die ersten Installationen von großer Vielfalt gekennzeichnet waren, soll die Auswertung eine Konsolidierung der Variantenvielfalt einleiten und die Anzahl von Software- und Hardwarekomponenten deutlich reduzieren. Damit will das Vorhaben der Komplexitätsfalle in Entwicklung, Herstellung, Betrieb und Wartung entgehen. Am Ende des Selektionsprozesses der identifizierten Querschnittstechnologien sollen die unternehmensweit oder marktweit besten Lösungen stehen. Diese Best-in-Class-Solutions werden im Projekt mit einer hohen Modularität weiterentwickelt, auch die Gründung neuer Standards ist nicht ausgeschlossen.

ACCESS2Grid – Systemarchitektur DC- und AC-Backbone

Förderkennzeichen	0325663
Laufzeit	01.07.2013 – 31.12.2016
Zuwendungssumme	2.364.628 Euro
Projektpartner	Siemens AG

Im Netzentwicklungsplan übernehmen die Übertragungsnetze auf Basis von Gleich- und Wechselstrom eine zentrale Rolle: Sie sind das Rückgrat der Energieübertragung. Das Gleichstrom(DC)- und Wechselstrom(AC)-Backbone bedarf bei der Planung des besonderen Augenmerks, da hier größere Technologiesprünge zu erwarten sind als auf Erzeugungs- und Verteilnetzebene. Das Vorhaben rückt entsprechend die Systemarchitektur des DC- und AC-Backbone ins Zentrum vergleichender Forschung zur Einbindung von erneuerbaren Energiequellen wie Offshore-Windparks und Technologiebausteinen wie Hochleistungs-

stromrichter in das bestehende Verbundnetz. Grobziel auf technischer Ebene ist eine höhere Planungssicherheit, die die unabdingbare Voraussetzung für eine maximale Versorgungssicherheit im Strommarkt ist.

SmartGridModels – Modelle und Netzanalysen zukünftiger Smart Grids

Förderkennzeichen	0325616
Laufzeit	01.05.2013 – 30.04.2016
Zuwendungssumme	386.511 Euro
Projektpartner	Universität Kassel

Die Energieversorgung ist von einer schnellen Zunahme regelbarer dezentraler Erzeuger- und Verbraucheranlagen sowie von Speichersystemen und Elektrofahrzeugen geprägt. Diese Entwicklung führt zu einem signifikant andersartigen Systemverhalten, das verstanden werden muss, um Vorschläge für geeignete Verbesserungen der bisherigen Regeln und Verfahren vorzulegen. In diesem Vorhaben werden neu entwickelte Komponenten- und Netzmodelle für dynamische Analysen in eine Netzsimulationsumgebung implementiert und verschiedene Szenarien für zukünftige Smart Grids unter Betrachtung realer Verteilnetzabschnitte entwickelt und untersucht. Im Anschluss sollen wichtige Veränderungen für den Übergang vom passiven Verteilnetzbetrieb auf Smart Grids identifiziert und Lösungsansätze entwickelt und bewertet werden.



Mit dem ersten regenerativen Kombikraftwerk haben Wissenschaftler gezeigt, dass der Strombedarf allein aus erneuerbaren Energien in Kombination mit Speichern gedeckt werden kann. Das aktuelle Pilotprojekt Kombikraftwerk 2 soll nun beweisen, dass ein zukünftiges System auf Basis von 100 Prozent erneuerbaren Energiequellen für stabile Netze sorgen kann – ganz ohne fossile und nukleare Kraftwerkskapazitäten.

2.3 Regenerative Kombikraftwerke

Kombikraftwerke beziehungsweise virtuelle Kraftwerke ermöglichen zu jeder Zeit eine verlässliche Stromversorgung. Sie nutzen das Zusammenspiel mehrerer Erzeugungsanlagen – teils mit Speichern, teils durch Lastmanagement –, um gemeinsam bedarfsgerecht einspeisen zu können. Das erleichtert die Direktvermarktung des regenerativ erzeugten Stroms. Verschiedene Erzeugungsanlagen wie zum Beispiel Windenergie-, Photovoltaik- oder Biogasanlagen lassen sich durch eine gemeinsame Zentrale steuern. Je nach Bedarf wird Strom an die daran angeschlossenen Verbrauchsstellen weitergeleitet oder

überschüssiger Strom zwischengespeichert. Auch eine Zwischenspeicherung in Form von Wärme bei Blockheizkraftwerken ist möglich. Gemeinsam gesteuerte Anlagen können auch Systemdienstleistungen für einen sicheren Netzbetrieb zur Verfügung stellen, etwa Frequenz- und Spannungshaltung.

Bei der Frage der Systemsicherheit konnte im Rahmen eines Feldtestes gezeigt werden, wie erneuerbare Energien alternativ zu konventionellen Kraftwerken Primärregelleistung erbringen und damit die Frequenzstabilität sicherstellen können. Hierfür wurden regenerative Erzeugungsanlagen zu einem Kombikraftwerk zusammengefasst. Das Vorläuferprojekt hatte gezeigt, dass die erneuerbaren Energien jederzeit den Strombedarf abdecken können.

Erbringung von Netzdienstleistungen aus einem regionalen Verbund – Entwicklung und Demonstration anhand eines aus erneuerbaren Energien versorgten Industriegebietes

Förderkennzeichen	0325230A; 0325230B
Laufzeit	01.09.2010 – 31.08.2014
Zuwendungssumme	1.008.378 Euro
Projektpartner	energy & meteo systems GmbH; Deutsche Windtechnik AG

Innerhalb des Projektes wird die Integration erneuerbarer Energien (EE) in das Stromnetz anhand eines Demonstrators gezeigt. In einem lokal zusammenhängenden Gebiet mit dargebotsabhängigen Erzeugungseinheiten (Wind, Photovoltaik), steuerbaren Erzeugern und Verbrauchern (Blockheizkraftwerk, Batteriespeicher, Elektrofahrzeuge) und Verbrauchslasten von Industrieunternehmen werden Erzeugung und Verbrauch über ein virtuelles Kraftwerk effizient koordiniert. So entsteht ein Aggregator für Netzdienstleistungen, der EE die Bereitstellung von Systemdienstleistungen erleichtert und perspektivisch eine Vollversorgung ermöglicht. Das Projekt zeigt, dass eine dezentrale Versorgung von industriellen und gewerblichen Verbrauchern aus EE mit hoher Versorgungssicherheit in kleinem Maßstab möglich ist.

RegenerativKraftwerk 2050 – Wege zu einer 100-Prozent-Versorgung mit erneuerbaren Energien

Förderkennzeichen	0325248A; 0325248B; 0325248C; 0325248D
Laufzeit	01.10.2010 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.811.373 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); CUBE Engineering GmbH; SMA Solar Technology AG; Siemens AG

Ziel dieses Vorhabens ist der Nachweis, dass erneuerbare Energien (EE) alle notwendigen Systemdienstleistungen erbringen können, um Deutschland mit rein regenerativem Strom zu versorgen. Der zukünftige Systemdienstleistungsbedarf wird mit Hilfe eines 100-Prozent-EE-Stromversorgungsszenarios ermittelt, das die erneuerbare Stromerzeugung, den Stromverbrauch, die Energiespeicherung und die resultierenden Leistungsflüsse im Höchstspannungsnetz räumlich, zeitlich und technologiespezifisch genau abbildet. Zur Demonstration der Systemdienstleistungserbringung werden reale Windenergie-, Photovoltaik- und Biogasanlagen kommunikationstechnisch verknüpft und unter Verwendung innovativer Regelungskonzepte so eingesetzt, dass sie die Anforderungen für die Systemdienstleistungserbringung erfüllen.

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

Förderkennzeichen	0325284A; 0325284B
Laufzeit	01.04.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	448.971 Euro
Projektpartner	Hochschule Emden/Leer; Transfact GmbH

Im Rahmen des Forschungsvorhabens soll ein lokales beziehungsweise regionales und autarkes Energiesystem konzipiert und seine Funktionsfähigkeit mit der Implementierung in einem Unternehmen der

Maschinenbaubranche demonstriert werden. Das System betrachtet sowohl die Kraft-(Strom-) als auch die Wärmenutzung und -bereitstellung in den Bereichen der produzierenden Unternehmen (Fertigung) sowie des Gewerbes, Handels und der Dienstleistungen. Dies eröffnet den Regionen Oldenburger Land und Ostfriesland, die maßgeblich durch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) geprägt sind, einen innovativen Ansatz zur nachhaltigen und wirtschaftlichen Verwendung erneuerbarer Energieformen und trägt unmittelbar zu den klimapolitischen Zielen der Bundesregierung bei.

Entwicklung und Bereitstellung von Sekundärregelleistung durch intelligente Steuerung von ZuhauseKraftwerken

Förderkennzeichen	0325393
Laufzeit	01.10.2011 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	929.876 Euro
Projektpartner	LichtBlick SE

Die LichtBlick SE hat in den letzten Jahren das hochflexible Schwarm-Strom-Modell zur Steuerung und Vernetzung dezentraler Zuhause-Kraftwerke (Mini-Blockheizkraftwerke) entwickelt. Dieses Modell wird von LichtBlick ständig verfeinert. In Zukunft bietet LichtBlick Schwarm-Strom auch als Regelenergie an – und gleicht so nicht prognostizierbare, kurzfristige Abweichungen zwischen Erzeugung und Verbrauch aus. Regelenergie stabilisiert die Stromnetze: Man unterscheidet hier zwischen Primärenergie, Sekundärenergie und Minutenreserve. ZuhauseKraftwerke eignen sich aufgrund ihrer sehr schnellen Reaktionszeiten besonders für die Sekundärregelleistung und unterstützen so in starkem Maß die Integration fluktuierender und erneuerbarer Energien in das Stromnetz.

Verbundvorhaben: Gekoppelte Optimierung von Flexibilitäten in Energieerzeugung sowie Verbrauch unter Berücksichtigung der Auskopplung in andere Märkte (Wärme)

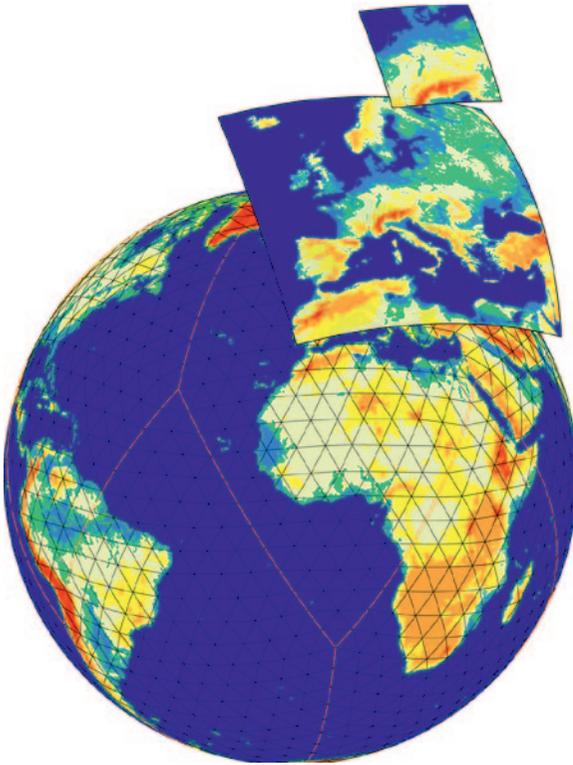
Förderkennzeichen	0325652A; 0325652C; 0325652B
Laufzeit	01.09.2013 – 31.08.2016
Zuwendungssumme	698.277 Euro
Projektpartner	energy & meteo systems GmbH; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI); MVV Energie AG – Liefer- und Portfoliomanagement

Bisher werden erneuerbare Energien nur auf einzelnen Märkten platziert: Beispiele sind die Direktvermarktung von Wind- und Solaranlagen, die ausschließlich auf dem Spot- und Intradaymarkt stattfindet, oder die Vermarktung von Blockheizkraftwerken auf dem Reservemarkt. Flexibilitäten werden hierbei nicht optimal genutzt. Die komplexe Aufgabenstellung der gekoppelten Optimierung verschiedener Anlagentechnologien auf verschiedenen Märkten besteht in der Vielfalt der Marktregeln. Im Projekt werden Geschäftsmodelle auf Basis betriebswirtschaftlicher und rechtlicher Rahmenbedingungen entwickelt.

Verbundvorhaben: In2VPP – Integration technisch und ökonomisch optimierter virtueller Kraftwerke

Förderkennzeichen	0325607A; 0325607C; 0325607B; 0325607D
Laufzeit	01.05.2013 – 30.04.2016
Zuwendungssumme	1.955.362 Euro
Projektpartner	Siemens AG; infra fürth gmbh; OFFIS e.V.; Technische Universität München

Das Verbundprojekt untersucht die Integration technisch und ökonomisch optimierter virtueller Kraftwerke (VKW) in das Energienetz. Unter Koordination der Siemens AG wird eine der systemtechnischen Kernfragen der Energiewende untersucht: Wie kann der sich abzeichnende ökonomische Betrieb erneuerbarer Energien in VKWs mit einem technisch nachhaltigen Betrieb der regionalen Netzinfrastruktur kombiniert werden? Das Projekt baut auf vorliegende Forschungsergebnisse der Projektpartner auf und fokussiert insbesondere auf den systemtechnischen Ansatz der Interaktion zwischen VKW und Netzbetrieb.



Vom großen Ganzen ins Detail: Modellgitter der Wettervorhersagemodelle des Deutschen Wetterdienstes GME, COSMO-EU und COSMO-DE.

2.4 Prognosen für Erzeugung und Verbrauch

Um den Netzbetrieb und den Energiehandel planen zu können, werden möglichst präzise Vorhersagen darüber benötigt, wann mit welcher Strom einspeisung zu rechnen ist. Hierfür muss unter anderem die lokale Auflösung der Prognosen verbessert werden, da lokale Wetterphänomene einen bedeutenden Einfluss auf die erzeugte Strommenge haben. Ziehen zum Beispiel vereinzelte Wolkenfelder über Photovoltaikanlagen, kann die Einspeisung lokal viel geringer ausfallen als die allgemeine Wetterlage vermuten lässt. Bisher wurden

Wetterprognosen eher für größere Gebiete wie komplette Regelzonen genutzt, damit Übertragungsnetzbetreiber Bilanzen über ihren jeweiligen Anteil erneuerbarer Energien ziehen konnten. Vorhersagefehler aufgrund lokaler Effekte glichen sich dabei zum großen Teil aus. Bei einem stetig steigenden Anteil erneuerbarer Energien bedarf es jedoch präziserer und regional höher aufgelöster Vorhersagen, um sie für den sicheren Netzbetrieb einzusetzen.

Zukünftig gewinnen auch Prognosen zum Stromverbrauch an Bedeutung, um zum Beispiel Kapazitäten für Maßnahmen des Lastmanagements abzuschätzen. Für eine stabile Netzfrequenz ist relevant, wie viel Strom in den Leitungen ist – durch eine hohe oder geringe Abnahme lässt sich diese Menge ebenso regulieren wie durch eine niedrige oder hohe Einspeisung. Verschiedene Projekte arbeiten deshalb an der Erstellung von innovativen Wetter- und Leistungsprognosemodellen für die Netzintegration wetterabhängiger Energieträger. Die Wetter- und Leistungsprognosen für Windenergie- und Photovoltaikanlagen sollen so verbessert und neue Prognoseprodukte vor allem für die Sicherheit des Übertragungsnetzes entwickelt werden.

Verbesserung der Netzintegration von Strom aus Photovoltaikanlagen durch optimierte Vorhersage und Echtzeithochrechnung der solaren Einspeisung

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

Der Ausbau der Photovoltaik erfordert möglichst genaue Leistungsprognosen und eine präzise Bestimmung der aktuellen Ist-Einspeisung. Vor allem die Übertragungsnetzbetreiber benötigen möglichst exakte Daten, um die Integration der Photovoltaik technisch und finanziell zu bewältigen. Die Schwerpunkte des Projektes konzentrieren sich auf die Optimierung der Leistungsprognose für die Zeitbereiche zwischen wenigen Stunden und zwei Tagen sowie die Verbesserung der Methode zur Online-Erfassung der Ist-Einspeisung durch Erhöhung der räumlichen Auflösung. Hierfür stellt SMA Solar Technology AG anonymisierte Messdaten von bundesweit über 24.000 Photovoltaikanlagen zur Verfügung. Darüber hinaus werden Wetter- und Satellitendaten für die Erfassung schwieriger Wettersituation miteinbezogen.

Verbundvorhaben: ORKA – Optimierung von Ensembleprognosen regenerativer Einspeisung für den Kurzzeitbereich am Anwendungsbeispiel der Netzsicherheitsrechnungen

Förderkennzeichen	0325499A; 0325499B
Laufzeit	01.08.2012 – 31.07.2015
Zuwendungssumme	772.413 Euro
Projektpartner	energy & meteo systems GmbH; Deutscher Wetterdienst (DWD)

Um die Stromnetze bei wetterabhängig einspeisenden Photovoltaik- und Windenergieanlagen vorausschauend und sicher betreiben zu können, haben präzise lokal aufgeschlüsselte Wettervorhersagen eine wichtige Bedeutung. Im Rahmen des Projektes sollen deshalb die Leistungsvorhersagen für lokale Netzknoten im Kurzzeitbereich verbessert

werden. energy & meteo systems GmbH arbeitet eng mit dem Deutschen Wetterdienst (DWD) und Verteil- und Übertragungsnetzbetreibern zusammen, um Änderungen in den Modellvorhersagen des lokalen DWD-Modells COSMO-DE direkt in Leistungsvorhersagen umwandeln und evaluieren zu können. Außerdem soll das Ensemble-Vorhersagesystem des DWD (COSMO-DE-EPS) weiterentwickelt und zur Abschätzung der Vorhersageunsicherheit in die Netzsicherheitsrechnung integriert werden.

Verbundvorhaben: EWeLiNE – Erstellung innovativer Wetter- und Leistungsprognosemodelle für die Netzintegration wetterabhängiger Energieträger

Förderkennzeichen	0325500A; 0325500B
Laufzeit	01.12.2012 – 30.11.2016
Zuwendungssumme	7.037.008 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Deutscher Wetterdienst (DWD)

Um die heutige Wind- und Photovoltaik(PV)-Stromprognose signifikant verbessern zu können, werden die bislang verfolgten Strategien im Leistungsprognosesektor nicht ausreichen. Eines der größten Optimierungspotenziale besteht in der Verzahnung von Meteorologie und Energiewirtschaft. Hierbei spielt neben der Entwicklung und Etablierung neuer Prognosewerkzeuge die Integration energiewirtschaftlicher Informationen in die Berechnungen der Wettermodelle eine besondere Rolle, unter anderem durch die Assimilation von Windleistungs- und PV-Messungen an die Wettermodelle des Deutschen Wetterdienstes und die Ensemblegenerierung und -kalibrierung bezüglich der Unsicherheiten in der Wind- und PV-Stromprognose.

3. Windenergie

Die Windenergienutzung an Land ist in Deutschland seit nunmehr über zwei Jahrzehnten etabliert und stellt die neben Wasserkraft kostengünstigste erneuerbare Form der Strombereitstellung dar. Sie liefert den größten Beitrag zur Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien. Das Potenzial der Windenergie ist aber noch lange nicht ausgeschöpft: Vor allem die verstärkte Nutzung des Windes auf dem Meer sowie die weitere Erschließung der Windenergienutzung an Land, insbesondere durch moderne, leistungsfähigere Anlagen, bieten interessante Perspektiven.

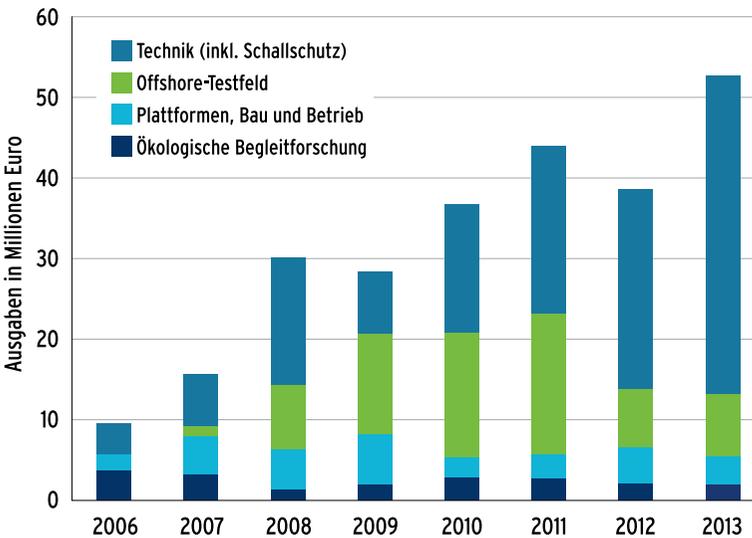
Zwar spielt die Offshore-Windenergie bezogen auf die bereitgestellte Strommenge derzeit noch keine marktrelevante Rolle, dennoch war sie in den vergangenen Jahren ein Schwerpunkt in der Forschungsförderung. Die Offshore-Windenergie ist für die Ausbauziele der Bundesregierung deshalb so wichtig, weil die gesteckten Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien ohne sie wahrscheinlich nicht erreicht werden können. Aufgrund der sehr viel stetigeren Windbedingungen als jener an Land wird auch eine Vergleichmäßigung der Einspeisung erwartet. Außerdem stehen geeignete Flächen in großem Umfang zur Verfügung.

Ein Untersuchungsaspekt der meisten laufenden Forschungsvorhaben ist es, einen Beitrag zur Kostensenkung zu liefern. Während Vorhaben zu kostengünstigen und schallarmen Gründungen allein der Offshore-Windenergie zuzurechnen sind, bieten so gut wie alle anderen Projekte durch die Übertragbarkeit der Ergebnisse auch für die Onshore-Windenergie einen Nutzen. So können die Verbesserungen der Zuverlässigkeit und die Erfahrungen mit Multimegawatt-Maschinen auch wichtige Impulse für den Onshore-Ausbau liefern, wie die zuletzt deutlich beschleunigte Erschließung von Schwachwindstandorten mit großen Rotorblattlängen, großen Nabenhöhen und auch größeren Nennleistungen gegenüber den letzten Jahren in Richtung von 3 Megawatt je Turbine.

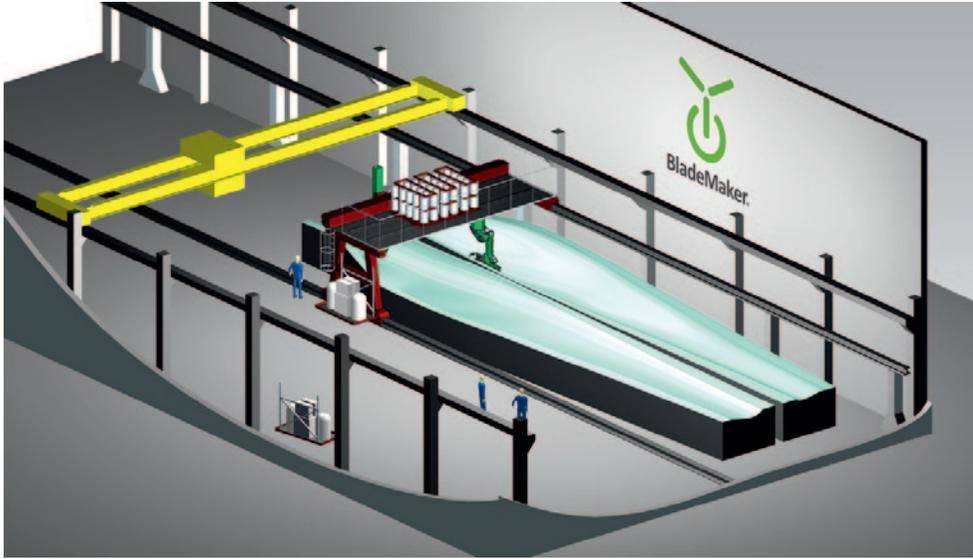
Für die wachsenden Blattlängen sind neben geeigneten Prüfständen auch Fertigungskonzepte gefragt, um die Kosten für die Blattherstellung senken und gleichzeitig die Fertigungsqualität erhöhen zu können.

Um die Entwicklung bestehender Turbinenkonzepte und neuer technischer Ansätze zu beschleunigen, werden aktuell neue Gondelprüfstände errichtet: in Aachen mit Mitteln des Landes Nordrhein-Westfalen und der Europäischen Union sowie in Bremerhaven mit Bundesmitteln. Es darf erwartet werden, dass mit Hilfe dieser leistungsfähigen Infrastruktur unter anderem wichtige Erkenntnisse zu bisher noch ungeklärten Schädigungsmechanismen geliefert werden können.

Insgesamt hat das BMU 2013 in diesem Bereich 46 Projekte mit einem Fördervolumen von rund 37,3 Millionen Euro neu bewilligt. Im Vergleich zum Vorjahr stellt dies einen deutlichen Rückgang des Neubewilligungsvolumens dar (2012: 93,2 Millionen Euro). Laufende Forschungsvorhaben wurden 2013 mit 52,6 Millionen Euro gefördert (2012: 38,5 Millionen Euro). Bei beiden Angaben muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Jahre 2011 und 2012 aufgrund eines Aufwuchses im Bundeshaushalt und erheblicher verfügbarer Mittel im Energie- und Klimafonds gesondert zu betrachten sind.



Verteilung der Fördermittel im Bereich Windenergie zwischen 2006 und 2013.



Modell des BladeMaker-Demonstrationszentrums: nationale und internationale Anlaufstelle für Forschung und Entwicklung in der Rotorblattfertigung.

3.1 Weiterentwicklung der Anlagentechnik

Um wettbewerbsfähig zu bleiben, muss die exportorientierte deutsche Windindustrie ihre Anlagen kontinuierlich weiterentwickeln. Die Preise für inländische Turbinen werden bereits von asiatischen Wettbewerbern unterboten, doch kompensieren die Logistikkosten diesen Vorteil zumindest teilweise. Die oft langjährige Erfahrung deutscher Hersteller ermöglicht darüber hinaus eine günstige Finanzierung der hohen Kosten eines Windparks. Der deutsche Technologievorsprung soll vor allem bei Rotorblättern und Antriebstechnik gehalten werden. Denn kostengünstige, leistungsfähige und wartungsarme Windenergieanlagen werden benötigt, um die Energiewende wie geplant umzusetzen. Dabei nehmen Zuverlässigkeit und lange Lebensdauer gegenüber hohen Anlagenleistungen einen immer höheren Stellenwert ein. Für den Verkauf zählen sowohl die preiswert erzeugte Kilowattstunde wie auch die technische Qualität.

Die Forschungsförderung von BMU/BMWi beinhaltet Projekte zur reinen Anlagentechnik sowie zum Produktionsprozess, zur Errichtung und zum Betrieb. Insbesondere für Offshore-Windenergieanlagen im Multimegawatt-Bereich ist ein zuverlässiges Anlagenverhalten von großer Bedeutung, da jeder Reparatur- und Wartungseinsatz hohe Kosten verursacht und hohe Einbußen bedeutet.

Um die Infrastruktur an geeigneten Testeinrichtungen zu unterstützen, fördert das BMU/BMWi insgesamt drei Großteststände für folgende Hauptbestandteile von Windenergieanlagen: Tragstrukturen, Gondeln und Rotorblätter. Die Teststände sollen dazu beitragen, leistungsfähige und zuverlässige Windenergieanlagen möglichst schnell zu entwickeln und somit den technologischen Vorsprung der Industrie zu halten beziehungsweise auszubauen. Die Thematiken zur Anlagentechnik sind breit angelegt, wie die verschiedenen, im Folgenden aufgelisteten Projekte zeigen.

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

Förderkennzeichen	0325131A
Laufzeit	01.10.2011 – 31.08.2014
Zuwendungssumme	3.620.748 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Im Projekt OneWind Phase 2 werden Modelle und Software zur ganzheitlichen Simulation von Windparks, Windenergieanlagen und ihren Komponenten entwickelt. Die Software dient der effizienteren Entwicklung von Windenergieanlagen im Onshore- und Offshore-Bereich. Insgesamt soll in der frühen Entwicklungsphase ein durchgängiger, schneller und qualitativ hochwertiger Prozess ermöglicht werden, der bis zur Zertifizierung reicht. Das Projekt schließt an das Projekt OneWind Phase 1 an.

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

Förderkennzeichen	0325169
Laufzeit	01.09.2009 – 31.07.2013
Zuwendungssumme	2.211.813 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Rotorblätter von Windenergieanlagen werden während Ermüdungsversuchen standardmäßig in ihren zwei Hauptrichtungen geprüft. Diese Prüfungen erfolgen nacheinander, sodass sie insgesamt sehr zeitintensiv sind. Die geplanten Forschungsarbeiten richten sich auf die Entwicklung einer alternativen Prüfmethodik auf Basis einer biaxialen dynamischen Anregung, um einerseits die Prüfzeit zu verkürzen und andererseits die Betriebslasten realistischer abzubilden. Zur Überwachung des Rotorblattes während der Prüfung sowie zur näheren Untersuchung in den Belastungspausen sollen zerstörungsfreie Prüfmethoden weiterentwickelt und angewendet werden. Die Ergebnisse sollen den Herstellern von Rotorblättern helfen, Schwachstellen in der Entwicklung und Produktion zu entdecken und ihre Blätter zu optimieren.

Weiterentwicklung eines Kugelanemometers für die Verwendung in der Windenergie

Förderkennzeichen	0325207
Laufzeit	01.09.2010 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	288.763 Euro
Projektpartner	Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines robusten und präzisen Sensors für die simultane Erfassung von Windgeschwindigkeit und -richtung mit einer hohen zeitlichen Auflösung (größer als 30 Hertz). Ein Schwerpunkt liegt auf der Optimierung des Prototyps für den Einsatz unter schwierigen Witterungsbedingungen, wie sie in der Offshore-

Windenergie auftreten. Die Prototypen wurden gemeinsam mit zwei Standardsensoren auf einer Nearshore-Windenergieanlage des Projektpartners BARD Service GmbH und auf einer Nearshore-Plattform der Universität Oldenburg installiert. Die Erkenntnisse sollen am Projektende zu einer Bewertung hinsichtlich seiner Einsetzbarkeit führen und in die Weiterentwicklung des Kugelanemometers einfließen.

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

Förderkennzeichen	0325216A; 0325216B
Laufzeit	01.11.2010 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	1.529.909 Euro
Projektpartner	Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; Universität Stuttgart

Die optische Fernerkundungstechnologie Light Detection and Ranging (LiDAR) ermöglicht die Messung von Windgeschwindigkeiten auf mehrere 100 Meter Entfernung. Im Bereich der Windenergie existiert ein enormes Anwendungspotenzial für die LiDAR-Technik, insbesondere beim Einsatz auf der Gondel von Windenergieanlagen. Das Projekt LIDAR II entwickelt Technologiebausteine der 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, Böen-kompensation und Ertragsmaximierung entwickelt.

Parallelrechner-Cluster für CFD- und WEA-Modellierung

Förderkennzeichen	0325220
Laufzeit	01.07.2010 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	2.991.428 Euro
Projektpartner	Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Der Einsatz numerischer Strömungssimulationen gewinnt immer größere Bedeutung für die aerodynamische Entwicklung in der Windenergie und von den Entwicklungsarbeiten wird ein hohes Potenzial für Kostensenkungen und Effizienzsteigerungen erwartet. Das Bundesumweltministerium fördert die Windenergieforschung an der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg mit einem Großrechner, der speziell für Berechnungen dieser Art ausgelegt ist. Haupteinsatzgebiet sind die detaillierte Berechnung des Nachlaufs und die Auswirkungen turbulenter Anströmung von Windenergieanlagen. Das Projekt leistet einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung der Technik im Bereich der numerischen Strömungssimulation für Windenergieanlagen.

Neuentwicklung einer Windkraftanlage der 3-MW-Klasse 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 Euro
Projektpartner	W2E Wind to Energy GmbH; Universität Rostock

Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer Windenergieanlage der 3-Megawatt-Klasse. Die Anlage reduziert die Gondelmasse auf ein der 2,5-Megawatt-Anlage vergleichbares Niveau. Dies wird durch die Verwendung neuer Konzepte wie dem patentierten Kompakttriebstrang von W2E (Wind-to-Energy), die Optimierung der Lastenrechnung und der mechanischen Simulation auf Grundlage von universellen Mehrkörperprogrammssystemen (Zusammenarbeit mit dem Verbundpartner Universität Rostock, Lehrstuhl für Technische Mechanik/Dynamik),

die Konstruktion von topologieoptimierten Komponenten und eine verbesserte, lastoptimierte Regelungstechnik erreicht. Zusätzlich zu den strukturellen Optimierungen werden erstmals auch ein neu entwickelter, mittelschnell laufender, permanent erregter Synchron-generator sowie ein 120-Meter-Rotor verwendet.

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

Förderkennzeichen	0325239A; 0325239B; 0325239C
Laufzeit	01.09.2010 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.909.744 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF); I-Deal Technologies GmbH; Robert Bosch GmbH

Die Ziele des Vorhabens Lunkerfest sind: Objektivierung und Erhöhung der Vergleichbarkeit von Prüfergebnissen aus Ultraschalluntersuchungen; Prozess zur eigenschaftsbezogenen, zerstörungsfreien Prüfung, der für die 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 bei Originalgeräteherstellern (OEM) und Gießereien. Hochfeste Eisengusswerkstoffe werden einer Schwingfestigkeitsbewertung zugeführt.

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

Förderkennzeichen	0325244A; 0325244B; 0325244C
Laufzeit	01.07.2011 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	1.361.361 Euro
Projektpartner	Siemens MD (Winergy); Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Technische Universität München

Der Antriebstrang von Windkraftanlagen ist ein zentrales Element im Bereich der Turbinenentwicklung. Die Entwicklungsschwerpunkte fokussieren auf die Gewichtreduzierung bei Steigerung der Leistungsdichte und der Zuverlässigkeit. Im betriebsfesten Leichtbau kostenoptimierter Serienwindgetriebe liegt der Schlüssel zur zukunfts-trächtigen Windenergie. Die Siemens Mechanical Drives entwickelt zusammen mit Winergy AG, der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule (RWTH) Aachen und der Forschungsstelle für Zahnräder und Getriebebau (FZG) der Technischen Universität München die Grundlagen für ein so optimiertes Getriebe. Die Entwickler planen durch die zertifizierte Verwendung von Sonderverzahnungen und den Einsatz modernster Fügeverfahren diesem Ziel einen entscheidenden Schritt näher zu kommen.

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

Förderkennzeichen	0325274
Laufzeit	01.04.2011 – 30.09.2013
Zuwendungssumme	547.325 Euro
Projektpartner	TEMBRA GmbH & Co. KG

Dynamische Kräfte stellen eine große Dauerbelastung für das Rotorblatt dar. Um diese Belastungen zu reduzieren, wird der Einsatz einer formflexiblen Hinterkante (Flexible Flap) untersucht, mit der die aerodynamischen Kräfte effektiv geregelt werden können. Die für die

Struktur schädlichen Ermüdungsbelastungen werden reduziert und die Rotorblätter können mit weniger Materialeinsatz gefertigt werden. Auch die Kräfte, die auf andere Strukturen wie Gondel und Turm wirken, sinken. Wird die Hinterkante zur (unterstützenden) Leistungsregelung der Anlage genutzt, wird das anfällige Pitchsystem entlastet. Eine intelligente Rotorblattintegration der flexiblen Hinterkante ist darüber hinaus ein notwendiger Schritt auf dem Weg zum Gesamtziel einer kostengünstigeren Turbine.

Entwicklung eines Windkrafthochfundamentes – Optimierung von konventionellen Windkraftfundamenten/-türmen im Bezug auf Flexibilität, Transport, Höhe, Aussteifung und Kosten

Förderkennzeichen	0325278
Laufzeit	01.11.2011 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	248.833 Euro
Projektpartner	FITT-Institut für Technologietransfer an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes gGmbH

Übliche Windkraftanlagen(WKA)-Türme leiten ihre Kräfte mit Hilfe massiger Tellerfundamente in den Boden. Das zu erforschende WKA-Hochfundamentkonzept geht einen anderen Weg: In einem Fundamentring werden V-förmig angeordnete Stützen als Fertigteile eingebunden, die in einen Fertigteilring münden, der in etwa 25 Meter Höhe angebracht ist und die Standardturmkonstruktion aufnimmt. Stützen und Ringsegmente sind in Bezug auf ihr Gewicht und ihre Abmessungen leicht zu transportieren. Das Fundierungssystem soll zunächst im Onshore-Bereich Verwendung finden, eine Ausweitung auf den Offshore-Bereich ist jedoch angedacht.

Aeroelastische Analyse von Groß-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325282
Laufzeit	01.05.2011 – 30.04.2014
Zuwendungssumme	427.808 Euro
Projektpartner	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Die zeitlich veränderlichen Windlasten am Rotor einer Windenergieanlage können zu Schäden im Antriebsstrang führen. Darum soll untersucht werden, inwieweit aktive aerodynamische Maßnahmen, etwa Klappen am Rotor, diese Belastungen reduzieren können. Um ihre Wirksamkeit nachzuweisen, fehlen allerdings geeignete Berechnungsmethoden. Am Lehrstuhl für computergestützte Analyse technischer Systeme (CATS) der RWTH Aachen entwickelte aeroelastische Simulationen mit numerischen Strömungslösern (CFD) werden für die beschriebene Fragestellung adaptiert. Anschließend werden die abgeleiteten, reduzierten Modelle am IME in das detaillierte Mehrkörper-simulationsmodell einer Windenergieanlage integriert. So kann die Wirksamkeit nachgewiesen und die zugehörige Regelungsstrategie entwickelt werden.

Entwicklung von Verfahren zur lasergestützten Erfassung des Schwingungsverhaltens von Windkraftanlagen

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

Gegenstand des Vorhabens ist die Erfassung von Schwingungen an Windenergieanlagen mittels Laserabtastung aus größerer Entfernung. Hierzu werden Verfahren entwickelt, die eine zuverlässige Schwingungserfassung an Turm, Gondel und Rotorblatt im laufenden Betrieb der Anlage erlauben. Entwicklungsschwerpunkte sind die kamerabasierte Nachführung des Laserstrahls auf der Oberfläche sich bewegender

Anlagenkomponenten, insbesondere des drehenden Rotorblattes, sowie die gleichzeitige Abtastung mehrerer Messpunkte im Hinblick auf die Identifikation von Schwingungsformen und die Untersuchung der Schwingungsausbreitung. Anwendungen sind unter anderem die Validierung von Simulationsmodellen, die Schwingungsüberwachung hochbelasteter Komponenten sowie Untersuchungen zur Schallemission von Anlagen.

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

Förderkennzeichen	0325297A; 0325297B
Laufzeit	01.05.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	918.806 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt GmbH

Die Windenergie ist eine der vielversprechenden Technologien im Bereich der erneuerbaren Energien. Die Auswirkungen von Meereis auf Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) werden jedoch infolge geringer Erfahrungen und hoher Komplexität sehr häufig unterschätzt. Nicht nur im nördlichen Bereich der Ostsee, auch vor der deutschen Küste tritt der Eiswintertyp „sehr stark“ durchschnittlich alle zehn Jahre auf. Dabei kann es zu Eisdicken von bis zu 50 Zentimetern und die Bildung von Presseisrücken und übereinander geschobenem Eis mit Dicken von bis zu 100 Zentimetern kommen. Gesamtziel des Forschungsvorhabens ist es, neue Methoden zur Erstellung ganzheitlicher numerischer und experimenteller Modelle zu entwickeln und zu verifizieren, die die Eisstrukturinteraktion an OWEA realistisch abbilden.

Verbundprojekt: Blade Tester

Förderkennzeichen	0325298A; 0325298B; 0325298D
Laufzeit	01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	2.670.122 Euro
Projektpartner	Technische Universität Berlin; Steinbichler Optotechnik GmbH; Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird ein automatisiertes Verfahren für kostengünstige und serienmäßige Integritätsprüfungen von Rotorblättern ausgangs der Produktion entwickelt. Es handelt sich dabei um die systematische Erfassung von Fertigungsfehlern sowie ihre Lokalisierung und Auswertung hinsichtlich der Auswirkungen auf die Integrität des Rotorblattes im Betrieb. Intelligente zerstörungsfreie Prüfverfahren (i-ZfP) werden entwickelt und getestet, die die Unregelmäßigkeiten in der äußeren Geometrie, dem inneren Aufbau und den Verklebungen erfassen und diese in ein einheitliches, dreidimensionales Rotorblattmodell integrieren. Als Testkörper werden spezielle Rotorblätter mit eingebauten definierten Fertigungsfehlern hergestellt und zur Erprobung eingesetzt.

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

Förderkennzeichen	0325304
Laufzeit	01.08.2011 – 31.07.2014
Zuwendungssumme	484.439 Euro
Projektpartner	Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

TUFFO untersucht den Einfluss der atmosphärischen Feuchte und der turbulenten Feuchteflüsse auf die statische Stabilität in der Luftschicht über dem Meer. Es wird eine Labilisierung der marinen atmosphärischen Grenzschicht vermutet, die zu einer Erhöhung der Turbulenzintensität in dieser Luftschicht und zu einer Beeinflussung der vertikalen Windprofile führt. Beide Größen wiederum haben Einfluss auf den Ertrag

und die Ermüdung von Offshore-Windturbinen sowie auf die Stärke und Länge des Nachlaufs hinter einzelnen Windturbinen und ganzen Windparks. Die korrekte Beschreibung der Turbulenzintensität ist zudem eine wesentliche Voraussetzung zur Formulierung und Anwendung numerischer mesoskaliger Modelle zur Vorhersage des Windfeldes.

MOEWE – Multimegawatt aus Offshore-Windenergie

Förderkennzeichen	0325306A; 0325306B; 0325306C; 0325306D; 0325306E
Laufzeit	01.08.2011 – 31.07.2014
Zuwendungssumme	2.065.646 Euro
Projektpartner	Schaeffler Technologies AG & Co. KG; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; Technische Universität Dortmund; Senvion SE; Eickhoff Antriebstechnik GmbH

Erneuerbare Energien stehen im Fokus der Energiewende, bei der Windenergieanlagen eine zentrale Rolle spielen. Dabei handelt es sich um komplexe Materialsysteme, die eine hohe Standzeit erfordern. Das Projekt MOEWE verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz, bei dem Felderfahrungen und Antriebsstrangsimulationen in neue Materialkonzepte (Lehrstuhl Allgemeine Werkstoffeigenschaften, WW1) mit dem Ziel einer robusten, dauerfesten Auslegung überführt werden. Die Entwicklung neuer Materialkonzepte wird mit der Entwicklung neuer Condition-Monitoring-Systeme (TU Dortmund – Fachgebiet Werkstoffprüftechnik, WPT) gekoppelt.

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

Förderkennzeichen	0325332
Laufzeit	01.05.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	16.979.000 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Das Prüfen im Entwicklungsprozess auf unterschiedlichen Systemebenen dient der Absicherung der Konstruktion und somit einem zuverlässigen Produkt. Trotz großer Investitionen und der Forderung nach einer hohen Anlagenverfügbarkeit von Windenergieanlagen (WEA) gibt es derzeit nur unzureichende Möglichkeiten, den Antriebsstrang einer WEA im System zu prüfen. Im Rahmen des Forschungsvorhabens DyNaLab (Dynamic Nacelle Test Laboratory) entsteht ein großtechnischer Prüfstand für komplette WEA-Gondeln. Mit dem DyNaLab wird 2014 in Deutschland erstmals ein solches realitätsnahes Testumfeld im Multimegawattbereich allen Anlagenherstellern zugänglich sein und aussagefähige Labortests zur Beurteilung und Optimierung von bestehenden und zukünftigen Anlagenkonzepten ermöglichen.

ADVOCAT – Advanced Composite Repair Tooling for Wind Turbine Blade Maintenance

Förderkennzeichen	0325370
Laufzeit	01.11.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	465.946 Euro
Projektpartner	Laser Zentrum Hannover e.V.

Die Windenergie ist ein wachsendes Segment innerhalb des Marktes für erneuerbare Energien (EE). Zur Effizienzsteigerung werden die Windkraftanlagen (vor allem die Rotoren) immer größer und für ihren Bau werden zunehmend Leichtbauwerkstoffe wie faserverstärkte Kunststoffe verwendet. Da die Anlagen im Betrieb hauptsächlich durch Umwelteinflüsse wie Witterung und Vogelschlag abnutzen, rücken die Reparaturen der kostenintensiven, faserverstärkten Rotoren immer

stärker ins Blickfeld der Betreiberfirmen. Eine mögliche Lösung ist die laserbasierte Reparaturvorbereitung: Das berührungslose Verfahren lässt sich weitgehend automatisieren und reduziert den Bedarf an hochqualifiziertem Personal sowie den Werkzeugverschleiß, der beim Bearbeiten von Faserverbundwerkstoffen auftritt.

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

Förderkennzeichen	0325387
Laufzeit	01.10.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	838.969 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

In dem Projekt Offshore-Messboje soll ein innovatives Messsystem zur Bestimmung von Umweltbedingungen (primär Winddaten) für Offshore-Windparks entwickelt sowie ein Prototyp realisiert werden. Die Messboje stellt im Vergleich zu Windmessmasten – als aktueller Stand der Technik für Windmessungen an Land – eine für die Offshore-Anwendung erheblich flexiblere und vor allem kostengünstigere Lösung dar. Kern und wesentliche Innovation des Systems ist die Verwendung der Light-Detection-and-Ranging(LiDAR)-Messtechnik und deren Integration in eine Boje. Diese soll sowohl für Langzeitmessungen bei Offshore-Standortbewertungen sowie für die Bewertung der eingespeisten Windleistung verwendet werden, aber auch für kürzere Messungen, die die Leistungskurven von einzelnen Windenergieanlagen oder ganzen Windparks überprüfen sollen.

Erweiterung und Erprobung eines Schadensfrüherkennungs- und Eisdetektionssystems für Rotorblätter von Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325388
Laufzeit	01.12.2011 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	634.117 Euro
Projektpartner	Leibniz Universität Hannover

Rotorblätter sind dynamisch stark beanspruchte Strukturen: In hochbelasteten Bereichen können Ermüdungsschäden im laufenden Betrieb der Windenergieanlage (WEA) auftreten. Außerdem können sich Fertigungsungenauigkeiten auf das Tragverhalten der Rotorblätter auswirken und somit den Betrieb der Anlage stören. Da Inspektionen und Reparaturen bei Offshore-WEA besonders aufwendig sind, spielt die Zuverlässigkeit der einzelnen Komponenten dort eine entscheidende Rolle. Wegen der erforderlichen Abschaltung der Anlage während der Wartung kommt es zu erheblichen Effizienzverlusten. Sensoren und Systeme zur Schadensfrüherkennung und zur Ermittlung der Beanspruchungsverhältnisse sind unabdingbare Voraussetzungen für einen Wettbewerbsvorsprung.

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

Förderkennzeichen	0325391
Laufzeit	01.09.2011 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	1.861.450 Euro
Projektpartner	Senvion SE

Im Rahmen dieses Projektes soll ein multifunktionales Naben-Controller-System (Triple-I Blade Control) für die speziellen Anforderungen von Multimegawatt-Windenergieanlagen entwickelt, in einer Echtzeitsimulation validiert und im industriellen Maßstab demonstriert werden. Es wird angestrebt, für diese geschlossene Lösung sämtliche Einzelfunktionen firmenintern weiter- oder neu zu entwickeln und

dadurch höchste Zuverlässigkeit bei hoher Verarbeitungsgeschwindigkeit zu gewährleisten. Es wird ermöglicht, sowohl Wechselwirkungen zwischen einzelnen Funktionalitäten zu berücksichtigen und aufeinander abzustimmen als auch das übergeordnete Steuerungs- und Sicherheitskonzept anwendungsorientiert anzupassen.

Verbundvorhaben: IR-Vortex – Infrarotthermographie als Messtechnik zur Visualisierung von Vortex-Strukturen auf rotierenden Rotorblättern

Förderkennzeichen	0325401A; 0325401B
Laufzeit	01.11.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	673.619 Euro
Projektpartner	Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; Fraunhofer-Institut für Holzforschung

Mit wachsender Zahl von Windenergieanlagen (WEA), besonders in Offshore-Windparks, steigt auch der Bedarf an neuen Diagnoseverfahren. Im Verbundprojekt IR-Vortex wird daher die Methode der Thermographie entwickelt, um den Zustand laufender WEA über Wärmebildaufnahmen zu ermitteln. Neben Aufnahmen an realen WEA durch das Fraunhofer Wilhelm-Klauditz-Institut werden im Windkanal der Universität Oldenburg realistische Rotorumströmungen nachgestellt und mittels Thermographie und optischer Messtechnik analysiert, um einen Zusammenhang zwischen Wärmebildstrukturen, Strömungs- und Schadensdetails herzustellen. Computational-Fluid-Dynamics(CFD)-Simulationen ergänzen die Analysen. Die Projektpartner – das Sachverständigenbüro O. Lutz, der WEA-Hersteller Kenersys und der Betreiber Renerco – sorgen für die Umsetzung in die Praxis.

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

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

Das Testfeld bietet exzellente Bedingungen, um die ersten Multibrid-M5000-Windenergieanlagen zu überwachen. Das Forschungsvorhaben AREVA Wind 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 Forschungsprojektes unter Offshore-Bedingungen getestet werden.

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 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	740.715 Euro
Projektpartner	Universität Bremen; SAERTEX GmbH & Co. KG

Das Verbundprojekt mapretec hat sich zum Ziel gesetzt, eine automatisierte Prozesskette zur Fertigung von Rotorblättern zu entwickeln und aufzubauen. Mittels dieser Prozesse und Verfahren soll es zukünftig möglich sein, die Fertigungszeit eines Rotorblattes durch das Einbringen von Preforms deutlich zu verringern und zugleich die steigenden Qualitätsanforderungen zu erfüllen. Preforms sind mit Bindertechnik aufgebaute Textilpakete, die anschließend mit Matrixharz injiziert

werden. Durch die Kombination von Automatisierung, Preforming-Technik und Harzinjektionsverfahren werden die kritischen Formbelegungszeiten deutlich reduziert. Unterstützt wird das Projekt von der AREVA Blades GmbH, einem Rotorblatthersteller und Tochter des Energiekonzerns AREVA.

DyLaR – Dynamische Lastmessung an Rotorblättern mittels faseroptischer Messtechnik

Förderkennzeichen	0325362A; 0325362B
Laufzeit	01.09.2012 – 31.08.2015
Zuwendungssumme	449.899 Euro
Projektpartner	Technische Universität München; fos4X GmbH

Der Wind, der auf die Rotorfläche einer Windenergieanlage trifft, ist in der Regel sehr ungleich verteilt und verursacht so unerwünschten Verschleiß und Ineffizienzen in der Energieumwandlung. Lastminimierende Regelstrategien gelten als wichtiger Hebel, die Stromgestehungskosten zu senken. Dafür sind Messungen der Biegemomente an den Rotorblättern notwendig. Die herkömmlichen elektrischen Dehnungsmessstreifen sind für die vielen Lastwechsel, denen Rotorblätter fortdauernd ausgesetzt sind, jedoch nicht geeignet. Zudem fallen sie, wegen ihrer Empfindlichkeit gegenüber elektromagnetischen Feldern, bei Gewitter aus. Faseroptische Sensoren sind den Anforderungen der Anwendung dahingegen gewachsen. Im Vorhaben wird die Zuverlässigkeit dieser jungen Technologie systematisch analysiert und verbessert.

Verbundvorhaben: OPTOWIND – Optisch versorgte Sensornetzwerke für die Windkraftenergie

Förderkennzeichen	0325400A; 0325400B; 0325400C
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	1.023.008 Euro
Projektpartner	Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Bosch Rexroth Monitoring Systems GmbH

Um einen wirtschaftlichen Betrieb von Windenergieanlagen zu gewährleisten, werden zu ihrer Fernüberwachung Online-Systeme über Computer oder mobile Systeme eingesetzt. Sie dienen der Früherkennung von Fehlern und Schäden und erlauben den Betrieb der Anlagen im jeweils idealen Arbeitspunkt. Aufgrund ihrer exponierten Lage sind Fernüberwachungssysteme jedoch häufig elektromagnetischen Einflüssen, insbesondere Blitzeinschlägen, ausgesetzt. Diese können in elektrischen Verbindungen hohe Spannungen induzieren und somit beträchtliche Schäden anrichten. Der Schwerpunkt des vom Bundesumweltministerium geförderten Forschungsprojektes OPTOWIND liegt auf der Entwicklung eines blitzsicheren Sensorkonzeptes, basiert auf optischer Energieversorgung, zur technischen Zustandsüberwachung von Windkraftanlagen im Offshore-Bereich.

Verbundvorhaben: BladeMaker

Förderkennzeichen	0325435A; 0325435D; 0325435E; 0325435F; 0325435G; 0325435J; 0325435C; 0325435I; 0325435H
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2017
Zuwendungssumme	8.380.569 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Momentive Specialty Chemicals Stuttgart GmbH; Universität Bremen; fibretech composites GmbH; Siemens Aktiengesellschaft; 2-Komponenten- Maschinenbau GmbH; BASF Polyurethanes GmbH; J. Schmalz GmbH; P-D Glasseiden GmbH Oschatz

Rotorblätter machen gut ein Viertel der Gesamtkosten einer Windenergieanlage aus, was vor allem auf den hohen Anteil an Handarbeit und Materialkosten zurückzuführen ist. Durch die Umstellung von Kleinserienfertigung auf großindustrielle Produktion könnte eine erhebliche Kostensenkung erzielt werden. Im Verbundprojekt mit insgesamt 16 Partnern, koordiniert vom Fraunhofer IWES, steht deshalb die gesamte Fertigungskette im Fokus. Ziel des Projektes ist es, die Produktionskosten um mehr als 10 Prozent zu senken und das BladeMaker-Demozentrum zur internationalen Anlaufstelle für die Entwicklungen in der Rotorblattfertigung auszubauen. Um dieses Ziel zu erreichen, werden das Rotorblattdesign, die Werkstoffe und die Fertigungsverfahren betrachtet.

OpTiWi – Verbundvorhaben: Optimierung von Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325462A; 0325462B; 0325462C; 0325462D
Laufzeit	01.04.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	3.661.466 Euro
Projektpartner	SkyWind GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR); Technische Universität München; Universität Stuttgart

Im Rahmen des Verbundprojektes werden aus Betreibersicht Konzepte für Windenergieanlagen (WEA) mit dem Ziel entwickelt, die Kosten der Windenergienutzung weiter zu reduzieren. Die Teilprojekte fokussieren auf die Optimierung der WEA hinsichtlich eines lastarmen Betriebes (LARS) und die Reduktion der Kosten für Montage, Errichtung und Wartung (KALOS). Die Teilprojekte sind an den Bau und die Nutzung eines Technologieträgers (3-Megawatt-WEA) angeschlossen, an dem die Konzepte exemplarisch getestet werden (WETEC). Der Technologieträger bietet über die Nutzung im Vorhaben hinaus weitere Nutzungsmöglichkeiten für die Zulieferindustrie. Erstmals können so verschiedene Hersteller ihre Komponenten im Betrieb einer realen WEA testen beziehungsweise demonstrieren.

ActiQuiet – Optimierung aktiver Maßnahmen zur Reduktion des Hinterkantenlärms von Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325484
Laufzeit	01.09.2012 – 31.08.2015
Zuwendungssumme	379.089 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart

In diesem Projekt wird die Lärmreduktion von Windenergieanlagen mit Hilfe aktiver Strömungsbeeinflussung untersucht. Dies beinhaltet zunächst die spezifische Weiterentwicklung des numerischen Verfahrens zur CFD(Computational Fluid Dynamics)-basierten Vorhersage der Lärmemission von Windrotoren mit flächiger Absaugung sowie

die Erweiterung der Versuchsanlagen. Anschließend wird eine Absaugkonfiguration für ein Profil unter Berücksichtigung aller bei der Absaugung auftretenden Verluste mit dem Ziel maximaler Lärmreduktion bei minimalem Leistungsbedarf optimiert. Die Erkenntnisse fließen in die Auslegung eines effizienten Absaugsystems für einen kompletten Rotor unter Berücksichtigung dreidimensionaler Effekte ein.

Verbundvorhaben: BeBen XXL – Beschleunigter experimenteller Betriebsfestigkeitsnachweis von WEA-Großkomponenten am Beispiel der Hauptwelle

Förderkennzeichen	0325488A; 0325488B; 0325488C
Laufzeit	01.10.2012 – 31.03.2017
Zuwendungssumme	3.935.276 Euro
Projektpartner	Suzlon Energy GmbH; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Hauptziele des Projektes BeBen XXL sind, neben der Senkung des Materialeinsatzes bei der Herstellung von Großkomponenten für Windenergieanlagen bei gleichbleibender Betriebssicherheit, die Weiterentwicklung und Optimierung der anerkannten Berechnungsmethoden für Großkomponenten in Kooperation mit dem Germanischen Lloyd sowie Verbesserungsvorschläge für relevante Richtlinien. Hierfür soll ein Prüfstand, an dem komplette Hauptwellen getestet werden können, entwickelt und aufgebaut sowie eine Prüfsystematik, die beschleunigte Lebensdauertests (Abbildung von zwanzig Jahren Betriebszeit auf sechs Monaten Testzeit) ermöglicht, entwickelt werden.

Verbundprojekt: EVeQT – Erhöhung der Verfügbarkeit und Qualitäts-optimierung von Triebstrangkomponenten und Verzahnungen für Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325490A; 0325490B; 0325490C
Laufzeit	01.09.2012 – 31.08.2015
Zuwendungssumme	2.320.413 Euro
Projektpartner	Universität Bremen; Hexagon Metrology GmbH; Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Ziel ist es, erstmals und nachhaltig zuverlässige Messungen von Großverzahnungen für Windenergieanlagen, sowohl in der Fertigung als auch im späteren Betrieb, sicherzustellen. Auf diese Weise soll die Erhöhung der Verfügbarkeit und die Senkung der spezifischen Kosten ermöglicht werden. Die zuverlässige prozessnahe Messung in der Fertigung von Großverzahnungen kann nur durch die Rückführung der Messergebnisse auf die Einheiten des Internationalen Einheitensystems (SI) erfolgen. Mit ihnen sollen, analog zu den hoch entwickelten Getrieben der Automobilindustrie, technische und wirtschaftliche Innovationspotenziale erschlossen werden. Zunächst ist für die prozessnahe Verzahnungsmessung die Entwicklung großer Verzahnungsnormale vorgesehen, für die spätere Kalibrierung von Großverzahnungen.

DegradO – Degradation von Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325516
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	2.408.586 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Ziel des Projektes ist es, neue Prüfmethode zur Simulation der Degradationsprozesse von Offshore-Windenergieanlage(WEA)-Komponenten zu entwickeln und eine Test- und Analyse-Infrastruktur mit Fokus auf beschleunigte Alterungsverfahren zur Abbildung von realen Umweltbeanspruchungen aufzubauen. Mittels der Projektergebnisse sollen Datenbanken für Materialien, Bauteile oder WEA-Komponenten

entstehen, die der Zuverlässigkeitsbetrachtung und Risikoanalyse dienen. Verschleißbedingte Zustandsänderungen im Antriebsstrang lassen sich im Betriebszustand über Ölanalysen verfolgen, sodass der Online-Überwachung des Getriebeöls künftig eine große Bedeutung zukommen wird. Innerhalb des Projektes soll ein Prüfstand aufgebaut werden, der die Qualifizierung zuverlässiger Ölsensorik unterstützt.

Smart Blades – Entwicklung und Konstruktion intelligenter Rotorblätter

Förderkennzeichen	0325601A; 0325601B; 0325601C; 0325601D
Laufzeit	01.12.2012 – 29.02.2016
Zuwendungssumme	12.014.860 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Leibniz Universität Hannover; Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

Im Rahmen des Projektes sollen Technologien für intelligente Rotorblätter (bis zur Bereitstellung fertiger Konstruktionsunterlagen) entwickelt werden. Den zwei grundlegenden Smart-Blade-Konzepten folgend, sollen passive und aktive intelligente Blätter untersucht und Einzelkomponenten zunächst in Modellform detailliert und zum Teil im Windkanal getestet werden. Zentrales Ziel ist der Nachweis der Machbarkeit und Effizienz von Smart-Blade-Methoden. Auch numerische Methoden und Werkzeuge, die die Entwicklung smarterer Technologien und ihre Einbindung in Rotorblätter ermöglichen, sollen (größtenteils durch den Transfer von Know-how aus der Luftfahrt- in die Windenergieforschung) erprobt werden. Beteiligte Fachrichtungen sind Aerodynamik, Strukturanalyse, Aeroelastik, Gesamtanlagensimulation, Regelungstechnik, Adaptronik, Fertigungs- und Produktionsverfahren.

Verbundvorhaben: DiWaGussGJS-A – Numerische und experimentelle Untersuchung des Erstarrungsvorgangs in dickwandigen Gussteilen aus Gusseisen mit Kugelgraphit für Windkraftanlagen

Förderkennzeichen	0325618A; 0325618B
Laufzeit	01.05.2013 – 30.04.2016
Zuwendungssumme	1.369.819 Euro
Projektpartner	ACCESS e.V.; Friedrich Wilhelms-Hütte Eisenguss GmbH

Übergeordnetes Projektziel ist die Entwicklung eines Gießsimulations-tools zur Abbildung der Erstarrungsvorgänge unter Anwendung eines Multiphasen-/Multiphysik-/Multiskalenansatzes zur Verbesserung der Qualitätssicherungsmaßnahmen bei der Herstellung von dickwandigen GJS(Gusseisen mit Kugelgraphit)-Gussteilen. Ein Meanfield-Modell für Keimbildung und Wachstum von Kugelgraphit in multikomponenten Gusseisenlegierungen wird auf der Längenskala des Gefüges entwickelt. Die lokalen mechanischen Eigenschaften werden mit erhöhter Genauigkeit vorhergesagt. Die Gießexperimente werden bei FWH durchgeführt. Für die Werkstoffcharakterisierung der FWH-Proben sowie die numerische Modellierung des GJS-Werkstoffes und des Gießprozesses ist Access zuständig. Senvion wird das Projekt begleiten und bewerten.

DPW-Design

Förderkennzeichen	0325675
Laufzeit	01.10.2013 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	907.259 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Das Projekt hat die Vorbereitung der forschungstechnischen Ertüchtigung der Plattform ProWind im DLR zum Ziel. Es ist geplant, eine Forschungsinfrastruktur, bestehend aus einer kleinen Experimentalanlage und mehreren Demonstratoranlagen im Megawatt-Bereich, aufzustellen. Das Projekt bezieht sich sowohl auf die Demonstratoranlagen als auch auf das Forschungsgelände. Daher wird in verschiedenen

Teilprojekten geplant, wie Rotorblätter, Gesamtanlage und Umgebung instrumentiert und die gemessenen Daten erfasst, gespeichert und weiterverarbeitet werden können. Neben der Erfassung diverser wissenschaftlicher Daten wird auch der Einsatz einer experimentellen Anlagenregelung untersucht.

Verbundprojekt: Leichtbau-Windturbine mit direktangetriebenem Nabengenerator

Förderkennzeichen	0325423A; 0325423B
Laufzeit	01.10.2013 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	1.619.994 Euro
Projektpartner	FITT-Institut für Technologietransfer an der Hochschule für Technik und Wirtschaft des Saarlandes gGmbH; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Die Vorentwicklung einer direktangetriebenen Windturbine im Bereich von 3 bis 6 Megawatt, mit weiterentwickeltem Triebstrang und innovativem Rotorkonzept, soll logistische Probleme durch extremen Leichtbau minimiert. Dabei werden die Rotorblätter auf dem Außenläufer des Generators und nicht auf der vor dem Generator angeflanschten Nabe angebracht: So entfallen Nabe und Flanschverbindung. Ferner ist die Nabe um Rotorblattelemente radial erweitert, sodass der pitchbare Rotorblattanteil kürzer und die Belastungen auf das Pitchlager geringer werden. Diese Bauweise ermöglicht weitere Innovationen bei einzelnen Komponenten sowie in der Auslegung des gesamten Systems.

Verbundvorhaben: IcedBlades – Entwicklung von Methoden zur Erhöhung der Verfügbarkeit von Windkraftanlagen in klimatisch kalten Regionen Deutschlands und Nordeuropas

Förderkennzeichen	0325494A; 0325494B
Laufzeit	01.09.2013 – 31.08.2016
Zuwendungssumme	737.524 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung von Methoden zur Abbildung des Eisansatzes an Rotorblättern, um dessen Einfluss auf die Leistung und Strukturermüdung einer Windkraftanlage zu ermitteln, sowie daraus abgeleitet die Bereitstellung von Verfahren zur Vorhersage des Vereisungsrisikos von Windkraftanlagen, um Energieproduktions-einbußen abzuschätzen. Die Ergebnisse werden sowohl bei der genaueren Bestimmung des wirtschaftlichen Nutzens von Windkraftanlagen an vereisungsgefährdeten Standorten der deutschen Mittel- und Hochgebirge als auch bei der Erschließung neuer Standorte in den nördlichen Gebieten der Erde helfen.

Verbundvorhaben: Regenerosion an Rotorblättern

Förderkennzeichen	0325633A; 0325633B
Laufzeit	01.10.2013 – 30.09.2016
Zuwendungssumme	1.095.923 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Automation Dr. Nix GmbH & Co. KG

Für die aerodynamische Effizienz einer Windenergieanlage (WEA) ist der Aufbau einer laminaren Grenzschichtströmung an den Rotorblattoberflächen von entscheidender Bedeutung. Umwelteinflüsse rauhen die vormals aerodynamischen Oberflächen auf und die resultierenden Oberflächendefekte setzen den Wirkungsgrad der Anlagen deutlich herab. Außerdem erhöhen sie die durch die WEA verursachten

Geräuschemissionen. Daher soll im Rahmen des Projektes ein klimatisierter Regenerosionsteststand aufgebaut und ein entsprechendes Testverfahren für Rotorblattbeschichtungen in praxisnahen Versuchen etabliert werden. So soll der Reparatur- und Wartungsaufwand von Rotorblättern gemindert und damit eine Verbesserung des Ertrags erreicht werden.

Entwicklung einer berührungslosen Sensorik für die Steuerung und Überwachung des Triebstrangs von Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325507
Laufzeit	01.01.2013 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	449.580 Euro
Projektpartner	NCTE AG

Die Vorhabensbeschreibung lag bei Redaktionsschluss nicht vor.

Rapid Wind – Hochdrehzahl-Mehrfachgenerator-Triebstrang für Multi-Megawatt-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325642
Laufzeit	01.08.2013 – 31.07.2016
Zuwendungssumme	645.538 Euro
Projektpartner	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Schnelldrehende elektrische Maschinen ermöglichen die Einsparung von Bauraum, Gewicht und magnetisch aktivem Material und damit eine deutliche Kostensenkung. Trotz dieser Vorteile findet die Technologie bisher keine Anwendung in der Windenergiebranche. Im Rahmen des Projektes soll das Potenzial von schnelldrehenden Generatoren aufgezeigt werden. Dazu wird ein 6-Megawatt-Mehrfachgenerator-Triebstrang mit elektrischen Maschinen, die im Hochdrehzahlbereich (n größer/gleich 5.000 min⁻¹) arbeiten, entwickelt. Durch die Verwendung von mehreren Generatoren werden, neben den genannten Vorteilen, zusätzlich die Redundanz und damit auch die Verfügbarkeit erhöht.

Eine angepasste Betriebsstrategie führt zudem zu einer Steigerung der Energieeffizienz insbesondere im Teillastbereich.

Verbundvorhaben: GIGAWIND life – Lebensdauer-Forschung an den OWEA-Tragstrukturen im Testfeld alpha ventus

Förderkennzeichen	0325575A
Laufzeit	01.02.2013 – 31.01.2016
Zuwendungssumme	2.550.993 Euro
Projektpartner	Leibniz Universität Hannover

Ziel des Verbundprojektes ist es, das in GIGAWIND alpha ventus entwickelte Bemessungskonzept für Tragstrukturen von Offshore-Windenergieanlagen um wesentliche Aspekte, die sich aus dem mehrjährigen Betrieb ergeben, zu erweitern. Zu nennen sind hier die Degradationsmechanismen auf der Widerstandsseite der mit den umgebenden Medien interagierenden Tragstruktur sowie die Ermittlung einwirkender Lasten aus Wellen und marinem Bewuchs, die ebenfalls mit der Tragstruktur in Wechselwirkung stehen. Die gesuchten Schädigungs- und Beanspruchungszeitverläufe an den Schnittstellen sind über die umfangreiche, im Testfeld alpha ventus an den Tragstrukturen installierte Sensorik unter Einsatz der bis dato entwickelten Monitoringmethoden über einen längeren Zeitraum weiter zu erfassen.

3.2 Ressource Wind

Durch optimierte Anlagen- und Parkregelung können der Energieertrag von Windparks erhöht und die Belastung der Anlagen reduziert werden sowie die Einspeisung ins Stromnetz gleichmäßiger als bisher erfolgen. Grundlegende Fragen zur Ressource Wind sind für die Weiterentwicklung der Anlagen und deren Regelung deshalb von großer Bedeutung.

Die verschiedenen Windenergieanlagen innerhalb eines Windparks beeinflussen sich gegenseitig. So ernten zum Beispiel die vorderen Turbinen den meisten Wind und produzieren dabei kilometerlange Wirbelschleppen. Das verringert die Leistung der nachgelagerten Rotoren und führt zu höheren mechanischen Beanspruchungen. Zur Verminderung dieser Effekte werden in verschiedenen Forschungsprojekten Verwirbelungen und Abschattungen mit besonders leistungsfähigen laseroptischen Fernerkundungsgeräten, sogenannten LiDAR-Systemen, gemessen. Dadurch kann die Interaktion zwischen der turbulenten atmosphärischen Bodengrenzschicht, den einzelnen Anlagen und deren Nachlaufströmungen genauer verstanden und in Versuchen im Windkanal sowie in Simulationen im Hochleistungsrechencluster modelliert werden. Anhand dieser Daten wird untersucht, wie durch Anlagen- und Parkregelung die Nachlaufeffekte reduziert werden können.

Auch die Prognose von Windfeldern in großen Windparks fällt in diesen Forschungsbereich. Die Vorhersage der zu erwartenden Leistung ist – auch bei präzisen Wetterprognosen – durch Abschattungseffekte zwischen den Anlagen häufig schwierig. Dieses Thema ist sowohl für Offshore- als auch für Onshore-Windparks wichtig und gewinnt bei der Erschließung weiterer Standorte an Bedeutung. Generell gilt, je besser und präziser die Prognose der tatsächlichen Einspeiseleistung, desto besser lässt sich das Gesamtsystem auf den Windstrom einstellen und desto mehr Leistung kann in das Netz aufgenommen und genutzt werden.



Unter dem Hubschrauber des DLR befinden sich eine Referenzantenne (Mitte) und eine Empfangseinrichtung (rote Messbox). Die von dem neuen Antennensystem als Funktion des Ortes erfassten Messwerte der elektrischen Hochfrequenz-Feldstärke tragen dazu bei, die Feldstärkemessungen aus der Luft als Bestandteil der periodischen Flugvermessung von Instrumentenlandesystemen zu validieren. Die Messung mit dem Helikopter bietet u. a. den Vorteil, länger an einem Punkt messen zu können.

Effizienzsteigerung und Ertragsverbesserung für im Betrieb befindliche Windparks

Förderkennzeichen	0325127A; 0325127B
Laufzeit	01.04.2011 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	482.395 Euro
Projektpartner	Deutsche WindGuard GmbH; Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

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

Verbundvorhaben: Baltic 1 – Regelung von Offshore-Windparks durch lokale Leistungsprognose sowie Monitoring der Leistungs- und Belastungscharakteristik

Förderkennzeichen	0325215A; 0325215B; 0325215C
Laufzeit	01.03.2011 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	1.715.706 Euro
Projektpartner	Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; Universität Stuttgart; EnBW Erneuerbare und Konventionelle Erzeugung AG

Ziel des Projektes ist es, neue Erfahrungen und Erkenntnisse im Bereich Offshore-Windparks kommerzieller Größe zu liefern. Die Forschungsergebnisse sollen Optimierungspotenziale des Energieertrags, der Betriebskosten und der Erlöse durch Stromeinspeisung

aufzeigen. Dazu werden Untersuchungen auf den Gebieten Leistungs- und Lastmonitoring, Windleistungsvorhersage, Netzintegration und Betriebsführung am Offshore-Windpark EnBW Baltic 1 (Nennleistung 48,3 Megawatt) durchgeführt. Effekte, die sich durch die Schichtung der Atmosphäre, durch den Einfluss der Küstenstruktur und durch das Parklayout einstellen, finden besondere Berücksichtigung. Schließlich soll dargelegt werden, welche Funktionalitäten zukünftig in kommerzielle Windparkmanagementsysteme integriert werden sollten.

Verbundvorhaben: Windenergienutzung im Binnenland II – Neue Messverfahren mit LiDAR, Windcharakteristik und Anlagenbelastungen an komplexen Binnenlandstandorten, Potenzial der Binnenland-Windenergie

Förderkennzeichen	0325171A; 0325171B
Laufzeit	01.01.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	2.131.731 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH

Das Projekt leistet einen wesentlichen Beitrag zur Bestimmung von Windcharakteristika und Windpotenzialen im Binnenland. Es sollen folgende Ziele erreicht werden: Bestimmung der Einsetzbarkeit von Light-Detection-and-Ranging(LiDAR)-Windmessungen in verschiedenen Geländearten zur Bewertung von Standortbedingungen bis in große Höhen; Untersuchung des Einflusses komplexen Geländes auf die Windcharakteristik und Anlagenbelastungen; Erforschung der Windbedingungen im komplexen Gelände am 200-Meter-Windmessmast; Entwicklung eines neuen, hochaufgelösten Windatlas zur Potenzialabschätzung; Bestimmung des Potenzials der Windenergie im Binnenland unter Berücksichtigung technischer Trends, geeigneter Flächen und bestmöglicher Winddaten.

Verbundprojekt: LAWAL – Laser-Doppler-Windprofilmessung zur aktiven Lastregelung von Windkraftanlagen und zur Standortexploration

Förderkennzeichen	0325386A; 0325386B; 0325386D
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	1.292.060 Euro
Projektpartner	Karlsruher Institut für Technologie (KIT); ELOVIS GmbH; VENSYS Energy AG

Für die Energieversorgung im 21. Jahrhundert stellt die Windenergie eine wichtige zukünftige Ressource dar. Im Rahmen des Projektes wird ein intelligentes Laser-Anemometer für einen stabilen Langzeitbetrieb auf Windenergieanlagen entwickelt, welches das Windfeld vor der Anlage so charakterisiert, dass eine optimale Ansteuerung der Mechaniken und der Elektronik erfolgt. Diese Entwicklung soll in Zukunft ermöglichen, die Kosten der Windenergie drastisch zu reduzieren.

Hard- und Softwareentwicklung für die Realisierung eines auf das SI-Einheitensystem rückgeführten Wind-LiDAR-Systems

Förderkennzeichen	0325416
Laufzeit	01.01.2012 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	97.824 Euro
Projektpartner	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)

Bei der Entwicklung eines auf das Internationale Einheitensystem rückgeführten Wind-Light-Detection-and-Ranging(LiDAR)-Systems mit hoher Ortsauflösung muss als Teilaufgabe eine neuartige Messwerterfassung, -verarbeitung und -speicherung realisiert werden. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung spezieller Hard- und Softwarekomponenten, insbesondere einer programmierbaren Logik (FPGA) zur parallelen Verarbeitung extrem hoher Datenraten, die für die Echtzeitermittlung des Windgeschwindigkeitsvektors erforderlich ist. Das Projekt soll die Überarbeitung der International-Electrotechnical-Commission(IEC)-Norm 61400-12-1 hinsichtlich des Einsatzes der LiDAR-Technik für künftige, mit kleinstmöglicher Unsicherheit rückgeführte Windgeschwindigkeitsmessungen zur Ermittlung von Windpotenzialanalysen und Leistungskurven von Windenergie unterstützen.

Verbundvorhaben: RealMe – Rückführbare Erfassung meteorologischer Messdaten

Förderkennzeichen	0325468A; 0325468B; 0325468C; 0325468E
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	973.461 Euro
Projektpartner	Universität Bremen; Ammonit Measurement GmbH; Adolf Thies GmbH & Co. KG; Deutsche WindGuard Wind Tunnel Services GmbH

Die Partner Deutsche WindGuard, Ammonit und Thies Solar Power werden in dem Verbundprojekt Messsysteme zur Erfassung von meteorologischen Daten so weiterentwickeln, dass die Messdaten zuverlässig, sicher und rückführbar für die Auswertung zur Verfügung stehen. Zur Einhaltung der erweiterten Qualitätsparameter sollen, neben der Protokollierung der Freifeldsituation, die Messdatensätze unter Einbeziehung aller Komponenten der Messkette um digitale Signaturen erweitert werden. Die Erhöhung der Verfügbarkeit der Messdaten wird durch technische Maßnahmen realisiert, welche die Energieversorgung der Messeinrichtungen über lange Zeiträume sicherstellt. Die Messdaten werden bereits direkt am Sensor digitalisiert, mit einer digitalen Signatur versehen und verschlüsselt übertragen.

Verbundvorhaben: CompactWind – Erhöhung des Flächenenergieertrags in Windparks durch avancierte Anlagen- und Parkregelung

Förderkennzeichen	0325492A; 0325492B; 0325492C
Laufzeit	01.12.2012 – 31.05.2016
Zuwendungssumme	1.431.310 Euro
Projektpartner	Robert Bosch GmbH; Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; e.n.o. energy systems GmbH

Der Ausbau der Windenergienutzung in Deutschland, aber auch in Europa, erfordert neben sehr großen Offshore-Windparks auch die Erschließung von in der Nähe der Verbrauchszentren gelegenen Binnenlandstandorten durch kleine bis mittlere Windparks mit Wind-

energieanlagen (WEA) der 2-bis-3-Megawatt-Klasse und sehr großen Rotordurchmessern von 100 bis über 120 Metern. Das Ziel des Projektes ist es, die begrenzten Standorte an Land durch die Entwicklung und Erprobung neuartiger Regelungskonzepte für WEA und Windparks zur Reduktion von nachlaufinduzierten Belastungen und Ertrageseinbußen wirtschaftlicher, effizienter und naturverträglicher zu nutzen.

Verbundvorhaben: LiDAR complex – Entwicklung von LiDAR-Technologien zur Erfassung von Windfeldstrukturen hinsichtlich der Optimierung der Windenergienutzung im bergigen, komplexen Gelände

Förderkennzeichen	0325519A; 0325519B
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	1.454.487 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart; Eberhard-Karls-Universität Tübingen

Das Projekt des süddeutschen Forschungsnetzwerkes WindForS hat folgende Ziele: Entwicklung von LiDAR(Light Detection and Ranging)-Messverfahren für topographisch komplexe Standorte, Entwicklung und Validierung von Windfeldmodellen im komplexen Gelände und ein vertieftes Verständnis des Verhaltens von Windenergieanlagen im komplexen Gelände. Es werden Messungen im flachen und komplexen Gelände durchgeführt, um den Einfluss der Topographie sowie der tages- und jahreszeitlichen Schwankungen im komplexen Gelände zu bestimmen. Des Weiteren werden verschiedene meteorologische Messmethoden – mit Unmanned Aerial Vehicle (UAV) und LiDAR-Systemen – miteinander verglichen. Da LiDAR-Systeme eine große Ungenauigkeit im komplexen Gelände aufweisen, sollen Algorithmen entwickelt werden, die die Messgenauigkeit erhöhen.

SimBA – Simulationswerkzeug für die hochgenaue und effiziente aerodynamische Berechnung und Auslegung von Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325592
Laufzeit	01.01.2013 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	2.135.918 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Im Fokus des weiteren Ausbaus der Windenergie in Deutschland liegt die optimierte Nutzung der kinetischen Energie des Windes, die auf See wie an Land hochoptimierte Windenergieanlagen (WEA) voraussetzt. Die unverzichtbare Grundlage für deren Auslegung und Optimierung unter aerodynamischen, akustischen und strukturmechanischen (aeroelastischen) Gesichtspunkten ist die effiziente und genaue Simulation der Strömung in ihrer Umgebung. Ziel des Projektes ist es daher, ausgehend von im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) vorliegenden Grundlagen, einen effizienten deutschen Forschungscode für die numerische Simulation von Strömungen an Windenergieanlagen und Windparks aufzubauen und damit zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Forschung und Industrie beizutragen.

Lips – Wetterabhängige Charakterisierung der Schallimmission in der Umgebung von Windenergieanlagen in topographisch gegliedertem Gelände

Förderkennzeichen	0325518
Laufzeit	01.11.2013 – 31.10.2016
Zuwendungssumme	1.237.176 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Typischerweise werden Standorte von Windenergieanlagen unter idealisierten Bedingungen wie ebenes Gelände ohne Hindernisse betrachtet. Oft modifizieren jedoch Hügel und Bäume in der Umgebung die Betriebsbedingungen und beeinflussen das Windangebot und die Schallausbreitung. Das Vorhaben befasst sich mit der Ausbreitung und der Immission des von Anlagen emittierten Schalls in unterschiedlichen

Grenzschichtströmungen über topographisch gegliedertem Gelände. Seine Kernthemen sind die Quantifizierung der dreidimensionalen instationären Vor- und Nachlaufströmungen einer Anlage in Abhängigkeit von meteorologischen und topographischen Faktoren und die Ermittlung des Einflusses dieser Strömungen auf die Schallausbreitung und Schallimmission in der Nachbarschaft.

Verbundvorhaben: WERAN – Wechselwirkung Windenergieanlagen und Radar/Navigation

Förderkennzeichen	0325644A; 0325644D; 0325644B; 0325644C
Laufzeit	01.09.2013 – 31.08.2016
Zuwendungssumme	1.048.221 Euro
Projektpartner	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB); FCS Flight Calibration Services GmbH; Leibniz Universität Hannover; steep GmbH – DE/U Radarvermessung

Windenergieanlagen (WEA) in kritischer Nähe zu Einrichtungen der Luftraumüberwachung (Flugsicherung, Luftverteidigung), der Funknavigation (Flugsicherung) und der Wetterbeobachtung können Signalstörungen und damit Betriebseinschränkungen verursachen. Das Vorhaben soll die technisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen für eine verlässliche Prognose, welchen Einfluss die WEA auf das Nutzsinal und die physikalische Zielgröße der Radar- oder Funknavigationsanlage haben wird, liefern. Dazu wird eine Messtechnik entwickelt, mit der sich die zeitdynamische Veränderung der elektromagnetischen Wellenausbreitung im Interferenzfeld von WEA erfassen, analysieren und in eine möglichst einfache Modellbildung des elektromagnetischen Übertragungskanal übertragen lässt.

Verbundprojekt: KonTest – Erstellung einer Konzeption eines Windenergetestgeländes auf bergig-komplexem Terrain

Förderkennzeichen	0325656A; 0325656D; 0325656C; 0325656B
Laufzeit	01.11.2013 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	935.656 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart; Eberhard-Karls-Universität Tübingen; Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Technische Universität München

Die Konzeption eines Windenergetestfeldes in bergig-komplexem Gelände umfasst neben der Konzeptfindung die Suche nach einem Standort in Baden-Württemberg oder Bayern, wo im Anschluss des Projektes ein Testfeld entstehen soll. Neben meteorologischen Messmasten sollen dort ein bis zwei Forschungswindenergieanlagen der Klassen 600 bis 900 Kilowatt mit Rotordurchmessern von etwa 40 bis 80 Metern errichtet werden. Diese dienen der Vorbereitung, Erprobung und Validierung neuer Technologien hinsichtlich Materialien, Konstruktionsweisen, Aerodynamik, Lastenkontrolle, Lärmreduktion, Fertigungstechnik, Betriebsführung, Messtechnik und Monitoring. Weitere Untersuchungen gelten der Speicherung und der Netzintegration.

3.3 Gründungen und Logistik

Weil Gründungen eine wesentliche Rolle in den Logistikprozessen beim Bau eines Offshore-Windparks spielen, werden die entsprechenden Themen in einem Unterkapitel geschlossen dargestellt. Auch Fragen der späteren Instandhaltung und Betriebsführung der Windenergieanlagen sind unter dieser Überschrift zusammengefasst.

Die Logistik ist für ein erfolgreiches Bauprojekt ebenso relevant wie Fragen der Anlagentechnik. Transport und Montage müssen fachgerecht und umweltfreundlich abgewickelt werden können. Der Einfluss von Wellen, Strömung und Wind auf das Baugeschehen soll so gering wie möglich gehalten werden. Darüber hinaus muss für spätere Wartungsarbeiten die entsprechende Logistik verfügbar sein. Wartungs- und Reparaturteams sollten nahezu ganzjährig die Windenergieanlagen betreten können. Auf der Basis geeigneter Überwachungssysteme (Condition Monitoring System – CMS) lassen sich die Wartungsintervalle optimieren und Schäden frühzeitig erkennen. Hilfreich können auch Schadensdatenbanken sein: Sie sammeln Daten aus Betriebserfahrungen und Wartungen, um mittels einer statistischen Auswertung gezielt aus Fehlern lernen zu können.

Die Forschungsthemen zu Gründungsstrukturen, die Offshore-Windenergieanlagen am Boden fixieren, sind vielfältig: Sie betreffen Form, Material, Art und Weise des benötigten Errichtungsprozesses sowie die Langlebigkeit der Gründungsstrukturen. Gefördert werden daher sowohl Projekte, in denen Gründungsvarianten und -verfahren für Offshore-Windenergieanlagen neu und weiterentwickelt werden, als auch Projekte, in denen etwa die Boden-Bauwerk-Interaktion erforscht wird. Diese Vielfalt ist erforderlich, da einerseits im Gründungsbereich erhebliche Kostensenkungspotenziale bestehen und andererseits der Eingriff in die Natur auf ein Minimum reduziert werden soll.

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

Förderkennzeichen	0325134
Laufzeit	01.07.2009 – 28.02.2013
Zuwendungssumme	205.188 Euro
Projektpartner	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Das Ziel des beantragten Vorhabens ist es, die Wirtschaft beim Ausbau der Offshore-Windenergie zu unterstützen. Das Fachinformationssystem Shelf-Geo-Explorer (SGE) des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) wurde im Hinblick auf die Speicherung und Auswertung von Baugrunddaten weiterentwickelt und soll der Öffentlichkeit künftig über das BSH-Geodatenportal zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus werden geotechnische Informationen über Nord- und Ostsee zusammen mit älteren Baugrunddaten, zum Beispiel aus Pipelineverfahren und der ehemaligen Forschungsplattform Nordsee, bereitgestellt. Somit kann auf semantisch harmonisierte Baugrunddaten zentral zugegriffen werden.

Experimenteller Tragfähigkeitsnachweis und Qualitätssicherung von Pfahlgründungen für Offshore-Windkraftanlagen

Förderkennzeichen	0325227; 0325227A
Laufzeit	01.10.2010 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	1.387.811 Euro
Projektpartner	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM); Technische Universität Berlin

Ziel des Forschungsvorhabens der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, gemeinsam mit der TU Berlin, dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) und Industriepartnern, ist es, die Tragfähigkeit von Pfahlgründungen mit dynamischen Pfahlprobelastungen in Abhängigkeit des Pfahleinbringverfahrens, der Pfahlstandzeit sowie zyklischer

Einwirkungen zu ermitteln. Folgende Aufgaben sollen bearbeitet 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.

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

Förderkennzeichen	0325236A; 0325236B; 0325236D
Laufzeit	01.12.2010 – 30.11.2013
Zuwendungssumme	955.628 Euro
Projektpartner	BLG LOGISTICS GROUP AG & Co. KG; BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH; HOCHTIEF Solutions AG – Civil Engineering Marine and Offshore

Mon2Sea ist ein Forschungsprojekt des Bremer Instituts für Produktion und Logistik GmbH, der BLG CONTRACT LOGISTICS GROUP AG & Co. KG und der HOCHTIEF Solutions AG – Civil Engineering Marine and Offshore. Ziel des Projektes ist die Unterstützung von Produktions- und Logistikprozessen bei der industriellen Serienfertigung und Errichtung von Offshore-Windkraftanlagen. Durch IT-Funktionalitäten, Prozessdesign und innovativen Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien soll innerhalb des Projektes sowohl die gesamte Supply Chain – vom Zulieferer über den Hersteller bis zur Offshore-Montage – als auch die Steuerung der Rückführung der Ladungsträger zum Hersteller plan- und steuerbar gemacht werden. Ein zentraler Bestandteil ist dabei die Entwicklung einer IT-Forschungsplattform.

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

Förderkennzeichen	0325240; 0325240A
Laufzeit	01.07.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.049.542 Euro
Projektpartner	Technische Universität Hamburg-Harburg; Ludwig Freytag GmbH & Co. KG

Lateral belastete Pfähle tragen Lasten über die Bettung des Bodens ab. Hierbei ist eine große Bettung in den oberflächennahen Schichten günstig, diese Schichten sind jedoch in der Regel wenig tragfähig. Um die Tragwirkung zu verbessern, erfand Professor Doktor-Ingenieur Jürgen Grabe das Prinzip des Flügelpfahls: In den oberen Bodenschichten werden Flügel an den Pfahl geschweißt, die den Widerstand erhöhen. Sie können zusätzlich das Driften des Pfahls bei veränderlicher Lastrichtung reduzieren. Im Rahmen des Projektes der Ludwig Freytag GmbH & Co. KG und der TUHH soll das Konzept in drei Schritten untersucht werden: **1.** großmaßstäblicher Feldversuch, **2.** Simulation mit der Finite-Elemente-Methode und **3.** Untersuchung des Bodenverhaltens mittels speziellen Einfachscherversuchs.

Überwachungsverfahren und Bewertungsmodell für die Gründungen von Offshore-Windkraftanlagen

Förderkennzeichen	0325249
Laufzeit	01.10.2010 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	834.293 Euro
Projektpartner	Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM)

Die Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung arbeitet mit mehreren Partnern an einem Forschungsvorhaben, dessen Ziel die Entwicklung eines Verfahrens zur Bestimmung der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit von Pfahlgründungen auf der Basis von Messungen (Beobachtungsmethode) ist. Es soll mit Hilfe folgender Arbeitspakete erreicht werden: Ableitung von Verfahren zur Last-

ermittlung; Rechen- und Bemessungsmodelle; Degradationserkennung und -bewertung; Zuverlässigkeit der Beobachtungsmethode; Grenzwerte für Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit; Sensoren, Messsysteme und Datenerfassung; Validierung des Verfahrens (Demonstrator). So soll eine wirtschaftliche Bemessung – auch bei ungenügendem Kenntnisstand hinsichtlich der erforderlichen Nachweisformate – ermöglicht werden.

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

Förderkennzeichen	0325283A; 0325283B; 0325283C; 0325283D
Laufzeit	01.05.2011 – 31.08.2014
Zuwendungssumme	747.161 Euro
Projektpartner	Hochschule Bremen; Ingenieurgesellschaft für Zuverlässigkeit und Prozessmodellierung Dresden (IZP) mbH; Universität Hamburg; BTC Business Technology Consulting AG

Neben den technischen Anforderungen, die ein Offshore-Windpark erfüllen muss, sind zuverlässige Betriebs- und Instandhaltungsprozesse Voraussetzung für ein zuverlässiges Gesamtsystem. Zur Optimierung dieser komplexen Prozesse müssen beteiligte Einheiten und Schnittstellen sowie Material-, Personal- und Informationsflüsse und deren Zusammenwirken erfasst und analysiert werden. Dieses als „Leistungssystem Offshore-Windpark“ bezeichnete Gesamtsystem stellt sich auf See wesentlich komplexer dar als an Land. Zielsetzung des Verbundvorhabens ist es, diese bisher unerprobten Betriebs- und Instandhaltungsprozesse in der Offshore-Windenergie zu standardisieren und als Maßnahmen und Strategien zu etablieren.

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

Förderkennzeichen	0325290
Laufzeit	01.06.2011 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	1.230.085 Euro
Projektpartner	Leibniz Universität Hannover

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

Testzentrum Tragstrukturen – Prüfeinrichtungen

Förderkennzeichen	0325320
Laufzeit	01.06.2011 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	12.805.008 Euro
Projektpartner	Leibniz Universität Hannover

An der Leibniz Universität Hannover entsteht ein Testzentrum für Tragstrukturen zur experimentellen Erprobung von Trag- und Ermüdungsverhalten. Zwei Großversuchsgeräte bilden das Kernstück der Versuchshalle: In einem Teil ist ein 18,5 Meter mal 9,5 Meter großes Spannfeld mit 8 Meter hohen Belastungswänden geplant. Dort sollen Tragstrukturen in großem Maßstab eingespannt werden, sodass aus verschiedenen Richtungen realitätsnahe statische und dynamische Belastungen auf die Bauteile ausgeübt werden können. Der zweite Teil

ist eine Grundbauversuchsgrube, in der die besondere Lastverteilung der im Wasser stehenden Tragstrukturen und Einrammprozesse, beispielsweise von Monopiles, in großem Maßstab getestet werden. Die Dimension der Versuchsgrube ist weltweit einmalig: Innenabmessung von 9 Meter mal 14 Meter, 10 Meter Tiefe und eine Widerlagerkonstruktion von bis zu 8 Metern Höhe. Die Untersuchungen werden für zukünftige Forschungs- und Industrieprojekte zur Verfügung stehen, um das Know-how im Bereich Tragstrukturen auszubauen und auf dem Weltmarkt erfolgreich zu bestehen.

MAS-ZIH – Einsatz von Multiagentensystemen als Unterstützung für eine zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung

Förderkennzeichen	0325395
Laufzeit	01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	417.573 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Trotz kontinuierlicher Steigerung der Effizienz und Leistung moderner Windenergieanlagen (WEA) hat die Forschung gezeigt, dass dieser Entwicklung eine abnehmende Zuverlässigkeit der WEA gegenübersteht. Die Organisation von Betrieb und Instandhaltung macht es derzeit nahezu unmöglich, die vielfältigen Erfahrungen aus dem Anlagenbetrieb gezielt für Verbesserungen zu nutzen. In diesem Projekt wird ein Multiagentensystem entwickelt, das die in den WEA verfügbaren Inputdaten (zum Beispiel Betriebs-, Zuverlässigkeits-, Kosten- und Wetterdaten) nutzt sowie gegenläufige Interessen (zum Beispiel Energieertrag, Verfügbarkeit, Personaleinsatz) mathematisch beschreibt und gegeneinander abwägt, um den Betriebsführer mit Handlungsempfehlungen für die Instandhaltungsplanung zu unterstützen.

Verbundvorhaben: Erhöhung der Verfügbarkeit von Windenergieanlagen (EVW) – Phase 2: Aufbau einer RAMS-/LCC-Wissensdatenbank und Implementierung von Methoden und Werkzeugen für ein zuverlässigkeitsorientiertes Betriebs- und Instandhaltungsmanagement

Förderkennzeichen	0327574D; 0327574E; 0327574F; 0327574G; 0327574H
Laufzeit	01.12.2010 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	1.065.946 Euro
Projektpartner	Ingenieurgesellschaft für Zuverlässigkeit und Prozessmodellierung Dresden (IZP) mbH; ENERTRAG AG; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); WindStrom Betriebs- und Verwaltungsgesellschaft mbH; GEO Gesellschaft für Energie und Oekologie mbH

Hauptziel von EVW-2 ist es, die Informationslogistik zu standardisieren sowie Betrieb und Instandhaltung von Windenergieanlagen im On- und Offshore-Einsatz zuverlässigkeitsorientiert zu optimieren. Durch Einbeziehung der Fördergesellschaft Windenergie und anderer erneuerbarer Energien (FGW) ist es möglich, Standards effizienter zu implementieren. Die im Projekt mitgestalteten FGW- Richtlinien bilden die Basis für den zentralen EVW-Datenpool, der durch die Einbindung weiterer Unternehmen zu einer repräsentativen Plattform für ein neutrales Branchenbenchmarking ausgebaut werden soll. Die Relevanz der EVW-Lösungen soll ein Test- und Demonstrationssystem nachweisen.

Validierung eines Nachweisverfahrens für hochzyklisch beanspruchte Flachgründungen von Offshore-Windenergieanlagen anhand von Messdaten eines Großversuches

Förderkennzeichen	0325405A; 0325405B
Laufzeit	01.03.2012 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	603.096 Euro
Projektpartner	Karlsruher Institut für Technologie (KIT); STRABAG Offshore Wind GmbH

Als Gründungsstrukturen für Offshore-Windenergieanlagen werden, neben Pfahlgründungen, Schwerkraftgründungen eingesetzt, für die bisher genormte Nachweise der Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit fehlen. In vom Bundesumweltministerium geförderten Vorläuferprojekten hat die Ed. Züblin AG ein Testfundament im Originalmaßstab offshore-typischen zyklischen Belastungen unterzogen, während das Institut für Bodenmechanik und Felsmechanik (IBF) Rechenmodelle entwickelt und diese durch Modellversuche im kleinen Maßstab gestützt hat. Im aktuellen Verbundprojekt werden die Messdaten aus dem Großversuch ausgewertet und mit den Rechenmodellen verglichen sowie Letztere validiert und weiterentwickelt. Die verifizierten Nachweiskonzepte sollen neue Kenntnisse vermitteln und Hürden bei der Genehmigung der Fundamente abbauen.

Verbundvorhaben: WindBucket – Suction-Bucket-Gründungen als innovatives und montageschallreduzierendes Konzept für Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325406A; 0325406B; 0325406C
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	1.449.500 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Leibniz Universität Hannover; Overdick GmbH & Co. KG

Bei der Installation von Gründungspfählen für Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) entstehen durch Rammen erhebliche Schallemissionen, teilweise weit oberhalb der zulässigen Grenzwerte. Im Gesamtvorhaben wird die Möglichkeit einer alternativen OWEA-Gründung auf Suction Buckets untersucht; diese Gründungsvariante ist in der internationalen Öl- und Gasindustrie bereits etabliert. Erste Offshore-Gründungsbeispiele mit Suction Buckets in der Windenergie beziehen sich auf Messmasten, die Gründungstechnik befindet sich international im Pilotstadium. Projektziele sind die Beurteilung der Machbarkeit dieser Gründungsvariante für ein Jacketstrukturdesign sowie die Grundlagenschaffung für die Planung, Bemessung und Herstellung dieser Anlagen, auch unter Berücksichtigung ökologischer Aspekte.

Verbundvorhaben: CPT – Erkundungstechnologie für Offshore-Schergewichtsfundamente

Förderkennzeichen	0325407A; 0325407B; 0325407C
Laufzeit	01.03.2012 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	1.411.093 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Universität Bremen; STRABAG Offshore Wind GmbH

Thema des Projektes ist die Weiterentwicklung der marinen Baugrund-erkundung für Offshore-Windenergieanlagen, deren Fundamente besondere Ansprüche an die geotechnische Meeresbodencharakte-

risierung stellen. Ein Ziel ist es, Korrelationsverfahren zur Ableitung von technischen Designparametern aus Drucksondierungsdaten (CPT) zu entwickeln, die an die südliche Nordsee angepasst sind. Im Rahmen des Forschungsprojektes wird eine Kalibrierzelle zur Beprobung offshore entnommenen Materials entwickelt. Mittels geophysikalischer Methoden werden die empirischen Beziehungen evaluiert und weitere, relevante Bodenkennwerte direkt gemessen. Ziel ist es, durch die Kombination von CPT mit Schnelltests im Labor und geophysische Methoden detaillierte Aussagen über den Zustand des Baugrundes zu erhalten.

Wetterabhängigkeit und Prognoseverfahren für Bau und Betrieb von Offshore-Windparks

Förderkennzeichen	0325409
Laufzeit	01.02.2012 – 31.01.2015
Zuwendungssumme	855.537 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Offshore-Windparks stellen nicht nur technisch, sondern auch logistisch eine große Herausforderung dar. Starke Wetterabhängigkeit von Arbeiten auf See kann schon beim Bau zu erheblichen Verzögerungen und erhöhten Kosten führen. Für die Wartung und Instandhaltung führen wetterbedingte Verzögerungen neben hohen Betriebskosten auch zu einer reduzierten Verfügbarkeit und damit zu Anlageausfällen mit wirtschaftlichen Konsequenzen. Das Forschungsprojekt verfolgt zwei Hauptziele: **a)** Entwicklung eines Planungstools, das mittels historischer Daten die Wetterabhängigkeit der Arbeitsabläufe sowohl in der Installations- als auch in der O&M(Operation-and-Maintenance)-Phase untersucht; **b)** Entwicklung eines Tools zur Optimierung der aktuellen Vorhersage von Arbeitsabläufen unter Berücksichtigung der relevanten Wettereinflüsse.

Verbundprojekt: BORA – Entwicklung eines Berechnungsmodells zur Vorhersage des Unterwasserschalls bei Rammarbeiten zur Gründung von OWEA: Ausbreitung des Rammschalls in Pfahl, Boden und Meereswasser

Förderkennzeichen	0325421A; 0325421B; 0325421C
Laufzeit	01.11.2011 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	5.616.091 Euro
Projektpartner	Technische Universität Hamburg-Harburg; Leibniz Universität Hannover; Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Ziel des Projektes BORA ist die Entwicklung leistungsfähiger Simulationsmodelle für die Entstehung und Ausbreitung des Rammschalls unter Wasser, um die Hydroschallemission bei der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen vorherzusagen. Sie sollen Vorab-Aussagen über den entstehenden Unterwasserschall sowie über das Minderungspotenzial verschiedener Schalldämmsysteme zulassen. Das komplexe Berechnungsmodell wendet sich an Spezialisten auf dem Gebiet der numerischen Simulation. Darüber hinaus wird ein sogenanntes Expertensystem entwickelt, das mittels einer speziellen Software einem breiteren Anwenderkreis ermöglichen soll, den entstehenden Ramm-schall abzuschätzen. Die Simulationsmodelle werden durch drei umfangreiche Messkampagnen in verschiedenen Offshore-Windparks umfassend validiert.

Verbundvorhaben: KiZO – Entwicklung eines integrierten Konzeptes zur intelligenten Zustandsüberwachung von Offshore-Windparks

Förderkennzeichen	0325476A; 0325476B; 0325476C; 0325476D; 0325476E
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	1.548.322 Euro
Projektpartner	EBCOT GmbH; Forschungsinstitut für Rationalisierung; RWE Innogy GmbH; NIS Ingenieurgesellschaft mbH; GfM Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH

Offshore-Windenergie gewinnt zunehmend an Bedeutung, die exponierte Hochseeanlage der Offshore-Windparks stellt die Betreiber jedoch vor große Herausforderungen. Die Anlagen benötigen intensives Monitoring und Fernüberwachung für einen maximalen Ertrag und eine optimale Betriebssicherheit. Der Fokus des Forschungsvorhabens zur intelligenten Steuerung und Überwachung (KiZO) liegt auf der Entwicklung und strukturierten Auswertung und Interpretation der messbaren und gemessenen Daten. KiZO soll die organisatorischen und technischen Voraussetzungen schaffen, um eine effektive und stabile Nutzung sicherzustellen. In einer Datendrehscheibe dargestellte Key-Performance-Indikatoren (KPI) ermöglichen die Ableitung von Handlungsempfehlungen für die Betriebsführung und Instandhaltung.

Entwicklung von leichtbaugerechten Pfahltragwerken mit schallreduzierender Wirkung für Tiefgründungen von Offshore-Bauwerken (Phase 1 – Machbarkeitsstudie)

Förderkennzeichen	0325486A
Laufzeit	01.12.2012 – 31.01.2014
Zuwendungssumme	148.980 Euro
Projektpartner	Technische Universität Bergakademie Freiberg

Es soll die Machbarkeit für die geplante Entwicklung eines neuartigen Pfahltragwerkes aus hochtragfähigen und zugleich schallreduzierenden, leichtbaugerechten Strukturkomponenten untersucht werden. Im

Mittelpunkt steht zum einen die Entwicklung eines druck- und schlagfesten Verbundwerkstoffes auf Basis von Zementbeton mit schallmindernder Wirkung, zum anderen die Entwicklung eines Berechnungsmodells zur Prognose der Hydroakustik in Nah- und Fernfeldern. Insbesondere sollen die Dämpfungseigenschaften des Verbundwerkstoffes dazu beitragen, die Schallemission beim Einbringen der Pfähle deutlich zu reduzieren. Ziel ist es, mit diesem neuen Tragwerkprinzip eine im Vergleich zu herkömmlichen Stahlrohrpfählen höhere Schallminderung bei zugleich hoher Schlagfestigkeit zu erreichen.

SOS – Sea and Offshore Safety: Telemedizinisches Notfallversorgungskonzept für das Personal auf Offshore-Windkraftanlagen

Förderkennzeichen	0325532
Laufzeit	01.09.2012 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	939.530 Euro
Projektpartner	Charité – Universitätsmedizin Berlin

Mit der Ausweitung des Offshore-Industriesektors für die Energiegewinnung wächst der Bedarf an Konzepten für die Gewährleistung des Arbeitsschutzes und der Arbeitssicherheit in diesem Umfeld. Das vom Bundesumweltministerium geförderte Forschungsprojekt SOS – Sea and Offshore Safety: Telemedizinisches Notfallversorgungskonzept für das Personal auf Offshore-Windkraftanlagen erforscht Handlungsstrategien für eine bessere medizinische Versorgung in Offshore-Windparks. Dabei wird sowohl mit Blick auf die Technik als auch auf die medizinischen Bedarfe geprüft, inwiefern – unter anderem durch den Einsatz von Telemedizin – die Versorgung von akut erkrankten oder verunfallten Mitarbeitern des technischen Servicepersonals auf Windkraftanlagen verbessert werden kann.

Entwicklung und Prototypenbau einer Offshore-Bohrtechnik zur Gründung von Offshore-Fundamenten für Windenergieanlagen im Rahmen des Ausbaus erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen	0325533
Laufzeit	01.07.2012 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	6.129.395 Euro
Projektpartner	Herrenknecht AG

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist, aufbauend auf den abgeschlossenen Entwicklungsvorhaben des Bundesumweltministeriums, die finale Entwicklung der Offshore-Foundation-Drilling(OFD)-Maschinenteknik. Dies gilt sowohl für den Prototypenbau als auch für die Erprobung der Technologie. Im ersten Schritt werden alle notwendigen Bauteile dimensioniert und die Fertigungszeichnungen erstellt. Nach der Fertigung der Einzelkomponenten wird die Bohrmaschine im Hauptwerk montiert und ihre wesentlichen Funktionen werden getestet. Anschließend wird die Maschine (zu fünf Hauptsektionen) demontiert und für den Transport zum Feldversuch vorbereitet. In dessen Rahmen soll eine Gründungsstruktur unter möglichst realitätsnahen Bedingungen in den Boden eingebracht werden.

Verbundvorhaben: preInO – Methoden und Werkzeuge für die preagierende Instandhaltung von Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325587A; 0325587B; 0325587C
Laufzeit	01.04.2013 – 31.03.2016
Zuwendungssumme	865.196 Euro
Projektpartner	BIBA – Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH; REpower Systems SE; SWMS Systemtechnik Ingenieurgesellschaft mbH

Ziel ist die Erforschung umfassender Methoden und Werkzeuge, die für eine preagierende Instandhaltungsstrategie des Services der Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) genutzt werden können. Um den Zustand einer Komponente bestmöglich prognostizieren zu können, werden unterschiedlichste Datenquellen wie Sensorwerte, statistische

Daten, Wartungsdaten aus der Lebenslaufakte, externalisiertes Mitarbeiter-Know-how, Wetterdaten sowie Lagerbestände und Personalplanung analysiert und automatisiert zu einem relevanten Event verknüpft. Schwerpunkte sind die Priorisierung der erkannten Fehler, die dynamische Planung des Wartungsumfangs und die Einplanung in den Arbeitsablauf mit entsprechender Logistik unter Nutzung dezentraler Steuerungssysteme.

Verbundvorhaben: SeaLift Phase I – Entwicklung und Erprobung eines Konzeptes für den Transfer von Personen und Material zwischen Versorgungsschiff und Offshore-Windenergieanlage mit hoher wetter- und seegangsbedingter Verfügbarkeit

Förderkennzeichen	0325474A; 0325474C; 0325474B
Laufzeit	01.03.2013 – 28.02.2014
Zuwendungssumme	366.323 Euro
Projektpartner	I.A.U. Institut für Arbeitswissenschaft und Unternehmensoptimierung GmbH; NTT Neuhaus Trans Tech GmbH

Die Vorhabensbeschreibung lag bei Redaktionsschluss nicht vor.

Emissionsarme Gründungen von Offshore-Windenergieanlagen – Studie zur Bewertung des Potenzials von Gründungsverfahren unter Vermeidung von Rammen und Bodenbewegungen

Förderkennzeichen	0325590
Laufzeit	01.04.2013 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	123.772 Euro
Projektpartner	IMS Ingenieurgesellschaft mbH

Die Studie evaluiert, inwiefern der weitgehende Verzicht auf Pfahlrammungen und offene Bodenbewegungen die Entwicklung emissionsarmer und wirtschaftlich effizienter Offshore-Windenergieanlagen (OWEA-)Gründungsvarianten unterstützt. Dafür werden breite und schwere Substrukturen betrachtet, die eine vergleichsweise gleich-

mäßige Lasteinleitung in den Untergrund ermöglichen. Untersuchungsgegenstände sind die Boden-Bauwerk-Interaktion sowie die Lastübertragung zwischen OWEA und Gründungskörper. Ferner werden abgestimmte Konzepte zu Fertigung, Transport und Installation der Anlagen überprüft. Aus der integralen Betrachtung der grundlegenden Gesichtspunkte wird eine Bewertung der Erfolgsaussichten dieser Konzepte in unterschiedlichen Kontexten abgeleitet.

Entwicklung und versuchstechnische Erprobung von ermüdungsfesten Gründungskonstruktionen aus Beton für Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325670
Laufzeit	01.11.2013 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	495.274 Euro
Projektpartner	Leibniz Universität Hannover

Derzeit werden Gründungen für Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) fast ausschließlich als Stahlkonstruktionen errichtet. Die Betonbauweise bietet hinsichtlich der Herstellungs- und Instandhaltungskosten jedoch deutliche Vorteile. Allerdings liegen auf betontechnologischer Seite kaum zuverlässige Erkenntnisse zum Material- und Strukturverhalten, insbesondere nicht zum Ermüdungsverhalten von Betonen unter Wasser, vor. Das Ziel des Forschungsvorhabens ist daher, die Unsicherheiten in Bezug auf Material- und Strukturverhalten auf Grundlage von klein- und großmaßstäblichen Versuchen zu beheben und die Hemmnisse gegenüber der Anwendung der Betonbauweise bei OWEA-Gründungen zu beseitigen.



Projektingenieure und Wissenschaftler installieren Messsensoren an den Tripod-Stahlfundamenten.

3.4 Forschung im Offshore-Testfeld

Für Deutschland bedeutete die offizielle Inbetriebnahme des Offshore-Testfeldes alpha ventus im April 2010 den Einstieg in die Offshore-Windenergienutzung. Der Bau des Parks wurde vom BMU gefördert, Bauherr und Betreiber von alpha ventus ist ein Konsortium der Energieversorger EWE, E.ON und Vattenfall (DOTI GmbH & Co. KG). Dieses Testfeld für Windenergieanlagen der 5-Megawatt-Klasse und für neue Gründungstechnologien soll Deutschland einen vorderen Platz im internationalen Wettbewerb sichern.

Da Bau und Betrieb von Offshore-Windenergieanlagen mit hohen Kosten verbunden sind, ist die Schwelle zur Erprobung neuer Technologien im tatsächlichen Einsatz sehr hoch. Der Bau einzelner Prototypanlagen, wie dies an Land praktiziert wird, ist offshore mit zusätzlichen

Herausforderungen verbunden. Für die Fragestellungen, die nicht mit Anlagen an Land beantwortet werden können, benötigt die Industrie daher Test- und Forschungsmöglichkeiten auf See.

Die Forschungsvorhaben demonstrieren die Möglichkeiten koordinierter Zusammenarbeit in der Offshore-Testfeldforschung. Dabei sind unterschiedliche Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsprojekte möglich: von der Erprobung neuartiger Materialien oder Messeinrichtungen über den Test von Logistikkonzepten und Installationsmethoden bis hin zur Demonstration von Prototypen von Offshore-Windenergieanlagen, Gründungsstrukturen oder Komponenten. Die Offshore-Windindustrie ist ausdrücklich eingeladen, an den Projekten teilzunehmen, um ihren tatsächlichen Bedarf zur Erprobung von Technologien und Dienstleistungen in das Gesamtkonzept einfließen zu lassen und sich an der Initiierung von neuen Teststandorten zu beteiligen. Teilnehmen können alle Unternehmen, die rund um die Offshore-Windenergie forschen und entwickeln.

Weitere Informationen finden Interessierte unter <http://oft.iwes.fraunhofer.de/>.

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

Förderkennzeichen	0325026A
Laufzeit	01.11.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	7.130.916 Euro
Projektpartner	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Die Forschungsinitiative RAVE begleitet den Bau und Betrieb des Offshore-Testfeldes alpha ventus, um breit gefächerte Erfahrungen für die umweltschonende Realisierung von Offshore-Windparkprojekten zu sammeln. Als Grundlage dieser Forschung sind umfassende Messdaten unabdingbar. Die Aufgabe des BSH ist es, zusammen mit den

Projektpartnern DEWI und DNV GL – Energy, die gesamten Messungen zentral zu planen, zu installieren und ozeanographische und geologische Untersuchungen durchzuführen. Der Fokus der Messungen liegt sowohl auf technischen Fragestellungen (zum Beispiel Lastannahmen) als auch auf ökologischen und geologischen Basisinformationen (zum Beispiel Sedimentdynamik).

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

Förderkennzeichen	0325397A; 0325397B
Laufzeit	01.08.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	4.061.937 Euro
Projektpartner	Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

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

Gesamtkonzept und Initiierung von zeitlich und örtlich differenzierter Offshore-Testfeld-Forschung (OFT)

Förderkennzeichen	0325564
Laufzeit	01.12.2012 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	423.421 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Innovative Technologien im direkten Offshore-Einsatz zu erproben ist mit hohen Kosten verbunden und von verschiedenen Rahmenbedingungen und Akteuren abhängig. Im Rahmen unseres Vorhabens sollen die Möglichkeiten für die Forschung, Entwicklung und Demonstration an Offshore-Windparks in deutschen Gewässern eruiert und in einem Gesamtkonzept dargestellt werden. Hauptziel ist die Initiierung eines zeitlich und örtlich differenzierten Offshore-Testfeldes, in dem unterschiedliche Anlagen, Fundamente und Komponenten zeitlich gestaffelt erprobt und begleitende Forschungsprojekte zu technischen und ökologischen Fragestellungen durchgeführt werden können. Das Vorhaben wird die individuellen Testfeldelemente bei der Definition und Umsetzung ihrer Test- und Forschungsaktivitäten begleiten.

Verbundvorhaben: OWEA Loads – Probabilistische Lastbeschreibung, Monitoring und Reduktion der Lasten zukünftiger Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325577A; 0325577B; 0325577C
Laufzeit	01.12.2012 – 30.11.2015
Zuwendungssumme	2.289.675 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart; Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; AREVA Wind GmbH

Das Ziel des RAVE-Projektes OWEA Loads ist es, die aero- und hydrodynamischen sowie betriebsbedingten Lasten von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) in allen Facetten zu beschreiben. Die umfangreichen und kostenintensiven Belastungsmessungen im ersten deutschen Offshore-Testfeld alpha ventus werden wissenschaftlich

ausgewertet und spezifische Fragestellungen bei der Weiterentwicklung von zukünftigen OWEA bearbeitet. Dazu sollen die Daten des Messmastes FINO 1 sowie die an den 5-Megawatt-Anlagen mit Sensoren gemessenen Lasten analysiert werden. Schwerpunkt der Analyse ist die Charakterisierung der Lasten mittels probabilistischer Methoden. Die Projektziele umfassen drei Arbeitspakete: **A** – Lastanalyse und probabilistische Lastbeschreibung; **B** – lastreduzierende Regelung und Lastmonitoring; **C** – Entwurfsbedingungen für zukünftige Generationen von Windenergieanlagen.

OFFSHORE WMEP – Wissenschaftliches Monitoring- und Evaluierungsprogramm zur Offshore-Windenergienutzung: Erste Durchführungsphase

Förderkennzeichen	0327695A
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	2.335.810 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Das OFFSHORE WMEP soll Fragen zu Ertrag, Verfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit, die sich während der ersten Jahre der Offshore-Windenergienutzung in Deutschland und Europa sowie bei ihrem Ausbau ergaben, formulieren beziehungsweise aufgreifen und durch die systematische Erfassung und Auswertung von Daten eine Basis für objektive Bewertungen schaffen. Dazu wird ein Pool mit Betriebsdaten von Offshore-Windenergieanlagen aufgebaut, der die Beantwortung grundlegender Fragestellungen zur Offshore-Windenergienutzung und die Verwertung von Erfahrungen in Bezug auf die Optimierung des Betriebes, der Wartungs- und Instandhaltungsabläufe sowie auf die Anlagenzuverlässigkeit ermöglicht.

RAVE – Koordinierung der Offshore-Testfeldforschung

Förderkennzeichen	0327686B
Laufzeit	01.03.2013 – 29.02.2016
Zuwendungssumme	961.079 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

RAVE (Research at alpha ventus) steht seit 2007 für eine interdisziplinäre Forschungsinitiative mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft, die den Bau und Betrieb des Testfeldes alpha ventus wissenschaftlich begleitet. Ziel der RAVE-Forschung ist es, eine breite Basis an Erfahrungen und Erkenntnissen für zukünftige Offshore-Windparks zu gewinnen. Das Vorhaben koordiniert die in RAVE vernetzten Verbund- und Einzelvorhaben und umfasst die organisatorische und wissenschaftliche Vernetzung, die Öffentlichkeitsarbeit, die wissenschaftliche Zusammenarbeit auf nationaler und internationaler Ebene sowie die Organisation der Bereitstellung von RAVE-Messdaten für die Forschung in einem gemeinsamen Datenarchiv.

Verbundvorhaben: KOKON – Nachhaltiger Korrosionsschutz von OWEA durch versiegelte spritzverzinkte Oberflächen

Förderkennzeichen	0325672A; 0325672B; 0325672C
Laufzeit	01.11.2013 – 31.10.2016
Zuwendungssumme	596.357 Euro
Projektpartner	Linde AG; Grillo-Werke AG; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Das Projekt befasst sich mit der Entwicklung hochbeanspruchbarer, wirtschaftlicher Korrosionsschutzsysteme für Offshore-Windenergieanlagen (OWEA), die mittels thermischen Spritzens hergestellt werden. Über sechs Ansatzpunkte – thermischer Spritzprozess, metallischer Beschichtungswerkstoff/organische Beschichtung, Reparatur der Beschichtungen, Substratvorbehandlung und Schichtdicken – sollen hinsichtlich Qualität, Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit optimierte Korrosionsschutzsysteme entwickelt und qualifiziert werden. Vielversprechende Schichten werden in einem Freibewitterungsprüfstand auf Helgoland ausgelagert.



Forschungsplattform FINO 2

3.5 Forschungsplattformen

FINO steht als Abkürzung für „Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee“. Mit Hilfe von FINO 1, FINO 2 und FINO 3 gewinnen Wissenschaftler Daten und grundlegende meteorologische, ozeanographische und ökologische Erkenntnisse, um Windenergie auf hoher See nutzen und den künftigen Ertrag abschätzen zu können. Auch im Jahr 2013 gab es einen kontinuierlichen Messbetrieb und die Einspeisung von Wind- und ozeanographischen Daten in die öffentlich zugängliche Datenbank des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH). Ende 2013 waren beim BSH rund 860 Nutzer der FINO-Daten registriert, über 21 Prozent mehr als ein Jahr zuvor.

FINO 1 erfasst bereits seit Sommer 2003 ein umfangreiches Datenspektrum in der Nordsee. Damit stehen erstmals geeignete Windmessdaten über einen Zeitraum von über zehn Jahren für verlässliche Ertrags- und Lastbewertungen zu Verfügung. Die Plattform liegt circa 45 Kilometer

nördlich von Borkum und befindet sich, wie von Anfang an geplant, in direkter Nähe zum Offshore-Testfeld alpha ventus. Die FINO-1-Messungen liefern wichtige Referenzdaten für die Forschungsprojekte im Umfeld und an den Windenergieanlagen von alpha ventus.

Als zweite der insgesamt drei Forschungsplattformen wurde im Jahr 2007 die Forschungsplattform FINO 2 in der südwestlichen Ostsee errichtet. Auch dieses Projekt hat zum Ziel, die Umweltbedingungen am Standort zu erforschen und mögliche Einflüsse von in unmittelbarer Nähe geplanten Offshore-Windparks auf die marine Umwelt zu ermitteln. Drei Offshore-Windparks werden in dem nahe gelegenen Gebiet namens Kriegers Flak entstehen: der deutsche Windpark EnBW Baltic 2, mit dessen Bau 2013 begonnen wurde, der dänische Windpark Kriegers Flak sowie ein weiterer Windpark auf schwedischer Seite. EnBW und das dänische DHI sind Gastnutzer auf FINO 2, um logistische Prozesse während des Baus zu überwachen und den Vogelzug über dem dänischen Windparkgebiet zu erfassen.

FINO 3 liegt wie FINO 1 in der Nordsee, 75 Kilometer westlich von Sylt. Diese Plattform wurde 2009 fertiggestellt. Das Messprogramm für meteorologische und ozeanographische Werte orientiert sich ebenfalls an dem von FINO 1.

Weitere Informationen zu den FINO-Plattformen finden Interessierte unter www.fino-offshore.de.

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

Förderkennzeichen	0325321
Laufzeit	01.11.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	3.095.300 Euro
Projektpartner	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

Das FINO-Projekt (Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee) 2011 wird fortgesetzt und erweitert, um die Auswirkungen von Offshore-

Windkraftanlagen auf die marine Flora und Fauna weiter zu untersuchen. Das Vorhaben wird von dem Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) und der DEWI GmbH sowie dem Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde (IOW) durchgeführt. Es werden an drei FINO-Stationen relevante umweltphysikalische Parameter gemessen. Die Online-Datenbank wird von zahlreichen wissenschaftlichen und privaten Einrichtungen genutzt.

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

Förderkennzeichen	0327533B
Laufzeit	01.11.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	191.330 Euro
Projektpartner	Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH

Im Januar 2002 fasste die Bundesregierung den Beschluss, drei Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee (FINO) zu errichten, um die Umsetzung ihrer Strategie zur Windenergienutzung auf See zu ermöglichen. Von 2003 bis 2009 nahmen die Forschungsplattformen FINO 1, FINO 2 und FINO 3 ihren laufenden Betrieb in unmittelbarer Nähe geplanter größerer Offshore-Windparks auf. Ziel des Projektes ist es, eine gemeinsame und verstärkte Kommunikationspolitik für alle drei Forschungsplattformen zu entwickeln, um sie national und international vermarkten zu können und somit ihren Betrieb in den nächsten Jahren zu sichern. Erhöht sich ihr Bekanntheitsgrad, können außerdem neue Projekte auf den Plattformen umgesetzt werden.

Betrieb der Forschungsplattform FINO 2

Förderkennzeichen	0329905D
Laufzeit	01.01.2010 – 30.04.2013
Zuwendungssumme	3.190.748 Euro
Projektpartner	GL Garrad Hassan Deutschland GmbH

FINO 2 wurde 2007 im Dreiländereck Deutschland/Dänemark/Schweden im Bereich der Untiefe Kriegers Flak in Betrieb genommen.

In direkter Nachbarschaft werden in Zukunft die beiden Windparks Baltic 2 und Kriegers Flak auf deutscher bzw. dänischer Seite errichtet. Meteorologische, ozeanographische, biologische und technische Messungen bilden die Schwerpunkte der Forschung auf FINO 2 sowie zahlreiche Gastprojekte wissenschaftlicher und kommerzieller Projektpartner. Das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie archiviert die Messdaten in einer Forschungsdatenbank und stellt sie zur Nutzung bereit. GL Garrad Hassan GmbH verfolgt das Ziel, den sicheren und zuverlässigen allgemeinen Betrieb der Plattform zu gewährleisten und den laufenden Forschungsbetrieb sowie die Integration neuer Projekte zu koordinieren.

Betrieb der Forschungsplattform FINO 1

Förderkennzeichen	0329905E
Laufzeit	01.01.2012 – 31.12.2016
Zuwendungssumme	2.399.965 Euro
Projektpartner	Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH

Die Forschungsplattform FINO 1 liegt 45 Kilometer vor Borkum, in unmittelbarer Nähe des ersten deutschen Offshore-Windparks alpha ventus, und ist seit Herbst 2003 in Betrieb. Die Plattform wurde zur Erkundung der Umgebungsbedingungen hinsichtlich der Belange der Windenergienutzung in der deutschen Nordsee errichtet. Auf der Forschungsplattform werden umfangreiche physikalische, hydrologische, chemische und biologische Forschungsprojekte durchgeführt. Die Daten und Ergebnisse liefern sowohl für die Genehmigungsbehörden als auch für Betreiber von Offshore-Windenergieanlagen wichtige Erkenntnisse. Der Betreiber der Forschungsplattform FINO 1 ermöglicht die Durch- und Weiterführung wissenschaftlicher Forschung, wartet die Anlage, hält sie instand und führt werterhaltende Maßnahmen durch.

Standardisierung und vergleichende Analyse der meteorologischen FINO-Messdaten (FINO 1, 2, 3)

Förderkennzeichen	0325508
Laufzeit	01.12.2012 – 30.11.2015
Zuwendungssumme	1.200.839 Euro
Projektpartner	Deutscher Wetterdienst (DWD)

Ziel des Forschungsprojektes ist die standardisierte Auswertung der Windmessdaten der Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee (FINO), um eine bessere Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten und eine konsistente Ablage der Messergebnisse in der FINO-Datenbank des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie zu ermöglichen. Des Weiteren sollen die Ergebnisse im Hinblick auf die Windklimata der Nord- und Ostsee ausgewertet und gegebenenfalls auch Vorschläge zur Anpassung des messtechnischen Aufbaus und für Auswertemethoden abgeleitet werden. Das Vorhaben dient einer besseren Verwendbarkeit der auf den FINO-Plattformen gewonnenen Daten. Die projektübergreifende Darstellung der Vorhaben FINO 1, 2 und 3 wird die Sichtbarkeit der Plattformen weiter erhöhen.

Erstellung der Vergabeunterlagen für den Betrieb der Forschungsplattform FINO 2 in den Jahren 2013 bis 2018

Förderkennzeichen	0325568
Laufzeit	01.08.2012 – 30.04.2013
Zuwendungssumme	48.814 Euro
Projektpartner	Inros Lackner AG

Die Forschungsplattform FINO 2 wurde 2007 in der südwestlichen Ostsee errichtet und ermöglichte bereits vielfältige Forschungsaktivitäten, unter anderem in den Bereichen Meteorologie, Ozeanographie, Ökologie und Schiffsverkehr, die wertvolle wissenschaftlich-technische Erkenntnisse für eine umweltverträgliche Umsetzung von Offshore-Windparks lieferten. Zur Sicherstellung, Weiterführung und Erweiterung der Forschungstätigkeit auf FINO 2 (bis 2018) wurde die weitere Betriebsführung der Forschungsplattform geplant und europä-

weit ausgeschrieben. Im Ergebnis konnte die Leistung fristgemäß mit einem qualitativ hochwertigen Betriebskonzept und zu finanziell attraktiven Bedingungen vergeben werden.

Betrieb der FINO-3-Forschungsplattform von 2012 bis 2017

Förderkennzeichen	0327533C
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2017
Zuwendungssumme	5.650.351 Euro
Projektpartner	Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH

45 Seemeilen nordwestlich der Insel Sylt liefert FINO 3 die Basis für eine Vielzahl von Forschungsprojekten, die Technologien und Risiken rund um die Offshore-Windenergie umfassend untersuchen. Im näheren Umfeld liegen die genehmigten Offshore-Windparks Sandbank 24, Nördlicher Grund, DanTysk und OSB Butendiek mit insgesamt etwa 320 geplanten Windenergieanlagen. Auf der Plattform werden zurzeit zehn wissenschaftliche Projekte durchgeführt, weitere sind in Planung. Messungen und Datenübertragungen erfolgen entweder automatisch oder vom Land aus ferngesteuert, zur Wartung kann die Plattform per Hubschrauber oder Schiff erreicht werden. Die Messdaten sowie die Ergebnisse der Untersuchungen werden archiviert und bei Bedarf bereitgestellt.

Experimental WEA – DLR-Forschungsplattform Windenergie: Design einer Experimentalturbine

Förderkennzeichen	0325613
Laufzeit	01.07.2013 – 31.08.2015
Zuwendungssumme	947.554 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Das Projekt betrifft die Entwicklung einer Experimentalturbine, die vor allem durch eine geeignete Konstruktion und ihre Größe grund-

sätzlich zwei Möglichkeiten eröffnen soll: die Validation von Werkzeugen und die Erprobung von Technologien. In der ersten Projektphase (Konzeptstudie) werden zunächst potenzielle Anbieter damit beauftragt, eine Projektstudie zu erstellen, die auf den vorhandenen Anforderungen an die Experimentalturbine aufbaut, und dann wird auf Grundlage dieser Vorstudien der für die Experimentalanlage am besten geeignete Entwurf ausgewählt. Gemeinsam mit dem DLR wird in der zweiten Projektphase (Designphase) das Design der Experimentalturbine mit Hilfe des ausgewählten Entwurfes erarbeitet.

Betrieb der Forschungsplattform FINO 2 in der Ostsee und Durchführung von Forschungen

Förderkennzeichen	0329905F
Laufzeit	01.05.2013 – 30.04.2018
Zuwendungssumme	2.888.047 Euro
Projektpartner	GL Garrad Hassan Deutschland GmbH

Ziel ist es, den Betrieb der Plattform FINO 2 fortzuführen und damit die Fortsetzung der meteorologischen, technischen, ozeanographischen und biologischen Forschungsarbeiten der Projektpartner sicherzustellen. Die Plattform wurde 2007 in der Ostsee, 35 Kilometer nordwestlich der Insel Rügen, errichtet. Bereits in den vorangegangenen Betriebsphasen konnten grundlegende Daten erhoben werden, die sowohl für den Standort als auch für die gesamte Windenergieindustrie wichtige Erkenntnisse lieferten. FINO 2 wird auch in den kommenden Jahren einen besonderen Stellenwert einnehmen, da 2013 mit der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen in unmittelbarer Plattformnähe begonnen wurde.

3.6 Ökologische Begleitforschung und technischer Umweltschutz

Die ökologische Begleitforschung nimmt unter den Forschungs- und Entwicklungsprojekten von BMU/BMWi im Bereich der erneuerbaren Energien einen hohen Stellenwert ein. Der Ausbau der erneuerbaren Energien soll im Einklang mit den Bedürfnissen von Umwelt und Natur erfolgen. So wird ein insgesamt nachhaltiger Beitrag für den Umweltschutz geleistet.

Ein zentraler Bestandteil des Genehmigungsverfahrens für Offshore-Windparks ist die Umweltverträglichkeitsprüfung, in der prognostiziert wird, inwieweit die Errichtung und der Betrieb des Windparks die Meeresumwelt gefährdet. Die Untersuchung der Schutzgüter Benthos (Bodenlebewesen), Fische, Rast- und Zugvögel sowie marine Säugetiere ist daher in den jeweiligen Windparkgenehmigungen festgeschrieben.

Im Fokus der Forschungsförderung liegen Vorhaben zu schallarmen Offshore-Gründungstechnologien, um während der Bauphase von Offshore-Windparks marines Leben zu schützen. Bei der Onshore-Windenergie liegen die Förderschwerpunkte weiterhin auf dem umweltfreundlichen Betrieb der Anlagen, zum Beispiel im Hinblick auf Vogelzug und Fledermausaktivitäten. Potenzielle Konflikte zwischen Windenergieanlagen und der Natur müssen frühzeitig aufgedeckt, in geeigneter Weise benannt und gelöst werden. Dabei werden Einflüsse auf die Umgebung untersucht, die von Bau, Betrieb und Rückbau der Windenergieanlagen ausgehen.



Hydroshaldämpfer im Einsatz beim Bau des Offshore-Windparks London Array.

Akzeptanz der Offshore-Windenergienutzung

Förderkennzeichen	0325137
Laufzeit	01.07.2009 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	443.409 Euro
Projektpartner	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Um den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung zu vergrößern, ist eine Offshore-Leistung von 7.000 bis 10.000 Megawatt notwendig und damit eine breite Unterstützung für die Offshore-Windenergiegewinnung in der Bevölkerung. Experten aus den Bereichen Umwelt- und Sozialpsychologie, Marketing und Tourismus sowie Architektur- und Planungswissenschaften arbeiten in diesem interdisziplinären, vom Bundesumweltministerium geförderten Projekt eng zusammen, um Meinungen, Erwartungen und Erfahrungen vor und nach der Errichtung von Offshore-Windparks zu sammeln. Mittels standardisierter Fragebögen werden Anwohner, Touristen und regionale Experten in den Nord- und Ostseeregionen interviewt und aus den Ergebnissen Handlungsempfehlungen für politische Entscheidungsträger abgeleitet.

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

Förderkennzeichen	0325189A; 0325189B
Laufzeit	15.07.2010 – 30.04.2014
Zuwendungssumme	148.814 Euro
Projektpartner	Avitec Research GbR Katrin & Reinhold Hill; REETEC Regenerative Energie und Elektrotechnik GmbH

REETEC GmbH und Avitec Research GbR untersuchen die Frage, welche Lichtkombination Vögel am schwächsten anlockt. An der Ostseeküste wurden verschiedenfarbige LED(light emitting diode)-Scheinwerfer mit Video- und Wärmebildkameras ausgerüstet, die die Flugaktivitäten von Vögeln aufzeichneten. Die Scheinwerfer simulierten dabei unter-

schiedliche Lichtfarben, Blinkrhythmen und Lichtintensitäten, wie sie durch Sicherheitsvorschriften vorgegeben werden. Fast 20.000 Vögel konnten dabei dokumentiert werden. Zusätzlich wurden Zugrufe erfasst. Derzeit werden die Daten intensiv analysiert. Die Verwendung von vogelfreundlicherer Sicherheitsbeleuchtung könnte helfen, Zugvögel in Zukunft vor Kollisionen mit beleuchteten (Offshore-) Bauwerken zu schützen.

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

Förderkennzeichen	0325212
Laufzeit	01.09.2010 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	849.863 Euro
Projektpartner	Leibniz Universität Hannover

Bei der Errichtung von Offshore-Windenergieanlagen in Nord- und Ostsee kommen Baumaßnahmen und -geräte zum Einsatz, die unter Wasser erhebliche Schalldruckpegel erzeugen und so zu einer empfindlichen Beeinflussung, bis hin zur dauerhaften Schädigung, von marinen Säugetieren führen können. Das Vorhaben HyproWind verfolgt das Ziel, zuverlässige Prognoseberechnungen des Schalldruckpegels für das gesamte betroffene Gebiet in der Nordsee, in Abhängigkeit von Ort und Zeit und unter Berücksichtigung möglicher zeitlicher Überlappung mehrerer Bauvorhaben, zu entwickeln. Die Ergebnisse der Prognoseberechnungen sollen für die Verwendung in der Genehmigungsphase in Form von Lärmkarten in vereinheitlichtem Format zur Verfügung gestellt werden.

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

Förderkennzeichen	0325238
Laufzeit	01.09.2010 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	377.808 Euro
Projektpartner	Deutsches Meeresmuseum Stralsund

Ob und welchen Einfluss Baulärm auf Schweinswale hat, wird in ökologischen Begleitforschungen mittels sogenannter Schweinswal-Klick-Detektoren in der Nord- und Ostsee untersucht. Diese registrieren die Klicks, die Echoortungslaute der Tiere. Die verschiedenen Gerätetypen, die dabei zum Einsatz kommen, werden im Rahmen des COSAMM-Projektes miteinander verglichen. Dazu werden sie zuerst in einem Testtank und dann auf See mit Schweinswal-Lauten beschallt, um die akustischen Eigenschaften zu ermitteln. Abschließend werden die Geräte auf See ausgebracht, um dort Schweinswale aufzuzeichnen. So sollen die verschiedenen Gerätetypen unter realen Bedingungen getestet und verglichen sowie ihre Reichweite ermittelt werden.

UFO – Umweltbedingungen auf Offshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0325255A; 0325255B
Laufzeit	01.07.2011 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	543.651 Euro
Projektpartner	fk-wind; IMARE – Institut für Marine Ressourcen GmbH

Die mit Hochschultechnologie ausgerüsteten Windenergieanlagen sind auf dem Meer veränderten klimatischen Umgebungsbedingungen aufgrund von erhöhtem Feuchteinfluss und Salzgehalt in der Luft ausgesetzt. Im Verbundprojekt UFO untersuchen das Institut für Windenergie (fk-wind;) an der Hochschule Bremerhaven und IMARE – Institut für Marine Ressourcen GmbH die Umweltauswirkungen auf Gondel, Nabe und Rotorblatt. Hierzu werden Klimadaten auf Plattformen, Messmasten und Anlagen im Offshore- und Nearshore-Bereich

messtechnisch erfasst und ausgewertet. Eine innovative Messtechnik zur Erfassung von Salzablagerungen wird entwickelt. Zusätzlich wird der Feuchteinfluss im Rotorblatt sowie die mikrobiell induzierte Korrosion an Materialproben und in Ölen untersucht.

WINDBIRD – Horizontale und vertikale Flugmuster von Heringsmöwen und Basstölpeln in Bezug auf Windparks in der AWZ der deutschen Nordsee

Förderkennzeichen	0325281
Laufzeit	01.10.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	316.223 Euro
Projektpartner	Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

In diesem Projekt sollen die Auswirkungen der Windparks, die in der AWZ (Ausschließliche Wirtschaftszone) der deutschen Nordsee betrieben werden, auf die Flugmuster brütender Seevögel der deutschen Nordseeküste untersucht werden. Dabei stehen folgende drei Ziele im Vordergrund: **1.** Aufzeichnung und Analyse der horizontalen und vertikalen Flugmuster auf Helgoland und an der deutschen Nordseeküste brütender Seevogelarten (Heringsmöwe und Basstölpel); **2.** Beschreibung und Quantifizierung der Auswirkungen des Offshore-Windparkbetriebes in der deutschen AWZ auf die Flugmuster von Heringsmöwen und Basstölpeln; **3.** Abschätzung der möglichen positiven, neutralen oder negativen Auswirkungen des Offshore-Windparkbetriebes auf die Nahrungssuchflüge und das Verhalten von Heringsmöwen und Basstölpeln.

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

Förderkennzeichen	0325300A; 0325300B; 0325300C; 0325300D
Laufzeit	01.11.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	1.155.733 Euro
Projektpartner	BioConsult SH GmbH & Co. KG; ARSU – Arbeitsgruppe für regionale Struktur- und Umweltforschung GmbH; IfaÖ Institut für Angewandte Ökosystemforschung GmbH; Universität Bielefeld

Ziel der systematischen Freilandstudie in mehreren norddeutschen Bundesländern ist es, in drei Jahren repräsentative Daten darüber zu erhalten, wie häufig Vögel tatsächlich mit Onshore-Windenergieanlagen kollidieren. Dazu werden regelmäßige Linientranssektsuchen von Kollisionsopfern durchgeführt und mit Hilfe von experimentell bestimmten Korrekturfaktoren die Anzahl tatsächlich kollidierter Vögel berechnet. Weiterhin wird das Verhalten der Vögel vor Ort beobachtet, um das Kollisionsrisiko an bestehenden Anlagen zu bewerten, sowie der Einfluss der zusätzlichen Mortalität modelliert und damit die Frage der Erheblichkeit auf Populationsniveau behandelt. Das Projekt soll das in der öffentlichen Wahrnehmung präsenste Thema möglichst abschließend beleuchten.

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

Förderkennzeichen	0325365
Laufzeit	01.09.2011 – 31.08.2014
Zuwendungssumme	1.932.855 Euro
Projektpartner	Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Ziel des Vorhabens ist es, neue und kostengünstige Hydroschalldämpfernetze – als Verfahren zur Hydroschallminderung von Rammarbeiten

bei der Gründung von Offshore-Windenergieanlagen (OWEA) – theoretisch und messtechnisch zu untersuchen, zu entwickeln, zu optimieren und Prototypen unter realen Bedingungen mit der Bauindustrie im Offshore-Einsatz zu testen und zu vermessen. Damit soll der zulässige Grenzwert des Bundesumweltamtes für Offshore-Rammarbeiten von 160 Dezibel (Sound-Exposure-Level – SEL) in 750 Meter Entfernung von der Baustelle eingehalten werden. Nach dem erfolgreichen Test bei London Array im August 2012 steht im Herbst 2013 der nächste Offshore-Test in der Nordsee an. Die am Institut für Grundbau und Bodenmechanik der Technischen Universität Braunschweig (IGB-TUBS) durchgeführten Laborversuche zur Optimierung der HSD-Körper (Hydroschalldämpfer) sind vielversprechend.

Verbundprojekt: Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen

Förderkennzeichen	0327638D; 0327638C
Laufzeit	01.09.2011 – 30.09.2013
Zuwendungssumme	962.884 Euro
Projektpartner	Leibniz Universität Hannover; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Vorrangiges Ziel des Vorhabens ist es, Methoden, die im vorangegangenen Forschungsvorhaben zur Reduktion des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Windkraftanlagen (WEA) entwickelt wurden, praktisch zu erproben und hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu testen. Dazu werden WEA zeitweilig mit fledermausfreundlichen Abschaltalgorithmen betrieben und ihr Effekt untersucht. Mit Hilfe dieser Algorithmen könnte es möglich sein, an umstrittenen Standorten sowohl dem Fledermausschutz als auch dem Ausbau der Windenergie gerecht zu werden. Akteure, die an der Standortplanung und Genehmigung von WEA beteiligt sind, sollen anschließend in die Lage versetzt werden, diese Methode eigenständig anzuwenden.

StUKplus – Ökologische Begleitforschung am Offshore-Testfeldvorhaben alpha ventus zur Evaluierung des Standarduntersuchungskonzeptes des BSH

Förderkennzeichen	0327689A
Laufzeit	01.05.2008 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	7.756.716 Euro
Projektpartner	Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH)

2009 wurde Deutschlands erster Offshore-Windpark (OWP) alpha ventus mit zwölf Windenergieanlagen errichtet. Bau und Betrieb des Testfeldes werden von umfangreichen ökologischen Untersuchungen begleitet. Zusätzlich zum Monitoring gemäß Standard zur Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt (StUK3) des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie koordiniert die Behörde das Projekt StUKplus. Dessen Ziel ist, neben der Erweiterung des Kenntnisstandes von den ökologischen Auswirkungen der OWP, die Evaluierung des bisher gültigen StUK3 (Untersuchung der Auswirkungen von Offshore-Windenergieanlagen auf die Meeresumwelt). Hierfür wurden und werden vor, während und nach der Errichtung der Windenergieanlagen ökologische Untersuchungen durchgeführt, um den Zustand ohne Windpark mit dem mit Windpark zu vergleichen.

PARASOL – Passivradar-basierte Schaltung der Objektkennzeichnung für die Luftfahrt

Förderkennzeichen	0325445
Laufzeit	01.04.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.212.299 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Hochfrequenzphysik und Radartechnik (FHR)

Windenergieanlagen (WEA) sind ab einer bestimmten Höhe mit einer Kollisionswarnbefeuerung ausgerüstet, um eine Kollision mit Flugzeugen zu verhindern. Weil die blinkenden roten Lichter am Nacht-

himmel als störend empfunden werden und Vögel anlocken, wird gefordert, dass sie nur bei Annäherung eines Flugzeuges eingeschaltet werden. Für die bedarfsgerechte Schaltung müssen Flugbewegungen in der Nähe der WEA erfasst und analysiert werden. Im Projekt PARASOL erfolgt die Detektion sich nähernder Flugzeuge durch Passivradar-Sensoren, die keine eigene Radarstrahlung abgeben, sondern bereits vorhandene Rundfunksignale nutzen, um Flugzeuge zu orten. Dieses Verfahren zeichnet sich durch Umweltverträglichkeit, geringe Kosten und die Tatsache, dass eine Sendegenehmigung nicht erforderlich ist, aus.

Verbundvorhaben: INFLOW-Noise – Bewertung relevanter Lärmquellen von Windenergieanlagen unter realen atmosphärischen Zuströmbedingungen

Förderkennzeichen	0325459A; 0325459B; 0325459C
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2016
Zuwendungssumme	838.360 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; Universität Stuttgart

Für Onshore-Windenergieanlagen (WEA) sind Schallemissionen ein gravierendes Problem: Es sind verschiedene Lärmmechanismen zu unterscheiden und insbesondere die Bedeutung des Inflow-Noise-Anteils durch Wechselwirkung turbulenter Anströmung mit dem Blatt zu klären. In dem Projekt werden an einem WEA-Beispielprofil bestehende Modelle überprüft und verbessert. Neben der Entwicklung eines speziellen Profils wurde eine numerische Prozesskette, von turbulenter Einströmung über aerodynamische zu aeroakustischer Simulation, aufgebaut. Die Simulationen, bei denen eine intermittente, dem Windfeld ähnliche Anströmung mit Hilfe eines fraktalen Gitters erzeugt wird, werden mit Akustikmessungen im Windkanal validiert. Die Ergebnisse werden in ein Modell für die Industrie überführt.

Entwicklung einer photographischen Methode zur objektiven Quantifizierung von Rastvogelbeständen auf See

Förderkennzeichen	0325572
Laufzeit	01.12.2012 – 30.11.2015
Zuwendungssumme	431.565 Euro
Projektpartner	Universität Rostock

Die Universität Rostock strebt eine Methodenentwicklung zur Erfassung von Wasservögeln an, die eine objektive und reproduzierbare Grunddatenerfassung ohne Korrekturfaktoren ermöglicht. Dazu wird eine hochauflösende Digitalkamera in der Bodenluke eines Flugzeuges installiert, die in definierten Abständen georeferenzierte Orthofotos, also verzerrungsfrei und maßstabsgetreu, aufnimmt. Dadurch wird es möglich, Kartierungen aus größerer Höhe als bei konventionellen Flugzeugtransektzählungen durchzuführen, die Scheuchwirkung auf Rastvögel zu vermindern und Offshore-Windenergieanlagen risikolos zu befliegen. Durch digitale Bilderkennungsverfahren sollen die Vogelbestände schließlich automatisiert quantifiziert werden.

Verbundvorhaben: Weiterentwicklung und Erprobung des großen Blasenschleiers zur Minderung der Hydroschallemissionen bei Offshore-Rammarbeiten

Förderkennzeichen	0325645A; 0325645B; 0325645C; 0325645D
Laufzeit	01.07.2013 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.604.024 Euro
Projektpartner	BioConsult SH GmbH & Co. KG; Hydro-Technik Lübeck GmbH; ITAP – Institut für technische und angewandte Physik GmbH; Leibniz Universität Hannover

Rammarbeiten beim Bau von Offshore-Windenergieanlagen verursachen Schallemissionen, die Meeressäugetiere stören und schädigen können. Dem Risiko einer Schädigung wird mit Vergrämung und einer langsamen Erhöhung der Rammenergie begegnet. Schutz vor Störungen dagegen bietet nur die Reduzierung der Schallemissionen. In dem Pro-

jekt wird die Minderung des Unterwasserschalls mittels eines großen Blasenschleiers weiterentwickelt. Im Fokus stehen die Optimierung der Handhabbarkeit und die Verbesserung der schallmindernden Wirkung des Schallschutzsystems. Zusätzlich wird die Wirkung der Schallminderung durch akustische Messungen und Untersuchungen des Verhaltens von Schweinswalen überprüft. Das Projekt wird beim Bau des Offshore-Windparks Global Tech I umgesetzt.

RENEBAT III – Bestimmung des Kollisionsrisikos von Fledermäusen an Onshore-Windenergieanlagen in der Planungspraxis

Förderkennzeichen	0327638E
Laufzeit	01.09.2013 – 31.08.2016
Zuwendungssumme	1.270.017 Euro
Projektpartner	Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Zentrales Ziel ist die Vereinfachung und Standardisierung der Erfassung und Reduktion des Schlagrisikos für Fledermäuse an Windenergieanlagen, um Kosten und Zeitaufwand zur Erfüllung naturschutzfachlicher Vorgaben zu minimieren. In vorangegangenen Projekten (RENEBAT I + II) wurde ein fledermausfreundlicher Betriebsalgorithmus für Windenergieanlagen entwickelt und an mehreren Standorten erfolgreich getestet. Ziel des aktuellen Projektes ist es, den Erfassungsaufwand zu reduzieren, der nötig ist, um das Schlagrisiko von Fledermäusen zu ermitteln. Hierzu prüfen wir die Übertragbarkeit von Ergebnissen in zeitlicher, räumlicher und anlagentechnischer Hinsicht und leisten so einen Beitrag zum schnellen, kostengünstigen und umweltverträglichen Ausbau der Windenergie.

triad – Evaluierung von zwei gemeinsam eingesetzten Schallminderungsmaßnahmen (HSD und BBC) bei den Monopile-Gründungen im OWP Amrumbank West: Untersuchung der Schallkopplungen zwischen Pfahl, Boden und Wasser

Förderkennzeichen	0325681
Laufzeit	01.12.2013 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	1.051.001 Euro
Projektpartner	Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Zur Untersuchung der Schallausbreitung bei der Installation von Offshore-Gründungspfählen werden der Energieeintrag in den Pfahl, die Wellenausbreitung im Stahl (axial und radial), die Erschütterungen des Meeresbodens sowie die Schallausbreitung im Wasser betrachtet. Im Rahmen des Forschungsvorhabens ist ein umfangreiches Messkonzept geplant, das eine zeitsynchrone Erfassung aller Signale ermöglicht. Dabei werden der zur Installation verwendete Hydrohammer sowie die eingesetzten Schallminderungsmaßnahmen entweder zusätzlich instrumentiert oder von den jeweiligen Firmen ermittelte Parameter zur Auswertung zur Verfügung gestellt. Es wird zum ersten Mal eine autarke, leistungsstarke Messtechnik an der Innenwandung des Pfahls appliziert, die erst nach Beendigung der Rammung (oder noch später nach Aufsetzen des Transition-Pieces) zur Auswertung geborgen wird. Sensoren sind hiervon ausgeschlossen und verloren. Die Aufhängung der wasserdichten Messtechnik sowie der Sensoren und deren Rammenschutz wird erstmals komplett geklebt, da es aus statischer Sicht nicht (mehr) erlaubt war, in die Wandung des Monopiles zu bohren oder Elemente daran anzuschweißen.

3.7 Studien und Tagungen

Neben den technischen Forschungsprojekten gibt es Arbeiten, die nicht in die übliche Aufgabenstellung technischer Vorhaben einzuordnen sind. 2013 waren dies einerseits Studien, die das grundsätzliche Potenzial einer neuen Technologie untersuchen. Andererseits wurden begleitende Arbeiten für den internationalen Forschungsaustausch durch Arbeitsgruppen der Internationalen Energieagentur gefördert.

Generell gehört die Organisation von Veranstaltungen nicht zu den üblichen Projektaufgaben, ist aber als regelmäßige Leistung für den Bereich Forschung und Entwicklung an erneuerbaren Energien vertreten. Die geförderten Projekte und die investierten Mittel sollen transparent nach außen dargestellt werden. Im Rahmen von wissenschaftlichen Konferenzen soll Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verwaltung ein Überblick über das jeweilige Themenfeld, hier speziell die Windenergie, sowie den aktuellen Forschungsstand in Deutschland und Europa gegeben werden.

Angebot für die Unterstützung bei der Teilnahme an Task 28 – Soziale Akzeptanz von Windenergie im Rahmen der Implementing Agreements der IEA Wind

Förderkennzeichen	0325138
Laufzeit	01.10.2009 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	46.073 Euro
Projektpartner	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Zur sozialen Akzeptanz von Windenergieanlagen (WEA) forschen zahlreiche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Fachdisziplinen. Um einen internationalen, interdisziplinären Austausch unter ihnen zu ermöglichen, wurde die Task 28 der Internationalen Energieagentur initiiert. Eine Arbeitsgruppe ausgewählter Expertinnen und Experten trifft sich über einen Zeitraum von drei

Jahren, die Gruppen weiterer ausgewählter Fachleute hinzuziehen können. Die Unterstützung des Bundesumweltministeriums trägt dazu bei, vorhandene Untersuchungen und Erfahrungen zur sozialen Akzeptanz von WEA zu systematisieren und in praktische Handlungsempfehlungen umzusetzen: Offene Fragen werden eruiert und weiterführende Forschungsfragen abgeleitet.

Untersuchung zu den Potenzialen von Flugwindenergieanlagen (FWEA)

Förderkennzeichen	0325394
Laufzeit	01.10.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	225.306 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Die Windenergie trägt heute in beachtlichem Maß zur Stromgewinnung in Deutschland bei. Technisch hat sich das Konzept der dreiblättrigen, horizontalachsigen Windturbine durchgesetzt, abgesehen von kleinen Nischen. Unter den alternativen Ansätzen, die sich in den letzten Jahren zeigten, erscheint das Konzept der Energiegewinnung mit Lenkdrachen beziehungsweise Flugwindenergieanlagen besonders vielversprechend. Mehrere Firmen verfolgen diese Technik und haben teilweise erste Erprobungsflüge durchgeführt. Ziel des Projektes ist es, die grundlegenden Potenziale der Flugwindenergieanlagen sowie ihren aktuellen Entwicklungsstand zu ermitteln und daraus gegebenenfalls weiteren Forschungsbedarf abzuleiten.

Los B – Unterstützung des BMU bei der Teilnahme an der Task 28

Förderkennzeichen	0325677
Laufzeit	01.10.2013 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	29.978 Euro
Projektpartner	Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Fachdisziplinen forschen zur sozialen Akzeptanz von Windenergieanlagen.

Um einen internationalen Austausch zu ermöglichen, wurde die Task 28 der Internationalen Energieagentur initiiert. Eine Arbeitsgruppe aus Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sowie Expertinnen und Experten hat sich bereits über einen Zeitraum von drei Jahren getroffen und einen Best-Practice-Report verfasst. Dieser – sowie eine Datenbank zu Akzeptanzfragen – ist zum freien Download verfügbar unter www.socialacceptance.ch. Inzwischen befindet sich die Task 28 in ihrer zweiten Phase: Im Mittelpunkt stehen weiterhin Fragen zu erfolgreichen Projektimplementierungen sowie zum Akzeptanz-Monitoring. An den Projekttreffen nehmen zusätzlich ausgewählte Expertinnen und Experten teil.

CWW 2015 – Conference on Wind energy and Wildlife impacts

Förderkennzeichen	0325664
Laufzeit	01.09.2013 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	64.995 Euro
Projektpartner	Technische Universität Berlin

Mit der vom Bundeswirtschaftsministerium geförderten CWW 2015 an der TU Berlin knüpft Deutschland an die internationalen Konferenzen CWW 2011 in Trondheim, Norwegen und CWE 2013 in Stockholm, Schweden an. Hauptziele der mehrtägigen Veranstaltung sind die Identifikation und Konsolidierung des aktuellen Forschungsstands zur Windenergie-Wildlife-Interaktion on- und offshore sowie die Fokussierung auf damit einhergehende zentrale Diskurse, beispielsweise über kumulative Effekte, Windenergie im Wald oder Art und Wirkungsgrad von Vermeidungs- und Verminderungsmaßnahmen. Darüber hinaus sollen Fragen des Netzausbaus thematisiert werden.

Unterstützung des BMU bei der Teilnahme an Task 28 „Soziale Akzeptanz von Windenergie“ im Rahmen des Implementing Agreement Wind der Internationalen Energieagentur

Förderkennzeichen	0325676
Laufzeit	01.10.2013 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	21.282 Euro
Projektpartner	Universität des Saarlandes

Im Auftrag des Bundesumweltministeriums nimmt die Forschungsgruppe Umweltpsychologie der Universität des Saarlandes an der Task 28 im Rahmen des Implementing Agreement Wind der International Energy Agency (IEA) teil. Dies beinhaltet unterstützende Leistungen bezüglich inhaltlicher Vorbereitung, Teilnahme an den Treffen der Arbeitsgruppe und deren Dokumentation. Thematische Schwerpunkte sind die Modellierung und theoretische Fundierung von „Akzeptanz“ und deren Einflussfaktoren, die Interaktionen mit psychologischen Komponenten (zum Beispiel die Wahrnehmung von Verfahrens- und Verteilungsgerechtigkeit) sowie die Partizipationsmöglichkeiten bei Planungs- und Entscheidungsprozessen. Zudem erfolgen eine Einordnung der Ergebnisse anhand aktueller internationaler Studien sowie ein Transfer von wissenschaftlichen Erkenntnissen auf praktisch nutzbare Handlungsempfehlungen.

4. Photovoltaik

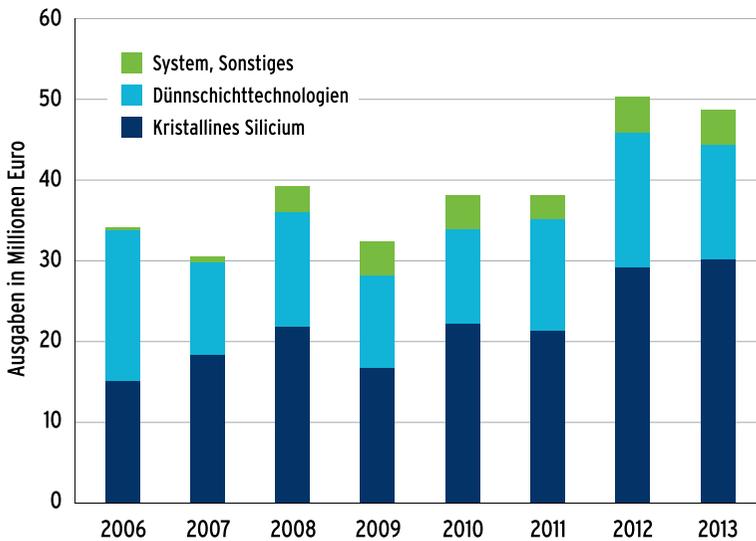
Die Photovoltaik kann einen signifikanten Beitrag zur Elektrizitätsversorgung mit erneuerbaren Energien leisten. Bereits heute trägt sie rund 5 Prozent des deutschen Stromverbrauches. Für Photovoltaikindustrie, Anlagenbau und Zulieferer war 2013 jedoch erneut ein schwieriges Geschäftsjahr. Weltweit stehen aktuell einem Markt von rund 40 Gigawatt Produktionskapazitäten von 60 bis 70 Gigawatt gegenüber. Dies führt zu einem Überangebot mit geringen Modulpreisen und hat zur Folge, dass nur die wirtschaftlichsten Fertigungen ohne Verluste produzieren können.

In den letzten Jahren wurden sowohl auf System- als auch auf Komponentenebene deutliche Kostenreduzierungen erreicht. Um diese Entwicklung weiter voranzubringen und das Ausbaupotenzial der Photovoltaik wirtschaftlich und effizient zu realisieren, sind weiterhin Wirkungsgrade zu verbessern und bestehende Kostensenkungspotenziale zu realisieren. In der aktuellen Situation tritt dabei das Förderziel in den Vordergrund, die Photovoltaikindustrie, den Anlagenbau sowie die Zulieferfirmen in Deutschland bei der Entwicklung innovativer, konkurrenzfähiger Lösungen zu unterstützen. Daher werden Verbundvorhaben mit Industriebeteiligung favorisiert. Gleichzeitig wird eine Vorlaufforschung ermöglicht, um die ausgezeichneten deutschen Forschungseinrichtungen in die Lage zu versetzen, auch in vier bis fünf Jahren der Industrie Ideen anzubieten, welche die Phase des „proof of concepts“ bereits erfolgreich durchlaufen haben.

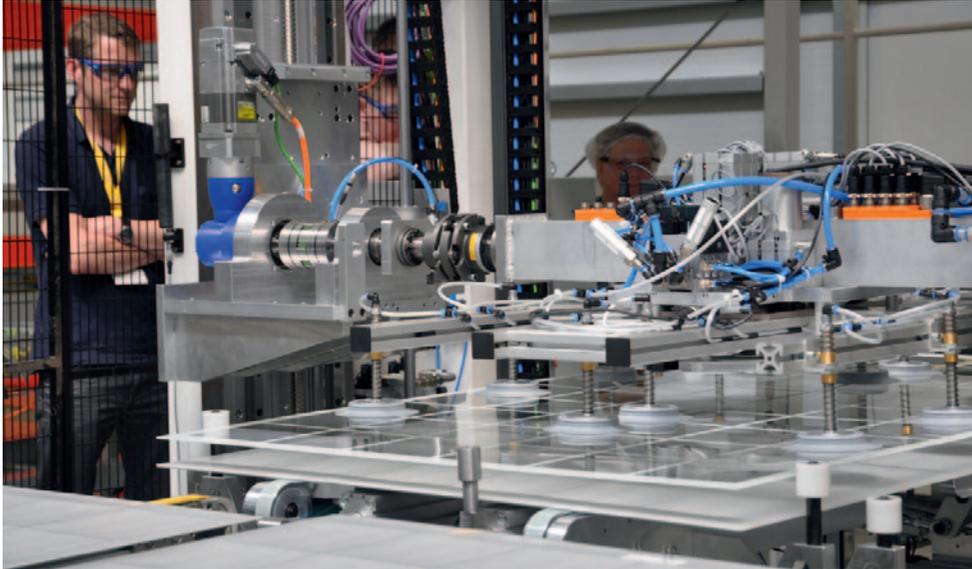
Erfolge dieser Strategie zeigen sich insbesondere in den positiven Zwischenergebnissen der laufenden Vorhaben zur Innovationsallianz Photovoltaik, wie das erste Statuskolloquium der von BMU und BMBF ins Leben gerufenen Initiative im April 2013 zeigte. Zur Flankierung der Innovationsallianz starteten die Ministerien im Mai 2013 den gemeinsamen Förderaufruf „Forschung und Entwicklung für Photovoltaik“. Ab 2014 werden aus den eingereichten Projektvorschlägen zwölf industriegeführte Vorhaben mit insgesamt bis zu 50 Millionen Euro bewilligt werden (dann durch BMWi).

Insgesamt hat das BMU 2013 im Bereich Photovoltaik 43 Projekte mit einem Fördervolumen von rund 36,2 Millionen Euro neu bewilligt. Das Neubewilligungsvolumen ist damit im Gegensatz zum Vorjahr deutlich gesunken (2012: 85 neu bewilligte Projekte mit insgesamt 68,3 Millionen Euro Fördervolumen). Zu beachten ist hierbei jedoch, dass 2011 und 2012 aufgrund der aufwachsenden Mittelvolumina im Bundeshaushalt und im Energie- und Klimafonds (EKF) die Projekte der Innovationsallianz Photovoltaik bewilligt werden konnten.

Aufgrund der Entwicklungspotenziale und klar erkennbaren Chancen für die deutsche Industrie liegen die Schwerpunkte der Förderung insbesondere bei den Technologien zum kristallinen Silicium, aber auch zur CIGS-Dünnschichttechnologie, zur konzentrierenden Photovoltaik (CPV) und zur Systemtechnik. Ein wichtiges Querschnittsthema ist die Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit von Photovoltaiksystemen. In laufende Forschungsvorhaben flossen im vergangenen Jahr 48,7 Millionen Euro (2012: 51,7 Millionen Euro).



Verteilung der Fördermittel im Bereich Photovoltaik zwischen 2006 und 2013.



Produktionsstart des Glas-Glas-Moduls „Protect“ von Solarworld. Durch eine erhöhte Modullebensdauer und optimierte Fertigungsabläufe beabsichtigen die Projektpartner des im Rahmen der Innovationsallianz Photovoltaik geförderten Projektes SONNE weiterhin eine Kostenreduktion des Solarstroms um ein Drittel.

4.1 Innovationsallianz Photovoltaik

Die Innovationsallianz Photovoltaik ist eine gemeinsame Initiative von BMU/BMWi und BMBF. Mit rund 100 Millionen Euro fördern die Ministerien seit 2010 mehr als 20 industriegeführte Verbundprojekte. Die Projekte leisten einen wichtigen Beitrag zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Solarbranche weltweit. Die Initiative wurde zusätzlich zur BMU-Förderbekanntmachung über die Forschung und Entwicklung im Bereich der erneuerbaren Energien aufgelegt (www.innovationsallianz-photovoltaik.de/).

Nach dreijähriger Entwicklungsarbeit hat der Forschungsverbund SONNE als erstes Projekt der Innovationsallianz Photovoltaik sein Vorhaben erfolgreich abgeschlossen. Unter Koordination der SolarWorld Innovations GmbH hatten sich 2011 zehn Unternehmen aus den Bereichen Produktion, Anlagenbau und Materialherstellung sowie vier Forschungseinrichtungen zusammengeschlossen, um gemeinsam

hocheffiziente und kostengünstige Solarzellen und -module zu entwickeln. Das Verbundvorhaben zeigt eindrucksvoll, wie die enge Kooperation über die gesamte Wertschöpfungskette hinweg schnelle Entwicklungszyklen vom Labor in die Fertigung möglich macht.

Im Mai 2013 ist die neue Förderinitiative „Forschung und Entwicklung für Photovoltaik“ gestartet (www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/130508_bekanntmachung_foerderung_fe_photovoltaik.html). Sie unterstützt mit 50 Millionen Euro die Anstrengungen der Photovoltaikindustrie in Deutschland, die Fertigungskosten weiter zu senken, Wettbewerbsvorteile durch einen Technologievorsprung zu erarbeiten und derzeit neu entstehende Märkte zu erschließen. Dabei sollen insbesondere Standortvorteile voll ausgeschöpft werden. Neben produktionsnahen Innovationen in der Photovoltaik-Modultechnik und dem Photovoltaik-Anlagenbau sollen vor allem komplexe systemtechnische Ansätze und Photovoltaik-Systemlösungen adressiert werden, um Geschäftsmodelle mit Wertschöpfungsketten am Standort Deutschland im Verbund von Industrie und industrienahen Dienstleistungen voranzutreiben.

Verbundprojekt: SONNE – Silicium-Hocheffizienzzellen und -module

Förderkennzeichen	0325277A; 0325277B; 0325277C; 0325277E; 0325277F; 0325277G; 0325277H; 0325277J; 0325277K; 0325277I
Laufzeit	01.01.2011 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	11.149.861 Euro
Projektpartner	SolarWorld Innovations GmbH; Hochschule Mittweida University of Applied Sciences; Momentive Performance Materials GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Berkenhoff GmbH; SITEC Solar GmbH; Solar Factory GmbH; Technische Universität Chemnitz; KUKA Systems GmbH; RENA Solar Technology Center GmbH

Im Rahmen des Projektes werden Solarzellen- und neue Modulverschaltungskonzepte sowie Technologien entlang der Wertschöpfungs-

kette entwickelt, um die Photovoltaikstromkosten um 33 Prozent zu reduzieren und die Lebensdauer der Module auf 30 Jahre zu erhöhen. Zellwirkungsgrade von 20 Prozent wurden mit einer PERC(Passivated Emitter and Rear Cell)-Zelle erreicht, unter Anwendung einer neuen Rückseitenpassivierung und eines Feinliniendrucks mit 30-Mikrometer- Fingerbreite. Durch ein neues Verschaltungskonzept für Hochleistungssolarzellen wurde ein Leistungsgewinn im Modul in Höhe von 6 Watt-Peak erreicht. Um optische Verluste im Modul weiter zu reduzieren, wird ein Simulationsprogramm entwickelt, und die Zell- und Modulergebnisse werden in einer Pilotfertigung verifiziert.

Verbundvorhaben: INET-PV – Innovative Netzwechselrichtertopologien für kleine Photovoltaikanlagen

Förderkennzeichen	0325289A; 0325289B
Laufzeit	01.12.2011 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	2.230.299 Euro
Projektpartner	Hochschule Trier – Trier University of Applied Sciences; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Dieses Vorhaben konzentriert sich auf kleine Photovoltaikanlagen mit einem Leistungsbereich um 5 Kilowatt-Peak. Zunächst sollen unterschiedliche Topologien simulatorisch untersucht werden. Die Simulation soll die Frage beantworten, welche Topologien zu einer deutlichen Kostensenkung beitragen können. Durch den Einsatz neuer Systemkonzepte und Komponenten (wie Siliciumcarbid – SiC) soll eine deutliche Wirkungsgradsteigerung bei einer gleichzeitigen deutlichen Kostenreduktion erreicht werden. Die am meisten geeignete Topologie fließt in die Hard- und Softwareentwicklung ein. Es werden Labortestgeräte aufgebaut, die in einem Feldtest ihre Eignung zeigen sollen.

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

Förderkennzeichen	0325305A; 0325305B; 0325305C; 0325305D
Laufzeit	01.03.2011 – 28.02.2014
Zuwendungssumme	6.045.649 Euro
Projektpartner	Manz CIGS Technology GmbH; Manz AG; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff- Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Ziel des Vorhabens ist die technologische Weiterentwicklung der Kuper-Indium-Gallium-Diselenid[Cu(In,Ga)Se₂]-Solarmoduletechnologie (CIGS) auf Glassubstraten im Hinblick auf Modulwirkungsgrad, Produktivität und Herstellkosten. Schwerpunkte der Arbeiten sind der CIGS-Koverdampfungsprozess, der Pufferabscheideprozess, die Laserstrukturierungsprozesse zur integrierten Serienverschaltung sowie inlinefähige Qualitätskontrollen. Innovative Prozesse, Komponenten und Anlagen werden entwickelt, optimiert und in der Fertigungslinie qualifiziert. Mit den Projektergebnissen wird die CIGS-Technik von Manz im globalen Photovoltaikmarkt wettbewerbsfähig sein (Bau schlüsselfertiger CIGS-Fabriken). Der Verbund stellt im Förderprogramm Innovationsallianz Photovoltaik eine ideale Konstellation der notwendigen Expertisen dar.

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

Förderkennzeichen	0325317B; 0325317C; 0325317D
Laufzeit	01.07.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.852.571 Euro
Projektpartner	EWE – Forschungszentrum für Energie- technologie e.V.; Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH; TRUMPF Hüttinger GmbH + Co. KG

Die siliciumbasierte Dünnschichtphotovoltaik ist die derzeit kosten-
effektivste, umweltfreundlichste und nachhaltigste Photovoltaik-

technologie. Allerdings nachteilig wirkt sich der vergleichsweise geringe Wirkungsgrad von derzeit circa 9 Prozent auf Modulebene aus. Um die Akzeptanz der Technologie zu erhöhen, ist eine Verbesserung des Wirkungsgrades von Vorteil und eine kontinuierliche Senkung der Herstellungskosten bei hoher Produktqualität entscheidend. Das Projekt beschäftigt sich mit der Entwicklung von innovativen Prozessen zur Steigerung des Wirkungsgrades von siliciumbasierten Dünnschichtmodulen sowie von Schlüsselkomponenten, die bei der Fertigung der Photovoltaikmodule zum Einsatz kommen.

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

Förderkennzeichen	0325356B; 0325356A; 0325356C
Laufzeit	01.11.2011 – 30.04.2014
Zuwendungssumme	870.720 Euro
Projektpartner	Forschungszentrum Jülich GmbH; LayTec in-line GmbH; Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik (IPM)

In der Siliciumdünnschichttechnologie ist ein effektives Lichtmanagement durch texturierte Frontkontakte von entscheidender Bedeutung für die Stromausbeute und damit für die Effizienz der Solarzelle. Im Rahmen dieses Projektes wurde ein inlinefähiger 2D-winkelaufgelöster Streulichtmessplatz realisiert. Die Streulichtdaten ergeben ein detailliertes Bild der Frontkontakt-Oberflächenstruktur und können für die Beurteilung der Texturgüte eingesetzt werden. Dazu wurde ein Texturqualitätsparameter für gesputtertes, texturgeätztes Zinkoxid definiert, der sowohl mit der Textureignung für Solarzellen als auch mit den Herstellungsparametern des Frontkontaktes korreliert. Letztere Korrelation wurde dazu eingesetzt, eine Rückkopplungsschleife zur Regelung der Oberflächentextur zu etablieren.

Verbundprojekt: DIASIP – Teilvorhaben: Grundlegende Untersuchungen von Diamantdraht-Sägeprozessen und Wafereigenschaften

Förderkennzeichen	0325372A; 0325372B; 0325372C; 0325372D; 0325372E
Laufzeit	01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	4.591.166 Euro
Projektpartner	Technische Universität Bergakademie Freiberg; Bosch Solar Energy AG; Wendt GmbH; Steinbeis Innovation gGmbH; PV Crystalox Solar Silicon GmbH

Im Rahmen des Verbundprojektes soll das Diamantdrahtsägen an die Erfordernisse der Photovoltaiktechnik angepasst und damit Sägekosten deutlich gesenkt werden – dazu haben sich fünf Forschungspartner zusammengeschlossen. Zunächst werden geeignete Diamantdrähte hergestellt (Wendt GmbH) und in Einzeldrahtversuchen getestet (Steinbeis Innovation). Auf einer Industriesäge am Fraunhofer Technologiezentrum für Halbleitermaterialien werden die entsprechenden Säge- und Reinigungsprozesse für mono- und multikristalline Wafer entwickelt. Bei Bosch Solar Energy AG und PV Crystalox Solar Silicon GmbH werden die Drähte und Prozesse im industriellen Maßstab eingesetzt und das Potenzial evaluiert.

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

Förderkennzeichen	0325379A; 0325379C; 0325379E; 0325379F; 0325379G; 0325379B
Laufzeit	01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	2.731.984 Euro
Projektpartner	AZUR SPACE Solar Power GmbH; Philipps-Universität Marburg; Sempa Systems GmbH; CS CLEAN SYSTEMS AG; Dausinger & Giesen GmbH; PHOTONIC SENSE GmbH

Das Verbundprojekt, initiiert im Rahmen des Bundesumweltamt-Programmes Innovationsallianz Photovoltaik, strebt die Entwicklung

eines innovativen und kostengünstigen Fertigungsprozesses für Solarzellenbaugruppen photovoltaischer Konzentratormodule an, um bis 2015 die Herstellungskosten auf Modulebene pro Watt um 40 Prozent zu senken. Ausgehend von der bei dem Projektpartner AZUR SPACE etablierten Fertigung soll die Optimierung der gesamten Wertschöpfungskette vom Substrat über die Epitaxie und Zellfertigung bis zur Baugruppe vorangetrieben werden.

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

Förderkennzeichen	0325383A; 0325383B
Laufzeit	01.11.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	1.894.535 Euro
Projektpartner	Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; VON ARDENNE GmbH

Das Projekt befasst sich mit der Entwicklung eines innovativen Herstellungsverfahrens für elektronisch hochwertige Kupfer(CU)-Indium(I)-Gallium(Ga)-Diselenid(CIGSe)-Filme, die in Dünnschichtsolarzellen eingesetzt werden sollen. Dabei wird ein Cu-In-Ga-Schichtstapel (SEL) unter Zuführung eines plasmaaktivierten Selen-Radikal-/Ionenstroms zum CIGSe-Halbleiter bei geeigneter Substrattemperatur rekristallisiert. Diese Technologie lässt eine gegenüber klassischen Verfahren verbesserte elektronische Qualität der Absorberschicht, einen geringeren Selenverbrauch sowie eine energiesparendere Schichtabscheidung bei reduzierten Substrattemperaturen deutlich unterhalb von 550 Grad Celsius erwarten. Für die Prozessentwicklung wurde eine spezielle Hochtemperaturkammer zur plasmagestützten Aktivierung von thermisch verdampftem Selen entwickelt und in die Technikumsanlage der Universität Oldenburg integriert.

Verbundvorhaben: EuroPlas – Entwicklung umweltverträglicher, hocheffizienter Plasmaprozesse für die kostengünstige industrielle Herstellung von Solarzellen

Förderkennzeichen	0325371A; 0325371B; 0325371C; 0325371D
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	2.144.783 Euro
Projektpartner	Roth & Rau AG; Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS; Linde AG; DAS Environmental Expert GmbH

Das Forscherteam von EuroPlas arbeitet daran, durch Einführung umweltschonender Plasmaätzprozesse die Kosten für die Herstellung siliciumbasierter Solarzellen zu reduzieren, die Zelleffizienz zu steigern und die Umweltverträglichkeit der Zellherstellung weiter zu optimieren. Dazu wird von den Verbundpartnern eine hochproduktive Inline-Plasmaätzanlage mit Prozessgasversorgung und optimierter Abgasbehandlung entwickelt, die den Herstellungsprozess von Solarzellen effizienter und umweltverträglicher macht – bei gleichzeitiger Qualitätssteigerung der Solarzellen. Die üblicherweise bei der Solarzellenproduktion eingesetzten klimawirksamen Gase, wie Schwefelhexafluorid (SF₆), Stickstofftrifluorid (NF₃) sowie teil- beziehungsweise vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW und FKW), werden durch klimaneutrale fluor- und chlorhaltige Prozessgasmischungen ersetzt.

Verbundvorhaben: Rokoko – RoHS-konforme kristalline Siliciumsolarmodule

Förderkennzeichen	0325375A; 0325375B; 0325375D; 0325375E
Laufzeit	01.10.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.806.157 Euro
Projektpartner	Robert Bosch GmbH; Bosch Solar Energy AG; SCHOTT AG; SGS INSTITUT FRESENIUS GmbH Dresden

Photovoltaikmodule fallen bisher nicht unter die Richtlinie der Europäischen Gemeinschaft 2002/95/EG zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten (RoHS).

Dennoch enthalten gängige Photovoltaikmodule aus kristallinem Silicium Blei, zum Beispiel in den Metallisierungspasten der Zellen. Ziel des Projektes ist es, hocheffiziente RoHS-konforme Solarmodule zu entwickeln. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf der Reduktion des Bleigehalts beziehungsweise auf der Entwicklung neuer Metallisierungspasten, um die technologische und wirtschaftliche Machbarkeit von RoHS-konformen Solarmodulen zu demonstrieren. Darüber hinaus soll das SGS Institut Fresenius innerhalb des Projektes eine Nachweismethode für die RoHS-Konformität von Solarmodulen entwickeln und präsentieren.

Verbundvorhaben: Innosolar – Entwicklung einer Verfahrenstechnik und -ausrüstung zur Verschaltung von Rückseitenkontaktsolarzellen auf flexiblen Verdrahtungsträgern unter der Verwendung einer RoHS-konformen bleifreien Löttechnologie

Förderkennzeichen	0325376A; 0325376C; 0325376F; 0325376G; 0325376H; 0325376E
Laufzeit	01.12.2012 – 30.11.2015
Zuwendungssumme	2.291.237 Euro
Projektpartner	Siemens AG; Robert Bosch GmbH; KREMPEL GMBH; Fraunhofer-Center für Silizium Photovoltaik; Universität des Saarlandes; SEHO Systems GmbH

Um künftigen Anforderungen an Leistungsfähigkeit und Nachhaltigkeit bei der Produktion von Photovoltaik(PV)-Modulen nachkommen zu können, ist eine neue Verschaltungstechnik erforderlich, die die aktuellen Technologien in folgenden Kerngebieten verbessert: **1.** Ablösung der nicht RoHS-konformen (EG-Richtlinie zur Beschränkung der Verwendung bestimmter gefährlicher Stoffe in Elektro- und Elektronikgeräten) bleihaltigen Löttechnik; **2.** Fähigkeit, zukünftige Zellenkonzepte mit geringen Waferdicken und Anordnung aller Kontakte auf der Rückseite verschalten zu können. Ziel ist die Entwicklung einer massenproduktionstauglichen Anlagentechnik zur Lötmontage von rückseitenkontaktierten Solarzellen mit beliebigen Anschlusskonfigurationen (Metal/Emitter Wrap-Through – MWT/EWT, Interdigitated Back-Contact – IBC) auf flexiblen Verdrahtungsträgern sowie die Integration der neuen Montageteknik in den bestehenden Produktionsprozess für PV-Module.



Zukunftsweisendes Material für die Herstellung von Solarzellen: Statt der aufwändig zu fertigenden Siliciumstäbe wird granulARES Silicium verwendet.

4.2 Siliciumwafer-Technologie

Mit rund 90 Prozent der globalen Installationen sind Photovoltaikmodule auf Basis kristallinen Siliciums nach wie vor Standard. Sie haben inzwischen einen hohen Reifegrad erlangt. Die Fertigungstechnologien konnten in den letzten Jahren sukzessive verbessert werden. Die PERC-Technologie (Passivated Emitter and Rear Contact) mit Zellwirkungsgraden von 18 Prozent und mehr befindet sich in der Markteinführungsphase. Hier konnte der Anlagenbau in Deutschland zusammen mit Photovoltaikfirmen und Forschungsinstituten wesentliche Innovationen umsetzen und hat deshalb gute Chancen, von einer Absatzbelebung zu profitieren. Darüber hinaus ist der Weg zur Entwicklung von noch effizienteren, qualitativ hochwertigeren Modulen aufgezeigt.

Forschungsansätze betreffen etwa das Silicium als Material. Beispielsweise wird erforscht, wie multikristallines Silicium so hergestellt werden kann, dass es den Wirkungsgraden von monokristallinem Silicium möglichst nah kommt. Letzteres erreicht höhere Wirkungsgrade, ist

aber teurer in der Herstellung. Ein anderer Ansatz betrifft die Verwendung alternativ dotierten Materials. Zunehmend werden Solarzellen genutzt, die als Basismaterial n- statt p-dotiertes Silicium verwenden und eine höhere Leistungsstabilität gewährleisten. Die Prozesse zur Herstellung müssen jedoch angepasst werden.

Andere Ansätze befassen sich mit dem Zellaufbau, etwa um die Abschattung auf der Vorderfläche einer Solarzelle so gering wie möglich zu halten. Kostenintensive Prozesse wie Hochtemperaturbehandlungen sollen möglichst vermieden werden. Um die Ergebnisse schnell umzusetzen und zu verbreiten, ist es wichtig, Entwicklungen voranzubringen, welche die existierenden Prozessanlagen nutzen. Entsprechende Forschungsansätze müssen jedoch durch vollkommen neue Ansätze ergänzt werden, um das mögliche Entwicklungspotenzial dieser Technologie in vollem Umfang auszunutzen.

Atomic-Layer-Deposition für die Oberflächenpassivierung von hocheffizienten Siliciumsolarzellen (ALD)

Förderkennzeichen	0325050
Laufzeit	01.05.2008 – 31.01.2013
Zuwendungssumme	1.983.894 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Ziel dieses Vorhabens ist es, das Potenzial von Aluminiumoxid-Schichten, die mit dem Atomic-Layer-Deposition(ALD)-Verfahren abgeschieden werden, für die Oberflächenpassivierung von hocheffizienten kristallinen Siliciumsolarzellen zu evaluieren. Es soll eine ALD-Laboranlage aufgebaut werden, die sowohl Abscheidungen mittels thermischer als auch plasmaunterstützter ALD erlaubt. Darüber hinaus wird ein industrienahe Inline-Tool aufgebaut und evaluiert, das rasche Abscheidungen mit Hilfe der Spatial-ALD-Technik ermöglicht. Die abgeschiedenen Schichten sollen bezüglich ihrer Passivierungswirkung optimiert und im Anschluss auf ihre elektrischen, optischen und strukturellen Eigenschaften hin detailliert untersucht und in Solarzellen implementiert werden.

TechNick – Technologieentwicklung zur galvanischen Nickelkontaktierung für kristalline Siliciumsolarzellen

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

Das Forschungsvorhaben TechNick fokussiert auf die Entwicklung einer Anlagentechnologie zur chemischen Nickelabscheidung, die für die industrielle Solarzellenherstellung geeignet ist, sowie eines vollständig galvanisch erzeugten Kontaktaufbaus. Im Labormaßstab konnten am Fraunhofer ISE bereits Wirkungsgrade von über 20 Prozent auf kleinen Flächen aus monokristallinem Silicium mit zweistufiger galvanischer Kontaktierung der Vorderseite erzielt und damit das hohe Potenzial dieser Kontaktierungstechnologie gezeigt werden. Als Nächstes sollen diese Prozesse auf großflächige Solarzellen übertragen sowie geeignete Anlagen für eine industrielle Anwendung entwickelt werden.

CrystalLine – Dünnschichtmodultechnik für die kristalline Siliciumphotovoltaik

Förderkennzeichen	0325192
Laufzeit	01.06.2010 – 31.08.2013
Zuwendungssumme	1.337.698 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Ziel des Projektes ist die Kombination hoher Wirkungsgrade von waferbasierten Silicium(Si)-Solarzellen mit niedrigeren Herstellungskosten von Dünnschichtmodulen. Hierzu werden großflächige Dünnschichtprozesse (Metallisierung, TCO(elektrisch leitfähige Oxide)-Abscheidung und Laserstrukturierung) für die Herstellung und Serienverschaltung von kristallinen Siliciumsolarzellen auf großflächigen Substraten angewendet und zwei Konzepte evaluiert: die Entwicklung von Modulen mit serienverschalteten kristallinen Silicium-Heterojunction-Solarzellen, deren Prozessierung teilweise während der Modulherstellung erfolgt, und die Herstellung von Modulen mit fertig prozessierten kristallinen

Silicium-Rückkontakt-Solarzellen – wofür ein Laserschweißprozess zur verlustfreien Verschaltung entwickelt und ein Wirkungsgrad von 19,3 Prozent auf einer 172-Quadratcentimeter-Fläche demonstriert wurde.

Verbundvorhaben: VaCoC – Lötfähige Vakuummetallisierung für beidseitig kontaktierte hocheffiziente Solarzellen

Förderkennzeichen	0325195A
Laufzeit	01.05.2010 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	2.554.600 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Im Projekt wurden die im Vakuum hergestellten Metallschichtsysteme Al/Ni:V/Ag und Al/Ni:Si/Ag auf ihre Eignung für die Metallisierung von Solarzellen untersucht. Für verschiedene Passivierschichtsysteme wurden in sieben verschiedenen Haltbarkeitsprüfungen Lot-/Flussmittel-Kombinationen und Laminationsmaterialien identifiziert, die bei der Vakuummetallisierung eingesetzt werden können. Für die Solarzellen-vorderseite konnte auf Laboranlagen die Funktionalität des im Projekt entwickelten, maskenfreien FAME-Verfahrens (Full-Area Metallization and Etching) gezeigt werden. Hier gelang erstmals die Herstellung von Solarzellen, die beidseitig ohne den Einsatz von Aufdampfmasken im Vakuum metallisiert werden und nach einem halben Jahr Lagerung noch mit konventionellen Techniken lötbar sind. Sie erreichten auf einer Fläche von 125 mal 125 Quadratmillimetern einen Wirkungsgrad von 19,6 Prozent.

KALUS – Kontaktierung von Aluminiumschichten auf Solarzellen

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

Das Vorhaben zielt auf die Entwicklung einer Verbindungstechnologie für die direkte Kontaktierung von Aluminium(Al)-Schichten auf Solar-

zellenrückseiten. Nach aktuellem Stand werden gewöhnliche Solarzellen rückseitig mit einer Al-Schicht belegt. Durch die Legierung des Aluminiums mit dem Silicium des Wafers entsteht das Back-Surface-Field (BSF). Diese Passivierung reduziert die Rekombinationsrate an der Rückseite und erhöht die Solarzellenleistung. Weiterhin dient die Al-Schicht dem Ladungsträgertransport aus der Zelle zu den Kontaktstellen, die über Lötstellen in einen Flachdraht übertragen werden. Für die Kontaktierung muss ein Prozess entwickelt werden, der die Anforderungen bezüglich elektrischer Leitfähigkeit, mechanischer Stabilität und Alterungsbeständigkeit im Photovoltaikmodul erfüllt.

EpiEm – Epitaktische Emitter für mono- und multikristalline Silicium-Hocheffizienz-Solarzellen

Förderkennzeichen	0325199A; 0325199B
Laufzeit	01.08.2010 – 31.07.2013
Zuwendungssumme	1.311.690 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); RENA Solar Technology Center GmbH

Bei der industriellen Fertigung von Solarzellenkonzepten mit Wirkungsgraden von über 20 Prozent stößt die Diffusion in Bezug auf Prozesszeit und -kosten an ihre Grenzen. Ziel des Projektes war es, Hocheffizienz-Emitter mit Hilfe der Homoepitaxie von Silicium zu realisieren. Sie ermöglicht es, Dicke und Dotierung einer Schicht nahezu unabhängig voneinander einzustellen – bei circa zehnfach kürzerer Prozesszeit. Im Rahmen des Projektes wurden n-Typ-Emitter sowie p-Typ-Emitter entwickelt. Wir konnten epitaktische p- und n-Typ-Emitter mit Emittersättigungsströmen von unter 50 Femtoampere pro Quadratzentimeter herstellen und daraus Solarzellen bis 20 Prozent Wirkungsgrad prozessieren. In Verbindung mit optimierten Galvanik-basierten Metallisierungsverfahren der Firma Rena konnten außerdem Hocheffizienz-Solarzellen-Konzepte realisiert werden.

Verbundprojekt: SIMPUREM – Innovative Erstarrungs- und Mahl-technologie und deren Anwendung zur Herstellung von SolarSilicium

Förderkennzeichen	0325203A; 0325203B; 0325203C
Laufzeit	01.06.2010 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	664.441 Euro
Projektpartner	Adensis GmbH; Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden e. V.; Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg

Um die Wettbewerbsfähigkeit solarer Energieversorgung gegenüber herkömmlichen Energiequellen zu fördern, arbeitet die Adensis GmbH gemeinsam mit der Hochschule Lausitz und dem Leibniz Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung Dresden (IFW) an einem neuen Reinigungsverfahren für Solarsilicium. Der übliche energieintensive Übergang in die Gasphase wird bei dieser Reinigung vollständig vermieden. Die Aufbereitung wird über die Kombination von Legierung, zellulärer Erstarrung von metallurgischem Silicium und einer innovativen, korngrenzenselektiven Zerkleinerung mit anschließender chemischer Reinigung erreicht. Die weniger stringenten Anforderungen an die Reinheit von Solarsilicium gegenüber elektronischem Silicium lassen den Weg als aussichtsreich erscheinen.

Verbundprojekt: SIMPSONS – Simulation von mono- und polykristallinen Solarzellen aus nachhaltiger Standardproduktion

Förderkennzeichen	0325204A; 0325204B; 0325204C
Laufzeit	01.06.2010 – 31.05.2013
Zuwendungssumme	1.039.357 Euro
Projektpartner	SolarWorld Innovations GmbH; Deutsche Cell GmbH; Leibniz Universität Hannover

Im Rahmen des Projektes werden die Potenziale zur schnellen, nachhaltigen, kosteneffizienten Wirkungsgradsteigerung industrieller Solarzellen durch Simulationsrechnungen in zwei und drei Dimensionen untersucht. Die Arbeitsgruppe an der Universität Hannover konzentriert

sich auf die Entwicklung eines Modells zur Simulation von multi-kristallinen Zellen. Die Deutsche Cell GmbH bereitet Daten aus der Produktion auf und stellt sie zur Modellbildung bereit. Die SolarWorld Innovations GmbH koordiniert die Verknüpfung zwischen anfallenden Produktionsdaten und Modellbildung und charakterisiert eingehend die Solarzellen im Labormaßstab. Die gewonnenen Erkenntnisse über Hauptverlustmechanismen auf halbleiterphysikalischer Basis ermöglichen die effiziente Einführung technologischer Verbesserungen.

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

Förderkennzeichen	0325205A; 0325205B; 0325205C
Laufzeit	01.06.2010 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.022.766 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH; SCANLAB AG; InnoLas Systems GmbH

Ziel des Verbundprojektes ist die Entwicklung eines Laserbearbeitungssystems, das Siliciumwafer mit einer Kantenlänge von 156 Millimetern innerhalb von fünf Sekunden mit einem Laser ganzflächig bearbeiten kann. Dabei sollen erstmals hochrepetierende Ultrakurzpulslaser im Megahertz-Bereich für Einzelpulsanwendungen genutzt werden. Hierfür ist es notwendig, Strahlableitungsgeschwindigkeiten von über 100 Metern pro Sekunde zu erzielen. Gleichzeitig soll es die Bearbeitungsanlage erlauben, Solarzellstrukturen mit einer Genauigkeit von +/- 50 Mikrometern 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.

SilKriT – Vermeidung von Versetzungsclustern in mc-Silicium im Rahmen der Siliciumkristallisationstechnologie

Förderkennzeichen	0325209A; 0325209B
Laufzeit	01.06.2010 – 31.05.2013
Zuwendungssumme	1.386.735 Euro
Projektpartner	SolarWorld Innovations GmbH; ACCESS e.V.

Im Rahmen des Verbundprojektes soll die Versetzungsdichte, insbesondere das Auftreten von Versetzungsclustern, in multikristallinem, blockerstarrtem Silicium für photovoltaische Anwendungen verringert werden. Dadurch wird der Wirkungsgrad der Solarzellen gesteigert und der Unterschied zu einkristallinem Silicium weiter verkleinert. Access e.V. baut einen Kristallisationsofen (Chargen über 20 Meter pro Kilogramm) auf, und die Prozessentwicklung wird durch Simulation der Spannungsverteilung und Versetzungsentwicklung unterstützt. Die im Versuchsofen erzeugten Blöcke werden bei SolarWorld zu Wafern verarbeitet und bei der Herstellung von Testsolarzellen eingesetzt. Die Qualitätsanalysen erfolgen entlang der gesamten Herstellungskette und werden anhand der speziellen Fragestellungen des Projektes weiterentwickelt.

Rück-Si – Rückseitensiliciumzelle mit Laserdotierung

Förderkennzeichen	0325213
Laufzeit	01.06.2010 – 30.09.2013
Zuwendungssumme	2.822.219 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart

Im Rahmen des Projektes Rück-Si wurde mit einem Wirkungsgrad von 22 Prozent ein neuer Spitzenwert für Zellen aus kristallinem Silicium erzielt. Der am Institut entwickelte Laserprozess erlaubt die Herstellung von Rückseitenkontaktzellen ohne jegliche Maskierschritte und macht damit fast die Hälfte der Prozessschritte überflüssig, die bislang bei ihrer industriellen Produktion nötig sind. Da bei diesem Zellentyp alle Kontakte auf der Rückseite liegen, müssen dort die Dotierungen und Kontaktierungen sehr fein strukturiert sein. Zur Fertigung dieser feinen Strukturen sind aufwendige und teure Maskierschritte notwendig, die durch die Laserprozesse entfallen.

GRIPS – Grundlagenentwicklung für industriennahe passivierte Siliciumsolarzellen

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

Das GRIPS-Projekt hat zum Ziel, die Grundlagen für die industrielle Fertigung oberflächenpassivierter 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 insbesondere die lokale Kontaktierung mittels Laserlegieren (Laser-Fired Contacts – LFC). Weitere Arbeitspunkte sind die Anwendung des Konzeptes auf multikristallines Siliciummaterial und seine Optimierung sowie der Einsatz einer Vorderseitenstruktur mit deutlich erhöhtem Wirkungsgradpotenzial.

ECOClean – Ökonomische und ökologische Reinigungsprozesse für die Photovoltaik

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

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

Verbundvorhaben: Innovative qualitätsoptimierte Laserverbindungstechnik für Photovoltaikmodule

Förderkennzeichen	0325265A; 0325265C; 0325265D; 0325265E; 0325265F; 0325265G
Laufzeit	01.01.2011 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	1.368.629 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT); teamtechnik Maschinen und Anlagen GmbH; Amtron GmbH; Precitec GmbH & Co. KG; INGENERIC GmbH; Laserline Gesellschaft für Entwicklung und Vertrieb von Diodenlasern mbH

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

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

Förderkennzeichen	0325269D; 0325269A; 0325269B; 0325269C
Laufzeit	01.02.2011 – 31.01.2014
Zuwendungssumme	2.312.212 Euro
Projektpartner	SolarWorld Innovations GmbH; Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM); Petrofer Chemie H. R. Fischer GmbH & Co. KG; ESK Ceramics GmbH & Co. KG

Der Sägeprozess zur Herstellung von Siliciumwafern ist nach aktuellem Stand der Technik ein zeit- und kostenintensiver Verfahrensschritt, der

bis zu 30 Prozent der Herstellungskosten für ein Solarmodul ausmacht. Das Ziel, die Kosten bei der Waferproduktion um 20 Prozent zu senken, soll durch die Entwicklung und den Einsatz eines neuen ressourcenschonenden, hocheffizienten Drahtsägeprozesses, der daran angepassten Vereinzelungs- und Reinigungstechniken sowie der nachfolgenden Prozess- und Handlungsschritte bis hin zur fertigen Zelle erreicht werden. Der neue Sägeprozess ermöglicht einen deutlich höheren Scheibendurchsatz bei hoher Waferqualität und niedrigem Energie- und Ressourcenverbrauch pro Waferscheibe.

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

Förderkennzeichen	0325270G; 0325270A; 0325270B; 0325270C; 0325270D; 0325270E; 0325270F; 0325270H
Laufzeit	01.02.2011 – 31.07.2014
Zuwendungssumme	5.496.751 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Technische Universität Bergakademie Freiberg; Georg-August-Universität Göttingen; Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik; IHP/BTU Joint Lab; Institut für Solarenergieforschung GmbH; Universität Konstanz; Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg

Im Verbundprojekt SolarWinS (Solar-Forschungscluster zur Ermittlung des maximalen Wirkungsgradniveaus von multikristallinem Silicium) verfolgen sechs Firmen und 13 Forschungseinrichtungen das Ziel, das Wirkungsgradpotenzial von multikristallinem Silicium zur Herstellung von Solarzellen auszuloten. Hierzu werden Kristallisationen im Labormaßstab durchgeführt und der Verunreinigungseintrag aus der Umgebung analysiert und minimiert sowie die Einflüsse der Solarzellenprozessschritte auf die Eigenschaften und Defektverteilungen der hergestellten Siliciummaterialien untersucht. Als wichtigste Teststruktur geben mittels Hocheffizienzprozesse hergestellte Solarzellen Aufschluss über das maximal erreichbare Wirkungsgradpotenzial und die noch in Siliciummaterialien vorhandenen Limitierungen.

ForTeS – Entwicklung fortschrittlicher Technologien zur Effizienzsteigerung von Siliciumsolarzellen der nächsten Generation

Förderkennzeichen	0325292
Laufzeit	01.07.2011 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	5.399.181 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

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

Hermes – Mechanische Belastung von Photovoltaikmodulen aus kristallinen Siliciumsolarzellen

Förderkennzeichen	0325295A
Laufzeit	01.05.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	590.959 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Der Transport und die Installation von Photovoltaik(PV)-Modulen können zu Schäden an den Solarzellen führen. Aus diesem Grund werden die mechanischen Belastungen von PV-Modulen unter Realbedingungen gemessen. Anhand der Lastprofile werden Prüfvorschriften für den Modultransport und die Installation erarbeitet. Außerdem werden Vorschläge und Richtlinien erarbeitet, wie der Transport, die Verpackung und der Rahmen der PV-Module verändert werden können, um Schäden an den Solarzellen zu vermeiden. Nach erfolgreichem Projektabschluss ist damit die Grundlage für eine geringere Reklamationsrate und einen höheren Gesamtertrag der Solarmodule geschaffen.

HighScreen – Hocheffiziente Siebdrucksolarzellen mit dielektrischer Rückseitenpassivierung und selektivem Emittter

Förderkennzeichen	0325296
Laufzeit	01.05.2011 – 31.07.2014
Zuwendungssumme	714.316 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Ziel des Projektes ist die Entwicklung industrienaher hocheffizienter Passivated-Emitter-and-Rear-Cell(PERC)-Solarzellen der nächsten Generation. Das wesentliche Etappenziel, einen Wirkungsgrad von über 20 Prozent zu demonstrieren, wurde bereits für eine großflächige, industrienaher PERC-Solarzelle (20,6 Prozent) erreicht. Dieser Wirkungsgrad ist signifikant höher als die heutzutage typischerweise industriell erzielten Wirkungsgrade von 18 bis 19 Prozent. Außerdem werden folgende Themen im Projekt bearbeitet: Feinliniensiebdruck der Silber(Ag)-Vorderseitenkontakte; Optimierung des Emitters, zum Beispiel mittels selektiver Emittter; Entwicklung neuer Verfahren für die Rückseitenpolitur; Entwicklung neuer Verfahren für die Rückseitenpassivierung.

Demonstration MWT-TPedge am Neubau R

Förderkennzeichen	0325355
Laufzeit	01.06.2011 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	1.954.679 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Das Vorhaben zielt darauf ab, innovative Zell- und Modultechnologien am Neubau des Institutsgebäudes R des Fraunhofer ISE in Freiburg zu demonstrieren. Dafür werden erstmals hocheffiziente MWT(Metal Wrap Through)-Solarzellen und MWT-TPedge-Module (randversiegelte Bauweise) in großen Stückzahlen und Modulformaten produziert. Es sollen 12.000 MWT-Solarzellen mit passivierter Rückseite im PV-TEC (Photovoltaik Technologie Evaluationscenter) ausschließlich auf Industrieanlagen hergestellt werden. Ziel ist ein mittlerer Wirkungsgrad von 19 Prozent. Diese Rückkontaktzellen sollen mit weniger als 1,5 Prozent

Serienwiderstandsverlusten zu Strings verbunden werden. Die hergestellten Module sollen die kritischen Prüfsequenzen der IEC 61215 erfolgreich durchlaufen. Abschließend werden circa 250 Module hergestellt.

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

Förderkennzeichen	0325369A; 0325369B
Laufzeit	01.10.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.094.734 Euro
Projektpartner	International Solar Energy Research Center Konstanz e. V.; Bosch Solar Energy AG

Im Projekt soll die Effizienz und Wirtschaftlichkeit der industriell gefertigten, bifazialen n-Typ-Solarzelle aus dem enSol-Projekt verbessert werden: Zum einen werden die zwei Diffusionshochtemperaturschritte optimiert, zum anderen muss die Emitter-Schädigung durch die Siebdruckmetallisierung verstanden und begrenzt werden, zum Beispiel durch neuartige Kontaktierung oder selektive Dotierungen – beides begrenzt derzeit die Zellspannung. Der Verbrauch von Leitsilber zur Kontaktierung soll durch neue Druckkonzepte ebenfalls reduziert werden. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Messung der Moduleigenschaften eines n-Typ-Moduls und der Quantifizierung des erhöhten Energieertrags unter bifazialen realen Außentestbedingungen.

Entwicklung von ultrahocheffizienten Rückkontakt-Siliciumsolarzellen unter Verwendung industriell anwendbarer Strukturierungsmethoden

Förderkennzeichen	0325374A; 0325374B
Laufzeit	01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	1.113.253 Euro
Projektpartner	Universität Konstanz; MERCK KG auf Aktien

Rückkontaktsolarzellen mit rückseitigem p-n-Übergang bieten das höchste Wirkungsgradpotenzial für die kristalline Siliciumsolarzellentechnologie. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung einer hocheffizienten,

großflächigen rückseitig kontaktierten Solarzelle mit rückseitigem p-n-Übergang. Die Herausforderungen liegen in der erfolgreichen Herstellung der entsprechenden Struktur mit kostengünstigen, industriell anwendbaren Prozessschritten. Diese basieren auf Sieb- oder Inkjetdruck und ermöglichen so das lokale Aufbringen der notwendigen Medien. Des Weiteren beinhaltet das Vorhaben die Entwicklung geeigneter druckbarer Medien zur Herstellung und Strukturierung der p- und n-dotierten Bereiche.

GECKO – Großflächig kontaktlose Druckverfahren und Materialien zur Erzeugung feiner Strukturen für hocheffiziente Siliciumsolarzellen

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

Das Ziel des Forschungsvorhabens GECKO ist die Entwicklung kontaktloser Applikationsverfahren für das strukturierte Aufbringen funktionaler Medien auf kristalline Siliciumsolarzellen. Im Fokus der Entwicklungen steht das Dispensverfahren, das im Vergleich zum herkömmlichen Siebdruckverfahren signifikant feinere und homogenere Vorderseitenkontakte bei gleichzeitig höherem Aspektverhältnis ermöglicht und dadurch die Abschattungsverluste des Kontaktgitters reduziert. Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird dieses Verfahren unter anderem mit Hilfe eines speziellen Simulationstools hinsichtlich seiner Anwendbarkeit im industriellen Umfeld weiterentwickelt. Aktuell wurde ein Dispensprototyp entwickelt, der im Parallelbetrieb zehn homogene, über 35 Mikrometer breite Kontakte applizieren kann.

Verbundvorhaben: Zuverlässigkeit von PV-Modulen II

Förderkennzeichen	0329978A; 0329978B; 0329978C
Laufzeit	01.08.2009 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	1.775.929 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM); TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH

Eine nachhaltige Energieversorgung mittels Solartechnik erfordert Komponenten, die der Bewitterung mehrere Jahrzehnte standhalten. Innovative Materialien sollen die Kosten für diese Zukunftstechnologie weiter senken. Die beschleunigte Prüfung ihrer Gebrauchstauglichkeit und Beständigkeit mittels künstlicher Bewitterung soll durch den Vergleich mit realer Bewitterung unter verschiedenen klimatischen Bedingungen verifiziert werden. Dazu wurden identische Photovoltaikmodule 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. Die Belastungen sollen aufgezeichnet und die Veränderung ihrer Leistungsfähigkeit in situ durch Kennlinienmesssysteme untersucht werden.

KONSENS – Detaillierte Untersuchung der Kontaktbildung von siebgedruckter Metallisierungspaste und Entwicklung alternativer Metallisierungskonzepte für kristallines Silicium

Förderkennzeichen	0325426
Laufzeit	01.04.2012 – 31.03.2015
Zuwendungssumme	826.419 Euro
Projektpartner	Universität Konstanz

Die Bildung der Metallkontakte, zum Beispiel mittels Siebdruck, ist ein wesentlicher Prozessschritt bei der Herstellung konventioneller sowie neuartiger Solarzellen. Von dieser Bildung existiert derzeit nur eine phänomenologische Vorstellung, für die optimale Weiterentwicklung ist jedoch ein detailliertes Verständnis der Kontaktbildung nötig.

Deshalb ist es Ziel dieses Vorhabens, ein detailliertes Modell der Kontaktbildung bei n- und p-Typ-Silicium-Oberflächen zu erarbeiten und Konzepte für eine silberfreie Metallisierung, basierend auf Metallnitriden und Metallsiliciden, aufzuzeigen. In weiterführenden Arbeiten kann das neue Verständnis der Kontaktbildung zur Entwicklung stabiler industrierelevanter Prozesse genutzt werden.

Optimierung von Hocheffizienz solarzellen für maximale Jahreserträge auf Basis der hochpräzisen Analyse der temperatur- und intensitätsabhängigen Zelldaten

Förderkennzeichen	0325447
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	1.216.620 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Bisher wird die Solarzellenentwicklung an der Leistung unter Standardmessbedingungen gemessen, die sich von realistischen Einsatzbedingungen (Temperatur, Einstrahlungsintensität und -winkel) wesentlich unterscheiden. Im Projekt soll die Basis zur Verringerung der Leistungsverluste von Siliciumsolarzellen unter Betriebsbedingungen erarbeitet und für die Entwicklung hocheffizienter Solarzellen nutzbar gemacht werden. Im Photovoltaik-Kalibrierlabor des Fraunhofer ISE (CalLab PV Cells) sollen hochgenaue Messmöglichkeiten für Temperatur-, Einstrahlungs- und Winkelabhängigkeiten entwickelt, Modellbeschreibungen gebildet (aus vollständigen Analysen der Anteile verschiedener Mechanismen an den Leistungsverlusten) und in der Folge Optimierungsvorschläge für die gezielte Verbesserung des Ertragsverhaltens abgeleitet werden.

Verbundprojekt: HENS*i* – Hocheffizienz Solarzellen auf defektreduziertem n-Typ-mc-Silicium

Förderkennzeichen	0325449A; 0325449B
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	4.106.146 Euro
Projektpartner	SolarWorld Innovations GmbH; Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie (IISB)

Gesamtziel des Projektes HENS*i* ist es, Kristallisationsprozesse für die Herstellung von defektreduziertem multikristallinem n-Typ-Silicium zu entwickeln und angepasste Solarzellen-Prozesssequenzen so weit zu optimieren, dass durch die elektrisch höhere und stabilere Qualität des n-Typ-Materials eine Wirkungsgradsteigerung von 0,3 bis 1 Prozent gegenüber vergleichbarem p-Typ-Material und vergleichbaren p-Typ-Zellprozessen erreicht wird. Zudem sind alle Prozessschritte von der Kristallisation bis zur Zelle so weit zu optimieren, dass sich die Materialherstellungskosten pro Watt zur Erzeugung von Solarstrom reduzieren, der Standort Deutschland gesichert wird und Arbeitsplätze erhalten bleiben.

Verbundprojekt: BORNEO – BO-korrelierte Degradation und Regeneration: Grundlegendes Verständnis der Einflussfaktoren und Strukturaufklärung

Förderkennzeichen	0325450A; 0325450B
Laufzeit	01.04.2012 – 31.03.2015
Zuwendungssumme	819.786 Euro
Projektpartner	Universität Konstanz; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

In Czochralski-Silicium (Si) bewirkt die Anwesenheit von Bor (B) und Sauerstoff (O) durch die Bildung BO-korrelierter Defekte unter Beleuchtung innerhalb der ersten Stunden der Stromproduktion eine signifikante LeistungseinbuÙe des Photovoltaikmoduls, die durch den Prozess der Regeneration dauerhaft rückgängig gemacht werden kann.

Wissenschaftliches Ziel dieses Projektes ist es, das Wissen über den Effekt der BO-korrelierten Degradation und speziell der Regeneration zu verbessern und konkrete Wege aufzuzeigen, wie der negative Effekt vermieden beziehungsweise mittels Regeneration neutralisiert werden kann. Weitere Ziele sind die Strukturaufklärung des Defektes sowie die Isolation und Quantifizierung der Faktoren, welche die BO-korrelierte Degradation und die Regeneration beeinflussen.

KuLi – Kupfermetallisierung: Langzeitstabil und industrierelevant

Förderkennzeichen	0325456
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	1.214.548 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Im Rahmen des Projektes KuLi werden industrietaugliche Verfahren entwickelt, die den weitgehenden oder vollständigen Ersatz teuren Silbermaterials durch kostengünstiges Kupfer für die Metallisierung von Siliciumsolarzellen ermöglichen. Zur Applikation des Kupfers werden galvanische Verfahren angewandt: Es werden Prozesse auf gedruckten Saatschichten aus Silberpasten (Brückentechnologie, beherrschter Standardprozess) und die direkte galvanische Abscheidung auf Silicium untersucht. Unterschiedliche Materialien interagieren während der Prozesse und im resultierenden System miteinander, Untersuchungen und Optimierungen dazu stehen im Mittelpunkt (Pasten/Elektrolyte, Diffusionsbarrieren). Weiterhin wird die Entwicklung einer industrietauglichen Prozesstechnologie verfolgt.

Metallstabilisierte monokristalline Siliciumdünnschichtsolarellen

Förderkennzeichen	0325461
Laufzeit	01.08.2012 – 31.07.2015
Zuwendungssumme	1.527.123 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Das Projekt erforscht Herstellungsmethoden für ultradünne einkristalline Siliciumsolarzellen durch spannungsinduziertes Ablösen von Siliciumschichten. Eine Metallschicht erfüllt dabei mehrere Funktionen: Sie stabilisiert die entstehende ultradünne Siliciumschicht und erleichtert so die Handhabung, und sie dient als Kontaktschicht für die Solarzelle und erleichtert beziehungsweise verursacht das Ablösen der Siliciumschicht vom Substrat. Auf diese Weise können ultradünne Siliciumfolien ohne Sägeverluste hergestellt und damit die Materialkosten für die Solarzellen signifikant reduziert werden.

Verbundvorhaben: Zukunftsweisende neue Materialien für industrielle Photovoltaikanwendungen mit gesteigerter Energieeffizienz

Förderkennzeichen	0325465A; 0325465B
Laufzeit	01.04.2012 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	2.440.457 Euro
Projektpartner	Siltronic AG; Wacker Chemie AG

Ziel des Verbundvorhabens ist es, ein kostengünstiges monokristallines Substratmaterial für hocheffiziente Siliciumsolarzellen und gegebenenfalls auch für Leistungselektronikbauteile mittels des neuen Ziehverfahrens Granular Float Zone (GFZ; aus Polysiliciumgranulat) industriell herzustellen und marktfähig zu machen. Der Nachteil des bisherigen Standardverfahrens CZ (Czochralski-Kristallzüchtung) ist der hohe Sauerstoffgehalt, der zu einer Degradation des Zellenwirkungsgrades führt. Mit dem GFZ-Verfahren hergestellte Kristalle weisen diese negativen Eigenschaften nicht auf, sind aber bisher nur bis zu einem Durchmesser von 150 Millimeter verfügbar. Für eine Standardsolarzelle in der Größe von 156 Quadratmillimeter werden hingegen Kristalle mit einem Durchmesser von mindestens 200 Millimeter benötigt.

SimpliHigh (Simplified Processes for Local Doping of High-efficiency Solar Cells) – Vereinfachte Prozesse zur lokalen Dotierung hoch-effizienter Solarzellen

Förderkennzeichen	0325478
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	2.309.710 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Der Wirkungsgrad von industriell gefertigten Siliciumsolarzellen konnte in den letzten Jahren durch kontinuierliche inkrementelle Verbesserungen weiter gesteigert werden. Eine signifikante Erhöhung des Wirkungsgrades ist jedoch nur mit revolutionären Solarzellenkonzepten möglich. Für die industrielle Umsetzung solcher Konzepte ist es unabdingbar, dass kostengünstige Herstellungsweisen zur Verfügung stehen. Das Projekt widmet sich in diesem Zusammenhang der Entwicklung und Evaluierung von Prozessen zur lokalen Dotierung, insbesondere der Abscheidung von multifunktionalen Schichten. Ziel ist es, die entwickelten Einzelprozesse in einen Referenzsolarzellenprozess einzugliedern und aus den so hergestellten Solarzellen Module zu fertigen.

Verbundvorhaben: CHIP – Cost-efficient High-throughput Ion-implantation for Photovoltaics

Förderkennzeichen	0325480A; 0325480B; 0325480C
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	3.098.383 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH; Bosch Solar Energy AG; Leibniz Universität Hannover

Ziel des Verbundprojektes ist es, die Ionenimplantation (als Technik zur lokalen Dotierung von Mikroelektronik) auf die Photovoltaik zu übertragen. Da diese nur auf eine Waferseite wirkt, können n-Typ-PERT(Passivated Emitter and Rear, Totally Doped)-Zellen sehr einfach hergestellt werden: Um die Bor-Dotierung auf der Vorderseite

sowie die Phosphor-Dotierung auf der Rückseite zu erzeugen, sind keine Diffusionsbarrieren nötig. Für die Ausheilung beider Spezies soll ein kostengünstiger Prozess entwickelt werden. Projektziel ist ein Wirkungsgrad von mehr als 21 Prozent. Der Zellprozess soll auf industrietyppischen Anlagen am ISFH entwickelt werden.

HighVolEpi – Hochdurchsatz siliciumbasierte Schichten und Silicium-Epitaxie für die Photovoltaik

Förderkennzeichen	0325487
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	2.535.790 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Im Projekt sollen Silicium(Si)- und Siliciumcarbid(SiC)-Schichten für kristalline Silicium-Dünnschichtszellzellen auf einer am ISE konstruierten und aufgebauten Hochdurchsatz-Chemical Vapor Deposition (CVD)-Anlage (ProConCVD) entwickelt werden. Zunächst werden die verschiedenen Prozesse auf Referenzsubstraten entwickelt und im Projektverlauf auf Originalsubstrate übertragen. Dabei werden auch die Modellanlagen Rapid Thermal CVD (RTCVD) und Continuous CVD (ConCVD) eingesetzt, um Schichtoptimierung und Fehleranalyse kostensparender zu betreiben, als es mit der ProConCVD-Anlage möglich ist. Parallel zu der Schichtentwicklung sollen in geringerem Umfang die Abscheideanlagen aufgabenspezifisch optimiert werden. Im bisherigen Projektverlauf konnten erste defektarme Epitaxieschichten auf Referenzsubstraten im Hochdurchsatz hergestellt sowie die Abscheidehomogenität auf über 80 Prozent gesteigert werden.

THESSO – Technologien für Höchst Effiziente Siliciumsolarzellen in PV-TEC

Förderkennzeichen	0325491
Laufzeit	01.04.2012 – 31.03.2016
Zuwendungssumme	6.558.127 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Im Projekt THESSO verfolgt das Fraunhofer ISE einen praxisorientierten, einheitlichen Ansatz, um den Wirkungsgrad industriell produzierbarer Solarzellen auf bis zu 21,5 Prozent zu erhöhen. Das zugrunde liegende n-dotierte Siliciummaterial und seine Herstellung im Kristallzüchtungsprozess werden umfassend untersucht und optimiert. Für eine breite Massenfertigung werden einerseits die Technologien innerhalb des Fertigungsprozesses neu entwickelt beziehungsweise angepasst, andererseits wird der gesamte Aufbau der Solarzellen überarbeitet. Ziel bei allen Arbeiten ist ein hoher Wirkungsgrad bei gleichzeitig schlankem Fertigungsprozess. Die fortschrittlichen Solarzellenprozesse werden auf Pilotniveau am Photovoltaik Technologie Evaluationscenter PV-TEC entwickelt und demonstriert.

Verbundvorhaben: QUASSIM-PLUS – Qualitätssicherung in der PV mittels schneller Inline-Messverfahren

Förderkennzeichen	0325493A; 0325493B; 0325493C; 0325493D
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	1.739.213 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); advanced control products Information Technology AG; VITRONIC Dr.-Ing. Stein Bildverarbeitungssysteme GmbH; h.a.l.m. elektronik GmbH

Ziel ist es, das im Rahmen von QUASSIM entwickelte Konzept der Produktionskontrolle für eine waferbasierte Solarzellenfertigung um wesentliche, neue Aspekte zu erweitern. Dies betrifft drei Teilbereiche, in denen folgende Entwicklungsarbeiten geplant sind:

1. Materialtracking: Verfahren zur Waferidentifikation mittels Wafermarkierung oder Kornstrukturerkennung; 2. Produktions- und Prozesskontrolle: vereinfachte Experimentplanung, flexiblere Arbeitsplanverfolgung, F&E-taugliche Module zum Scheduling und zur Prozesskostenkontrolle, Konzepte zur Überwachung von Stichprobenmessungen; 3. Messtechnik: Inline-Verfahren zur 2D-/3D-Druckbild-, Kontaktwiderstands- und Stapelschichtanalyse, zur Hot-Spot-Detektion/-Bewertung und zur IV-Messung von rückseitig sammelnden und kontaktierten Solarzellen.

Verbundvorhaben: MetalTopp – Erforschung von Metallpasten zur Kontaktierung von p+-Oberflächen auf Solarzellen

Förderkennzeichen	0325569B; 0325569A
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	484.607 Euro
Projektpartner	International Solar Energy Research Center Konstanz e. V.; GP Solar GmbH

Das Projekt beschäftigt sich mit der Kontaktbildung von Dickfilm-Metallpasten auf p+-dotierten Silicium(Si)-Oberflächen: Es werden Pasten hergestellt und anschließend auf ihre Eignung für die kommerzielle Anwendung auf Si-Solarzellen erprobt. Neben dem den Markt dominierenden Silber(Ag)-Ansatz wird ein alternatives Herstellungs-konzept für ein deutlich preisgünstigeres Produkt verfolgt. Ziel beider Ansätze ist die Entwicklung einer Paste, die die bislang durch Kontaktbildung unvermeidlichen, starken Spannungs- und Rekombinations-verluste im Bauteil deutlich verringert. Parallel werden an den Proben mikroskopische Untersuchungen der Grenzfläche zwischen Paste und Substrat durchgeführt, um mögliche Korrelationsmuster zu dokumentieren.

Verbundvorhaben: Folmet – Folienbasierte Metallisierung von monokristalline Siliciumsolarzellen

Förderkennzeichen	0325574A; 0325574B
Laufzeit	01.01.2013 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	2.526.113 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); InnoLas Systems GmbH

Das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und der Laseranlagenhersteller InnoLas Solutions entwickeln eine neuartige Rückseitenmetallisierungstechnologie für Siliciumsolarzellen mit dielektrisch passivierten Oberflächen. Die Technologie basiert auf einem Laserverfahren, mit dem konventionelle Aluminiumfolie an mehreren Tausend Kontaktpunkten mit dem Siliciumwafer verschweißt wird. InnoLas Solutions entwickelt in diesem Rahmen einen Folienanleger, der in eine bestehende Laseranlagenplattform integriert und am Fraunhofer ISE aufgebaut wird. Dort sollen der Laserprozess entwickelt und darüber hinaus verschiedenen Fragen nach der erfolgreichen Markteinführung nachgegangen werden. Im Vordergrund stehen dabei die Optimierung des Gesamtzellprozesses, die Verschaltbarkeit zu Modulen sowie Haltbarkeitsanalysen. Weiterhin wird das Potenzial der Technologie für zukünftige Zellkonzepte evaluiert.

IMPACT – Investitionsprojekt zur Modernisierung von Prozessier- ausstattung und Charakterisierungstechnologien der Photovoltaik- Abteilung der Universität Konstanz

Förderkennzeichen	0325581
Laufzeit	01.10.2012 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	3.312.239 Euro
Projektpartner	Universität Konstanz

Im Zuge der starken Expansion des Solarzellenmarktes entstand eine Vielzahl verschiedener Technologien zur Fertigung kristalliner Silicium(Si)-Solarzellen. Diese Entwicklung bedingt eine Aktualisierung der Gerätschaften, um den Anforderungen der aktuellen Forschung

weiter gewachsen zu sein. Hierzu zählt, neben dem Zugang zu Technologien für die Herstellung hocheffizienter Solarzellen, auch die Verfeinerung von Charakterisierungsmethoden für Wafer und Zellen. Das Investitionsprojekt soll durch die Installation neuester Technologien sicherstellen, dass die Erforschung industrierelevanter Fragestellungen auf allerhöchstem Niveau auch in den kommenden Jahren möglich ist – besonders im Rahmen von gemeinsamen Forschungsprojekten profitieren davon auch die deutschen Industriepartner.

Gap – Grenzflächenpräparation mit Durchlaufprozessen für Siliciumwafer-Solarzellen der nächsten Generation

Förderkennzeichen	0325582
Laufzeit	01.12.2012 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	1.057.645 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Ein Ziel des Projektes ist es, die Kontaktierung von Heteroübergang-Siliciumsolarzellen zu verbessern, mittels einer alternativen Methode für die Abscheidung des transparenten Frontkontaktes. Für die in größerer Stückzahl auf den im SolarTec neu installierten Anlagen mit hohen Durchsätzen hergestellten Solarzellen ist eine schnelle automatisierte Charakterisierung wichtig, um einerseits eine geringe Bruchrate und andererseits eine bessere statistische Aussage über die Versuchsergebnisse zu erzielen. Auf diesem Weg erfahren Resultate, die auf verschiedenen Solarzellenstrukturen erzielt werden, eine schnelle Überführung in die industrielle Pilotproduktion.

Verbundvorhaben: rEvolution – Evolutionäre Schritte im Zellkonzept auf dem Weg zur Zelle mit rückseitigem p-n-Übergang

Förderkennzeichen	0325586A; 0325586B
Laufzeit	01.01.2013 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	5.239.581 Euro
Projektpartner	RENA Solar Technology Center GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Ziel des Projektes ist die evolutionäre Entwicklung verschiedener kristalliner Silicium-Solarzelltypen und -prozesse mit hohem Wirkungsgradpotenzial auf dem Weg zu einer Back-Contact-/Back-Junction-Solarzelle. Es werden Synergien mit den Prozessanforderungen für die Solarzell-Evolutionsstufen PERC (Passivated Emitter and Rear Cell) und PERT (Passivated Emitter and Rear Totally-diffused) genutzt, um vielseitig verwendbare Schlüsseltechnologien zu entwickeln. Neben dem Wirkungsgrad stehen sowohl kostengünstige, fortschrittliche und flexible Fertigungsverfahren als auch ein geeignetes Modulkonzept im Fokus. Insbesondere die Prozesstechnologien zur nasschemischen Oberflächenkonditionierung, die Oberflächenpassivierung und innovative Metallisierungstechniken spielen eine zentrale Rolle.

Verbundvorhaben: TPedge – Entwicklung einer Technologie für randversiegelte Solarmodule

Förderkennzeichen	0325591A; 0325591B
Laufzeit	01.01.2013 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	996.905 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Bystronic Lenhardt GmbH

Das TPedge-Solarmodul verzichtet auf traditionelle folienbasierte Einkapselungsmaterialien, wodurch nicht nur Materialkosten eingespart werden, sondern auch der Herstellungsprozess vereinfacht und verkürzt wird. Das einem Isolierglas ähnliche Solarmodul besteht aus zwei Glasscheiben, die randseitig mit Isobutyl und Silicon versiegelt

werden. Im Zwischenraum werden die Solarzellen mit Hilfe von Klebstoffpins fixiert. Die Kosteneinsparpotenziale liegen bei bis zu 40 Prozent der Modulproduktionskosten, die Taktzeit der Herstellung kann auf bis zu 45 Sekunden verkürzt werden. Das Modul weist eine erhöhte Alterungsstabilität auf und bietet beispielsweise bei der Brandsicherheit oder dem Recycling zahlreiche Vorteile. Projektziel ist die Weiterentwicklung des Modulkonzeptes bis zur Serienreife, der Nachweis der Beständigkeit und die Untersuchung von Entwicklungspotenzialen.

Wissenschaftliche Konferenz SiliconPV 2013 – 3rd International Conference on Crystalline Silicon Photovoltaics (SiliconPV)

Förderkennzeichen	0325605
Laufzeit	01.12.2012 – 31.08.2013
Zuwendungssumme	45.064 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Die internationale wissenschaftliche Konferenz SiliconPV 2013 – 3rd International Conference on Crystalline Silicon Photovoltaics fand vom 25. bis zum 27. März 2013 in Hameln statt. Sie setzte die 2011 gestartete neue Konferenzreihe über kristalline Siliciumphotovoltaik fort. Das Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH) war der Gastgeber der SiliconPV 2013, die Tagungsleitung hatte Professor Doktor-Ingenieur Rolf Brendel. Schirmherr der Konferenz war Bundesumweltminister Peter Altmaier.

Verbundvorhaben: PLASMAMAX – Entwicklung einer hocheffizienten, beidseitig kontaktierten Si-Solarzelle mittels plasmabasierter Herstellungsverfahren

Förderkennzeichen	0325624A; 0325624B
Laufzeit	01.08.2013 – 31.07.2016
Zuwendungssumme	2.693.088 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Roth & Rau AG

Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer geeigneten Prozessfolge für die erfolgreiche Herstellung von rückseitig kontaktierten Solarzellen

mit passivierten Oberflächen und lokal definierten Kontakten im Pilot- und Produktionsmaßstab. Durch die Entwicklung der plasma- und laserbasierten Verfahren und Anlagenmodule im Pilotmaßstab zur kostengünstigen Umsetzung der Zellarchitektur mit Siliciumscheiben von deutlich unter 150 Mikrometer soll das Potenzial für Gesamtmodulherstellungskosten von unter 0,60 Euro pro Watt-Peak bis zum Jahr 2020 aufgezeigt werden. Ein weiteres Kernziel des Vorhabens ist eine verbesserte Ökobilanz durch die Vermeidung der heute üblichen nasschemischen Prozesstechniken.

PERC-2-Module – Prozessplattform und Verlustanalyse für klimastabile hocheffiziente Photovoltaikmodule mit kristallinen PERC-Silicium-Solarzellen

Förderkennzeichen	0325641
Laufzeit	01.07.2013 – 30.06.2016
Zuwendungssumme	2.212.664 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Im Rahmen des Projektes dehnt das ISFH seine Entwicklung von Passivated-Emitter-and-Rear-Cell(PERC)-Siebdruck-Solarzellen auf PERC-Module aus. Ziel ist es, eine Prozessplattform für langzeitstabile kristalline Siliciummodule für PERC-Zellen zu etablieren. Die wesentlichen Verlustmechanismen auf Zell- und Modulebene werden identifiziert und quantifiziert, um dann die Zell- und Modulprozesse gezielt aufeinander abzustimmen. Konkrete Ziele sind ein mittlerer Zellwirkungsgrad von 20 Prozent, die Entwicklung physikalischer Modelle für eine quantitative Verlustanalyse, ein Modulleistungsverlust von weniger als 5 Prozent nach 200 Feuchte-Frost-Zyklen, die Vermeidung potenzialinduzierter Degradation sowie die Herstellung von langzeitstabilen 6-mal-10-Zellen-PERC-Modulen mit einer Leistung von über 280 Watt.

Verbundvorhaben: NAPOLI – Nasschemische Politurprozesse für hocheffiziente kristalline Siliciumsolarzellen

Förderkennzeichen	0325654A; 0325654B
Laufzeit	01.11.2013 – 31.10.2016
Zuwendungssumme	1.340.634 Euro
Projektpartner	Manz AG; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Die Photovoltaikindustrie arbeitet mit dem Ziel, ihre Stromerzeugung rentabel zu machen, an der Senkung der spezifischen Herstellungskosten. Ein Hebel dafür stellt die Steigerung der Zelleffizienz durch die industrielle Realisierung von rückseitig passivierten und lokal kontaktierten hocheffizienten Solarzellenstrukturen (Passivated Emitter Rear Cell – PERC) dar. Wesentliches Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer wirtschaftlichen und industriell umsetzbaren Technologie zur Erzeugung einer Wafer-Oberflächenstruktur mit texturierter Vorder- und polierter Rückseite, wie sie für hocheffiziente Solarzellenstrukturen wünschenswert erscheint, sowie deren Einbindung in hocheffiziente PERC-Solarzellenprozesse mit einem Wirkungsgradziel von über 20 Prozent für monokristallines Silicium.

Verbundvorhaben: COMMIT – Entwicklung eines hocheffizienten PV-Modulkonzeptes auf Basis der Multibusbar-Technologie

Förderkennzeichen	0325639A; 0325639B
Laufzeit	01.11.2013 – 31.10.2016
Zuwendungssumme	1.499.780 Euro
Projektpartner	Schmid Technology Systems GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Das Multibusbar-Konzept verfolgt das Ziel, die spezifischen Kosten für Solarmodule (in Euro pro Watt-Peak) und damit die Gestehungskosten von photovoltaisch erzeugtem Strom zu senken. Dies wird erreicht, indem der Verbrauch von Silber bei der Zellherstellung minimiert und die Leistung des Solarmoduls gesteigert wird. Dazu werden die flachen Zellverbinder (bei heutigen Modulen zumeist drei pro Zelle) durch eine

Vielzahl dünner Drähte ersetzt und so der Serienwiderstand im Modul gesenkt. Da die Machbarkeit bereits nachgewiesen wurde, geht es im Projekt vor allem um die Verbesserung des Zell-Layouts, die Erweiterung auf neuartige Zelltypen, den Nachweis der Langlebigkeit der Module sowie die Weiterentwicklung der Produktionsanlage zur Serienreife.

Verbundvorhaben: INNOHET – Alternative Anlagen- und Prozesstechnologien für Heterojunctionsolarzellen und deren Umsetzung in innovativem Zell- und Modulkonzept

Förderkennzeichen	0325634A; 0325634C; 0325634B; 0325634D
Laufzeit	01.10.2013 – 30.09.2016
Zuwendungssumme	3.656.344 Euro
Projektpartner	Singulus Technologies AG; ACI ecoTec GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); SINGULUS Stangl Solar GmbH

Im Rahmen des Projektes soll ein neues Fertigungskonzept sowie die entsprechende Anlagentechnologie zur Herstellung von kristallinen Silicium-Heterojunctionsolarzellen und -modulen entwickelt werden. Mittels alternativer Schichtsysteme sollen die bekannten Limitierungen der funktionalen Schichten klassischer Heterojunctionsolarzellen überwunden werden. Für die industrielle Umsetzung muss eine Modulintegration der neuen Zellenkonzepte entwickelt werden. Ziel sind die Wirkungsgraderhöhung der Solarzellen und Module über den heutigen Stand der Technik hinaus und somit die Reduzierung der Herstellungskosten und der Stromgestehungskosten.

Verbundvorhaben: ENOWA – Entwicklung hoch- und kosteneffizienter PV-Si-Wafer

Förderkennzeichen	0325646A; 0325646F; 0325646C; 0325646D; 0325646E; 0325646B; 0325646G
Laufzeit	01.07.2013 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	9.144.712 Euro
Projektpartner	SolarWorld Innovations GmbH; ACCESS e.V.; Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie (IISB); Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM); Petrofer Chemie H. R. Fischer GmbH & Co. KG; Technische Universität Bergakademie Freiberg; Technische Universität Dresden

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung hoch- und kosteneffizienter Photovoltaik-Silicium-Wafer, die für die Produktion von Hochleistungszellen und -modulen genutzt werden sollen. Die Qualitätszielstellung sind einkristalline Wafer mit vergleichbaren Eigenschaften, die im Czochralski-Verfahren hergestellte Wafer aufweisen. Die Kostenzielstellung des Kristallisationsprozesses wird durch die etablierten Prozesse der gerichteten Erstarrung vorgegeben. Die Ladungsträgerlebensdauer des nach dem neuen Verfahren kristallisierten Materials wird signifikant gesteigert. Zur Verarbeitung dieser Materialien werden Trennverfahren mit gebundenem Korn entwickelt: Damit sollen die geometrischen Eigenschaften verbessert und die Konzentration von Verunreinigungen auf der Waferoberfläche gesenkt werden. Die Kostenzielstellung dieses Verfahrens liegt unter dem des Slurry-Prozesses.

PARADIES – Solarzellen mit passiviertem Rückseiten-Emitter durch APCVD-Abscheidung dotierter dielektrischer Schichten

Förderkennzeichen	0325632
Laufzeit	01.07.2013 – 30.06.2016
Zuwendungssumme	1.166.401 Euro
Projektpartner	Universität Konstanz

Im Rahmen dieses Projektes wird ein Diffusionsprozess für die gleichzeitige Erzeugung des front- und rückseitigen Dotierprofils einer bifazialen Solarzelle entwickelt. Als Dotierquelle werden mit B beziehungsweise P dotierte Siliciumdioxid(SiO_2)-Schichten verwendet, die mittels des Atmospheric Pressure Chemical Vapor Deposition (APCVD)-Verfahrens abgeschieden werden. Die Oberflächenpassivierung erfolgt ebenfalls mittels APCVD. Weitere Aspekte des Projektes sind die Kontaktierung der erzeugten Profile mittels Siebdruck sowie die Untersuchung der Durchfeuereigenschaften in Verbindung mit der jeweiligen Passivierschicht. Abschließend werden eine Prozesssequenz zur Herstellung bifazialer Solarzellen entwickelt und entsprechende großformatige Solarzellen auf industriellem Czochralski-Silicium prozessiert.

4.3 Dünnschichttechnologien: Silicium

Dünnschichtsolarzellen auf Basis von Silicium sind vergleichsweise günstig in der Herstellung. Die Module können großflächig beschichtet werden und benötigen kaum Halbleitermaterial. Weitere Vorteile: Die Anlagentechnik ist erprobt, das benötigte Silicium ist verfügbar und flexible Module lassen sich in einem Rolle-zu-Rolle-Prozess produzieren. Dünnschichtmodule werden vom Substrat bis zum Endprodukt (Modul mit integriert verschalteten Zellen) in einer Produktionslinie hergestellt, so ergeben sich kürzere Energierücklaufzeiten. Insbesondere sind siliciumbasierte Dünnschichtmodule vorteilhaft, da sie sich gut in Gebäude integrieren lassen und architektonische Gestaltungsmöglichkeiten bieten.

Der Siliciumdünnschichttechnologie ist es jedoch bislang nicht gelungen, Wirkungsgrade oberhalb von 10 Prozent in der Fertigung zu realisieren. Hier wird aktuell diskutiert, welche neuen Forschungsansätze zielführend sein könnten. Im wirtschaftlichen Wettbewerb bestehen kann diese Technologie nur, wenn höhere Wirkungsgrade erreicht werden – dies wollen Forschung und Entwicklung vorantreiben.

HELIOS – Herstellung kristalliner Siliciumdünnschichtsolarzellen auf biologisch abgeleiteten Substraten

Förderkennzeichen	0325031B; 0325031A
Laufzeit	01.09.2009 – 28.02.2013
Zuwendungssumme	2.053.193 Euro
Projektpartner	Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern); Schunk Kohlenstofftechnik GmbH

Aus dünnem kristallinem Silicium auf Fremdsubstrat gefertigte Solarmodule sind aufgrund ihres hohen Einsparpotenzials und ihres potenziell hohen Wirkungsgrades ein vielversprechender Baustein für eine kostengünstige Photovoltaik der nächsten Generation. Hemmnisse für die industrielle Herstellung stellen derzeit noch die Versorgung mit geeigneten, kostengünstigen keramischen Trägersubstraten sowie der

Nachweis hoher Wirkungsgrade auf großen Flächen dar. In diesem Projekt werden kristalline Siliciumdünnschichtsolarzellen auf Basis von neuartigen, kostengünstigen biogenen Keramiken entwickelt. Ziel ist es, die Substrate, die Funktionsschichten und die Zellprozesse zu optimieren und hohe Zellwirkungsgrade auf großen Flächen nachzuweisen.

Aufskalierung einer VHF-Linienquelle für höhere Frequenzen und größere Bearbeitungsbreiten

Förderkennzeichen	0325156
Laufzeit	01.09.2009 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	990.212 Euro
Projektpartner	Technische Universität Dresden

Das Gesamtziel des Projektes ist es, die Leistung der VHF(Very High Frequency)-PECVD(Plasma-Enhanced Chemical Vapour Deposition)-Linienquelle bei der hochproduktiven Abscheidung von amorphen und mikrokristallinen Siliciumschichten zu steigern. Zuerst wird in umfangreichen technologischen Entwicklungsschritten der Abscheidungsprozess zur dynamischen Herstellung der p-i-n-Solarzellen bei höheren Anregungsfrequenzen bis 162 Megahertz angepasst, um Solarzellen bei wesentlich höheren Raten abscheiden zu können, ohne die Schichtalterung und den stabilen Wirkungsgrad zu beeinträchtigen. Der zweite Schwerpunkt des Projektes gilt der Vergrößerung des Arbeitsbereiches der VHF-Linienquelle auf eine Länge von bis zu 70 Zentimetern, um die Produktivität des Abscheidungsprozesses zu erhöhen.

ELIAS – Untersuchung des elektrischen asymmetrischen Effektes zur Anwendung für die Herstellung von Siliciumdünnschichtsolarzellen

Förderkennzeichen	0325210A; 0325210B
Laufzeit	01.07.2010 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	1.914.526 Euro
Projektpartner	Leybold Optics GmbH; Ruhr-Universität Bochum

In PECVD(Plasma-Enhanced Chemical Vapour Deposition)-Prozessen ermöglicht der elektrische Asymmetrie-Effekt, die zwei wichtigen

Prozessparameter Ionenenergie und Ionenfluss unabhängig voneinander zu regeln. Das Verfahren ist auf großflächige Entladungen anwendbar, die für die Herstellung von Silicium(Si)-Dünnschichtsolarzellen geeignet ist. Im Rahmen dieses Projektes soll die Grundlagenforschung zur industriellen Verwertbarkeit vollzogen werden. Mit dem Projekt ELIAS sollen zusätzlich die Optimierung des PECVD-Beschichtungsprozesses und die Reduktion der Herstellungskosten von Si-Dünnschichtsolarzellen erreicht werden.

Demo 14 – Design und Demonstration der Technologie für Siliciumdünnschichtsolarzellen mit 14 Prozent Zell- und 13 Prozent stabilem Modulwirkungsgrad

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

Ziel des Projektes ist es, Solarzellen mit stabilen Wirkungsgraden von mehr als 14 Prozent zu demonstrieren und so die Grundlage für die Entwicklung kosteneffizienter Solarmodule zu schaffen. Hierzu rückt in der letzten Phase des Projektes eine neue Technologie in den Mittelpunkt: Mittels Laser wird amorphes Silicium direkt auf einem Trägerglas kristallisiert. Dieses System scheint der einzige Kandidat im Dünnschicht-Silicium-Bereich zu sein, der in absehbarer Zeit einen Wirkungsgrad von mehr als 14 Prozent liefern kann. Der aktuelle Stand mit einem erreichten Wirkungsgrad von 10,8 Prozent (Februar 2014) ohne jegliche Strukturierung zum Lichteinfang legt einen erfolgreichen Abschluss im Förderzeitraum des Projektes nahe.

Verbundvorhaben: LASO – Entwicklung von neuen Laserablationsprozessen für effizienzoptimierte Dünnschichtsolarmodule

Förderkennzeichen	0325245E; 0325245B; 0325245C; 0325245D; 0325245F
Laufzeit	01.01.2011 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	1.338.880 Euro
Projektpartner	Forschungszentrum Jülich GmbH; EdgeWave GmbH; Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT); LIMO Lissotschenko Mikrooptik GmbH; Universität Duisburg-Essen

Die integrierte Serienschaltung von Dünnschichtsolarmodulen ist essenziell für die Verringerung Ohm'scher Verluste in den Kontakten. Die Verschaltung wird üblicherweise mit Hilfe von selektiver Laserablation durchgeführt. Durch die Strukturierung können aber die elektrischen Eigenschaften eines Solarmoduls negativ beeinflusst werden: Je nach Prozess können zusätzliche Verlustströme einen Kurzschluss hervorrufen oder der Stromfluss durch ein Solarmodul behindert werden. Im Rahmen des Teilprojektes soll diese Bauelementbeeinflussung analysiert werden. Der Schwerpunkt liegt auf der Untersuchung schmaler Verschaltungsgräben, da hierdurch die aktive Fläche eines Moduls erhöht wird.

Quick $\mu\text{c-Si}$ – Industrielle Schnellabscheidung von $\mu\text{c-Si}$ -Schichten für Photovoltaikanwendungen

Förderkennzeichen	0325260A; 0325260B; 0325260C
Laufzeit	01.01.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	2.865.880 Euro
Projektpartner	Robert Bosch GmbH; Universität Stuttgart; Forschungszentrum Jülich GmbH

Dünne intrinsische Passivierschichten (5 bis 10 Nanometer) tragen zur Minimierung von Oberflächenrekombinationen an Siliciumheteroübergängen bei und ermöglichen so sehr hohe Spannungen: die Voraussetzung für hohe Wirkungsgrade von waferbasierten Silicium-

zellkonzepten. Die selektiven Membranen für die Solarzellenfunktion werden dabei durch dotierte Schichten bereitgestellt. Die infrage kommenden Materialsysteme werden mit PECVD (Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition)-Prozessen abgeschieden und sind Silicium-carbide und -oxide. Die zu optimierenden Zielgrößen sind der Lichteinfall bei bestmöglicher Passivierung auf n-Typ- und p-Typ-Wafern, die optische Absorption, die elektronische Passivierung, die thermische Stabilität und die Schichtthomogenität.

Verbundvorhaben: LIST – Großflächiger Lichteinfall in der siliciumbasierten Dünnschichtsolarellentechnologie

Förderkennzeichen	0325299A; 0325299B; 0325299D; 0325299E; 0325299F; 0325299I; 0325299J
Laufzeit	01.06.2011 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	4.670.660 Euro
Projektpartner	Forschungszentrum Jülich GmbH; BERLINER GLAS Herbert Kubatz GmbH & Co. KG Syrgenstein; Fraunhofer-Institut für Silicatforschung (ISC); Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH; Leybold Optics GmbH; Sentech Instruments GmbH; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Zentrale, optische Bestandteile von Siliciumdünnschichtsolarellenzellen sind der transparente Frontkontakt und raue Grenzflächen zur Lichtstreuung. Speziell die raue Kontaktschicht dient nicht nur als elektrischer Frontkontakt, sondern sorgt durch seine Lichtstreuung auch für eine erhöhte Absorption und damit für eine erhöhte Umwandlungseffizienz der Solarzelle. Dieses Potenzial auszunutzen, ohne die Herausforderungen der großtechnischen Produktion zu vernachlässigen, ist ein wichtiges Ziel für das LIST-Vorhaben. Neben der Weiterentwicklung herkömmlicher Ansätze werden alternative Materialien und Methoden zur Erzeugung der Lichtstreuung untersucht, dazu werden unter anderem Nanopartikel-basierte Schichten und in das Glas geätzte, raue Oberflächen eingesetzt.

TeSiD – Innovative Technologien und Prozesse für die Dünnschicht- modulherstellung und -charakterisierung

Förderkennzeichen	0325364
Laufzeit	01.06.2011 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	1.116.714 Euro
Projektpartner	Forschungszentrum Jülich GmbH

Ziel des Investitionsprojektes TeSiD ist es, den Bereich der Solarmodul-technologie-Entwicklung des Instituts für Energie und Klimaforschung (IEK-5 Photovoltaik) des Forschungszentrums Jülich zu stärken und auszubauen. Es soll in Laserstrukturierung und Modulcharakterisierung investiert werden, um zukünftig innovative und industrierelevante Verschaltungstechniken, wie beispielsweise Punktkontaktverbindungen zur seriellen Verschaltung siliciumbasierter Dünnschichtsolarmodule, zu entwickeln und auf industrierelevanten Größen zu demonstrieren. Investitionen im Bereich der Modulcharakterisierung zielen darauf ab, schnelle und großflächige Analyseverfahren für Dünnschichtsolarmodule zu schaffen, mit dem Fokus auf Verbesserung und Erweiterung industrieller Inline-Analytik.

Verbundprojekt: FlexSol – Entwicklung und Untersuchung der Beschichtung von Folienbändern mit Kontakten, Barrieren und Solarzellen

Förderkennzeichen	0325442A; 0325442B; 0325442C; 0325442D; 0325442E; 0325442F
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	1.933.088 Euro
Projektpartner	Technische Universität Dresden; FAP Forschungs- und Applikationslabor Plasmatechnik GmbH Dresden; Fraunhofer- Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatech- nik (FEP); Forschungszentrum Jülich GmbH; Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoff- forschung Dresden e.V.; FHR Anlagenbau GmbH

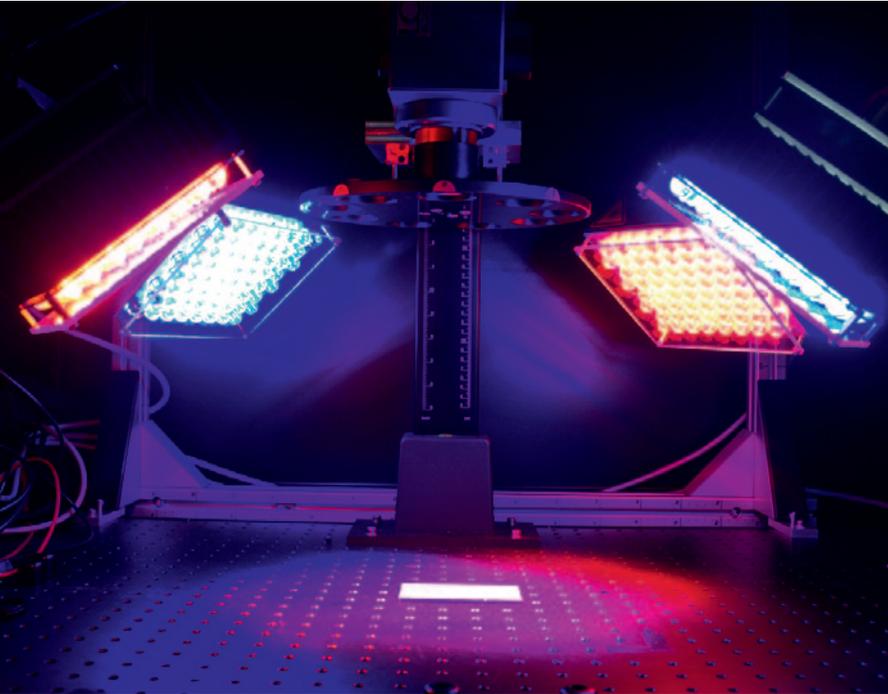
Ziel des Vorhabens ist die Weiterentwicklung einer preiswerten, ressourcenschonenden Beschichtungstechnologie für Dünnschichtsolarzellen.

Als Ausgangspunkt dient die plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung mit sehr hohen Anregungsfrequenzen (VHF-PECVD). Die eingesetzten linearen Plasmaquellen ermöglichen die Aufskalierung der Bearbeitungsbreite (bis zu 2 Meter) und der Anregungsfrequenz (bis zu 150 Megahertz) und damit die hochproduktive Abscheidung von amorphem und mikrokristallinem Silicium im Durchlaufprinzip. Das Gesamtziel besteht in der Untersuchung des Rolle-zu-Rolle-Verfahrens (RzR) von der Auswahl der Foliensubstrate über die Folienbeschichtung mit Barriere- und Kontaktschicht bis hin zur Untersuchung der Stressbelastung und Bandbeschichtung der Tandemsolarzellen.

Verbundvorhaben: Globe-Si – Großflächige Laseroberflächenbehandlung für effiziente Siliciumdünnschichtsolarzellen

Förderkennzeichen	0325446A; 0325446B; 0325446C; 0325446D; 0325446E; 0325446F; 0325446H
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	2.459.899 Euro
Projektpartner	Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH; Forschungszentrum Jülich GmbH; Institut für Photonische Technologien e.V.; Technische Universität Berlin; Coherent LaserSystems GmbH & Co. KG; LIMO Lissotschenko Mikrooptik GmbH; Universität Bielefeld

Ziel des Projektes ist es, die Laserbehandlung von Komponenten der Silicium(Si)-Dünnschichtsolarzelle beziehungsweise eines neuen Dünnschichtsolarzellenkonzeptes zeitnah nach Projektende in bestehende Fabrikationsprozesse zu integrieren. Parallel dazu soll die längerfristige Entwicklung neuer Si-Dünnschichtsolarzellen erfolgen. Das Projekt gliedert sich in aufeinander aufbauende Bereiche: **a)** die Laserbehandlung zur Modifizierung funktionaler Schichten und Saatschichten für poly-Si-Dünnschichtsolarzellen nebst Entwicklung entsprechender Lasertools, **b)** Implementierung der laserbehandelten Schichten in konventionelle Si-Dünnschichtsolarzellen und Realisierung neuartiger Zellkonzepte auf Basis der lasermodifizierten Schichten und **c)** die Herstellung von Funktions- und Saatschichten für poly-Si-Solarzellen.



Messaufbau zur Charakterisierung von CIS-Schichten und -Zellen mittels Photolumineszenz zur Beurteilung der optoelektronischen Eigenschaften.

4.4 Dünnschichttechnologien: CIS/CIGS

Die CIS- beziehungsweise CIGS-Dünnschichttechnik ist eine wichtige Dünnschichttechnologie mit hohem Potenzial. Die Module sind nach den darin enthaltenen Elementen Kupfer, Indium, Gallium und Selen benannt. Ihre Vorteile gegenüber Siliciumwafern sind prinzipiell dieselben wie die der siliciumbasierten Dünnschichtmodule: großflächige Beschichtung, integrierte Serienverschaltung, hohe Materialeinsparung und Möglichkeit zur Fertigung flexibler Module. Im Gegensatz zur siliciumbasierten Dünnschichttechnologie erreichen sie jedoch ein höheres Wirkungsgradniveau.

Solarmodule auf der Basis von Chalkopyriten (sogenannte CIGS-Module) haben im Labormaßstab ein Wirkungsgradpotenzial von deutlich über

20 Prozent nachgewiesen; den aktuellen Weltrekord hält das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) mit 20,8 Prozent. Jetzt gilt es, dieses Potenzial für die Fertigung zu erschließen. Grundlegende Fragestellungen zu Grenzflächen und der strukturellen Zusammensetzung des Halbleiters müssen dazu weiter untersucht werden. Bei Steigerung der Anzahl an Modulen wird auch die Qualitätssicherung zunehmend relevant.

Die Bundesregierung fördert Forschung und Entwicklung in der CIS-/CIGS-Technologie seit 1989 kontinuierlich.

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

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

Solarzellen auf Basis von Kupfer, Indium, Gallium, Schwefel und Selen (CIGS) weisen das höchste Wirkungsgradpotenzial aller Dünnschichtphotovoltaik-Technologien auf. In diesem Vorhaben soll die CIGS-Technologie und deren Transfer in die Industrie weiterentwickelt werden. Das tiefere Verständnis des CIGS-Wachstums soll einen neuen Zellrekord von 21 Prozent ermöglichen. Darüber hinaus soll durch die Verbesserung aller Einzelprozesse eine Wirkungsgradsteigerung auf über 17 Prozent für 30-mal-30-Quadratcentimeter-Module erzielt werden. Nachdem 2012 der vom ZSW gehaltene Weltrekord mehrfach reproduziert werden konnte, gelang 2013 eine weitere Verbesserung des Weltrekords für Dünnschichtsolarzellen auf 20,8 Prozent. Der Wirkungsgrad für 10-mal-10-Quadratcentimeter-Module liegt derzeit bei 17,1 Prozent.

CIS GP – Vorbereitung der CIS-Technologie für die Netzparität

Förderkennzeichen	0329843F
Laufzeit	01.08.2010 – 31.07.2013
Zuwendungssumme	1.820.396 Euro
Projektpartner	Manz CIGS Technology GmbH

Das Ziel ist es, die Herstellkosten für CIGS-Solarmodule auf unter einen Euro pro Watt zu reduzieren, um die Netzparität zu erreichen. Das Projekt konzentriert sich einerseits auf die Modifikation des CIGS-Prozesses und den Ersatz des kadmiumhaltigen Puffers durch ein Material ohne Kadmium und mit höherem Bandabstand – damit sollen Modulwirkungsgrad, Taktzeit und Ausbeute wesentlich verbessert werden. Andererseits werden neue und hochlukrative 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.

Verbundvorhaben: RECIS II – Reliability von CIS-Dünnschichtzellen

Förderkennzeichen	0325148D; 0325148E; 0325148F
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	765.560 Euro
Projektpartner	Manz CIGS Technology GmbH; Hochschule Ulm; Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW)

Aufgrund des Kostendruckes werden Produktentwicklungszyklen immer kürzer, sodass eine Verifikation der geforderten Lebensdauer von über 20 Jahren nur mittels zuverlässiger, beschleunigter Tests gelingen kann. Die Entwicklung von speziell auf die CIS-Dünnschichttechnik zugeschnittener Schnelltests, die aus der Halbleiterindustrie adaptiert werden, ist das zentrale Thema des RECIS-II-Projektes. Es soll die guten Einzelergebnisse für Temperatur- und Lichtbelastungen, die im Vorgängerprojekt erzielt wurden, mit einer erweiterten Statistik untermauern und die Belastungsszenarien erweitern. Projektpartner sind

das Institut für angewandte Forschung (Hochschule Ulm), die Manz CIGS Technology GmbH und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW).

Verbundprojekt: Grenzflächen und Defekte – Rechnerunterstützte Optimierung des Wirkungsgrades von CIGS-Dünnschichtsolarzellen in der industriellen Umsetzung

Förderkennzeichen	0325448A; 0325448B; 0325448C; 0325448D; 0325448E; 0325448F; 0325448G; 0325448H
Laufzeit	01.08.2012 – 31.07.2015
Zuwendungssumme	3.370.201 Euro
Projektpartner	IBM Deutschland Management & Business Support GmbH; SCHOTT AG; Johannes Gutenberg-Universität Mainz; Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH; Friedrich-Schiller-Universität Jena; Manz CIGS Technology GmbH; Robert Bosch GmbH; Bosch Solar CISTech GmbH

Im Labormaßstab wurden zuletzt zwar große Fortschritte hinsichtlich der Wirkungsgrade von CIGS-Dünnschichtsystemen gemacht, in der industriellen Serienproduktion fehlen jedoch neben hohen Wirkungsgraden vor allem einfache, robuste und kostengünstige Prozesse. Typische Modulwirkungsgrade liegen noch weit unter den Laborwirkungsgraden. Die Leistung der CIGS-Solarzellen wird maßgeblich durch die elektronischen Eigenschaften und Diffusionsphänomene an den Grenzflächen der Front- und Rückkontakte sowie an den intrinsischen Korngrenzen bestimmt. Die atomaren Phänomene an den Grenzflächen sollen mittels Ab-initio- und Monte-Carlo-Methoden simuliert werden – begleitet von experimentellen Studien, die die theoretischen Ergebnisse am Schichtsystem umsetzen und in industrielle Prozesse überführen.

CIGS_ng_P – Prozessqualifizierung für CIGS-Module der nächsten Generation (CIGS next generation PROCESSES)

Förderkennzeichen	0325625
Laufzeit	01.09.2013 – 31.08.2017
Zuwendungssumme	6.216.323 Euro
Projektpartner	Manz CIGS Technology GmbH

Ziel ist die weitere Reduzierung der Herstellkosten für Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid(CIGS)-Module und die erfolgreiche Verwertung der Ergebnisse für den Verkauf von Einzelanlagen und ganzen Produktionslinien. Es soll nachgewiesen werden, dass die aktuellen Herstellkosten von circa 50 Eurocent mit der Manz-Technik auf 40 Eurocent reduziert werden können. Einerseits sollen alle Abscheide- und Strukturierungsprozesse so optimiert werden, dass Wirkungsgrade im Mittel auf 15 Prozent und im Maximum auf 16 Prozent gezeigt werden, und andererseits Anlagentechnik, Prozesse und Materialien so optimiert und modifiziert werden, dass die genannten Herstellkosten erreicht werden. Modulzuverlässigkeit und Verbesserung der Energieausbeute im Feld (Euro pro Kilowattstunde) werden die prozesstechnischen Themen eng begleiten.

4.5 Systemtechnik, Netzanbindung

Für übergeordnete Fragen der Netzintegration von Strom aus erneuerbaren Energien, darunter auch Strom aus Photovoltaikanlagen, wurde 2008 ein eigener Förderschwerpunkt eingerichtet (siehe Kapitel 2 – SystEEm). Dem Förderschwerpunkt Photovoltaik werden Projekte zugeordnet, die direkt bei der Anlagentechnik ansetzen. Gefördert wird also die Weiterentwicklung dezentraler Leistungselektronik für die Netzeinspeisung und für Inselsysteme.

Um eine Photovoltaikanlage an das Stromnetz anzuschließen, werden Wechselrichter installiert, die den Gleichstrom der Solaranlage in Wechselstrom umwandeln. Als Schnittstelle zwischen Anlage und Stromnetz sind sie ein wichtiger Ansatzpunkt für Forschung und Entwicklung zu Fragen der Netzintegration des Photovoltaikstroms und können Systemdienstleistungen zur Verfügung stellen, die das Netz stabilisieren. Beispielsweise können sie in Kombination mit geeigneten Speichern das Verhältnis von Eigenstrombedarf und Einspeisung in das öffentliche Netz regeln.

Mit sinkenden Modul- und Systemkosten gerät auch der Wechselrichter wieder in den Fokus von Forschung und Entwicklung. Für eine weitere Kostenreduktion von unter 0,15 Euro pro Watt könnte die Entwicklung neuer, monolithischer Schaltungstopologien interessant sein.

Inselsysteme sind dort notwendig, wo es kein Stromnetz gibt oder der Ausbau zu teuer ist. Das ist nicht nur in Schwellen- und Entwicklungsländern der Fall, sondern auch in Deutschland, zum Beispiel beim Betrieb von entlegenen Funkstationen im ländlichen Raum. Dort sind heute Systeme, die durch Photovoltaik betrieben werden, kostengünstiger als der Einsatz von Dieselgeneratoren. Regenerative Systeme sind jedoch auch komplexer. Daher untersucht ein weiterer Forschungsansatz, wie Erzeuger, Speicher und Verbraucher optimal miteinander verschaltet und notwendige Systemerweiterungen flexibel umgesetzt werden können.

PV-EMS – Photovoltaische Energiemanagementstation: Netzintegration und Kostensenkung von PV-Anlagen im Leistungsbereich von 10 kW bis in den Megawattbereich

Förderkennzeichen	0325028
Laufzeit	01.06.2008 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	2.030.304 Euro
Projektpartner	SMA Solar Technology AG

Im Projekt PV-EMS werden dezentral aufgebaute Photovoltaikgroßanlagen (100 Kilowatt bis mehrere Megawatt) mit Strangwechselrichtern unter verschiedenen Aspekten untersucht und systemtechnisch optimiert. Dabei steht zum einen die weitere Kostensenkung, die insbesondere bezüglich des Gesamtkostenansatzes (Total Cost of Ownership) beleuchtet wird, im Fokus. Zum anderen liegt der Schwerpunkt auf der Verbesserung der Netzintegrationseigenschaften und auf der Erbringung von Netzsystemdienstleistungen, die zunehmend an Bedeutung gewinnen. Eine wichtige Rolle spielt auch die zukunftsfähige Kommunikationsanbindung. Die theoretischen Untersuchungsergebnisse werden durch die Erprobung und Demonstration solcher dynamisch steuerbarer Photovoltaik-Großanlagen verifiziert.

Inno-System – Innovative Photovoltaikhybridsystemtechnik für die Dorfstromversorgung der nächsten Generation

Förderkennzeichen	0325121
Laufzeit	01.05.2009 – 30.09.2013
Zuwendungssumme	2.219.142 Euro
Projektpartner	KACO new energy GmbH

Um die Märkte der größeren, meist dieselbetriebenen Inselnetze auch für die Photovoltaik (PV) zu erschließen, wird in diesem Projekt ein PV-Hybridinselsystem entwickelt, das den entsprechenden Anforderungen hinsichtlich Größe, Effizienz, Nutzerfreundlichkeit, Zuverlässigkeit, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit gerecht wird. Dies umfasst effiziente Wechselrichter, Gleichspannungswandler (DC/DC-Wandler) und Batteriesysteme in Leistungsgrößen, mit denen Dieselgeneratoren

im signifikanten Maßstab durch erneuerbare Energien substituiert werden können. Ferner wird durch ein übergeordnetes Energiemanagementsystem und eine standardisierte Kommunikationsinfrastruktur die Effizienz und Zuverlässigkeit der Energieversorgung sichergestellt.

Hi2SiC – Hocheffizienter und kompakter Wechselrichter mit Siliciumcarbidhalbleitern

Förderkennzeichen	0325251
Laufzeit	01.12.2010 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	817.157 Euro
Projektpartner	Kostal Industrie Elektrik GmbH

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Photovoltaikwechselrichters mit Siliciumcarbid(SiC)-Halbleitern. Die verbesserten Eigenschaften der SiC-Halbleiter dienen nicht ausschließlich der Wirkungsgradoptimierung, im Fokus steht vielmehr eine Optimierung des Gesamtsystems. Der Hi_2SiC -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 Eigenverbrauches wird der Hi_2SiC -Wechselrichter über mehrere bidirektionale DC/DC-Steller verfügen, die den Anschluss von Batteriespeichersystemen zulassen.

HiPe-PV – High-Penetration of PV-Systems in Electricity Grids

Förderkennzeichen	0325266
Laufzeit	01.01.2011 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	306.074 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Das Projekt High-Penetration of PV-Systems in Electricity Grids (HiPe-PV) ist ein internationales Forschungsprojekt zur Verbesserung der Netzintegration von Photovoltaik im Rahmen des Photovoltaic

European Research Area Network (PV ERA NET). Ziel des Projektes ist die Identifikation technischer Anforderungen an PV-Systeme und elektrische Netze auf nationaler Ebene, um eine verbesserte Netzintegration hoher PV-Leistung bei möglichst geringen Kosten zu erreichen. Die internationale Ausrichtung von HiPe-PV ermöglicht es, die technische und wirtschaftliche Effizienz der Umsetzungsstrategien der Teilnehmerländer miteinander zu vergleichen, und macht seine Besonderheit aus. Das Projekt fördert die International-Energy-Agency(IEA)-Task-14-Aktivitäten des Fraunhofer IWES.

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

Förderkennzeichen	0325272
Laufzeit	01.01.2011 – 30.04.2013
Zuwendungssumme	206.329 Euro
Projektpartner	Energynautics GmbH

Der wachsende Anteil der fluktuierenden Photovoltaikeinspeisung wird sich wesentlich auf den Betrieb der Stromnetze auswirken. Mit Blick auf einen zu erwartenden Anteil von 30 bis 40 Prozent des Energieverbrauches stellt sich die Frage nach der optimalen wirtschaftlichen Auslegung und dem optimalen Betrieb des Verteil- und Übertragungsnetzes in Europa. Zusammen mit mehreren europäischen Partnern werden Modellierungs- und Simulationswerkzeuge in DigSILENT/PowerFactory entwickelt, mit deren Hilfe neben der Untersuchung der Problematik auf der Verteilnetzebene das wirtschaftliche Optimum zwischen dem zukünftigen Erzeugungsmix und dem Netzausbau auf Basis des europäischen Hochspannungsnetzmodells von Energynautics GmbH ermittelt wird.

PILEBI – Photovoltaische Inselsysteme mit langlebigen Energiespeichersystemen auf Basis von Blei- und Lithium-Ionen-Batterien

Förderkennzeichen	0327656
Laufzeit	01.06.2007 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.510.585 Euro
Projektpartner	Hochschule Trier – Trier University of Applied Sciences

Um die Attraktivität solarer Inselsysteme 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 Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg vergleichen unterschiedliche Blei- und Lithium-Batterietechnologien und entwickeln neue Ansätze für die Ladung von Batterien in Solarsystemen. Ergänzend entwickeln sie Prototypen, die als universelle photovoltaische Ladesysteme unterschiedliche Batterietechnologien unterstützen können. In Labor- und Feldtests werden die Innovationsansätze mit herkömmlichen Verfahren verglichen.

GaNPV – Einsatz von monolithischen GaN-Halbleitern in PV-Wechselrichtern zur Verbesserung von Lebensdauer und Effizienz

Förderkennzeichen	0325529
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	1.997.809 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Ziel des Projektes ist es, ein Konzept für Photovoltaik(PV)-Wechselrichter mit gesteigerter Lebensdauer und Effizienz zu entwickeln. Dies soll durch den Einsatz spezieller Halbleiterbauelemente aus Galliumnitrid (GaN) erreicht werden, die als monolithisch integrierte Halbrücken mit integrierten Freilaufdioden aufgebaut werden. Der Wechselrichter wird sich in erster Linie durch eine sehr hohe Schaltfrequenz bei gleichzeitig hoher Effizienz auszeichnen. Kurzlebige Komponenten

werden durch langlebige ersetzt, um die Lebensdauer des Wechselrichters zu steigern. Zudem werden Konzepte zur hochfrequenten Regelung der neuen Schaltung erarbeitet, um sie an die hohe Taktfrequenz der Leistungselektronik anzupassen.

Verbundvorhaben: HiDC-PV-Kraftwerk – Entwicklung einer PV-Kraftwerkstechnik mit einem DC-Spannungsniveau von ± 1.500 Volt

Förderkennzeichen	0325653A; 0325653B
Laufzeit	01.08.2013 – 31.07.2016
Zuwendungssumme	1.534.099 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Bonfiglioli Vectron GmbH – RePvS R&D

Im Vorhaben sollen neue Kraftwerkskonzepte mit einem erhöhten Spannungsniveau entwickelt werden. Durch die Erhöhung der Spannung auf bis zu 1.000 Volt Wechselstrom (AC) und ± 1.500 Volt Gleichstrom (DC) lassen sich erhebliche Einsparungen in den Kabelstrecken und damit im Ressourcenverbrauch von großen PV-Kraftwerken erreichen. Ein weiterer Teil des Projektes ist die technische Entwicklung und der Aufbau eines Leistungselektronikkonzeptes, bestehend aus einer DC-seitigen Wandlerelektronik und einem Zentralwechselrichter.

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

Förderkennzeichen	0325067B
Laufzeit	01.05.2013 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	459.425 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Photovoltaik(PV)-Fassadensysteme ermöglichen die energetische Aktivierung der Gebäudehülle beim Neubau sowie bei der Sanierung von Gewerbegebäuden oder Altbauten. Insbesondere vorgehängte Kalt-

oder Warmfassaden können qualitativ hochwertige, flexible Fassadensysteme mit multifunktionalen Eigenschaften von PV-Fassadenelementen optimal kombinieren. Sie müssen höchste Qualitätsansprüche verschiedener Akteure (zum Beispiel Architekt, Bauherr, Fassadenbauer, Elektrotechniker, Feuerwehr) erfüllen. Das betrifft gestalterische Möglichkeiten, bautechnische und baurechtliche Anforderungen, Langzeitstabilität und Funktionssicherheit des Systems, Definition der Schnittstellen, Betrieb und Reparatur sowie Gewährleistungen. Die Klärung dieser Fragestellungen sowie die Untersuchung und Weiterentwicklung von Lösungsansätzen sind Gegenstand des Projektes.

Verbundvorhaben: FireBreaker – Entwicklung von technischen Anforderungen zur Charakterisierung von Einrichtungen zum Trennen, Schalten und Kurzschließen von PV-Modulen, -Strängen und -Generatoren

Förderkennzeichen	0325596A; 0325596D; 0325596B; 0325596C; 0325596E; 0325596F
Laufzeit	01.07.2013 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	907.778 Euro
Projektpartner	TÜV Rheinland LGA Products GmbH; Eaton Industries GmbH; E-T-A Elektrotechnische Apparate GmbH; Q3 Energieelektronik GmbH & Co. KG – Niederlassung Biberach; SMA Solar Technology AG; TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH

In dem Projekt untersuchen die TÜV Rheinland LGA Products GmbH und ihre Partner sichere Schaltvorgänge bei Photovoltaik(PV)-Anlagen und entwickeln technische Anforderungen zur Charakterisierung von Einrichtungen zum Trennen, Schalten und Kurzschließen von PV-Modulen, -Strängen und -Generatoren. Im Zentrum des Forschungsprojektes steht die Erarbeitung der technischen Grundlagen zur Bewertung, Prüfung und Konstruktion von technischen Schaltern, die eine sichere Trennung bzw. im Bedarfsfall den Kurzschluss der Gleichstromseite ermöglichen.

4.6 Qualitätssicherung und Langzeitstabilität von PV-Komponenten und -Systemen sowie übergreifende Fragestellungen

Ein wichtiges Querschnittsthema ist die Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit von Photovoltaiksystemen. Zur Klärung des Förderbedarfes hat das BMU im Mai 2013 den Workshop „Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit von Photovoltaik-Systemen“ durchgeführt. Unter den rund 30 Experten aus Industrie und Forschung herrschte Konsens darüber, dass Solartechnik aus Deutschland gegenüber der Konkurrenz einen Qualitätsvorsprung beibehalten müsse. Dieser müsse von der Zellebene über die Komponenten bis hin zum Gesamtsystem sichergestellt werden. Dazu solle vordringlich die Steigerung des Verständnisses für Alterungsprozesse auf allen Ebenen sowie die Entwicklung von Inline-Mess- und Prozesstechnik für die Massenfertigung verfolgt werden.

Für den Betrieb von Photovoltaikanlagen sind sichere spannungsfreie Schaltvorgänge wesentlich. Denn selbst wenn bei einem Notfall das Wechselstromnetz vom Energieunternehmen abgestellt wird, stehen die Gleichspannungsleitungen und Anschlusspunkte zwischen den Photovoltaikmodulen und dem Wechselrichter unter Spannung, solange Licht einfällt. Dies kann für Menschen ein zusätzliches Risiko darstellen. Konstruktion, Bewertung und Prüfung von technischen Schaltern, die eine sichere Trennung oder im Bedarfsfall den Kurzschluss der Gleichstromseite ermöglichen, sind deshalb ebenfalls Teil der Forschungsförderung. Die besondere Herausforderung besteht darin, Konzepte zu finden, die sowohl die verschiedenen Fehlerfälle abdecken als auch deren jeweilige Sicherheits-, Konstruktions- oder Prüfanforderungen definieren.



Prüfstand Sonnensimulator des TÜV Rheinland.

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

Förderkennzeichen	0325194A; 0325194B; 0325194C
Laufzeit	01.04.2010 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	979.206 Euro
Projektpartner	TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Institut für Solarenergieforschung GmbH

Im Rahmen des „Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS)“ der Internationalen Energieagentur (IEA) wird unter dem Titel „Task 13 – Performance and Reliability of Photovoltaic Systems“ ein Arbeitsprogramm mit 33 Partnern aus 18 Ländern durchgeführt und geleitet. Es ist ihr Ziel, technische Berichte, Handlungsempfehlungen und Best-Practice-Beschreibungen zu erstellen und zu verbreiten. Die Task 13 soll ein internationales Forum zum Austausch von Fakten und Erfahrungen sein. Die Arbeitsschwerpunkte sind: 1. statistische Analysen der Systemperformance von Photovoltaik(PV)-Anlagen, 2. Modellierung und analytische Bewertung von PV-Systemen, 3. Betriebsverhalten verschiedener PV-Modultechnologien im Feld, 4. Charakterisierung und Fehlerbeurteilung von PV-Modulen.

Entwicklung hochpräziser Kalibrierprozeduren für Dünnschichttechnologien

Förderkennzeichen	0325242
Laufzeit	01.10.2010 – 30.09.2013
Zuwendungssumme	910.946 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Die Entwicklung der rückführbaren Messung (Kalibrierung) von Solarzellen und Modulen für Dünnschichtsolarzellen soll auf einen Stand gebracht werden, der dem bei Siliciumsolarzellen vergleichbar ist. Basis sind die umfassenden Erfahrungen aus der Bewertung der Einfluss-

größen bei kalibrierten Messungen und aus der Kalibrierung von III-V-Mehrfachzellen am Photovoltaik-Kalibrierlabor des Fraunhofer ISE (CalLab PV Cells). Die Vergleichbarkeit der Messungen unterschiedlicher Technologien im Kalibrierlabor steht dabei ebenso im Vordergrund wie die Entwicklung angepasster Referenzen und deren Kalibrierung für die Industrie. Die entsprechenden Prozeduren sollen mit dem Ziel, die Zellen und Modulwirkungsgrade in der Produktion genauer bestimmen zu können, angepasst und weiterentwickelt werden.

Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaikanlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung

Förderkennzeichen	0325259A; 0325259B
Laufzeit	01.02.2011 – 31.07.2014
Zuwendungssumme	1.725.651 Euro
Projektpartner	TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Im Rahmen des Forschungsprojektes wird die Sicherheit von Photovoltaik(PV)-Anlagen hinsichtlich Risiken bei der Lichtbogenentstehung und Gefahren beim Ausbruch eines Brandes mit und ohne Beteiligung der PV-Anlage untersucht. Dabei werden die Potenziale zur Entstehung eines Lichtbogens an verschiedenen Kontaktstellen bestimmt und bewertet, die Brandweiterleitungseigenschaften von Materialien geprüft und die Anforderungen für Lichtbogendetektoren definiert. Besonderes Augenmerk gilt der Sicherheit der Feuerwehreinsetzkkräfte beim Gebäudebrand. Hierzu werden Untersuchungen zur Einsatzsituation mit Schutz vor elektrischem Schlag und der Rauchgasgefährdung erarbeitet. Projektabschließend werden Anforderungen für die Integration in Normen und Richtlinien entwickelt.

Verbundvorhaben: PV-KLIMA – Energieertrag von Photovoltaik-Dünnschichtmodulen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen

Förderkennzeichen	0325517B; 0325517A; 0325517C
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2016
Zuwendungssumme	2.600.828 Euro
Projektpartner	TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH; Carl von Ossietzky Universität Oldenburg; Forschungszentrum Jülich GmbH

Im Rahmen des Vorhabens werden vergleichende Untersuchungen zum Energieertrag von Dünnschichtsolarmodulen in diversen Klimaregionen durchgeführt. Aus den Ergebnissen sollen die spezifischen Besonderheiten verschiedener Dünnschichttechnologien abgeleitet sowie ihre Stärken und Schwächen im Vergleich zu kristallinen Photovoltaiktechnologien analysiert werden. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Modellierung von Klimadaten auf Basis von Satellitendaten und terrestrischen Strahlungsmessdaten, um für die verschiedenen Klimaregionen (gemäßigt, tropisch, subtropisch, arid) Referenzdatensätze abzuleiten und verbesserte elektrische Betriebsmodelle zur Berechnung des Energieertrags von Dünnschichtsolarmodulen zu entwickeln.

Mitarbeit im IEA-Programm „Photovoltaic Power Systems (PVPS)“: Implementing Agreement Task 9 „Development of Services for Regional Development“

Förderkennzeichen	0325597
Laufzeit	01.01.2013 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	129.973 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Neben Deutschland, vertreten durch das Fraunhofer ISE, beteiligen sich, unter der Leitung von Frankreich, Dänemark, Schweden, die Schweiz und Japan an den Arbeiten des Task 9. Die Arbeitsgruppe befasst sich mit den Themen „Zugang zu modernen und nachhaltigen Stromdienstleistungen“ sowie „Effektiver Einsatz von Photovoltaik und

erneuerbaren Energien in Entwicklungsländern“. Der Fokus liegt auf der Verbreitung von Informationen zu Energieversorgungssystemen mit folgenden Schwerpunkten: Photovoltaik für die Energieversorgung in Dörfern, Photovoltaik in Inselnetzen und Hybridsystemen, Integration von Photovoltaik in städtischen Gebieten, Photovoltaik-Großanlagen und innovative Geschäftsmodelle. Die Erfahrungen werden mittels erarbeiteter Handbücher, Veröffentlichungen und Trainingsseminare in den Zielländern verbreitet.

Verbundvorhaben: PVScan – Evaluationsforschung zur Qualitätssicherung und -bewertung von PV-Modulen im Solarpark

Förderkennzeichen	0325588A; 0325588C; 0325588B; 0325588E; 0325588D
Laufzeit	01.08.2013 – 31.07.2017
Zuwendungssumme	1.794.217 Euro
Projektpartner	Sunnyside upP GmbH; International Solar Energy Research Center Konstanz e.V.; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Solar-Fabrik AG für Produktion und Vertrieb von solartechnischen Produkten; TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH

Langlebigkeit, Qualität und Performance von PV-Installationen gewinnen zunehmend an Bedeutung. In dem Verbundprojekt werden Modulschäden durch Produktion, Transport, Montage und verwendete Materialien an fünf verschiedenen Installationsorten (Freiflächen- und Aufdachanlagen) aufgenommen und über vier Jahre mittels regelmäßiger Messungen ausgewertet, um die verschiedenen Fehlertypen und ihre relevanten Auswirkungen auf Leistung und Performance zu evaluieren. Die Auswahl der Module erfolgt unter einer statistisch relevanten Stichprobenzahl, sodass die Ergebnisse mit der jeweiligen Gesamtinstallation korreliert werden können. Die Ergebnisse sollen abschließend in internationalen Normen und Zertifizierungsanforderungen berücksichtigt werden.

4.7 Alternativkonzepte

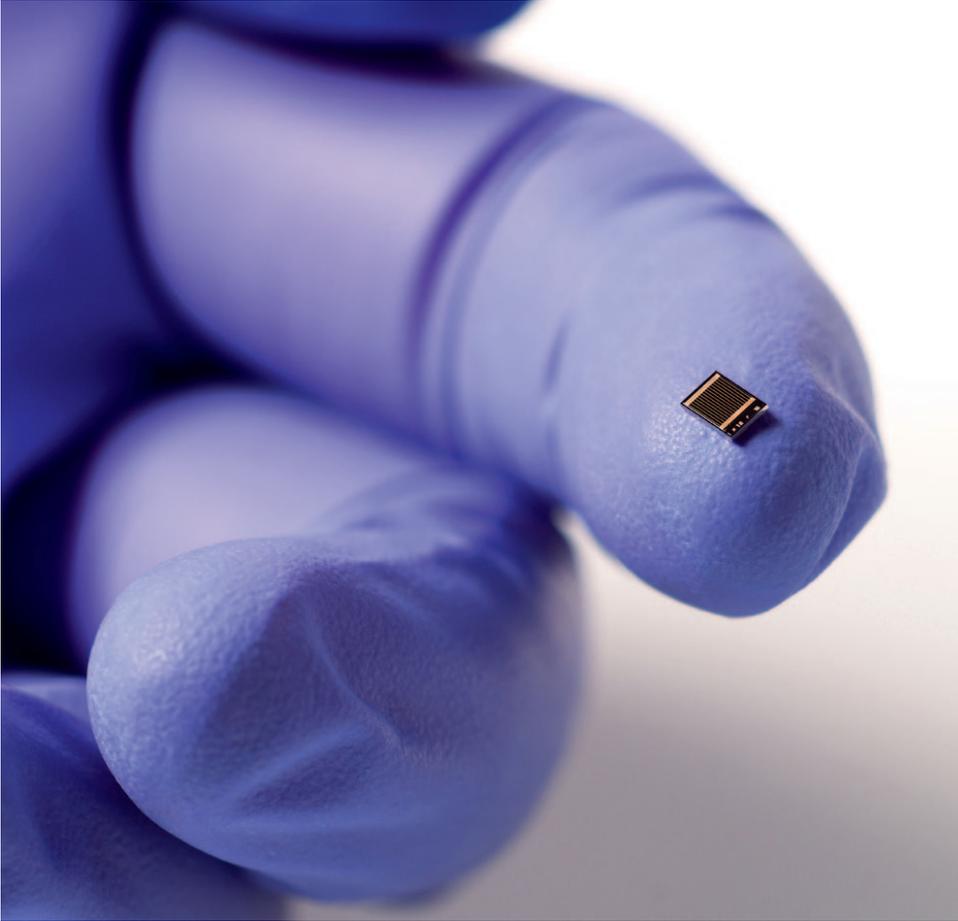
Das BMU/BMWi fördert auch Alternativkonzepte zu den Wafer- und Dünnschichttechnologien.

Konzentrierende Photovoltaik

Die konzentrierende Photovoltaik (CPV), bei der das Sonnenlicht mittels konzentrierender Systeme auf die Solarzellen fokussiert wird, zeigt ein bedeutendes Potenzial für mittelgroße und große Anlagen in südlichen Klimazonen auf. Durch die Konzentration des Lichtes wird der Verbrauch von teurem Halbleitermaterial um den Faktor 300-1.000 reduziert und durch kostengünstige Optik ersetzt. Neben einer Erhöhung des Wirkungsgrades ist die Ermöglichung von Massenfertigungen wichtig für die weitere Entwicklung der Technologie. Die Ergebnisse der Labor- und Pilotfertigung müssen auf eine schnelle und kostengünstige Industrieproduktion mit hoher Ausbeute und geringen Parameterschwankungen übertragen werden. Die Entwicklungsziele für konzentrierende Photovoltaiksysteme, speziell für die industrielle Produktion, liegen deshalb in der Reduktion der Herstellungskosten, gesteigerten Systemwirkungsgraden sowie Zuverlässigkeit und Langlebigkeit.

Neue Forschungsansätze

Es gibt regelmäßig neue Vorschläge zu geeigneten Absorbermaterialien und andersartigen Strukturen, die sich für Solarzellen nutzen lassen. Sofern sich diese für Leistungsanwendungen nutzen und vom Prinzip her nachweisbar in einen industriellen Maßstab übertragen lassen, können auch solche Neuentwicklungen durch Förderungen des BMU/BMWi unterstützt werden.



Weltrekordsolarzelle mit 44,7 Prozent Wirkungsgrad, bestehend aus vier Teilsolarzellen auf Basis von III-V-Halbleitern, für die Anwendung in der Konzentration-Photovoltaik.

KoMGen – Entwicklung von Konzentratormodulen der nächsten Generation

Förderkennzeichen	0327567A
Laufzeit	01.04.2010 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	3.041.590 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Innerhalb des Projektes Entwicklung von Konzentratormodulen der nächsten Generation – KoMGen werden am Fraunhofer ISE neue Konzepte für die photovoltaische Konzentrator-technologie entwickelt. Der Konzentrationsfaktor soll durch den Einsatz von Spiegeloptiken erhöht werden und zur Fertigung einer dicht gepackten, zentralen Empfängereinheit, die von der Optik mechanisch getrennt ist, werden spezielle Solarzellen verwendet. Mit solch einem aktiv gekühlten, zentralen Empfänger kann man zusätzlich die Wärmeenergie nutzen und so den Gesamtwirkungsgrad erhöhen (Concentrating Photovoltaic and Thermal – CPVT). Die Konzepte werden im Projekt sowohl technologisch als auch ökonomisch evaluiert und bilden die Grundlage für zukünftige photovoltaische Konzentratorsysteme.

CdTe-CdS-Solarzellen hoher Effizienz für eine verbesserte Modulproduktionstechnologie

Förderkennzeichen	0329881A
Laufzeit	01.09.2008 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	891.000 Euro
Projektpartner	Friedrich-Schiller-Universität Jena

Dünnschichtsolarzellen aus Cadmiumtellurid (CdTe) sind am Photovoltaikmarkt derzeit zum geringsten Preis pro Leistung erhältlich und haben das Potenzial für weitere Kostensenkungen. Die Wirkungsgrade industrieller CdTe-Solarmodule liegen heute bereits bei über 11 Prozent. Das Forschungsprojekt hat sich zum Ziel gesetzt, die Materialeigenschaften von CdTe besser zu verstehen und durch gezielte Dotierung mit Fremdmaterialien zu verändern. Theoretische Überlegungen ver-

sprechen eine Erhöhung der p-Dotierung und damit der Leitfähigkeit des Materials, sodass die im Labor erreichbaren Wirkungsgrade von derzeit 16 auf über 20 Prozent gesteigert werden können. Durch die Übertragung der Ergebnisse in die industrielle Produktion wären Modulwirkungsgrade von bis zu 15 Prozent realistisch.

Verbundvorhaben: CPV-Magnus – CPV-Systeme mit hocheffizienten und installationsfreundlichen Modulen

Förderkennzeichen	0325485A; 0325485B; 0325485C; 0325485D; 0325485E
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	3.637.464 Euro
Projektpartner	Soitec Solar GmbH; ORAFOL Fresnel Optics GmbH; Kirchner Solar Group GmbH; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH

Die Konzentradorphotovoltaik (CPV) nutzt optische Konzentratoren und hocheffiziente Multijunction-Solarzellen zur kostengünstigen Stromerzeugung im Sonnengürtel der Erde. Das hohe Kostenreduktionspotenzial dieser Technologie ist auf die integrale Optimierung von Modul- und Systemtechnik zurückzuführen. Das Vorhaben wird im Verbund von Fresnel Optics GmbH, dem Fraunhofer ISE, der Fachhochschule Kiel und der Kirchner Solar Group GmbH unter Leitung der Soitec Solar GmbH durchgeführt. Ziel des Verbundes ist die Entwicklung eines deutlich kostenreduzierten CPV-Systems mit Modulen, das auf einer zweistufigen Optik und dafür optimierte Nachföhreinheiten basiert. Weiterhin werden neue Aufbautechniken untersucht und neue CPV-spezifische Qualitätssicherungsprozesse entwickelt.

5. Geothermie

Die Geothermie nutzt stetig vorhandene Erdwärme und steht deshalb im Vergleich zur fluktuierenden Wind- und Sonnenenergie kontinuierlich als Energiequelle zur Verfügung. Neben der direkten thermischen Nutzung, die etwa in Nahwärmenetzen bereits in verschiedenen Anlagen realisiert wird, bietet sich die Geothermie auch für die kontinuierliche Stromproduktion an und kann deshalb in einem regenerativen Energiemix der Zukunft eine wichtige Rolle spielen. Bei der BMU/BMWi-geförderten tiefen Geothermie wird Wärme aus geothermischen Reservoirien ab 400 Meter Tiefe genutzt: Bei der hydrothermalen Geothermie wird vorwiegend die Energie des im Untergrund enthaltenen heißen Wassers erschlossen, bei der petrothermalen Geothermie hingegen die im Gestein gespeicherte Energie.

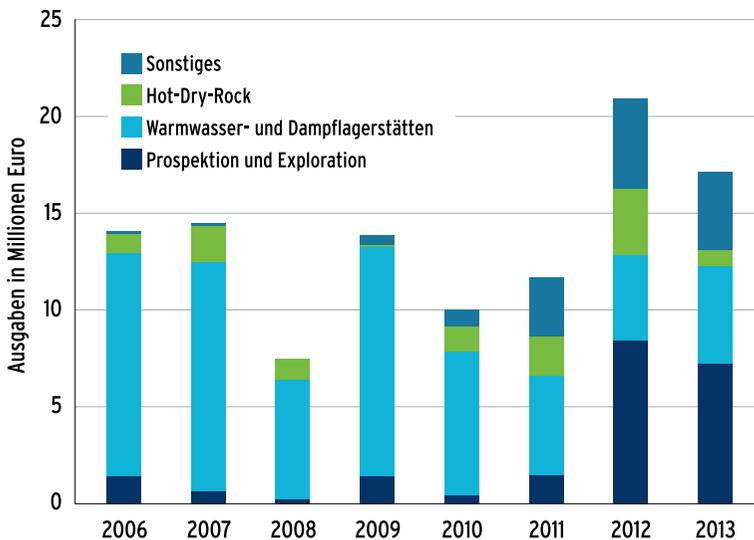
In Deutschland sind insbesondere das Molassebecken im Süden, der Oberrheingraben im Südwesten sowie das Norddeutsche Becken für die geothermische Nutzung geeignet. Nach Angaben des Bundesverbandes Geothermie e.V. waren 2013 deutschlandweit 25 geothermisch versorgte Heizkraftwerke mit einer installierten Leistung von 222,95 Megawatt thermisch in Betrieb, die über Fernwärmenetze Haushalte, Unternehmen und öffentliche Gebäude mit Wärmeenergie versorgten.

Um das Potenzial der Geothermie als eine kontinuierlich nutzbare erneuerbare Energiequelle zu erschließen, wurden bereits zahlreiche Anstrengungen unternommen. Diese reichen von der Auffindung und Erschließung besonders geeigneter Standorte über die Entwicklung von Bohrtechnologien bis hin zum Bau von Anlagen, die die gewonnene Erdwärme in Nahwärmenetze einspeisen oder in Strom umwandeln.

Die derzeit geförderten Forschungsprojekte umfassen alle Stufen der geothermischen Wertschöpfung. Ihr Ziel liegt vor allem darin, die Technologie in allen Projektphasen weiterzuentwickeln und die Kosten zu senken, um so die Geothermie in den Bereich der Wirtschaftlichkeit zu führen. Neben einer Senkung der Bohrkosten, die nach wie vor den Hauptteil der Investitionskosten darstellen, bilden die Entwicklung Geothermie-spezifischer, leistungsfähiger Förderpumpen und die

Minimierung induzierter seismischer Aktivitäten wesentliche Kernpunkte künftiger Forschungsvorhaben. Damit soll sichergestellt werden, dass fertiggestellte Anlagen künftig effizient, wartungsarm und zuverlässig funktionieren. Neben der technischen Weiterentwicklung zählen Konzepte für eine verbesserte Öffentlichkeitsarbeit inzwischen zum selbstverständlichen Bestandteil erfolgreicher Forschungsvorhaben. Nicht zuletzt müssen zudem Grundlagen erforscht und Voraussetzungen dafür geschaffen werden, die Geothermie auch in bisher weniger geeigneten Regionen einsetzbar zu machen.

Im Bereich der Geothermieforschung hat das BMU 2013 insgesamt 14 Projekte mit einem Fördervolumen von rund 20,6 Millionen Euro neu bewilligt (2012: 37 neue Projekte mit 21,4 Millionen Euro). Gleichzeitig flossen rund 17,1 Millionen Euro in laufende Forschungsvorhaben (2012: 20,8 Millionen Euro). Die geförderten Vorhaben umfassen alle Stufen der geothermischen Wertschöpfung.



Verteilung der Fördermittel im Bereich Geothermie zwischen 2006 und 2013.



Untersuchte obertägig zugängliche Störungszone mit Kluffrosen und Polpunkten im Oberen Muschelkalk in Knittlingen.

5.1 Planungs- und Explorationsphase

Das Risiko, mit einer Tiefenbohrung nicht den gewünschten Zielhorizont zu erreichen beziehungsweise am gewählten Standort keine erfolgreiche Förderung von Erdwärme etablieren zu können, ist noch hoch. Da die Bohrungen sehr kostenintensiv sind, muss das sogenannte Fündigkeits- und Erfolgsrisiko maßgeblich verringert werden. Entsprechende Forschungsprojekte bilden daher einen Schwerpunkt der Forschungsförderung von BMU/BMWi. Geeignete Erkundungsmethoden sollen eine bessere Prognose ermöglichen, wo genau der Zielhorizont für eine erfolgreiche Bohrung liegt. Eine zielgenaue Auswahl neuer möglicher Standorte würde die Kosten kalkulierbarer gestalten und somit auf Dauer eine größere Anzahl an Projekten ermöglichen.

Das BMU/BMWi fördert Projekte, in denen Methoden, Verfahren und Entscheidungshilfen für die Exploration entwickelt werden, um das Erfolgsrisiko zu verringern. Des Weiteren wird die Sammlung und Aufbereitung geologischer, mineralogischer, geo- und petrophysikalischer, geochemischer sowie mikrobiologischer Daten unterstützt, die eine umfassende Übersicht geothermischer Daten zum Ziel haben.

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

Förderkennzeichen	0325136
Laufzeit	01.06.2009 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	292.545 Euro
Projektpartner	Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Das Projekt befasste sich mit der Entwicklung von Methoden zur Abschätzung der für ein geothermisches Projekt relevanten Parameter des tieferen Untergrundes. Zum einen wurden der hierfür erforderliche geowissenschaftliche Datenbestand für alle geothermischen Nutzhorizonte im Oberrheingraben und Molassebecken erhoben, validiert, ausgewertet und vervollständigt, zum anderen geologisch-geothermische Algorithmen für praxisgerechte Lösungen zur standortbezogenen Anlagenprojektierung entwickelt. Dies betrifft sowohl geologische Grundlagendaten als auch geothermische Informationen sowie detaillierte hydraulische und hydrochemische Sachverhalte.

Die Projektergebnisse können auf der Homepage unter www.rp-freiburg.de/servlet/PB/menu/1337770/index.html abgerufen werden.

Entwicklung eines Werkzeuges zur Auslegung von HDR-Rissystemen

Förderkennzeichen	0325167
Laufzeit	01.09.2010 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.132.761 Euro
Projektpartner	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Das hohe Energiepotenzial in trockenen, dichten Gesteinshorizonten in Tiefen von bis zu 4.000 Metern soll nachhaltig und wirtschaftlich nutzbar gemacht werden: mit Hilfe der Hot-Dry-Rock(HDR)-Technologie. Dabei werden durch Einpressen eines Fluids in eine Bohrung Kluftsysteme geweitet beziehungsweise neue Systeme aktiviert. Das

lokale Spannungsfeld kontrolliert, wie das vorhandene Kluftsystem auf Stimulationen reagiert und ob ökonomisch ausreichend hohe Durchflussraten erzielt werden. Numerische Werkzeuge zur Planung und Auslegung von HDR-Systemen werden entwickelt und/oder erweitert sowie im Labor bei Variation des Spannungsfeldes Klüfte in Gesteinsblöcken erzeugt und deren Ausbreitung messtechnisch erfasst. Die Resultate dienen der Verifikation und Weiterentwicklung der Programmcodes.

Verbundprojekt: MAGS – Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund

Förderkennzeichen	0325191A; 0325191B; 0325191C; 0325191D; 0325191E; 0325191F
Laufzeit	01.05.2010 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	2.329.372 Euro
Projektpartner	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Ludwig-Maximilians-Universität München; Freie Universität Berlin; Technische Universität Clausthal; Technische Universität Bergakademie Freiberg

Weil die Akzeptanz der tiefen Geothermie durch spürbare Erdbeben wie in Basel oder Landau gelitten hat, entwickeln wir Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung tiefer geothermischer Systeme. Hierzu wird die Seismizität (Häufigkeit und Stärke der Erdbeben eines Gebietes) an deutschen Standorten möglichst genau charakterisiert. Wo sich seismische Aktivitäten im Kraftwerkbetrieb zeigen, werden diese berechnet und mit der Gefährdung durch natürliche Erdbeben verglichen. Des Weiteren werden Strategien entwickelt, um spürbare Seismizität bei hydraulischen Stimulationen und im Dauerbetrieb geothermischer Kraftwerke zu vermeiden. Schließlich trägt das Verbundprojekt zu einem besseren Prozessverständnis des Entstehens fluidinduzierter Erdbeben bei.

Verbundprojekt: Ökonomische und ökologische Effizienz tiefen-geothermischer Anlagen in Süddeutschland – Untersuchungen zu Betriebserfahrung und Optimierungsansätze

Förderkennzeichen	0325262A; 0325262B
Laufzeit	01.03.2011 – 28.02.2014
Zuwendungssumme	481.934 Euro
Projektpartner	Erdwerk GmbH; Hochschule für angewandte Wissenschaften München

Ziel des Projektes ist es, an vier Standorten im süddeutschen Raum die Wirtschaftlichkeit sowie ökologische und energetische Effizienz geothermischer Anlagen zu untersuchen. Diese setzen sich aus einer Reihe von über- und untertägigen Komponenten zusammen, die von verschiedenen, auf die einzelnen Komponenten spezialisierten Planungsbüros möglichst effizient geplant werden. Die Gesamteffizienz einer Anlage zeigt sich meist erst beim Zusammenwirken der Komponenten während des Betriebes. Es ist davon auszugehen, dass sich mit gezielten und unter den einzelnen Komponenten abgestimmten Optimierungsmaßnahmen die Gesamteffizienz deutlich steigern ließe. Neben der Aufnahme und Auswertung von Betriebsparametern werden Modellierungen durchgeführt und Optimierungsansätze vorgeschlagen.

Verbundprojekt: Erforschung der Mechanismen und Simulation hydraulisch induzierter Risse in geklüfteten Gesteinen für die Optimierung des Aufschlusses geothermischer Lagerstätten

Förderkennzeichen	0325279A; 0325279B
Laufzeit	01.06.2011 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	1.007.896 Euro
Projektpartner	geomecon GmbH; Ruhr-Universität Bochum

Maßgeblich für den Erfolg eines geothermischen Projektes ist der effiziente Aufschluss der Lagerstätte. Sie wird häufig durch einen hydraulisch induzierten Riss an die Bohrung angeschlossen (Hydro-Frac), durch den das energietragende Fluid der Bohrung zugeführt

wird. In der herkömmlichen Praxis des Hydraulicfracturings werden existente Risse nicht berücksichtigt, eine gezielte Vernetzung der Risse würde aber eine Effizienzsteigerung und Reduktion des seismischen Risikos bedeuten. Im Mittelpunkt der Studie steht deshalb die Aktivierung der Risse. Mit Hilfe von Laborversuchen werden geomechanische Modelle entwickelt, numerisch verifiziert und an In-situ-Daten getestet. Abschließend werden Strategien entwickelt, um die Stimulation von geothermischen Lagerstätten zu optimieren.

Verbundprojekt: Identifikation hydraulisch geeigneter Bereiche innerhalb der mesozoischen Sandsteinaquifere in Norddeutschland

Förderkennzeichen	0325285A; 0325285B
Laufzeit	01.06.2011 – 31.08.2014
Zuwendungssumme	587.940 Euro
Projektpartner	Geothermie Neubrandenburg GmbH; Technische Universität Bergakademie Freiberg

Ziel des Vorhabens sind die Identifikation, Charakterisierung und Darstellung hydraulisch geeigneter Bereiche innerhalb der mesozoischen Sandsteinaquifere in Norddeutschland mittels modernster Methoden. Erstmals sollen Kartenwerke der geothermischen Hauptaquifere des Norddeutschen Beckens erstellt werden, welche die Fazies und Diagenese der Sandsteine berücksichtigen. Somit wird eine Differenzierung in geeignete und nicht geeignete Sandsteine möglich, die eine Minimierung des Erkundungsrisikos bei der Exploration mesozoischer Aquifere zur geothermischen Wärme- und Stromerzeugung bedeutet. Hauptuntersuchungsgegenstand sind circa 1.000 Proben von circa 30 Tiefbohrungen und circa zehn obertägigen Aufschlüssen sowie Labormessungen und geophysikalische Logs.

Charakterisierung des geothermischen Reservoirpotenzials des Permokarbons in Hessen und Rheinland-Pfalz

Förderkennzeichen	0325286
Laufzeit	01.07.2011 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	181.410 Euro
Projektpartner	Technische Universität Darmstadt

Die Oberkante der zwei Kilometer mächtigen, aus Sedimentiten und Vulkaniten bestehenden Rotliegend-Abfolge liegt im Oberrheingraben in einer Tiefe von ein bis drei Kilometern. Somit überschreiten die Reservoirtemperaturen 150 Grad Celsius und erfüllen die Voraussetzung für eine geothermische Stromerzeugung. Sedimentgesteinsproben jeder Formation und jedes Fazies-Typs werden auf ihre petrophysikalischen Eigenschaften untersucht. Die mittleren Ergebnisse von rund 600 Proben weisen eine Porosität von 13,8 Prozent, eine Permeabilität von 4,1 mal Zehn hoch minus 15 Quadratmetern und eine Wärmeleitfähigkeit von 2,3 Watt pro Meter und Kelvin auf. Sie dienen neben Bohr- und Seismikdaten als Eingangsdaten für ein 3D-Reservoirmodell des nördlichen Oberrheingrabens, das eine belastbare Potenzialausweisung ermöglicht.

Verbundprojekt: AuGE – Aufschlussanalogstudien und ihre Anwendbarkeit in der geothermischen Exploration: Entwicklung von Methoden zur Ermittlung von Permeabilitäten und Transmissivitäten aus Reservoir-Informationen des ORG

Förderkennzeichen	0325302A; 0325302B; 0325302C; 0325302D; 0325302E
Laufzeit	01.08.2011 – 31.07.2014
Zuwendungssumme	1.778.139 Euro
Projektpartner	Geothermal Engineering GmbH; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; Georg-August-Universität Göttingen; Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg; GeoEnergy GmbH

Neben der Matrix-Permeabilität der Reservoir-Information wird die Fündigkeit im Oberrheingraben (ORG) insbesondere von der störungs-

gebundenen Permeabilität bestimmt. Das Projekt verfolgt einen integrativen Multi-Methoden-Ansatz, um die Prognosesicherheit der faziellen und petrophysikalischen Eigenschaften sowie der Störungseigenschaften und deren Einfluss auf die Permeabilitäten zu verbessern. Dabei werden Analogaufschlüsse auf den Grabenschultern des Oberrheingrabens ausgewählt, um nutzungsrelevante Gesteinseigenschaften und deren Übertragbarkeit auf die Reservoirgesteine zu untersuchen. Ziel ist es, die Praxistauglichkeit von Aufschlussanalogstudien als kostengünstige und effektive Methode in der geothermischen Exploration zu erforschen und nachzuweisen.

Verbundprojekt: MeProRisk II – Optimierungsstrategien und Risikoanalyse für tiefe geothermische Reservoirs: eine Machbarkeitsstudie

Förderkennzeichen	0325389A; 0325389B; 0325389C; 0325389D; 0325389E; 0325389F
Laufzeit	01.02.2012 – 31.03.2015
Zuwendungssumme	3.100.056 Euro
Projektpartner	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; Freie Universität Berlin; Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; Technische Universität Bergakademie Freiberg; Geophysica Beratungsgesellschaft mbH; Friedrich-Schiller-Universität Jena

Die Nutzung der tiefen Geothermie für die Wärme- und Stromversorgung ist nur dann wirtschaftlich, wenn millionenteure Fehlbohrungen vermieden werden. Deshalb ist eine verlässliche quantitative Bestimmung der Kenngrößen eines geothermischen Reservoirs (Wärme, Fließrate) unerlässlich. In MeProRisk I wurden Methoden zur **a)** iterativen Modellbildung mit stochastisch bewerteten thermischen und hydraulischen Gesteinseigenschaften, **b)** stochastisch-numerischen Simulation der Reservoirs unter Produktionsbedingungen und **c)** seismischen Strukturerkennung und Schätzung der Permeabilität entwickelt. In MeProRisk II werden diese zur Reservoir-Simulation und Unsicherheitsbewertung eingesetzt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit im technisch-wirtschaftlichen Umfeld geothermischer Erkundungen untersucht.

Verbundprojekt: Seismik im Kristallin – 3D-seismische Messungen im Kristallin unter besonderer Berücksichtigung lithologischer und struktureller Klassifizierungen des geothermischen Reservoirs durch seismische Attributanalysen

Förderkennzeichen	0325363A; 0325363B; 0325363C
Laufzeit	01.09.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	6.543.844 Euro
Projektpartner	Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG); Technische Universität Bergakademie Freiberg; Universität Hamburg

Nach dem Erfolg der seismischen Erkundung geothermischer Reservoirs in Sedimentbecken ist es das Ziel dieses Forschungsvorhabens, eine entsprechend angepasste seismische Exploration für den kristallinen Untergrund zu entwickeln. Das Forschungsobjekt ist ein komplexes Störungssystem mit einer Tiefe von bis zu 6 Kilometern in einem durch den Bergbau gut erschlossenen Gebiet des Westerzgebirges. Der hohen Heterogenität und Inhomogenität des Untergrundes wird durch ein 120 Quadratkilometer großes 3D-seismisches Messgebiet mit einer hohen Datendichte Rechnung getragen. Durch Anpassung und Interpretation der Datenbearbeitungsverfahren werden die Lage der Störungen und deren Durchlässigkeit analysiert. Projektziel ist eine Aussage über eine mögliche Nutzung des Störungssystems als geothermisches Reservoir.

Aufbau eines internetbasierten Informationszentrums für geothermische Energienutzung

Förderkennzeichen	0327542A
Laufzeit	01.06.2009 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	1.599.011 Euro
Projektpartner	Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Auf Basis des Geothermischen Informationssystems (GeotIS) wurde ein internetbasiertes Informationszentrum für geothermische Energie-

nutzung entwickelt. Das System stellt unter anderem geothermisch relevante Daten über das Internet zur Verfügung, bei Wahrung der rechtlichen Rahmenbedingungen. Auf Grundlage der kontinuierlich aktualisierten und erweiterten Daten kann das Fündigkeitsrisiko für geothermische Bohrungen quantitativ bewertet werden: eine wesentliche Hilfe bei der Entscheidung für Geothermieprojekte. Außerdem können Daten von bestehenden Projekten eingesehen und Energie-statistiken erstellt werden. Das System wird beständig erweitert und soll in Zukunft weitere hydrogeothermisch interessante Regionen und andere geothermische Nutzungssysteme (petrothermal) miteinbeziehen.

Fertigung eines Testaggregates auf Basis der Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten

Förderkennzeichen	0327600A
Laufzeit	01.08.2010 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	2.433.371 Euro
Projektpartner	Flowserve Hamburg GmbH

Bei der langfristigen Etablierung der Geothermie im Energiemix nimmt die Pumpentechnik, neben der Bohr- und Kraftwerktechnik, eine Schlüsselrolle ein. Um den technischen Anforderungen (Leistungsübertragung, Lagertechnik, Material etc.) gerecht zu werden, wurde im Rahmen des Förderprojektes ein Aggregat entwickelt, das alle Vorgaben in einer Vielzahl von Prüfläufen im Teststand Hamburg erfüllen konnte. Ziel des laufenden Nachfolgeprojektes ist die Fertigung eines Aggregates im Leistungsbereich von über 1.000 Kilowatt (rund 130 Liter pro Sekunde), das in der bayerischen Molasse unter realen Bedingungen getestet werden soll: Im Vordergrund stehen der Betrieb bei unterschiedlichen Lastprofilen und eine permanente Fernüberwachung des Aggregates.

Verbundprojekt: TRACE – Tiefen-Reservoir-Analyse und Charakterisierung der Erdoberfläche

Förderkennzeichen	0325390A; 0325390B
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	862.400 Euro
Projektpartner	Geothermal Engineering GmbH; Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Die Produktivität geothermischer Reservoirs im Oberrheingraben wird maßgeblich von der störungsgebundenen Risspermeabilität bestimmt, die äußerst schwer zu prognostizieren ist. Selbst entlang von aktiven Störungszonen wechseln sich Abschnitte erhöhter Permeabilität mit mehr oder weniger dichten Abschnitten ab. Preiswerte geochemische und isotopische Methodenkombinationen auf Grundlage natürlich vorkommender Tracer können bis in große Tiefen hydraulisch leitende Störungsabschnitte identifizieren. So können bereits vor der kostenintensiven seismischen Erkundung hoffige Störungsbereiche lokalisiert und damit die zu erkundende Fläche minimiert werden. Die entwickelten Methodenkombinationen sind eine sinnvolle Ergänzung geophysikalischer Explorationsmethoden.

Verbundvorhaben: Erschließung petrothermaler Geothermiereservoirs

Förderkennzeichen	0325451A; 0325451B; 0325451C
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	598.005 Euro
Projektpartner	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); Technische Universität Bergakademie Freiberg; Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

In der Konzeptstudie wird die geothermische Erschließung von dichten Gesteinsformationen mittels Horizontalbohrungen und Anwendung eines Multirisskonzeptes untersucht. Die Chancen und Risiken werden für alle Phasen der Umsetzung (Abteufen, Erschließung, Betrieb) bewertet. Als Referenzszenario wird kristallines Gestein in circa 5.000 Meter

Tiefe angenommen. Neben der technischen Durchführung werden mittels numerischer Simulation die Rissausbreitung und die Interaktion der multiplen Risse untersucht. Die Simulationsrechnungen dienen zudem der thermischen Langzeitprognose sowie dem optimalen Design des künstlichen Wärmetauschers. Die Minimierung der induzierten Seismizität während der Fracoperationen ist ein weiterer wichtiger Aspekt für das Vorhaben.

Verbundprojekt: GEOFÜND – Charakterisierung und Weiterentwicklung integrativer Untersuchungsmethoden zur Quantifizierung des Fündigkeitsrisikos

Förderkennzeichen	0325512A; 0325512B; 0325512C; 0325512D
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	1.069.365 Euro
Projektpartner	Technische Universität Kaiserslautern; Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG); Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik (ITWM); G.E.O.S. Ingenieurgesellschaft mbH

Die Durchführung von Tiefbohrungen zur Erschließung tiefer geothermischer Ressourcen ist aufwendig und mit einer Reihe von Unsicherheiten behaftet. Geothermische Systeme, die in der Vergangenheit realisiert wurden, weisen ein Fündigkeitsrisiko von 70 bis 85 Prozent auf. Fündigkeit ist gegeben, wenn die für die Projektrealisierung notwendige Mindesttemperatur und Schüttung gefunden beziehungsweise realisiert wurde. Das Fündigkeitsrisiko ergibt sich zum einen aus den geologischen Bedingungen und zum anderen durch die verfügbaren Daten. GEOFÜND verfolgt insofern zwei Ziele: 1. die Erweiterung der Methoden des Risikomangements auf das Explorationsrisiko und 2. den Entwurf eines mathematischen Modells für die geologische Darstellung des Untergrundes.

Verbundprojekt: HEATFLOW – Entwicklung eines numerischen Modells auf Basis der Finite-Volumen-Methode zur Modellierung thermohydraulischer Prozesse in störungsgebundenen geothermischen Reservoiren

Förderkennzeichen	0325471A; 0325471B; 0325471C
Laufzeit	01.04.2013 – 31.03.2016
Zuwendungssumme	803.066 Euro
Projektpartner	DMT GmbH & Co. KG; Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg; Technische Universität Berlin

Das Projekt beschäftigt sich mit der Berücksichtigung von Störungssystemen bei numerischer Modellierung des Wärmetransportes. Erkundungsbeispiele zeigen ein hohes Risiko infolge hydraulischer Kurzschlüsse über Störungssysteme, deshalb müssen die Störungen in den numerischen Modellen genau abgebildet werden. Die Praxis zeigt aber, dass die Übertragung mit großen Ungenauigkeiten verbunden ist. Ziel der Projektarbeiten ist die Weiterentwicklung eines Diskretisierungsverfahrens und die Entwicklung eines Programmes, welches das originale Strukturmodell ohne Genauigkeitsverlust für die Modellierung verwendet sowie ein zyklisches Aktualisieren des Modells ermöglicht. Das Verfahren wird an realen Anwendungsbeispielen getestet.

Verbundvorhaben: Störtief – Die Rolle von tiefreichenden Störungszonen bei der geothermischen Energienutzung

Förderkennzeichen	0325623A; 0325623C; 0325623B
Laufzeit	01.04.2013 – 31.05.2016
Zuwendungssumme	2.922.008 Euro
Projektpartner	Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG); Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und ländliche Räume des Landes Schleswig-Holstein

Störungssysteme in der oberen Erdkruste können deutlich größere Durchlässigkeiten als benachbartes Gestein aufweisen. Aufsteigende Fluide können Wärme aus größeren Tiefen in höher gelegene Bereiche transportieren, sodass Störungen für eine geothermische Nutzung interessant sind. Ihr Strompotenzial beträgt ca. 4,5 mal 10 Trillionen Joule (entspricht 1.400 Gigawattjahren) und ist damit um ein Vielfaches höher als das Strompotenzial tiefer Aquifere. Ziel des Vorhabens ist es, die tiefreichenden Störungszonen genauer in ihrer Geometrie zu erfassen, ihre thermisch-hydraulischen Eigenschaften zu charakterisieren sowie ihr geothermisches Potenzial zu berechnen und zu bewerten. Die Ergebnisse sollen über das Geothermische Informationssystem (GeotIS) allgemein zugänglich gemacht werden.



Monitorwand der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe: Zu sehen sind unter anderem Echtzeitdaten der Messungen von MAGS in Landau/Insheim sowie die Stationsverfügbarkeit und eine Karte der MAGS-Stationen in der Südpfalz.

5.2 Bohr-/Errichtungs-/Bauphase und Technologieentwicklung

Die Bohrungen verursachen momentan den Hauptteil der Investitionskosten und sollen künftig kostengünstiger und schneller ablaufen, damit die Bauprojekte frühzeitiger wirtschaftlich werden. Das BMU/BMWi fördert daher Forschungsprojekte, welche die Bohrtechnologie sowie Werkzeuge und Verfahren weiterentwickeln, um die Bohr- und

Komplettierungskosten zu senken. Außerdem sollen Stimulationsmaßnahmen optimiert und grundwasserverträgliche Substanzen zur Stimulation des Untergrundes entwickelt werden. Stimulationsmaßnahmen schaffen, erhalten oder erweitern auch durch die Anbindung an natürlich vorhandene Reservoirs sogenannte Wegsamkeiten, also Durchlässigkeiten, im Gestein.

Das BMU/BMWi fördert Projekte, in denen die Komponenten einer Geothermieanlage, insbesondere Pumpen, Filter, Messsysteme und Rohre, entwickelt beziehungsweise optimiert werden, die hitze-, druck- und korrosionsbeständig sind und den geothermischen Bedingungen genügen. Ein weiteres Thema ist die Weiterentwicklung von Systemen zur Stromerzeugung in geothermischen Kraftwerken. Besonders im Fokus stehen hier Kalina-Anlagen sowie Anlagen, die einen Organic-Rankine-Cycle (ORC) nutzen. Die genannten Anlagentechnologien können auch bereits vergleichsweise geringe Wassertemperaturen für die Stromerzeugung nutzen.

Außerdem sollen weitere Untersuchungen stattfinden, um seismische Aktivitäten, also Bewegungen im Gesteinskörper, die mit der Errichtung und dem Betrieb einer geothermischen Anlage zusammenhängen, zu erklären und vorherzusagen. Mittlerweile ist es möglich, durch den kontrollierten Betrieb geothermischer Anlagen unmittelbar auf seismische Ereignisse reagieren zu können. Dafür muss an jedem Standort ein hervorragendes Monitoringsystem installiert werden, das den Zustand des Untergrundes überwacht. Bei Überschreiten eines zuvor definierten Grenzwertes können die Arbeiten zurückgefahren beziehungsweise gestoppt werden, um größere Beben zu vermeiden. Viele Bergbehörden schreiben Monitoringsysteme vor. Diese sollen noch empfindlicher und somit präziser werden.

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

Förderkennzeichen	0325073
Laufzeit	01.01.2009 – 30.04.2014
Zuwendungssumme	4.023.626 Euro
Projektpartner	Baker Hughes INTEQ GmbH

Wesentliches Ziel der Forschungsarbeiten ist die Entwicklung neuer Verfahren geothermischer Tiefbohrungen, die die Gesamtkosten eines Geothermieprojektes signifikant senken sollen. Die bisherigen Untersuchungen haben gezeigt, dass ein ganzheitlicher Ansatz, der alternative Verrohrungsschemata, Strategien zur optimierten Bohrlochintegrität sowie einen hohen Automatisierungsgrad beim Bohr- und Verrohrungsprozess berücksichtigt, besonders geeignet ist. Es wurden unkonventionelle Verrohrungen geplant, die unter anderem eine In-situ-Umformung von Rohren im Bohrloch erforderten, und praktische Labortests durchgeführt. Die damit erzielbaren Einsparungen wurden im Vergleich zu synthetischen und tatsächlichen Bohrungen in Deutschland ermittelt.

PIPE EXPRESS™ – Entwicklung eines Systems zur halboffenen Verlegung von Erdwärmeleitungen

Förderkennzeichen	0325076
Laufzeit	01.09.2008 – 30.04.2013
Zuwendungssumme	1.866.709 Euro
Projektpartner	Herrenknecht AG

Ziel dieses Projektes ist die Entwicklung einer neuen technischen Lösung für die oberflächennahe Verlegung von Stahlrohren in halboffener Bauweise, insbesondere für Verbindungsleitungen zwischen Erdwärmebohrungen. Mit dieser Technik kann auf Grundwasserabsenkungen entlang der Trasse verzichtet werden und im Vergleich zur bisherigen offenen Bauweise wird eine deutlich geringere Trassenbreite benötigt. Die dafür entwickelte Verlegetechnologie lässt sich auch bei Fern- und Nahwärmtrassen einsetzen. Diese Forschungs- und Entwicklungsarbeit behandelt verschiedene Fragestellungen der

Versorgungs- und Vortriebstechnik und stößt weitere Entwicklungen und Verbesserungen für schnelle und kostengünstige Verlegesysteme an.

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 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	2.018.843 Euro
Projektpartner	Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Das Projekt liefert geophysikalische Begleitforschung zum GeneSys-Projekt der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, in dessen Rahmen die Bohrung Groß Buchholz GT1 mit einer Endteufe von 3.901 Metern niedergebracht wurde. Im Vordergrund steht die praktische Untersuchung von Einbohrlochkonzepten zur Erschließung von Erdwärme aus dichten Sedimentgesteinen. Zu diesem Zweck werden potenzielle Zielhorizonte für die geothermische Nutzung durch petrophysikalische, hydraulische und seismische Verfahren untersucht. Zudem wird die Methodik der NMR-Messungen (kernmagnetische Resonanz) weiterentwickelt, um perspektivisch eine zuverlässige Prognose der hydraulischen Durchlässigkeit von Gesteinsschichten, die allein auf Untersuchungen am Bohrklein beruhen, zu ermöglichen.

Konzept, Entwicklung, Fertigung und Test optimierter Förderpumpen für die Geothermie in Deutschland

Förderkennzeichen	0325105
Laufzeit	01.01.2009 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	3.913.766 Euro
Projektpartner	Baker Hughes INTEQ GmbH

Ziel des Projektes ist es, zuverlässige Tauchpumpen für geothermale Anwendungen sowohl im süddeutschen Molassebecken als auch im

Norddeutschen Becken bereitzustellen. Baker Hughes entwickelt komplette Pumpensysteme einschließlich Frequenzumrichter, Kabel und Untertagesensoren. Um diese Pumpen unter besonders anspruchsvollen Bedingungen testen zu können, wurde am Standort Celle ein Hochtemperatur-Teststand errichtet. Dort können die über 35 Meter langen Pumpen mit maximal 2 Megawatt Wellenleistung dauerhaft bei Temperaturen von maximal 190 Grad Celsius betrieben werden. Der eigens für diese Pumpen entwickelte Mittelspannungsfrequenzumrichter wird in dieser Anlage unter kontrollierten Bedingungen voll belastet und seine Effizienz optimiert.

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 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.958.756 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Zerstörungsfreie Prüfverfahren (IZFP); Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.; VETCO COATING GmbH

Das Projekt schlägt eine innovative Lösung vor, um Korrosion sowie Abscheidungen im Rohrleitungs- und Pumpensystem geothermischer Anlagen zu vermeiden. Dafür wird auf den inneren Oberflächen der Anlagen eine festhaftende Schutzschicht aus chemisch aktiviertem Nanodiamant (CaNDit) aufgebracht. Im Rahmen des Projektes wurden die beschichteten Oberflächen in dem dafür eigens konstruierten bzw. gefertigten Expositionsstand in Neustadt-Glewe (Geothermieanlage) unter realen Bedingungen getestet. CaNDit-Kristalle lassen sich auf spezielle Weise chemisch so modifizieren, dass sie stabil an die Metalloberfläche andocken und diese vor Korrosion und Ablagerungen schützen. Weil sie sich zur Lumineszenz anregen lassen, sind Nanodiamanten zudem für die Onlinesensorik geeignet.

Entwicklung eines untertägigen Druckhalteventils für den Thermalwasserkreislauf zur Vermeidung oder Verminderung von Ausgasungen und Ablagerungen

Förderkennzeichen	0325198A; 0325198B
Laufzeit	01.08.2010 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	361.092 Euro
Projektpartner	gec-co Global Engineering & Consulting – Company GmbH; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Ausfällungen von gelösten Substanzen wie Salze, Gase und metallische Verbindungen sollten in geothermischen Kraftwerken möglichst vermieden werden: Im schlimmsten Fall verstopfen sie Leitungen oder andere Bauteile. Indem der Druck im Thermalwasserkreislauf konstant gehalten wird, können die Stoffe in Lösung gehalten werden. Zusammen mit der Friedrich-Alexander-Universität Nürnberg-Erlangen arbeitet die gec-co GmbH in einem Forschungsprojekt an der Entwicklung eines neuartigen Druckhalteventils. Dieses Ventil soll unterhalb des Wasserspiegels der Reinjektionsbohrung eingesetzt werden. In einer Tiefe von circa 100 Metern unter dem Ruhewasserspiegel sind die Bedingungen besonders günstig, da das Thermalwasser direkt hinter dem Ventil einem Druck ausgesetzt wird, der Ausgasungen und Ausfällungen verhindert.

Qualifizierung geothermischer Technologie – Integration von Untertage- und Übertagesystemen

Förderkennzeichen	0325217
Laufzeit	01.09.2010 – 31.08.2014
Zuwendungssumme	1.934.750 Euro
Projektpartner	Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Geothermische Technologie umfasst Exploration, bohrtechnische Erschließung, Reservoirengineering, Systemkomplettierung, Betrieb des Thermalwasserkreislaufes und Wandlung der Wärme in die jeweilige

Nutzenergie. Eine effiziente geothermische Energiebereitstellung hängt von deren reibungslosem Zusammenwirken ab und ist die Basis für eine großtechnische Nutzung. Im Rahmen des Projektes werden die Kopplung der Prozesse unter Tage und über Tage untersucht sowie Ansätze für eine größere Systemeffizienz entwickelt. Die Forschungsplattform Groß Schönebeck ermöglicht mit der Inbetriebnahme des Thermalwasser- und Kraftwerkskreislaufes sowie der Korrosionsteststrecke die Betrachtung und Qualifizierung aller Komponenten unter spezifischen geothermalen In-situ-Bedingungen sedimentärer Lagerstätten.

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

Förderkennzeichen	0325225A; 0325225B; 0325225C
Laufzeit	01.10.2010 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	646.567 Euro
Projektpartner	Herrenknecht Vertical GmbH; Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; Schäfer & Urbach GmbH

Der Einsatz von Verdrängerpumpen in Tiefbohranlagen hat sich bewährt. Die Bohrlochsicherheit hängt in erster Linie von einem funktionierenden Spülkreislauf ab. Um einen unvorhersehbaren Ausfall von Spülpumpen zu vermeiden, soll die Studie untersuchen, inwieweit sich eine Früherkennung von Verschleiß und eine Ankündigung von Störfällen automatisch diagnostizieren lassen. Darüber hinaus soll geprüft werden, ob die Änderung des Verfahrens der druckseitigen Pulsationsdämpfung an den Spülpumpen es ermöglicht, diese für einen größeren Betriebsbereich zu optimieren. Um die Zuverlässigkeit insgesamt zu steigern, sollen für die gesamte Tiefbohranlage Grundlagen zur sicheren Auslegung der Spülpumpen erarbeitet und ein Gesamtdiagnosesystem entwickelt werden.

Untersuchung der Machbarkeit des Zweischichtverfahrens zum Aufbau einer netzgebundenen Wärmeversorgung in bestehenden dezentralen Infrastrukturen im Norddeutschen Becken

Förderkennzeichen	0325247
Laufzeit	01.09.2011 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	300.685 Euro
Projektpartner	DISA energy GmbH

Im Rahmen von geothermischen Bohrungsarbeiten am Standort Kaiserbäder Usedom werden Untersuchungen vorgenommen, die über das normale Maß einer Dublettenerstellung hinausgehen und die Problematik des Zweischichtverfahrens behandeln. Ob dieses Verfahren am Standort einsetzbar ist, soll während der Arbeiten geklärt werden. Dafür ist es notwendig, die Auswirkungen des Verfahrens auf die über-tägige Netzgestaltung sowie die Bewertung seiner Potenziale mit Blick auf die Ablösung bestehender dezentraler Wärmeversorgungsstrukturen durch optimale geothermische Niedertemperaturnetze zu untersuchen. Schwerpunkt werden die Analysen und die Optimierung des Netz-betriebes im Rahmen des Zweischichtverfahrens sein.

Entwicklung und Erprobung eines EIV-Bohrkopfes für Tiefengeothermie

Förderkennzeichen	0325253A; 0325253B; 0325253C
Laufzeit	01.11.2010 – 30.04.2014
Zuwendungssumme	1.680.375 Euro
Projektpartner	Technische Universität Dresden; Thomas Werner Industrielle Elektronik; BAUER Maschinen GmbH

Die Kosten tiefer Geothermieprojekte sind eng mit der verfügbaren Bohrtechnologie verbunden: Konventionelle Bohrmeißel bohren im Hartgestein sehr langsam und verschleifen schnell. Das Elektroimpuls-verfahren (EIV) löst das Gestein durch elektrische Entladungen nahezu verschleißfrei. Das Ziel des Vorhabens ist es, einen EIV-Bohrkopf (Impulsquelle und Elektroden) zu entwickeln und umzusetzen. Experimentelle Untersuchungen unter bohrlochähnlichen Bedingungen

haben bereits gezeigt, dass Bohrgeschwindigkeiten von mindestens 2 Metern pro Stunde bei einem Bohrungsdurchmesser von 12 ¼ Zoll erreicht werden können. Ein Prototyp des Bohrkopfes wird derzeit erprobt, mit den gewonnenen Erkenntnissen wird eine Abschätzung der Wirtschaftlichkeit durchgeführt.

Entwicklung einer modular aufgebauten Kalina- oder ORC-Anlage zur geothermischen Stromerzeugung

Förderkennzeichen	0325263
Laufzeit	01.01.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	965.728 Euro
Projektpartner	Exorka GmbH

Mittels Kalina- und Organic-Rankine-Cycle(ORC)-Kraftwerkstechnologie wird derzeit geothermische Energie in Strom und Wärme umgewandelt. Jedes Kraftwerk zeichnet sich durch eine mehr oder weniger komplett eigenständige Berechnung und Planung aus – standardisierte Verfahren bei Planung und Bau sowie ein hoher Vorfertigungsgrad fehlen dagegen bisher. Daraus resultiert, neben hohen Planungs- und Baukosten, eine relativ lange Bauzeit mit entsprechend langer Finanzierungsphase sowie langen Stillstandszeiten bei Revisionsarbeiten. Ziel des Forschungsprojektes ist die Optimierung der vorgenannten Phasen: standardisierte Vorkonzeption des Kraftwerkes, standardisierte Planung, standardisierter Bau mit entsprechend hohem Vorfertigungsgrad einzelner Module und damit eine Zeit- und Kostenreduzierung.

Geothermie Allgäu 2.0 – Stimulationsexperiment im Malmkalk in einer tiefen Geothermiebohrung in Mauerstetten

Förderkennzeichen	0325267A; 0325267B; 0325267C
Laufzeit	01.01.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	2.453.130 Euro
Projektpartner	Exorka GmbH; Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ; Technische Universität Bergakademie Freiberg

Um das geothermische Potenzial auch bei undurchlässigen oder nur sehr gering durchlässigen Malmkalken zu erschließen, wird der Einsatz diverser Stimulationsmaßnahmen in der bayerischen Molasse untersucht. Zu diesem Zweck wird von der Technischen Universität Bergakademie Freiberg und dem Geoforschungszentrum Potsdam ein Testprogramm ausgearbeitet, das an der 2008 abgeteuften Bohrung in Mauerstetten in einem eigentlich hydrothermalen, aber fast undurchlässigen Reservoir die Stimulierbarkeit und die Stimulationsmöglichkeiten untersuchen und darlegen soll. Begleitend zur vorgenannten Testreihe wird im Vorfeld und auch während der Versuche die Öffentlichkeit im Rahmen eines Kommunikationskonzeptes mit Informationen versorgt.

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

Förderkennzeichen	0327683A
Laufzeit	01.06.2007 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	2.070.616 Euro
Projektpartner	GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ)

Bohrlochseismische Verfahren sind für die Erkundung geothermaler Reservoirs von großer Bedeutung, da nur sie über die notwendige Auflösung verfügen, um geringmächtige, hydraulisch aktive Schichten zu explorieren. Im Projekt wurde ein Bohrlochmesssystem entwickelt, das die seismischen Quellen und Empfänger in einem Gerät vereint

und so eine von der Einsattiefe unabhängige Strukturerkundung im Meter-Bereich ermöglicht. Die Druckdichtigkeit und mechanische Funktionalität der neuen Bohrlochsonde wurden bis in eine Tiefe von 2.100 Metern nachgewiesen. Jetzt werden die Vibrationsquellen der Sonde im GFZ-Untertage-Labor kalibriert und Messungen zur Abbildung von Störungszonen durchgeführt. Langfristig soll das System in eine Bohrgarnitur integriert und während des Bohrens eingesetzt werden.

Verbundprojekt: AUTIG – Automatisierte Bohrtechnik für tiefe Geothermie

Förderkennzeichen	0325489A; 0325489B
Laufzeit	01.04.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	3.753.640 Euro
Projektpartner	BAUER Maschinen GmbH; Baker Hughes INTEQ GmbH

Tiefe Geothermie gewinnt weltweit zunehmend an strategischer Bedeutung für die nachhaltige Energiegewinnung aus Tiefen bis zu 6.000 Metern und langfristig auch aus wesentlich tieferen Erdkrustengebieten. Im Rahmen des Verbundvorhabens AUTIG werden in Kooperation zwischen der BAUER Maschinen GmbH und der Baker Hughes INTEQ GmbH Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführt, um die Wirtschaftlichkeit und Sicherheit von Tiefbohranlagen zu steigern. Hierzu soll durch neue Systemkomponenten eine hochgradige Automatisierung der Bohrungserstellung erzielt werden. Übergeordnetes Projektziel ist es, für diese Anlagen zukünftig eine Hands-free-Operation von Geothermiebohrungen zu ermöglichen.

Wirtschaftlicher Betrieb der ersten geothermischen Triplette in Deutschland

Förderkennzeichen	0325526
Laufzeit	01.09.2012 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	4.258.000 Euro
Projektpartner	geox GmbH

Bei ihrer Inbetriebnahme 2007 war die Geothermieanlage Landau mit einer Leistung im Megawattbereich die erste ihrer Art in Deutschland. 2009 erfolgten zwei seismische Ereignisse (ML 2,7 und 2,4), die sehr wahrscheinlich mit dem Kraftwerkbetrieb zusammenhängen, wie ihre Ortung zeigte. Um die Seismizität eindämmen und gleichzeitig die Geothermieanlage weiter wirtschaftlich betreiben zu können, bietet sich für Landau das Abteufen einer zusätzlichen Injektionsbohrung an. Ziel ist es, über den Anschluss an zusätzliche natürliche Störungszonen und die dadurch erwirkte Aufspaltung der Volumenströme seismische Ereignisse auszuschließen. Die geothermische Triplette könnte zukünftig den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb des Kraftwerkes gewährleisten.

APL (Acoustic Position Logging While Drilling) – Akustische Erkundung des Untergrundes für Tiefengeothermie mit der Bohrgarnitur

Förderkennzeichen	0325622
Laufzeit	01.07.2013 – 30.06.2016
Zuwendungssumme	4.766.766 Euro
Projektpartner	Baker Hughes INTEQ GmbH

Ziel ist die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem während der bohrtechnischen Erschließung eines potenziellen geothermischen Reservoirs eine hochauflösende akustische Erkundung des geologischen Umfeldes erfolgen kann. Hierbei werden tiefliegende Klüfte und Verwerfungen erkannt, deren Analyse die Voraussetzung für eine erfolgreiche hydraulische Nutzung ist. Unterstützt durch die Steuereigenschaften moderner Richtbohrsysteme ermöglicht diese Methode, über Integration der neuen Geosystem-Kenntnisse in ein Untergrundmodell, den Bohrfadverlauf in Echtzeit zu korrigieren und so die Bohrung ökonomisch und ökologisch zu optimieren.

Verbundprojekt: MAGS2 – Vom Einzelsystem zur großräumigen Nutzung: Seismische Monitoringkonzepte und bruchmechanische Bewertungen/Ermittlung der seismischen Gefährdung bei tiefer geothermischer Energiegewinnung

Förderkennzeichen	0325662A; 0325662D; 0325662E; 0325662B; 0325662C; 0325662G; 0325662F
Laufzeit	01.10.2013 – 30.09.2016
Zuwendungssumme	2.958.481 Euro
Projektpartner	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR); Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; Freie Universität Berlin; Ludwig-Maximilians-Universität München; Ruhr-Universität-Bochum; Technische Universität Bergakademie Freiberg; Technische Universität Clausthal

Bei tiefer Geothermie kann es zur sogenannten induzierten Seismizität kommen. Das im Vorläuferprojekt MAGS1 verfolgte Konzept der kontrollierten Zirkulation soll weiterentwickelt und die seismologischen Überwachungskonzepte verbessert werden, sodass es auch in größeren Geothermiegebieten mit mehreren Anlagen und Betreiberfirmen angewandt werden kann. Neue Methoden zur Beschreibung fluid-induzierter Seismizität im Falle komplexer Geothermiefelder werden entwickelt, und schließlich sollen die Erkenntnisse aus gut verstandenen Anlagen auf neue Standorte übertragen werden, um bereits vor dem Abteufen einer Bohrung die zu erwartende Seismizität einzuschätzen. Die Hauptuntersuchungsgebiete sind die tiefen hydrothermalen Geothermiefelder der Südpfalz und im Süden Münchens.

Verbundprojekt: SPWD-BUSData II – Seismic Prediction While Drilling. Bring Up and Down Seismic Data

Förderkennzeichen	0325615A; 0325615B; 0325615C
Laufzeit	01.06.2013 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	1.814.000 Euro
Projektpartner	Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ; Fraunhofer-Institut für Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut (HHI); MICON Mining and Construction Products GmbH & Co KG

Die Datenübertragung in der Tiefbohrtechnik hat eine durchschnittliche Rate von 10 Bit pro Sekunde. Um eine unmittelbare Auswertung von seismischen Bohrlochdaten zu ermöglichen, muss sie signifikant gesteigert werden. Basierend auf den Ergebnissen des Projektes SPWD-BUSData soll im Folgeprojekt die Weiterentwicklung des praxistauglichen, kabellosen Messsystems zur schnellen Übertragung von seismischen Daten mittels akustischer Wellen im Bohrstrang realisiert werden. Zu den Forschungsschwerpunkten gehören die Erhöhung der erzielbaren Datenrate und der Reichweite des Systems sowie die Integration des Übertragungssystems in einen Bohrstrang. Letzteres soll unter realen Einsatzbedingungen getestet werden.

**SHynergie – Entwicklung eines virtuellen geomechanischen
Projektlabors für die Begleitung hydraulischer Stimulationen auf
Grundlage von Prozessexpertisen aus Experiment und Modellierung**

Förderkennzeichen	0325620
Laufzeit	01.09.2013 – 31.08.2016
Zuwendungssumme	2.105.953 Euro
Projektpartner	Ruhr-Universität Bochum

Geothermische Energie könnte eine wichtige Rolle im zukünftigen Versorgungsmix übernehmen. Da der untertägige Wärmetauscher in die Mechanik des Untergrunds eingreift, soll ein Planungs- und Entscheidungswerkzeug für Verantwortliche in Geothermieprojekten entwickelt werden. Untersucht werden die bei untergründigen Strömen von Wasser ablaufenden Prozesse, die Einarbeitung quantitativer Prozessbeschreibungen in numerische Modelle sowie Entscheidungsfindungen unterstützende Werkzeuge zur Datenorganisation und -auswertung. Die modular in sechs Unterprojekten entwickelten Erkenntnisse gehen in ein virtuelles Projektlabor ein, das Schulungen Projektverantwortlicher sowie Szenarienanalysen auf Basis im Projektverlauf gesammelter Informationen ermöglicht.



Im Kraftwerk Insheim wird durch die Erschließung eines Störungssystems im Kristallin geothermische Energie gewonnen.

5.3 Test- und Betriebsphase

Der Betrieb fertiggestellter Anlagen muss effizient, wartungsarm und zuverlässig funktionieren. Bedingungen in geothermalen Reservoiren sind eine Herausforderung für die eingesetzten Materialien: Das Wasser ist sehr salzhaltig, die pH-Werte sind niedrig und die Temperaturen hoch. Forschung und Entwicklung arbeiten daran, die Komponenten einer geothermischen Anlage an die herrschenden Bedingungen anzupassen.

Das BMU/BMWi fördert unter anderem die Entwicklung von Verfahren zum Schutz vor Scaling und Korrosion. Korrosion etwa ist problematisch, da das Material schneller verschleißt und Partikel freigesetzt werden, die in den Anlagen zu Ablagerungen und Abrieb führen. Das beeinträchtigt Funktionalität und Betriebssicherheit von Anlagenkomponenten wie Pumpen und Wärmetauschern, die nachfolgenden Wartungsarbeiten sind aufwendig und teuer.

Ebenfalls gefördert werden Projekte, die Monitoringsysteme entwickeln, um die gesamte Anlage sowie einzelne Komponenten technisch zu überwachen. Störungen sollen frühzeitig entdeckt und Standzeiten reduziert werden, um den Betrieb der Anlage zu optimieren und ihre Wirtschaftlichkeit zu erhöhen. Ein weiteres Forschungsthema ist die Entwicklung von Methoden, um schwach- bis mittelradioaktive Rückstände aus dem Betrieb geothermischer Anlagen zu vermeiden, unbeweglich zu machen oder zu entsorgen. Forschungsprojekte, welche die Auswirkung des Betriebs geothermischer Anlagen auf das Grundwasser untersuchen, erhalten ebenfalls eine Förderung. Das Ziel besteht darin, mögliche Beeinträchtigungen zu verringern beziehungsweise zu verhindern.

Monitoring des Aquifers und der Maschinenteknik nach der Kapazitätserweiterung durch leistungsstärkere Pumpe (Prototyp) und Nebenanlagen

Förderkennzeichen	0325041A
Laufzeit	01.02.2011 – 31.03.2015
Zuwendungssumme	564.533 Euro
Projektpartner	Geothermie Unterhaching Produktions-GmbH & Co. KG

Bisher konnten im Thermalwasserkreislauf der geothermischen Dublette im Malm der bayerischen Molasse dauerhaft keine Zirkulationsraten von mehr als 120 Liter pro Sekunde realisiert werden. Die geothermische Kraft-Wärme-Kopplungsanlage in Unterhaching, die größte ihrer Art, ist bisher die einzige, die dieses Niveau erreichte. Darüber hinausgehende Volumenströme, die für die Tiefengeothermie von großer Bedeutung sind, erfordern einen besonderen technischen und innovativen Aufwand, der jedoch mit unerwarteten technischen Anforderungen und Betriebsverhalten der Förderpumpe sowie ihrer Peripherie (Obertageanlage) bei den Bohrungen sowie im bohrlochnahen Aquifer verbunden sein kann. Die geplanten Untersuchungen in Unterhaching sollen erste belastbare Ergebnisse liefern.

Verbundprojekt: Langzeitkorrosionsuntersuchungen und -monitoring in salinarem Thermalwasser

Förderkennzeichen	0325069A; 0325069B; 0325069C
Laufzeit	01.08.2008 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	3.275.033 Euro
Projektpartner	Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ; Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM); Schmidt + Clemens Edelstahlwerk Kaiserau

Die hohe Salinität geothermaler Fluide kann in geothermischen Anlagen zu Korrosionen und so zu massiven Beeinträchtigungen des Betriebes führen. Um eine standortgeeignete Werkstoffauswahl treffen zu können, werden in Groß Schönebeck Untersuchungen zur Materialqualifizierung durchgeführt. In einer Teststrecke wird die Korrosionsbeständigkeit metallischer Werkstoffe unter In-situ-Bedingungen anhand elektrochemischer Messungen untersucht. Rohrleitungen, Materialcoupons, Sensoren und ein Wärmetauscher sind in den ober-tägigen Thermalwasserkreislauf integriert und liefern zeitabhängige Informationen über den Korrosionsprozess. Im Ergebnis soll ein fluidspezifischer Materialeinsatzkatalog Empfehlungen für zuverlässige, wartungsarme Anlagenkomponenten geben.

Scaling und Ausgasung in Geothermieanlagen – Einflussfaktoren, Kinetik, Inhibitoren und technische Maßnahmen

Förderkennzeichen	0325160A
Laufzeit	01.12.2011 – 30.11.2015
Zuwendungssumme	1.757.886 Euro
Projektpartner	Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Dieses Vorhaben verfolgt das Ziel, den Einfluss verschiedener Parameter auf Scaling und Ausgasung in Geothermieanlagen zu quantifizieren. Dazu gehören: Temperatur, Druck, Schergeschwindigkeit, chemische Zusammensetzung und Übersättigung, Zusatz organischer

Stoffe und Beschichtungen. Mit Kenntnis dieser Abhängigkeiten kann der Anlagenbetreiber durch gezielte Variation der Parameter zum einen Ausfällungen reduzieren oder in unkritische Bereiche abdrängen und zum anderen die Anlage dichter an der Entgasungsgrenze fahren. Beides spart Betriebs- und Reinigungskosten, sorgt für einen stabilen Anlagenbetrieb sowie für längere Anlagenlaufzeiten und erhöht dadurch insgesamt die energetische Ausbeute von Geothermiekraftwerken.

MiProTherm – Quantifizierung mikrobiologischer Stoffwechselprozesse zur Verbesserung des Prozessverständnisses in Bezug auf Scaling und Korrosion in geothermischen Anlagen

Förderkennzeichen	0325201
Laufzeit	01.09.2010 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	1.206.188 Euro
Projektpartner	Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Mikrobiologische Stoffwechselvorgänge können Ausfällungen (Scaling) und Korrosion in geothermischen Anlagen hervorrufen und beschleunigen. Im Rahmen des Forschungsprojektes MiProTherm soll das Prozessverständnis geothermischer Fluide so weit verbessert werden, dass Handlungsempfehlungen zur Vermeidung beziehungsweise Minderung mikrobiell verursachter Betriebsstörungen entwickelt werden können. Insbesondere für die Injektionsseite geothermischer Anlagen ist dies von Bedeutung, da mikrobiell oder abiotisch gebildete Feststoffe im bohrlochnahen Bereich zu einer drastischen Verschlechterung der Injektivität führen können. Mikrobiell induzierte Korrosion ist auch zu vermeiden, weil sie erhebliche Wartungsarbeiten und Stillstandszeiten der Anlagen zur Folge haben kann.

Verbundprojekt: OSGa – Forschungsvorhaben zur optimierten Stromerzeugung aus hochsalinaren Thermalwässern mit hohen Gasgehalten

Förderkennzeichen	0325258A; 0325258B
Laufzeit	01.10.2010 – 31.01.2014
Zuwendungssumme	576.571 Euro
Projektpartner	Technische Universität Hamburg-Harburg; EnBW Energie Baden-Württemberg AG

Für den wirtschaftlichen Betrieb von Geothermiekraftwerken ist es entscheidend, eine hohe Verfügbarkeit und Effizienz zu erreichen. Große Mengen im Thermalwasser gelöster Salze und Gase wie im Oberrheingraben stellen im Hinblick darauf eine besondere Herausforderung dar. Das Forschungsprojekt OSGa wird die Handhabung des Thermalwassers und das Zusammenspiel des Kraftwerkes mit dieser speziellen Wärmequelle untersuchen. Entwickelte Kennzahlen helfen bei der Beurteilung des Anlagenbetriebes und erlauben ein besseres Verständnis der Stromerzeugungsanlage. Diese werden anhand von Betriebsdaten der Geothermieanlage Bruchsal getestet und validiert. Mit Hilfe von Simulationen verschiedener Lastfälle und unter variierenden Randbedingungen werden optimierte Fahrweisen für den Betrieb vorgeschlagen.

Minimierung von Risiken bei Planung und langfristigem Betrieb tiefengeothermischer Anlagen im bayrischen Molassebecken

Förderkennzeichen	0325280A; 0325280B
Laufzeit	01.02.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	770.063 Euro
Projektpartner	SWM Services GmbH; Technische Universität München

Unter der Leitung der Stadtwerke München finden zusammen mit dem Institut für Wasserchemie der Technischen Universität München und der Erdwerk GmbH Projektarbeiten statt, die die Minimierung der Planungs- und Betriebsrisiken tiefengeothermischer Anlagen im bayerischen Molassebecken zum Ziel haben. Die Entwicklungsfelder

verteilen sich auf vier Schwerpunkte: angepasste Materialien, angepasste Filter, Messmethoden für Zustandsänderungen in Bohrloch und Reservoir und Bestimmung des in der Anlage entstehenden Drucks. Das Augenmerk liegt auf dem Geothermieheizkraftwerk Sauerlach, das unter den derzeit wohl schwierigsten Bedingungen – vergleichsweise hoher Gasgehalt, hohe Sulfidkonzentration und Temperaturen – im bayerischen Molassebecken operiert.

Verbundprojekt: SiMoN – Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des nördlichen Oberrheingrabens

Förderkennzeichen	0325359A; 0325359B
Laufzeit	01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	1.017.733 Euro
Projektpartner	Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main; Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie (HLUG)

Detaillierte Kenntnisse der natürlichen Seismizität sind notwendig, um Rückschlüsse auf aktive Störungszonen im Untergrund zu ziehen. Diese Informationen bilden eine wichtige Grundlage für die Abschätzung der möglichen induzierten Seismizität durch Geothermieanlagen und sollen im Rahmen des Projektes SiMoN für den Bereich des Oberrheingrabens untersucht werden. Zudem sollen die Projektpartner Goethe-Universität Frankfurt am Main und Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie die induzierte Seismizität während der verschiedenen Phasen der Projektumsetzung (Bohrung, Reservoirtests, Betrieb) überwachen und analysieren. Dabei ist die induzierte Seismizität möglichst gering zu halten. Ein weiteres wichtiges Element des Projektes ist die Bereitstellung der Daten für die Öffentlichkeit.

ContraPart – Verbundprojekt: Strategien zur Vermeidung negativer Partikeleffekte auf den Thermalwasserkreislauf geothermischer Anlagen

Förderkennzeichen	0325408A; 0325408B
Laufzeit	01.12.2011 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	344.617 Euro
Projektpartner	Geothermie Neubrandenburg GmbH; BWG Geochemische Beratung GmbH

Ziel des Vorhabens ist die Untersuchung von physikalischen und chemischen Maßnahmen, die den obertägigen Kreislauf von Geothermianlagen sowie die Reinjektionsbohrung vor negativen Effekten schützen sollen, die auf Partikel im Thermalwasser zurückgehen. Die physikalischen Maßnahmen umfassen Versuche mit verschiedenen Industriefiltern, deren Feinheit, Material, Art und Anordnung variiert werden. Die chemischen Versuche umfassen Tests diverser Inhibitoren, die die Ausfällung von Partikeln im Thermalwasser minimieren. Die Untersuchungen werden an drei charakteristischen Standorten in Deutschland vorgenommen, um die optimale Filterkombination beziehungsweise den wirksamsten Inhibitor für das jeweilige Thermalwasser zu ermitteln.

Puma – Quantifizierung der lokalen und Prognose der regionalen hydraulischen und hydrochemischen Reservoireigenschaften des Malmaquifers auf Basis eines Push-Pull-Tests am Standort Pullach

Förderkennzeichen	0325469
Laufzeit	01.05.2012 – 30.04.2015
Zuwendungssumme	301.988 Euro
Projektpartner	Technische Universität München

In Pullach wurde eine Injektionsbohrung zur Produktionsbohrung umgerüstet. An der Geothermianlage wird erstmalig nicht nur das hydraulische, sondern auch das thermische und hydrochemische Verhalten im Umfeld der Injektionsbohrung transparent. Erste Hinweise auf Lücken in der Beschreibung des Tiefengrundwasserleiters liefert die Diskrepanz der Injektionsdrücke: Die höhere Viskosität kalten Wassers lässt mittelfristig einen Anstieg des Drucks in der Injektions-

bohrung erwarten, gemessen werden jedoch fallende Drücke. Die hydrochemischen Untersuchungen belegen eine Lösung des Gesteins entlang der Fließpfade, insbesondere wegen der unterschiedlichen mineralogischen Zusammensetzung des Aquifers im Bereich der Produktions- und Injektionsbohrung. Die Reduktion von Sulfat zu Sulfid deutet auf mikrobielle Aktivität hin. Die Ergebnisse des thermischen Tracertests bestätigen das bestehende Wärmebergbaumodell, das allerdings mit einem hydrochemischen Term erweitert werden muss.

Verbundprojekt: MAFA – Parametrisierung von Fazies, Diagenese, Struktur- und Spannungsfeld sowie Optimierung der Testabläufe im Malm zur Verringerung des Erfolgsrisikos

Förderkennzeichen	0325673A; 0325673B
Laufzeit	01.12.2013 – 30.11.2016
Zuwendungssumme	486.344 Euro
Projektpartner	Geothermie Neubrandenburg GmbH; geomecon GmbH

Ziel des Vorhabens ist ein geringeres Erfolgsrisiko bei der Exploration geothermischer Reservoirs zur Wärme- und Stromerzeugung im bayerischen Molassebecken. Störungen sind noch immer das wichtigste Explorationsziel, dennoch sind Informationen über das Struktur- und Spannungsfeld und dessen Historie für das Molassebecken nur sehr rudimentär vorhanden. Die Untersuchungen werden auf die seismischen und geologischen Daten im Stadtgebiet München angewendet. Dabei sind die tektonischen Settings und Störungen im Sinne einer geothermischen Nutzung sehr unterschiedlich geeignet. Aussagen zur Durchlässigkeit von Gesteinen lassen sich bis dato nur aus Kernuntersuchungen ermitteln, die darauf abzielen, Zuflusszonen zu differenzieren und die besten Lokationen für die Stimulationen direkt nach dem Bohren zu finden. Eine so an die hydrogeologischen und genehmigungsrechtlichen Anforderungen angepasste Testplanung reduziert die Investitionskosten solcher Anlagen. Für diese werden mit Hilfe numerischer Simulationsrechnungen, erstmals auf einer quantifizierbaren Basis, Richtlinien erarbeitet sowie Guidelines für ein verbessertes Kommunikationsmanagement erstellt.

FERRY – Seismische Fernüberwachung geothermischer Kraftwerke mittels Arraytechnologien

Förderkennzeichen	0325637A
Laufzeit	01.06.2013 – 31.05.2016
Zuwendungssumme	747.056 Euro
Projektpartner	Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Für die öffentliche Akzeptanz der tiefen Geothermie ist die Überwachung der Seismizität im Umfeld von Geothermieranlagen von entscheidender Bedeutung. Die räumlich enge Nachbarschaft der im nördlichen Oberrheingraben geplanten Anlagen legt es nahe, das seismische Monitoring von einem zentral gelegenen Observatorium aus durchzuführen. Im Rahmen des Projektes sollen speziell angepasste Arraytechnologien entwickelt werden. Als Standort ist das Areal des Taunus Observatoriums auf dem Kleinen Feldberg vorgesehen, das sich durch eine geringe Bodenunruhe auszeichnet. Ein zentrales Überwachungsarray reduziert den Kostenaufwand für das Monitoring und könnte den Betreibern als unabhängige Dienstleistung angeboten werden.

LERWTG – Langfristige Erhaltung von Reservoir-Wegsamkeiten in der tiefen Geothermie

Förderkennzeichen	0325648
Laufzeit	01.08.2013 – 31.01.2016
Zuwendungssumme	827.810 Euro
Projektpartner	Technische Universität Bergakademie Freiberg

Die Vorhabensbeschreibung lag bei Redaktionsschluss nicht vor.

5.4 Übergreifende Fragestellungen

Die Akzeptanz für Geothermieprojekte in der Bevölkerung ist entscheidend für ihren geplanten Standort. Projektierer benötigen zunächst auf lokaler Ebene eine Genehmigung, den jeweiligen Standort für die Geothermie nutzen zu dürfen. Haben die Anwohner des geplanten Geothermiestandortes Vorbehalte, beeinflusst das auch lokale und regionale Entscheidungsträger und das Genehmigungsverfahren könnte negativ verlaufen; vorhandene Potenziale würden möglicherweise nicht genutzt. Je besser über den Nutzen der Geothermie und die dort angewandten Technologien informiert wird, desto bessere Voraussetzungen werden für den Start weiterer Projekte geschaffen.

Das BMU/BMWi fördert daher Projekte, die das Thema Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikationsmanagement behandeln, um durch Aufklärung und begleitende Maßnahmen die Akzeptanz der Geothermie in der Bevölkerung zu steigern. Die Projekte sollen sich insbesondere den Themen Seismizität und Radioaktivität widmen.

Numerische Simulationen und Modellierungen sowie mathematisch-physikalische Verfahren gehören ebenfalls zu den übergreifenden Fragestellungen. Sie sollen das Verhalten des untertägigen geothermischen Systems im Boden sowie des obertägigen geothermischen Systems innerhalb des Kraftwerkes analysieren, optimieren und vorhersagen. Einzelne Komponenten können entsprechend der Ergebnisse bereits im Vorfeld des praktischen Einsatzes gezielt weiterentwickelt werden.

Geo-Sys – Systemanalyse der geothermalen Energieerzeugung

Förderkennzeichen	0325235
Laufzeit	01.01.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.196.051 Euro
Projektpartner	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH

Die umfassende, interdisziplinäre Systemanalyse soll Fortschritte und eventuellen Handlungsbedarf aufzeigen, um mittelfristig die Verfügbarkeit und Effizienz der Systeme zu verbessern und die Produktivität und Akzeptanz geothermalen Anlagen zu steigern. Dazu werden technische und ökologische Aspekte sowie Schutzgüter, Prozesse und Wirkfaktoren identifiziert und verfügbare Daten analysiert und dokumentiert. Hierauf aufbauend werden Modellrechnungen und probabilistische Analysen anhand konkret identifizierter Phänomene in den Betriebsphasen durchgeführt, die sowohl die Untersuchung möglicher Anlagenzustände als auch deren potenzielle Auswirkungen beinhalten. Die Arbeiten werden von einer systematischen Untersuchung des Rechtsrahmens begleitet.

Verbundprojekt: GeoDat – Entwicklung von thermodynamischen Daten für die Belange der thermodynamischen Gleichgewichtsmodellierung von Prozessen in tiefen geothermalen Schichten

Förderkennzeichen	0325256A; 0325256B; 0325256C
Laufzeit	01.01.2010 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	877.909 Euro
Projektpartner	Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH; Technische Universität Bergakademie Freiberg; Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ

Für die Berechnung von Löslichkeiten in hochsalinaren Lösungen werden Ionenwechselwirkungskoeffizienten für Strontium (Sr), Barium (Ba) und Blei (Pb) in Natriumchlorid(NaCl)-Lösungen ermittelt. Ferner

werden polytherm-polybare Löslichkeiten ausgewählter Mineralphasen experimentell bestimmt, damit zukünftig die polytherme Löslichkeit der wichtigsten scalebildenden Mineralphasen in Groß Schönebeck (GrSk) in hochsalinaren Lösungen modelliert werden kann. Für die Modellierung der Rückhaltung von gelöstem Blei an der Oberfläche von Hämatit wird davon ausgegangen, dass sich sogenannte Oberflächenkomplexe bilden. Die hierfür existierenden theoretischen Ansätze werden unter dem Begriff „Oberflächenkomplexmodellierung“ (Surface-Complexation-Modeling – SCM) zusammengefasst. Ergänzt werden die experimentellen und theoretischen Daten durch fluid-chemisch-physikalische Eigenschaften des Thermalwassers in Groß Schönebeck (GrSk). Am Schluss der Bemühungen steht eine thermodynamische Datenbasis, mit deren Hilfe die Ausfällung der wichtigsten scalebildenden Mineralphasen temperaturabhängig modelliert werden kann. Diese wird bei der Erstellung eines generischen reaktiven Transportmodells für das geothermische Reservoir (GrSk) eingesetzt.

Geothermie-Atlas zur Darstellung möglicher Nutzungskonkurrenzen zwischen CCS und tiefer Geothermie

Förderkennzeichen	0325257A; 0325257B
Laufzeit	01.10.2010 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	330.524 Euro
Projektpartner	Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG); Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Die Bundesregierung hat in ihrem Koalitionsvertrag beschlossen, einen Geothermie-Atlas zu beauftragen, um Nutzungskonkurrenzen zwischen Kohlenstoffdioxid-Einlagerung und tiefer Geothermie zu prüfen. Die Nutzungspotenziale für beide Optionen wurden dazu gemeinsam auf vier Karten im Maßstab 1 zu 1.000.000 dargestellt. Daneben wurden die geothermischen Potenziale hinsichtlich ihrer Systeme (hydrothermisch/petrothermisch) und ihrer zukünftigen Verfügbarkeit bewertet. Zusätzlich erfolgte bundesweit die Erfassung und Beschreibung tiefreichender überregionaler Störungssysteme. Für eine vergleichende Bewertung der beiden Optionen und eine mögliche Ausweisung von

Vorzugsgebieten sind jedoch weitere Kriterien zu berücksichtigen. Im Einzelfall sind außerdem detaillierte Machbarkeitsstudien erforderlich.

Evaluation der Öffentlichkeitsarbeit für Geothermieprojekte in Deutschland und Erarbeitung von praxisbezogenen Hilfestellungen für Entwickler und Betreiber von geothermischen Anlagen

Förderkennzeichen	0325318
Laufzeit	01.06.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	123.809 Euro
Projektpartner	Enerchange – Marcus Brian & Dr. Jochen Schneider GbR

Das Projekt ist in drei Phasen unterteilt: Im ersten Schritt wird am Beispiel der Geothermieprojekte in Brühl, Unterhaching, Landau und Bruchsal untersucht, welche Akzeptanz das jeweilige Projekt in den lokalen Medien und in der Bevölkerung hat und welche Öffentlichkeitsarbeit die Projektverantwortlichen bislang betrieben haben. Der zweite Schritt sieht für zwei Projekte die Erstellung eines PR-Konzeptes vor, dessen Maßnahmenplanung unter anderem auf den Erkenntnissen der ersten Phase aufbaut. Der letzte Schritt umfasst Konzeption, Redaktion, Layout und Druck eines Leitfadens, in dem alle Erfahrungen und Erkenntnisse aus den vorherigen Projektphasen zu praktischen Handlungsempfehlungen verdichtet werden.

REAKTHERM – Entwicklung und Synthese thermosensitiver organisch-chemischer Verbindungen zur Bestimmung der räumlichen und zeitlichen geothermischen Reservoireigenschaften

Förderkennzeichen	0325417
Laufzeit	01.12.2011 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	665.128 Euro
Projektpartner	Georg-August-Universität Göttingen

Effizienz und Nachhaltigkeit geothermaler Anlagen sind derzeit heiß diskutierte Themen, da ihr wirtschaftlicher Erfolg von der Auskühlung

des Reservoirs abhängt. Das Ziel des Projektes REAKTHERM ist es, neue Werkzeuge für die Erstellung von Wärmebildern des tiefen Untergrundes bereitzustellen und so die Wirtschaftlichkeit der Anlagen zu steigern. Hierzu werden thermosensitive Tracer mit entsprechenden Eigenschaften und basierend auf ökologisch unbedenklichen Molekülen entwickelt und mit Softwaretools ergänzt. Dies ermöglicht künftig die Berücksichtigung spezieller Standort- und Versuchsbedingungen, wodurch die entwickelten Werkzeuge universell einsetzbar werden.

Verbundprojekt: PR Bottom-up – Tiefe Geothermie: Akzeptanz und Kommunikation einer innovativen Technologie

Förderkennzeichen	0325413A; 0325413B; 0325413C
Laufzeit	01.03.2012 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	1.447.642 Euro
Projektpartner	CBM Gesellschaft für Consulting Business und Management mbH; Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; gec-co Global Engineering & Consulting – Company GmbH

Das Verbundprojekt zielt darauf ab, durch wissenschaftlich fundierte und empirisch erprobte Modelle eine breitenwirksame Wahrnehmung und Profilbildung der tiefen Geothermie zu erreichen. Als Basis werden, mittels Befragungen und toolbasierter Auswertung von Web- und Mediendiskursen, akzeptanzrelevante Faktoren tiefer Geothermie wissenschaftlich ermittelt. Die Erkenntnisse fließen in ein Kommunikationskonzept ein, dessen Bausteine von allen Interessengruppen während des gesamten Lebenszyklus geothermischer Kraftwerke passgenau genutzt werden können. Die Umsetzung der Projektziele wird durch die interdisziplinäre Herangehensweise der Verbundpartner CBM GmbH, gec-co GmbH und Human Computer Interaction Center der RWTH Aachen sichergestellt.

Verbundvorhaben: Anwendung von verschiedenen Inhibitoren zur Vermeidung von Ausfällungen und Korrosion in Tiefengrundwassersystemen im Molassebecken und Norddeutschen Becken

Förderkennzeichen	0325424A; 0325424B
Laufzeit	01.04.2012 – 31.08.2014
Zuwendungssumme	620.964 Euro
Projektpartner	Hydroisotop GmbH; Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungszentrum GFZ

Beim Betrieb geothermischer Anlagen treten in Deutschland zahlreiche Probleme mit Korrosions- und Ausfällungserscheinungen auf. Betroffen sind vor allem Bauteile wie Rohrleitungen, Pumpen und Wärmetauscher, die mit dem Thermalwasser in Kontakt sind. Mittels Inhibitoren sollen die kritischen Stoffe im Thermalwasser, die zu jenen Erscheinungen führen können, gebunden und wieder in das Reservoir zurückgeführt werden. Sie werden auf Grundlage der Analyse von verschiedenen Thermalwässern entwickelt und im Labor getestet: in Versuchsstrecken an bestehenden Anlagen und anschließend in Langzeittests unter verschiedenen Temperaturbedingungen. Ziel ist die Entwicklung wirksamer, nicht Wasser gefährdender, genehmigungsfähiger und kostengünstiger Inhibitoren zur Vermeidung von Ausfällungen und Korrosion.

Wissenschaftstransfer für den weiteren Ausbau der tiefen Geothermie im Süddeutschen Molassebecken

Förderkennzeichen	0325438
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	660.885 Euro
Projektpartner	Leibniz-Institut für Angewandte Geophysik (LIAG)

Das süddeutsche Molassebecken ist derzeit das wichtigste Gebiet für die geothermische Energienutzung in Deutschland. Um seine Nutzung erfolgreich auszubauen, ist es notwendig, bestehende Forschungs-

vorhaben und neue Energieprojekte wissenschaftlich zu begleiten und zu vernetzen. Die Weiterentwicklung eines numerischen thermisch-hydraulischen Regionalmodells des geothermischen Malmaquifers (Oberjura) im Großraum München erlaubt es, das Ausmaß der möglichen gegenseitigen thermisch-hydraulischen Beeinflussung mehrerer Geothermieanlagen abzuschätzen. In einem Lokalmodell sollen die Auswirkungen des geothermischen Dublettenbetriebes mittels gekoppelter thermisch-hydraulisch-mechanischer (THM) Modellrechnungen simuliert werden.

Separation und Rückführung scalingrelevanter Radionuklide und Schwermetalle vor ihrem Eintritt in den Anlagenkreislauf von Geothermieanlagen – Verfahrensgrundlagen für die Gewinnung strategischer seltener Metalle aus Thermalwässern

Förderkennzeichen	0325509
Laufzeit	01.10.2012 – 15.01.2014
Zuwendungssumme	69.300 Euro
Projektpartner	Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.

Bisher konnte das Scalingproblem in Geothermieanlagen nicht befriedigend gelöst werden: Ablagerungen durch toxische Schwermetalle und Radionuklide im Anlagenkreislauf beeinträchtigen den Betrieb und fördern die Korrosion. Deshalb soll ein neuer Ansatz entwickelt und im Technikumsmaßstab erprobt werden, bei dem diese Stoffe vor dem Eintritt in die übertägigen Anlagen galvanisch aus dem Thermalwasser separiert und unter Umgehung des Anlagenkreises dem Reservoir wieder zugeführt werden. Die gezielte Abscheidung wurde in Grundlagenversuchen bereits erreicht. Es zeigte sich, dass wertvolle strategische Metalle in die Scalebildung involviert sein können, deren Separation ebenfalls geprüft wird. Die Projektbearbeitung wurde im Januar 2014 vorzeitig beendet, die Weiterführung ist in Vorbereitung.

Prognose und Monitoring natürlicher Radionuklide in Anlagen der tiefen Geothermie

Förderkennzeichen	0325571
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	426.563 Euro
Projektpartner	Verein für Kernverfahrenstechnik und Analytik Rossendorf e.V.

Anlagenbetreiber der tiefen Geothermie sind daran interessiert, die Radioaktivität saliner Tiefenwässer bereits in der Planungsphase zu berücksichtigen und als Messgröße verfügbar zu haben. Deshalb wird ein Werkzeug entwickelt, das die Radionuklidkonzentrationen der Fluide aus geologischen Parametern ableitet: Basierend auf einer Datensammlung wird das Modell der Radionuklidfreisetzung durch Alfarückstoß validiert und gegebenenfalls angepasst. Weiterhin wird ein Sensorsystem entwickelt, das das Gammastrahlungsfeld in unmittelbarer Nähe von Anlagenkomponenten erfasst und kontinuierlich aufzeichnet. Kommerziell verfügbare Detektoren werden so an die Gegebenheiten der Geothermieanlagen angepasst und gestaltet, dass das Messsignal in die Prozessüberwachung der Anlagen eingebunden werden kann.

GeoKam – Kamerainspektionssystem für tiefe Geothermiebrunnen

Förderkennzeichen	0325580
Laufzeit	01.02.2013 – 30.04.2015
Zuwendungssumme	891.353 Euro
Projektpartner	Sondervermögen Großforschung beim Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Der Betrieb tiefer und heißer Geothermieranlagen (4.000 Meter, 165 Grad Celsius) erfordert regelmäßige Wartungs- und Reparaturmaßnahmen. Dazu gehören Kamerabefahrungen mit guten Live-Videobildern zur Bestandsaufnahme.

Herausforderungen sind dabei: **1.** die Entwicklung der Kamerasonde – die Schwerpunkte liegen auf dem Wärmemanagement (Dewargefäße, Heatpipes, Phasenwechselmaterial) und der Verbindung der keramischen Sichtfenster mit Gehäuse; **2.** die Videokompression und die Übertragung der Videobilder inklusive Sensorinformation zum Bediener bzw. der Kommandos zur Sonde; **3.** die Durchführung von In-situ-Tests in realen Bohrlöchern – dazu wird neben einer robusten Sonde das gesamte Equipment für den Bohrlocheinsatz (zum Beispiel Wireline, Winde et cetera) benötigt.

6. Niedertemperatur-Solarthermie

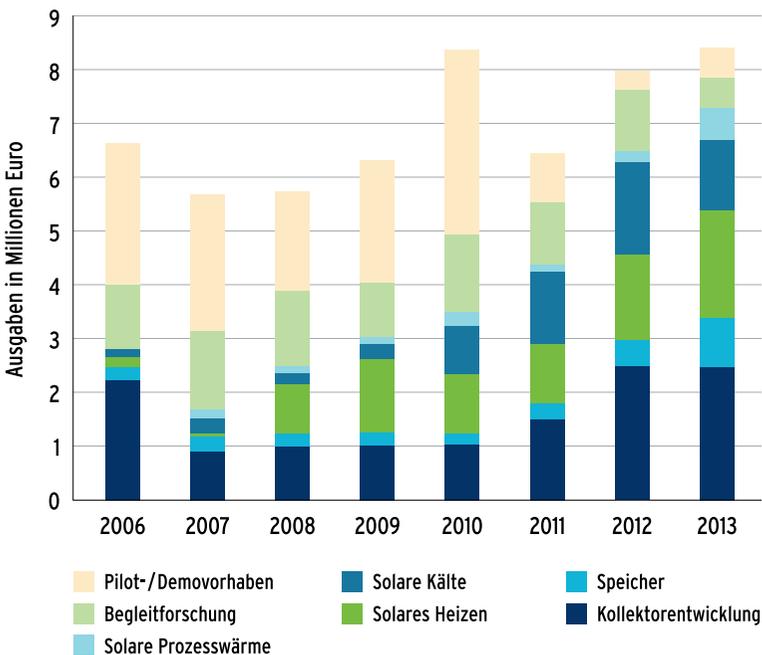
Neben der Stromerzeugung muss bei der regenerativen Energieversorgung ganz wesentlich die Wärme- und Kälteversorgung mit in den Blick genommen werden. Moderne Heizungstechnik und erneuerbare Wärme sind ein wichtiger Schlüssel für den Erfolg der Energiewende. Infolgedessen wird der Solarthermie sowohl national als auch weltweit ein großes Potenzial attestiert. Allerdings hat die Solarthermiebranche in den letzten fünf Jahren eine schwierige Konsolidierungsphase durchlaufen. 2013 ist der Markt in Deutschland gegenüber dem Vorjahr sogar um circa 10 Prozent zurückgegangen. Ende 2013 waren insgesamt 1,94 Millionen Solarwärmeanlagen mit 17,5 Millionen Quadratmetern Kollektorfläche – rund 12,2 Gigawatt thermische Leistung entsprechend – installiert. Nach wie vor liegt der überwiegende Anteil der Neuinstallationen (weit über 90 Prozent) im Segment der Ein- und Zweifamilienhäuser. Anwendungen in den Bereichen Kühlung, Prozesswärme und solare Nahwärme sind bislang Nischenmärkte geblieben.

In den klassischen Anwendungsfeldern der Solarthermie, Warmwasserbereitung und solare Heizungsunterstützung, ist heute ein hoher Reifegrad der Technologie erreicht. Durch Forschung und Entwicklung sowie Lernkurveneffekte konnten die solaren Wärmekosten von 1995 bis 2010 halbiert werden. Leider kommen diese Kostensenkungen, die auf Komponentenebene erreicht worden sind, noch nicht in vollem Umfang beim Endkunden an. Nichtsdestotrotz sind weitere Kostenreduzierungen auf der Systemebene, eine weitere Standardisierung, einfachere Installationen durch vorgefertigte Systeme und noch bessere Funktions- und Ertragssicherheit notwendig.

Der Schwerpunkt der Forschungsförderung liegt infolgedessen auf einer weiteren Kostensenkung der Systeme insgesamt. Darüber hinaus werden Konzepte für solare Plusenergiehäuser, Solaraktivhäuser beziehungsweise Häuser mit 100 Prozent erneuerbarer Energieversorgung im Neubau und in der Bestandsmodernisierung in den Blick genommen. Je ambitionierter die Energiestandards sind, desto mehr müssen Technik (einschließlich Solarthermie), Bauhülle und Nutzung im Zusammenspiel betrachtet werden. Auch die Entwicklung hin zu

Quartierslösungen, die Solarthermie in ihre Wärmeversorgung integrieren, ist ein zentrales Thema der Förderung. Gefördert werden darüber hinaus Forschungsaktivitäten zu den Themen solares Kühlen und solare Prozesswärme. Für diese Zukunftsmärkte ist in der Praxis noch mehr als bisher der Nachweis zu führen, dass Solarenergie eine technisch und ökonomisch solide Alternative zum Einsatz fossiler Energiequellen darstellt.

Insgesamt hat das BMU 2013 im Bereich der Solarthermieforschung 23 Projekte mit einem Fördervolumen von rund 9,9 Millionen Euro neu bewilligt. Dies entspricht dem Vorjahreswert. Gleichzeitig flossen rund 8,4 Millionen Euro in laufende Forschungsvorhaben (2012: 8 Millionen Euro).

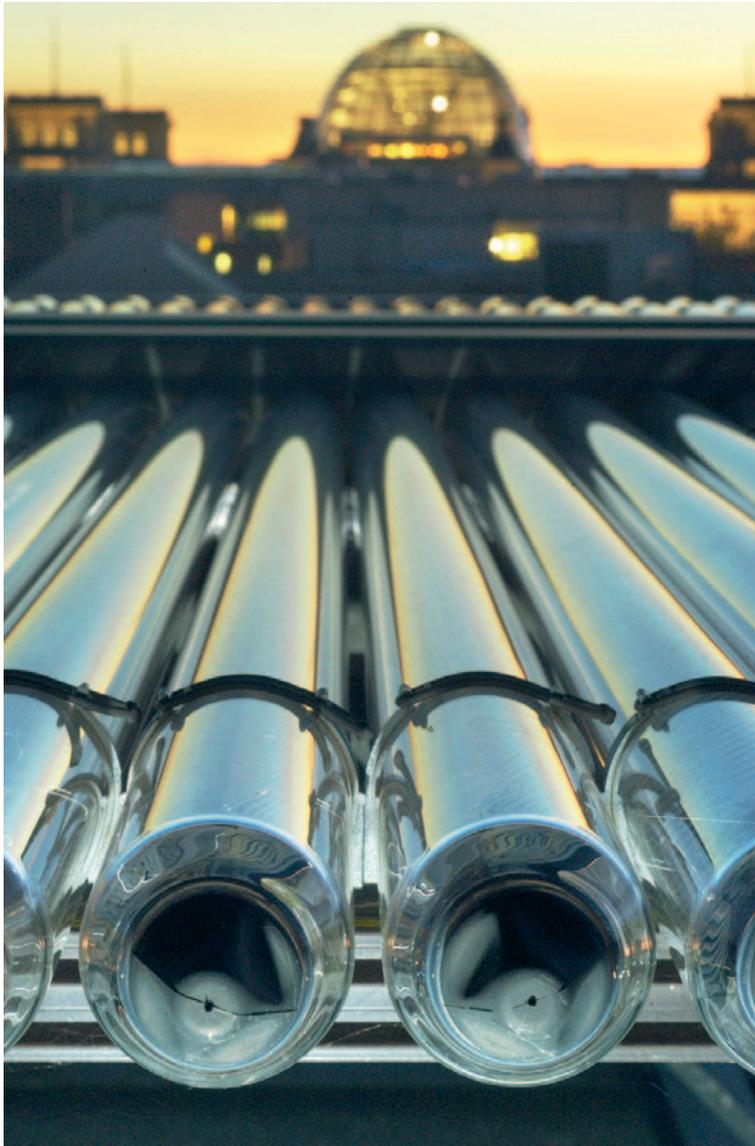


Verteilung der Fördermittel im Bereich Niedertemperatur-Solarthermie zwischen 2006 und 2013.

6.1 Forschung und Technologieentwicklung für Kollektoren und Speicher

Kollektoren und Speicher müssen wesentlich effizienter und kostengünstiger werden, um ihre Marktanteile ausbauen zu können. Das BMU/BMWi unterstützt deshalb Projekte, die den Einsatz neuer kostengünstiger und langzeitstabiler Materialien untersuchen. Insbesondere gefragt sind Projekte zu Aluminium und Kunststoffen in Verbindung mit neuen Konstruktions- und Fertigungsprinzipien. Des Weiteren fördert das BMU/BMWi Projekte, welche die Effizienz von Flachkollektoren steigern und die Wärmeverluste reduzieren. In der Kollektortechnik sind sowohl neue Konstruktionsprinzipien, die den Wirkungsgrad erhöhen, gefragt als auch die Entwicklung von Methoden, welche die Temperatur bei Stagnation begrenzen und die Frostsicherheit verbessern. Zudem sollen multifunktionale gebäudeintegrierte Kollektor- und Fassadenkonzepte sowie Hybridkollektoren entwickelt werden. Die weitere Rationalisierung und Automatisierung der Kollektorfertigung kann ebenfalls mit BMU/BMWi-Fördermitteln unterstützt werden.

Forschungsvorhaben im Bereich Wärmespeicherung zielen vor allem auf eine weitere Kostensenkung der spezifischen Speicherkosten, insbesondere bei der Langzeitwärmespeicherung, ab. Im Fokus stehen außerdem die weitere Effizienzerhöhung sowie die Reduzierung der Wärmeverluste. Eine Effizienzerhöhung kann vor allem dadurch erreicht werden, dass Speicher nicht nur für Solarwärme eingesetzt werden, sondern auch als Multifunktionsspeicher Abwärme oder Überschussstrom aus erneuerbaren Energien zwischenspeichern.



Solares Regierungsviertel: Sonnenkollektoren.

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

Förderkennzeichen	0325951A
Laufzeit	01.09.2008 – 28.02.2013
Zuwendungssumme	302.699 Euro
Projektpartner	Technische Universität Dresden

Die Langzeiteffizienz von thermischen Solaranlagen soll durch den optimierten Einsatz neu entwickelter beziehungsweise speziell adaptierter Entgasungstechnologien verbessert sowie die mobile Verwendung der Entgasungsgeräte im Sinne der Kostenoptimierung durch die Ableitung effizienter Einsatzregime ermöglicht werden. Dabei sind die Grenze zu finden, bis zu der eine optimal integrierte Entlüftung ausreichend ist, und folgende wissenschaftlich-technische Teilaufgaben zu lösen: **1.** Bestimmung der Löslichkeitskoeffizienten für Stickstoff in Solarflüssigkeiten inklusive Entwicklung einer Messapparatur; **2.** Technikumsuntersuchungen zu Techniken der Entlüftung und Entgasung; **3.** Feldversuche zur Validierung. Es werden Handlungsleitlinien für die Befüllung, Erstentlüftung und Entgasung abgeleitet.

NT-Solarthermie – Luko-E: Grundlagen zur Luftkollektorentwicklung

Förderkennzeichen	0325959A
Laufzeit	01.07.2009 – 30.04.2013
Zuwendungssumme	574.284 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Solarluftkollektoren werden seit Langem zur Trocknung von landwirtschaftlichen Produkten oder Beheizung von Gewerbehallen und Ferienhäusern eingesetzt. Ihre Bedeutung für den Solarwärmemarkt ist bisher sehr begrenzt, unter anderem weil Normen zu deren Vermessung fehlen. Heute werden Luftkollektoren neue Marktchancen eingeräumt, da sie nicht gefrieren, keine Stillstandsproblematik aufweisen und leicht und kostengünstig in die Gebäudetechnik integriert werden können, aufgrund des zunehmenden Einbaus von Lüftungsanlagen in

modernen Gebäuden. 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.

Wärmerohre in Sonnenkollektoren – Wärmetechnische Grundlagen und Bewertung sowie neue Ansätze für die Integration

Förderkennzeichen	0325962A
Laufzeit	01.06.2010 – 31.05.2013
Zuwendungssumme	420.066 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH

Im Rahmen des Projektes wurden die Grundlagen für die Analyse und Bewertung sowie Optimierungspotenziale für die Anwendung von Wärmerohren in Sonnenkollektoren erarbeitet. Marktübliche Wärmerohre sowie Wärmeübertrager (Sammler) wurden in eigens entwickelten Prüfständen in Bezug auf ihre Wärmetransportfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit vermessen und mit Simulationsrechnungen verglichen. Darauf folgte die Ableitung von Optimierungsansätzen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit und Stagnationssicherheit von Sonnenkollektoren mit Wärmerohren. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse wurde die Verwendung von Wärmerohren in Flachkollektoren untersucht und bewertet sowie ein standardisierbares Prüfverfahren für Wärmerohre entwickelt.

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

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

Qualitätsprüfungen durch Belastungstests nach den einschlägigen Testnormen für Solarkollektoren und -systeme sind nicht auf alle

Kollektorgeometrien anwendbar: Die angesetzten Mindestwerte sind unzureichend und die Lastverteilung ist zum großen Teil unrealistisch. Ziel des Gesamtvorhabens MechTest war die Weiterentwicklung mechanischer Belastungstests für Solarkollektoren inklusive Montagesysteme. Es wurden Schadensfälle und ihre Ursachen untersucht und Prüfreihen mit möglichst realistischen Lastfällen an einem neu entwickelten mechanischen Belastungsteststand durchgeführt. Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die Prüfung des Gesamtsystems Kollektor und Montagesystem unter realistischen Lastfällen für eine zuverlässige Aussage über die mechanische Stabilität unerlässlich ist.

Verbundprojekt: Speedcoll – Entwicklung beschleunigter Alterungstestverfahren für solarthermische Kollektoren und deren Komponenten

Förderkennzeichen	0325969A; 0325969B
Laufzeit	01.04.2011 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	3.676.901 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Universität Stuttgart

Da Kollektoren sehr hohen Temperaturen und wechselnden, teils extremen Witterungsbedingungen ausgesetzt sind, sind sie die am stärksten belasteten Komponenten einer thermischen Solaranlage. Die Alterung von Kollektoren ist im Hinblick auf ihre unterschiedlichen Einsatzgebiete und -bedingungen bisher nur ungenügend untersucht worden. Um Exportchancen zu nutzen und Risiken zu minimieren, ist es notwendig, geeignete Schnellprüfverfahren zur Qualifizierung der Alterungsbeständigkeit zu entwickeln. Ziel des Projektes ist die Entwicklung beschleunigter Alterungstestverfahren für solarthermische Kollektoren und ihre Komponenten sowie die Verifizierung dieser Verfahren durch den Vergleich mit Kollektoren, die unter extremen Klimabedingungen exponiert wurden.

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

Förderkennzeichen	0325970A
Laufzeit	01.09.2010 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	524.521 Euro
Projektpartner	Technische Universität Ilmenau

In der Weiterentwicklung thermischer Energiespeicher aus Faserverbundmaterialien (glasfaserverstärkte Kunststoffe – GFK) steckt erhebliches Potenzial für Kostenreduktion und Effizienzsteigerung. Teilthema 1: Weiterentwicklung der Materialeigenschaften, Entwicklung neuer Komponenten und Montageverfahren; Teilthema 2: GFK-Material und Konstruktionsprinzipien; Teilthema 3: Konzeption, Aufbau und Betrieb der Werkstoff- und Testlaboreinrichtungen; Ergebnisse: Optimierung der Materialeigenschaften im Wärmespeicherbau. Im Werkstofftestlabor wurden bereits wesentliche Werkstoffeigenschaften geprüft und mit den im Pflichtenheft geforderten verglichen. Die Ergebnisse gehen in die Gestaltung der Verbundstrukturen ein und sind die Grundlage zur Materialzulassung und der Entwicklung modular aufgebauter Wärmespeicher aus Faserverbunden (GFK).

Verbundprojekt: Kostensenkung bei der Solarabsorberfertigung für Flachkollektoren TP, Optimierung von Solarabsorberkomponenten

Förderkennzeichen	0325972A; 0325972B
Laufzeit	01.11.2010 – 31.07.2014
Zuwendungssumme	911.628 Euro
Projektpartner	Solvis GmbH & Co. KG; Laser Zentrum Hannover e.V.

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die Kosten für die Solarabsorberfertigung zu reduzieren. Dazu werden nacheinander drei Vorgehensweisen verfolgt und miteinander kombiniert, und zwar auf dem Gebiet der Absorberrohre und der Fügeprozesse. Hersteller des Vormaterials sowie der verarbeitenden Maschinen und Laseranwender arbeiten eng zusammen, um Optimierungen in der gesamten

Herstellungskette zu verfolgen und in einer Demonstrationsanlage umzusetzen. Ziel des Projektes ist eine Kostenreduzierung im Bereich der Absorberrohre und der Fügetechnik von 40 bis 50 Prozent.

HFK Low-e – Hocheffiziente Flachkollektoren mit selektiv beschichteten Zweischeibenverglasungen

Förderkennzeichen	0325973A; 0325973B; 0325973C; 0325973D
Laufzeit	01.03.2011 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	956.887 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH; Solvis GmbH & Co. KG; Euroglas GmbH; Vaillant GmbH

Das Institut für Solarenergieforschung in Hameln (ISFH) entwickelt im Verbund mit den Industriepartnern Euroglas, Solvis und Vaillant leistungsfähige Flachkollektoren mit einer gasgefüllten Isolierverglasung und Low-e-Beschichtung (Prinzip der Wärmeschutzverglasung). Ein Hauptarbeitsgebiet ist die Entwicklung neuer, langzeitbeständiger Beschichtungssysteme auf Basis von transparenten, elektrisch leitfähigen Oxiden (TCO), die eine hohe solare Transmission und eine geringe Emission von Wärmestrahlung aufweisen. Diese Schichtsysteme werden zunächst im Labormaßstab entwickelt und anschließend auf Industrieanlagen übertragen. Zweiter Schwerpunkt ist die Integration der Verglasungen in leistungsoptimierte Flachkollektoren bei gleichzeitiger Sicherstellung der Langzeitgebrauchstauglichkeit.

TPS-Kollektorfertigung: Adaption eines optimierten Kollektordesigns für eine vollautomatisierte Fertigungslinie

Förderkennzeichen	0325974B; 0325974A
Laufzeit	01.05.2011 – 30.04.2014
Zuwendungssumme	618.178 Euro
Projektpartner	Technische Hochschule Ingolstadt; Bystronic Lenhardt GmbH

Bis 2020 wird ein Marktvolumen für solarthermische Kollektoren von rund 8,5 Millionen Quadratmetern pro Jahr prognostiziert. Lag 2009

die produzierte Kollektorfläche noch bei 1,7 Millionen Quadratmetern pro Jahr, ist bis 2020 mit einem jährlichen Zuwachs von mehr als 15 Prozent zu rechnen. Angesichts der steigenden Produktionszahlen in der Kollektorfertigung und des steigenden Preis- und Qualitätsdrucks für die Kollektorhersteller werden die Kapazitätsgrenzen heutiger Fertigungslinien erreicht. Vor diesem Hintergrund ist das primäre Ziel des Vorhabens, eine bestehende Fertigungslinie für die Herstellung von Isolierglas auf die Produktion von solarthermischen Kollektoren zu übertragen. Dabei ist die Kollektorkonstruktion dem Fertigungsprinzip untergeordnet.

Einrichtung eines Labors zur Charakterisierung und Beurteilung thermochemischer Speichermaterialien (TCM)

Förderkennzeichen	0325978A
Laufzeit	01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	1.127.137 Euro
Projektpartner	Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)

Um die Integration erneuerbarer Energien und die Steigerung ihrer Energieeffizienz in Zukunft zu erzielen, müssen effiziente und kostengünstige Energiespeichertechnologien entwickelt werden. Die Speicherung thermischer Energie durch chemische Reaktionen kann dabei einen wesentlichen Beitrag leisten, da sie vergleichsweise hohe Speicherkapazitäten bereitstellt. Ziel des Vorhabens ist die Einrichtung eines Labors zur Charakterisierung und Beurteilung thermochemischer Speichermaterialien. Das Labor soll künftig ermöglichen, experimentell abgesicherte Aussagen, zum Beispiel über die erreichbare Speicherkapazität und Stabilität für diverse Anwendungsbereiche, zu generieren. Sind sie belastbar genug, kann die Industrie sie kommerziell umsetzen.

Neues Verfahren zur Outdoor-Charakterisierung von Fassadenkollektoren und BIPV

Förderkennzeichen	0325980A
Laufzeit	01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	516.272 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Die EU-Vorgabe für Nullenergiegebäude lässt sich bei höheren Gebäuden mit relativ kleiner Dachfläche nur erfüllen, wenn neben dem Dach auch die Fassade zur Energiegewinnung genutzt wird. Besonders bei der Renovierung von vollverglasten Gebäudeteilen ist es sinnvoll, die Glasflächen in teiltransparente Energiegewinnflächen umzuwandeln. In diesem Projekt soll ein neuartiger Prüfstand erstellt werden, der nicht nur für übliche fassaden- und dachintegrierte Komponenten nutzbar ist, sondern auch für neue, multifunktionale Komponenten. Um die neuen, innovativen Komponenten, die derzeit in nationalen und europäischen Projekten entwickelt werden, ganzheitlich bewerten zu können, muss sowohl der Energieertrag als auch der Energiefluss in den Innenräumen gemessen werden.

Durchführung einer Solarthermie-Konferenz im 1. Quartal 2013 als Anschluss an die Arbeiten der DSTTP und des Fahrplans Solarwärme

Förderkennzeichen	0325983A
Laufzeit	01.12.2011 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	23.894 Euro
Projektpartner	BSW – Bundesverband Solarwirtschaft e.V.

Unter der Überschrift „Technik und Innovation – der Beitrag der Solarwärme zur Energiewende“ fand am 30. und 31. Januar 2013 in Berlin die 3. Deutsche Solarthermie-Technologiekonferenz mit rund 200 Teilnehmern statt. Schwerpunktthemen waren Systemlösungen zur Nutzung von Solarenergie für die industrielle Prozesswärme sowie hoch-effiziente Kollektoren und Wärmespeicher. Zahlreiche Ergebnisse von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, die sich aus der Forschungsstrategie „Niedertemperatur-Solarthermie 2030“ abgeleitet haben,

wurden auf der Konferenz präsentiert. Daneben hatten junge Firmen die Möglichkeit, ihre Innovationen einem breiten Fachpublikum vorzustellen. Die von der Deutschen Solarthermie-Technologieplattform (DSTTP) formulierte Strategie zeigte den Forschungsbedarf bei der Weiterentwicklung der Solarwärme-Technologie sowie energetische Potenziale auf.

Entwicklung von multifunktionalen solaren Gebäudekomponenten

Förderkennzeichen	0325985A
Laufzeit	01.03.2012 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	562.670 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart

Für den Ausbau des Anteils der thermischen Solartechnik an der regenerativen Wärmebereitstellung in Deutschland ist eine deutliche Erhöhung der solaren Deckungsanteile am Gesamtwärmebedarf von Gebäuden notwendig. Die Integration solarthermischer Komponenten in Gebäudefassaden ist in diesem Zusammenhang ein vielversprechender Ansatz. Ziel des Vorhabens ist es daher, multifunktionale Gebäudekomponenten zu entwickeln, die einerseits die klassischen architektonischen Funktionen einer Gebäudehülle erfüllen und andererseits eine aktive und passive Nutzung der Solarstrahlung zur Trinkwassererwärmung und/oder Raumheizung ermöglichen. Die Konzeption, dynamische Gebäudesimulation und der Aufbau mehrerer Prototypen sowie deren Erprobung sind die zentralen Aspekte des Vorhabens.

Verbundprojekt: Untersuchungen zur Fertigungstechnik und Kollektorkonstruktion für Vollkunststoff-Kollektoren

Förderkennzeichen	0325986A; 0325986B
Laufzeit	01.03.2012 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	616.471 Euro
Projektpartner	Technische Hochschule Ingolstadt; Roth Werke GmbH

Angesichts der prognostizierten Absatzzahlen in der Kollektorfertigung und des steigenden Kostendrucks für die Kollektorhersteller ist das

primäre Ziel des Vorhabens die eingehende Untersuchung von Fertigungstechnik und Kollektorkonstruktion für solarthermische Vollkunststoff-Kollektoren für den Einsatz in modernen heizungsunterstützenden Systemen unter Nutzung und Weiterentwicklung verfügbarer Kunststoffverarbeitungsverfahren. Durch den Einsatz von kostengünstigen Materialien sowie eine automatisierte Fertigung mit geringen Taktzeiten und Tauglichkeit zur Fertigung großer Stückzahlen sollen die Herstellkosten reduziert werden. Die übergeordnete Ziel- und Bewertungsgröße bei den Untersuchungen sind die solaren Wärmegestehungskosten auf Systemebene.

Neuartige rückseitige Wärmedämmung für Flachkollektoren – Vergleich von Folien- und Vakuumsuperisolation

Förderkennzeichen	0325987A
Laufzeit	01.03.2012 – 31.08.2014
Zuwendungssumme	433.342 Euro
Projektpartner	Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)

Solarthermische Flachkollektoren nutzen zur hinteren Dämmung Mineralwolle oder vergleichbare Dämmstoffe, die während des Betriebs Wasser aufnehmen können, wodurch ihre Dämmwirkung drastisch sinkt. Zugleich können Scheibenbeschlag und Korrosion auftreten. Es soll eine feuchtigkeitsstabile Dämmung entwickelt und die Bauhöhe verringert werden, um Vorteile bei Kosten, Transport und architektonischer Integration zu erzielen. Da darüber hinaus auch Flachkollektoren für Prozesswärmeerzeugung benötigt werden, wird eine Foliendämmung für Standard- sowie eine Vakuumsuperisolation (VSI) für hocheffiziente Flachkollektoren entwickelt. Hierzu werden analytische Berechnungen, Computational-Fluid-Dynamics(CFD)-Simulationen sowie Laborexperimente durchgeführt und Echtgrößenprototypen im Labor sowie im Freien getestet.

TASK – Entwicklung eines Absorbers für thermische Solarkollektoren mit Stagnationstemperatur unter 140 Grad Celsius und hoher Effizienz im Arbeitspunkt

Förderkennzeichen	0325988A; 0325988B
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	585.929 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH; Viessmann Werke GmbH & Co KG

Im Rahmen des Projektes soll ein solarthermischer Kollektor mit selektivem Absorber im Labormaßstab qualifiziert werden, der zumindest die Qualität (Effizienz, Lebensdauer) üblicher Kollektoren erreicht. Die Stagnationstemperatur (bisher 200 bis 220 Grad Celsius) soll deutlich reduziert werden (unter 140 Grad Celsius), um den Wärmeträger zu schützen und Dampfbildung zu vermeiden. Der Effizienzbewertung liegt der Jahresertrag einer typischen Warmwasseranlage zugrunde: 4,6-Quadratmeter-Kollektoren etwa liefern durchschnittlich 1.700 Kilowattstunden Strom und decken damit 60 Prozent des Warmwasserverbrauchs. Der solare Deckungsgrad (60 Prozent) soll bei gleicher Kollektorfläche erreicht werden, die Prototypen werden aus verschiedenen Ansätzen weiterentwickelt. Die Bewertung der Einsatzfähigkeit in Solarkollektoren erfolgt nach europäischen Normen.

Verbundvorhaben: SAPRES – Herstellung von Solarabsorbern im Hohlpräge-Streckzieh-Verfahren

Förderkennzeichen	0325989A; 0325989B
Laufzeit	01.04.2012 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	666.739 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Gräbener Pressensysteme GmbH & Co. KG

In dem Verbundprojekt SAPRES verfolgt das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) gemeinsam mit der Gräbener Pressensysteme GmbH & Co. KG eine deutliche Kostenreduktion bei Solarabsorbern durch die Kombination zweier Ansätze: Zum einen soll mit

dem Hohlpräge-Streckzieh-Verfahren, das in der Heizkörperproduktion eingesetzt wird, eine große Stückzahl in flexibler Länge gefertigt werden. Zum anderen sollen die im Vergleich günstigeren Materialien Stahl beziehungsweise Aluminium das bisher verwendete Kupfer ersetzen. Ihre niedrigere Wärmeleitfähigkeit wird durch ein angepasstes Kanaldesign (zum Beispiel das FracTherm®-Design) kompensiert und so der thermische Wirkungsgrad herkömmlicher Solarabsorber erreicht oder sogar übertroffen – bei niedrigeren Herstellungskosten.

Schwach konzentrierender PVT-Kollektor für hohe Gesamteffizienz

Förderkennzeichen	0325993A
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	488.909 Euro
Projektpartner	Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)

Die Betrachtung möglicher Primärenergie- und Kohlenstoffdioxid-Einsparungen sowie exergetische Betrachtungen zeigen, dass der optimale Betriebspunkt des PVT-Kollektors, Photovoltaik (PV) kombiniert mit thermischer (T) Nutzung, bei Temperaturen von 60 bis 80 Grad Celsius liegt. Um diese mit dem benötigten thermischen Wirkungsgrad bereitstellen zu können, muss vom Flachkollektor auf ein leicht konzentrierendes System umgestellt werden. Das Erreichen höherer Temperaturen erschließt klassische Anwendungsgebiete der Solarthermie wie Heizungsunterstützung und Bereitung von Brauchwarmwasser, aber auch solare Kühlung mit einstufigen Absorptionskältemaschinen. Die Frage nach der maximalen Gesamteffizienz und der idealen Bauart von PVT-Kollektoren soll erörtert und projektbegleitend an Hersteller weitergegeben werden.

ExKoll – Konzeption von extrudierten Polymerkollektoren inklusive Komponenten

Förderkennzeichen	0325996A
Laufzeit	01.09.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	717.330 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Ziel des Projektes ist es, die Potenziale der Extrusion als Herstellungsprozess für Polymermaterialien in der Solarthermie zu untersuchen. Diese Technik erscheint gemäß Voruntersuchungen im Rahmen der Task 39 als eine kostengünstige Variante für deren Massenproduktion. Eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung soll dies unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten der deutschen Industrie vertiefen und zwei konkurrierende Wege behandeln: Zum einen werden technische oder Hochleistungskunststoffe mit ausreichender Temperaturbeständigkeit qualifiziert, zum anderen werden einfache Massenkunststoffe mit zusätzlicher Temperaturbegrenzung (zum Beispiel Polyethylen oder Polypropylen) betrachtet.

Verbundprojekt: UniSto – Entwicklung eines universellen modularen Wärmespeichers und dessen Erprobung in Mehrfamilienhäusern

Förderkennzeichen	0325546A; 0325546B
Laufzeit	01.06.2013 – 31.05.2016
Zuwendungssumme	679.013 Euro
Projektpartner	Consolar Solare Energiesysteme GmbH; Universität Stuttgart

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines universellen modularen Wärmespeichers und dessen Erprobung als Solarspeicher in Mehrfamilienhäusern. Dieser zeichnet sich durch eine modulare, platzsparende, effiziente und kostengünstige Realisierung von großen, druckbeaufschlagten Speichervolumina von bis zu zehn Quadratmetern aus. Neben der Weiterentwicklung des Speichers für einen seriengerechten Produktionsprozess soll der Einsatz von evakuierbaren

Schäumen zur Reduktion der Wärmeverluste untersucht werden. Der Aufbau des Speichers könnte eine wirtschaftliche Anwendung der Vakuumtechnik ermöglichen. Zur Erprobung und Optimierung des Speichers werden zwei Anlagen in Mehrfamilienhäusern installiert und messtechnisch analysiert.

Wissenschaftliche Vorbereitung und Durchführung der Konferenz SHC 2013 – International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry

Förderkennzeichen	0325540A
Laufzeit	01.04.2013 – 31.01.2014
Zuwendungssumme	53.853 Euro
Projektpartner	PSE AG

SHC 2013 war die zweite Konferenz einer neuen Serie internationaler Symposien zum Thema „Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry“ des Implementing Agreement „Solar Heating and Cooling“ der International Energy Agency (IEA). 400 Teilnehmer aus 37 Ländern kamen nach Freiburg im Breisgau um insgesamt zehn Plenarvorträge, 90 Vorträge in Parallelsessions und 140 Poster zu präsentieren und zu diskutieren. Technische Exkursionen und eine Podiumsdiskussion rundeten das Programm ab. Alle eingereichten Veröffentlichungen sind online frei zugänglich.

Verbundprojekt: PVTgen2 – Entwicklung und Pilotfertigung eines abgedeckten photovoltaisch-thermischen Hybridkollektors der zweiten Generation mit verbesserter thermischer Leistungsfähigkeit

Förderkennzeichen	0325538A; 0325538B
Laufzeit	01.05.2013 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	2.450.859 Euro
Projektpartner	Solvis GmbH & Co. KG; Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Da die verfügbaren Dachflächen für die direkte Solarenergienutzung begrenzt sind, ist die möglichst vollständige und gebäudenahere Energieversorgung nur über die Erhöhung der Flächeneffizienz zu erreichen.

Photovoltaisch-thermische (PVT-)Kollektoren weisen im Vergleich zu Photovoltaik(PV)-Modulen und Solarwärmekollektoren eine höhere Gesamtleistung auf. Die bislang am Markt vorhandenen PVT-Kollektoren konnten sich jedoch aufgrund ihrer unzureichenden solarthermischen Leistung nicht durchsetzen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer neuen Generation PVT-Kollektoren, der Aufbau einer Pilotproduktionsanlage und die Untersuchung von Anlagen im Feldtest.

Verbundprojekt: Modularer Rechteck-Wärme-Speicher aus Faserverbundwerkstoffen

Förderkennzeichen	0325543A; 0325543B
Laufzeit	01.07.2013 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	403.149 Euro
Projektpartner	Technische Universität Ilmenau; ed energie.depot GmbH

Ziel ist die Entwicklung eines Labor-(Wärme-)Speichers mit 4 Kubikmetern Speichervolumen nach neuen Konstruktionsprinzipien. Der Aufbau der Speicherhülle (Module) basiert auf den Ergebnissen des Forschungsprojektes „Grundlegende Weiterentwicklung zum Werkstoff- und Bauteilverhalten von GFK(glasfaserverstärkte Kunststoffe)-Wärmespeichern“. Durch die TU Ilmenau erfolgen die Simulationen und Optimierungen des Wärmespeichervermögens, der Materialeigenschaften innerhalb der Integralmodule im statischen und dynamischen Bereich und die Auslegung der internen Funktionselemente. Der Laborspeicher ist drucklos und für eine Dauertemperaturbelastung von 95 Grad Celsius ausgelegt.

Fassadenintegrierte Solarthermie – Bestandsaufnahme und Entwicklung zukunftsfähiger Konzepte

Förderkennzeichen	0325536A
Laufzeit	01.01.2013 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	378.642 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Die Vorhabensbeschreibung lag bei Redaktionsschluss nicht vor.



Energieautarkes Haus: Im Rahmen des Projekts EAHplus-Monitoring werden Messdaten aufgenommen, registriert und verdichtet, um Informationen über die thermischen und elektrischen Energieflüsse zu gewinnen.

6.2 Solare Heizungsunterstützung und solare Nahwärme mit Langzeitwärmespeicherung

Die meisten installierten solarthermischen Anlagen in Deutschland werden zur Trinkwassererwärmung eingesetzt. Dadurch konnte der Gesamtwärmebedarf der Gebäude, in denen die Anlagen eingesetzt wurden, in der Vergangenheit nur zu 5 bis 10 Prozent gedeckt werden. Heutige Kombisolaranlagen erwärmen nicht nur Trinkwasser, sondern unterstützen auch beim Heizen. Sie können bereits 20 bis 30 Prozent des Gesamtwärmebedarfes decken und leisten damit einen wesentlichen Beitrag, fossile Brennstoffe einzusparen.

Projekte zur Langzeitwärmespeicherung in Verbindung mit solaren Nahwärmekonzepten zielen darauf ab, Speicherkosten weiter zu senken,

Speicherverluste zu verringern und den solaren Deckungsanteil der Wärmeversorgung zu erhöhen. Das BMU/BMWi fördert Projekte, die neue Systemkonzepte einschließlich der benötigten Regelungstechnik entwickeln. Der solare Deckungsanteil des Heizenergiebedarfes kann bis zu 100 Prozent für Neubauten und Bestandsgebäude betragen. Es sollen auch geeignete Tools entwickelt werden, mit deren Hilfe Gebäude mit hohen solaren Deckungsanteilen von über 50 Prozent geplant werden können. Sie müssen sowohl mit der Energieeinsparverordnung (EnEV) als auch dem Erneuerbare-Energien-Wärme-Gesetz (EEWärmeG) kompatibel sein. Auch sollen Pilotanwendungen geeigneter Konzepte entwickelt und umgesetzt werden, um Wärmenetze zu solarisieren und Netze zu optimieren.

Außerdem werden Projekte gefördert, die geeignete Verfahren, Methoden und Konzepte zur Qualitäts- und Ertragssicherung entwickeln. Dadurch soll die Betriebssicherheit erhöht und solare Systeme ganzheitlich bewertet werden können.

WPSol – Leistungsprüfung und ökologische Bewertung von kombinierten Solar-Wärmepumpenanlagen

Förderkennzeichen	0325967A
Laufzeit	01.09.2010 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	417.471 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart

Das Ziel des Vorhabens ist es, Verfahren für die dynamische Leistungsprüfung sowie die ökologische und primärenergetische Bewertung von kombinierten Solarthermie-Wärmepumpenanlagen zur Trinkwassererwärmung und Raumheizung zu entwickeln. Dies beinhaltet unter anderem Simulationen und Prüfungen des thermischen Verhaltens von Wärmepumpen an einem Laborprüfstand unter dynamischen Betriebsbedingungen, das Monitoring von realen Solar-Wärmepumpenheizungsanlagen sowie die Erstellung von Ökobilanzen. Zu den Ergebnissen des Vorhabens zählen standardisierte Verfahren zur Bewertung

der thermischen Leistungsfähigkeit, der Umweltverträglichkeit sowie der Primärenergieeinsparung von kombinierten Solar-Wärmepumpenanlagen. Hierdurch wird ein Beitrag zur weiteren Markteinführung geleistet.

Untersuchung und simulationstechnische Optimierung von Wärmeversorgungskonzepten für Wohngebäude, deren Gesamtwärmebedarf zu 50 bis 100 Prozent mit Solarwärme gedeckt wird, sowie Vergleich mit anderen CO₂-reduzierten Wärmeversorgungskonzepten

Förderkennzeichen	0325971A
Laufzeit	01.09.2010 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.127.498 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Ein vielversprechender Schritt auf dem Weg zur Reduzierung von Kohlenstoffdioxid-Emissionen in Gebäuden ist ihre Beheizung mit Solarwärme. Dazu muss ein Teil der im Sommer erzeugten Solarwärme für den Winter gespeichert werden. Mit 40-Quadratmeter-Solar Kollektoren und 8-Kubikmeter-Wasserwärmespeicher können in einem gut gedämmten Einfamilienhaus 60 bis 70 Prozent des Wärmebedarfes solar gedeckt werden. Das Konzept wurde bereits Anfang der 1990er Jahre erfolgreich demonstriert, es fehlten bislang aber die wissenschaftlichen Grundlagen für seine objektive Bewertung. HeizSolar soll mit der Vermessung von neun Sonnenhäusern mit solaren Deckungsanteilen von 50 bis 100 Prozent, der Entwicklung eines Simulationsmodells und der Optimierung von Komponenten und System die Grundlage für die Verbreitung der Solaraktivhäuser schaffen.

FeDet – Entwicklung, Untersuchung und Anwendungen von Methoden zur Langzeitüberwachung und automatisierten Fehlerdetektion großer solarunterstützter Wärmeversorgungsanlagen

Förderkennzeichen	0325975A
Laufzeit	01.06.2011 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	247.428 Euro
Projektpartner	Universität Kassel

Ziel ist die Entwicklung eines flexiblen mehrstufigen Verfahrens zur automatisierten Langzeitüberwachung und Fehlerdetektion großer solarunterstützter Wärmeversorgungsanlagen unter Einbeziehung der Nachheizung. Angepasst an verschiedene Anforderungen bezüglich Genauigkeit, Installationsaufwand der Messtechnik und Kosten der Langzeitüberwachung sollen in Zusammenarbeit mit mehreren Industriepartnern (Viessmann Werke GmbH & Co. KG, Bosch Solarthermie GmbH, FSAVE Solartechnik GmbH) Verfahren zur automatisierten Fehlerdetektion und -lokalisierung entwickelt werden.

Gesamtbetrachtung zu solaren saisonalen Wärmespeichern und mögliche multifunktionale Nutzungen

Förderkennzeichen	0325976A
Laufzeit	01.06.2011 – 31.01.2013
Zuwendungssumme	287.388 Euro
Projektpartner	Steinbeis Forschungs- und Innovationszentren GmbH

Das Vorhaben fokussiert auf zwei Schwerpunkte: Neben der für vorhandene Systemideen zu erfolgenden Weiterentwicklung der Systemtechnologie werden als Ergebnis der Gesamtbetrachtung solarer saisonaler Wärmespeicher auch wissenschaftlich entwickelte und abgesicherte Planungstools angestrebt. Im Rahmen erster Untersuchungen werden mögliche multifunktionale Nutzungen solarer saisonaler Wärmespeicher erforscht. Multifunktionalität meint in diesem Zusammenhang, dass der Speicher neben seiner Funktion der saisonalen Speicherung von Solarwärme weitere Funktionen erfüllt, die dem

System dienen, in das der Speicher eingebunden ist. Durch die erhöhte Nutzbarkeit des Speichers verbessert sich seine Wirtschaftlichkeit.

Verbundforschungsvorhaben: Optimierte Regelalgorithmen für die Solartechnik – REM

Förderkennzeichen	0325977A; 0325977B
Laufzeit	01.10.2011 – 30.09.2014
Zuwendungssumme	860.341 Euro
Projektpartner	Ostfalia Hochschule für angewandte Wissenschaften – Hochschule Braunschweig/ Wolfenbüttel; Wagner & Co Solartechnik GmbH

Ziel des Vorhabens ist es, eine simulationsgestützte Entwicklungsmethodik für den Entwurf von Regelalgorithmen für Anlagen der thermischen Solarenergienutzung zu erarbeiten. Die bisher schrittweise erfolgte Entwicklungsarbeit soll auf eine gemeinsame Kommunikations- und Bearbeitungsebene gehoben werden. Die Simulationssoftware MATLAB/Simulink unterstützt mit Toolboxen und Bibliotheken die Möglichkeit der automatischen Codegenerierung und hat sich besonders für die Abbildung von Regelungsfunktionen etabliert. Mittels der neuen simulationsgestützten Entwicklungsmethodik sollen in einem frühen Stadium der Produktentwicklung im Dialog neue oder veränderte Regelalgorithmen auf Basis einer gemeinsamen funktionalen Kommunikationsplattform entwickelt und überprüft werden.

Verbundprojekt: Entwicklung eines Konzeptes zur temperatur-optimierten Wärmebedarfsdeckung in Solaraktivhäusern

Förderkennzeichen	0325981A; 0325981B
Laufzeit	01.11.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	750.302 Euro
Projektpartner	Institut für Solarenergieforschung GmbH; HELMA Eigenheimbau Aktiengesellschaft

Im Projekt wird ein neues Wärmeversorgungskonzept für Sonnenhäuser mit einem solaren Deckungsanteil von über 50 Prozent

entwickelt. Die Kollektorwärme wird temperaturoptimiert aufgeteilt auf drei Wärmesenken: ein Pufferspeicher mit maximal 1,5 Kubikmetern, eine direkt über den Solarkreis beladene, thermische Betonkernaktivierung im Fußboden des Erd- und Obergeschosses und die Unterstützung eines kleinen Erdwärmekollektors als Quelle einer Wärmepumpe für den Restbedarf. Das Ziel ist es, die solarhauspezifischen Mehrkosten um etwa 25 Prozent zu reduzieren, bei gleichem Deckungsanteil. Im Anschluss an eine einjährige Simulations- und Kostenstudie wurde entschieden, das Konzept als Experimentalhaus, das unter realitätsnahen Bedingungen betrieben und durch Messung und Simulation analysiert wird, zu realisieren.

Solarthermie2000plus – Anwendungsorientierte Grundlagenuntersuchungen zur Monitoringmesstechnik in solarthermischen Anlagen und wissenschaftliche Begleitung von Pilot- und Demonstrationsanlagen

Förderkennzeichen	0329601S
Laufzeit	01.04.2008 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	635.829 Euro
Projektpartner	Technische Universität Chemnitz

Im Nachgang des Förderkonzeptes Solarthermie2000plus werden in ganz Deutschland Pilot-, Forschungs- und Demoanlagen im Bereich Solargroßanlagen (für Heizungsunterstützung, solare Nahwärme, Prozesswärmebereitstellung und solare Klimatisierung/Kühlung) wissenschaftlich begleitet. Das betrifft aktuell die solarthermische Prozesswärmebereitstellung in einer Brauerei, daneben befinden sich zahlreiche Großanlagen aus dem Vorgängerprogramm Solarthermie2000 im Monitoring. Über eine gezielte Recherche und eigene Laboruntersuchungen werden zusätzlich Empfehlungen für künftige Monitoringmesstechniken erarbeitet: Es wird zum Beispiel ein Versuchsstand zur Untersuchung von Volumenstrommesstechnik unter Einsatzbedingungen entworfen, gebaut und betrieben.

Verbundvorhaben: Entwicklung und Erprobung einer autarken solaren Wärmeversorgung für energieeffiziente Kompaktgebäude

Förderkennzeichen	0325984A; 0325984B
Laufzeit	01.03.2012 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	614.555 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart; Schwörer Haus KG

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wird ein modernes und nachhaltiges Heizungskonzept für energieeffiziente Gebäude entwickelt, das in Zukunft eine nicht fossile Wärmeversorgung von Neu- und Bestandsgebäuden ermöglicht. Zusammen mit dem Projektpartner SchwörerHaus KG wird eine weitgehend autarke solarthermische Wärmeversorgung im Realmaßstab in ein Gebäude vom Typ Flying Space integriert und unter realen Betriebsbedingungen erprobt. Das zentrale Element bildet ein Sorptionsspeicher, der sich durch eine quasi verlustfreie Wärmespeicherung und eine hohe Energiespeicherdichte auszeichnet (circa dreimal höher als bei einem vergleichbaren Wasserspeicher). Der Speicher wird direkt in das Luftheizsystem integriert, die Wärme wird von Solarkollektoren überwiegend in den Sommermonaten geliefert.

future:solar – Systemanalyse zur solaren Energieversorgung

Förderkennzeichen	0325990A
Laufzeit	01.05.2012 – 30.04.2014
Zuwendungssumme	418.654 Euro
Projektpartner	Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig

Im Rahmen des Forschungsvorhabens future:solar soll eine umfassende Systemanalyse zum technischen und wirtschaftlichen Potenzial der Solarenergie für eine 50- und 100-Prozent-Versorgung von Gebäuden und Stadtquartieren mit erneuerbarer Energie durchgeführt werden. Dabei werden sowohl der Neubau als auch die Bestandssanierung betrachtet, die gewählte Bilanz beinhaltet den Energiebedarf für Heizung und Trinkwarmwasser sowie den Strombedarf für Nutzung und Ausstattung der Gebäude. Zusätzlich zur Solarthermie und Photovoltaik werden weitere

erneuerbare Energien und zukunftsfähige Technologien zur Wärme- und Stromerzeugung sowie Energiespeicherung berücksichtigt. Ein weiterer Fokus der Studie liegt auf der wirtschaftlichen Analyse und der Gesamtkostenbetrachtung der Versorgungsvarianten.

EAHplus-Monitoring – Entwicklung einer neuen Generation energieautarker Häuser: messtechnische Überwachung

Förderkennzeichen	0325995A
Laufzeit	01.08.2012 – 31.07.2015
Zuwendungssumme	440.244 Euro
Projektpartner	Technische Universität Bergakademie Freiberg

Die im Rahmen dieses Vorhabens zu untersuchenden Häuser nutzen Solarthermie, Photovoltaik und entsprechende Speicher- und Regelungssysteme so optimal, dass zu keinem Zeitpunkt eine externe Versorgung erforderlich ist. Um ihre Energieautarkie zu verifizieren, werden die Gebäude mit einer großen Anzahl von Messstellen ausgestattet, die es erlauben, die zeitlichen Verläufe sämtlicher thermischer und elektrischer Energieströme zu erfassen und zu dokumentieren. Daraus werden Energiebilanzen erstellt, auf deren Grundlage die angestrebte Autarkie kritisch verfolgt und bewertet wird. Besonderes Augenmerk wird auf die einzelnen Untersysteme und ihr Verhalten gelegt, um Schwachstellen und Optimierungsansätze darzustellen.

Verbundvorhaben: EnWiSol – Solarthermie in der städtischen Energieversorgung: Energiewirtschaftliche Analyse und Demonstrationsvorhaben Freiburg-Gutleutmatten

Förderkennzeichen	0325544A; 0325544B
Laufzeit	01.06.2013 – 31.05.2017
Zuwendungssumme	1.709.454 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); badenova WÄRMEPLUS GmbH & Co. KG

In diesem Projekt wird die dezentrale Einbindung von solarthermischen Anlagen in ein Wärmeversorgungskonzept, das auf einem Blockheiz-

kraftwerk basiert, untersucht und realisiert. Der Betrieb der Wärmeversorgung wird hinsichtlich bestmöglicher Interaktion mit dem Stromnetz und der Betrieb des Nahwärmenetzes hinsichtlich Minimierung der Verteilverluste optimiert. Zentraler Inhalt des Vorhabens ist es, Konzept und Betriebsführung zu implementieren, zu überprüfen und daraus allgemeingültige Regeln für die langfristige Perspektive von Solarthermie in urbanen Wohnquartieren und vor dem Hintergrund einer sich massiv verändernden Energieversorgungsstruktur abzuleiten.

Verbundprojekt: Sol2Heat – Intelligente Erzeugung und Speicherung von Solarwärme und -strom zur Realisierung hoher solarer Deckungsanteile und zum Lastmanagement

Förderkennzeichen	0325539A; 0325539B; 0325539C
Laufzeit	01.03.2013 – 28.02.2016
Zuwendungssumme	856.605 Euro
Projektpartner	Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Consolar Solare Energiesysteme GmbH; Ingenieurbüro Bickele und Bühler GmbH

Der Schlüssel für ein wirtschaftliches Energiesystem, das bis zu 100 Prozent auf erneuerbare Energien basiert, ist die intelligente Verknüpfung der Bereiche Elektrizität, Heizwärme und Mobilität. Das Projekt verfolgt die Kopplung von Wärme- und Stromversorgung mit dem Ziel, erneuerbare Energien für beide Anwendungen maximal zu nutzen. Dabei wird das Wärmepumpen(WP)-System SOLAERA mit Photovoltaik- oder PVT(Photovoltaik (PV) kombiniert mit thermischer (T) Nutzung)-Kollektoren gekoppelt und ein Energiemanagement entwickelt, das den lokalen Verbrauch unter Ausnutzung aller thermischen Speicher an die Stromerzeugung anpasst. Im Fokus steht die Wärmeversorgung von Gebäuden mit maximalem Solaranteil. Zugleich wird der Bezug von regenerativ erzeugtem Strom durch die Berücksichtigung von zeitvariablen Stromtarifen in der Regelung maximiert und das Stromnetz entlastet.

SOLAR-KWK – Entwicklung multifunktionaler Systeme zur solar unterstützten Kraft-Wärme-Kopplung: Solare Fernwärme und saisonale Wärmespeicher für die Energiewende

Förderkennzeichen	0325542A
Laufzeit	01.04.2013 – 31.03.2015
Zuwendungssumme	339.495 Euro
Projektpartner	Steinbeis Forschungs- und Innovationszentren GmbH

Das Vorhaben entwickelt Simulationsmodelle zur solar unterstützten Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) mit multifunktionalem Wärmespeicher mit folgenden Lösungsansätzen: **1.** Die zur sommerlichen Deckung der Fernwärmelasten notwendigen Wärmemengen können solarthermisch zur Verfügung gestellt werden, falls Abwärme aus konventionellen KWK-Anlagen fehlt oder diese unwirtschaftlicher wird als die Solarwärme. Der Einsatz von fossil betriebenen Spitzenlastkesseln kann reduziert oder sogar vermieden werden. **2.** Zur Deckung von Stromspitzen können schnell regelbare KWK-Anlagen eingesetzt werden, da der Multifunktions-Wärmespeicher als stetige Wärmesenke zur Verfügung steht. **3.** Regeneratives Stromüberangebot kann genutzt werden, indem dieses in Wärme umgewandelt und dem Multifunktions-Wärmespeicher zugeführt wird. Zur Abbildung solcher SOLAR-KWK-Systeme werden in der Simulationsumgebung TRNSYS-Module entwickelt und zwei erste virtuelle Gesamtsysteme erstellt. Das Vorhaben schließt mit einer Simulationsstudie ab, deren Ergebnisse zu einem technischen Leitfaden zusammengefasst werden.

smartSOLgrid – Solares Smart Grid im Wärmebereich

Förderkennzeichen	0325537A; 0325537C; 0325537B
Laufzeit	01.03.2013 – 29.02.2016
Zuwendungssumme	653.538 Euro
Projektpartner	Technische Hochschule Ingolstadt; CitriSolar GmbH; Gemeinnützige Wohnungsbaugesellschaft Ingolstadt gGmbH

Ziel ist die Entwicklung von intelligenten Hydraulik- und Regelungskonzepten für solarunterstützte Nahwärmenetze. Dazu werden mehrere

solarthermische Anlagen mit dezentraler Einspeisemöglichkeit in ein bestehendes Wärmenetz integriert. Dieser Ansatz ist für energetische Sanierungen im verdichteten, urbanen Geschosswohnungsbau sinnvoll: Da der vorhandene Platz für Kollektorflächen und Speicher limitiert ist, sind dort große zentrale Kollektorfelder und saisonale Speicher nicht umsetzbar. Durch den Betrieb der verteilten Anlagen sollen die solaren Wärmegestehungskosten im Vergleich zu bisherigen Konzepten reduziert werden. Die Erstellung von Planungsgrundlagen soll die Verbreitung vergleichbarer Anlagen vorantreiben.

Weiterentwicklung innovativer Technologien zur solaren Nahwärme und saisonalen Wärmespeicherung

Förderkennzeichen	0325998A
Laufzeit	01.01.2013 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	487.878 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart

Kostengünstige Solarwärme, mit solaren Deckungsanteilen von deutlich über 50 Prozent, kann in großen thermischen Solaranlagen bereitgestellt werden und ihre saisonale Speicherung kann energetisch effizient und kostengünstig in großvolumigen Wärmespeichern erfolgen. Das zentrale Ziel des Vorhabens ist daher die Weiterentwicklung innovativer Technologien für solarthermische Großanlagen in Kombination mit saisonaler Wärmespeicherung. Die solaren Nahwärmeanlagen in Crailsheim und Eggenstein werden wissenschaftlich-technisch begleitet. Zusätzlich werden der Einsatz von Wärmepumpen grundlegend untersucht und modular aufgebaute Wärmedämm-Verbundsysteme für erdvergrabene Wärmespeicher entwickelt. Eine theoretische Machbarkeitsstudie zur Technologieentwicklung saisonaler Wärmespeicher mit 50 bis 1.000 Quadratmeter rundet das Forschungsvorhaben ab.



Anlage zur solaren Kühlung an der Richard-Fehrenbach-Gewerbeschule in Freiburg. Eingebaut wurde dort eine Adsorptionskälteanlage, die mit solarer Wärme betrieben wird.

6.3 Solare Klimatisierung

Die solare Klimatisierung wird als Einsatzfeld für die Niedertemperatur-Solarthermie zurzeit wenig genutzt. Die Technologie würde jedoch erhebliche Energieeinsparungen ermöglichen, da die bisherige Standardlösung elektrisch angetriebene Kompressionskälteanlagen sind.

Das BMU/BMWi fördert Forschung und Entwicklung in diesem Bereich, um eine effiziente und wirtschaftliche Kühlung durch Solarthermie zu ermöglichen. Hierzu gehören Untersuchungen neuer Sorptionsmaterialien oder anderweitiger Stoffsysteme, die für solarthermisch

angetriebene Kälteprozesse genutzt werden. Die Weiterentwicklung entsprechender Wärmeübertragungs- und Transportsysteme kann ebenfalls unterstützt werden, um die Systemtechnik der solaren Kühlanlagen weiter zu standardisieren und effiziente Rückkühltechniken des gebrauchten Kältemittels zu entwickeln.

Im Juni 2012 fand auf Einladung des BMU ein Fachworkshop zur solaren Kühlung statt, in dem eine Zwischenbilanz der bisher erreichten Ergebnisse der Forschungsförderung gezogen und ein Ausblick auf weitere notwendige Schritte zum Ausbau der Technologie gegeben wurde. Eines der Ergebnisse: Solare Kühlanlagen können an sonnigen Standorten und bei sorgfältiger Auslegung bereits mit moderaten Kostensenkungen wirtschaftlich attraktiv betrieben werden. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass parallel die Kollektorstärke ganzjährig genutzt wird. Trotz Fortschritten ist der Markt bisher ein Nischenmarkt geblieben. Das liegt unter anderem daran, dass thermisch angetriebene Anlagen zunehmend mit Kompressionskälte aus erneuerbarem Strom konkurrieren müssen.

Die Herausforderungen sind hier – wie in der gesamten Solarthermiebranche – dieselben: Die Kosten für die Systeme müssen signifikant gesenkt werden, effiziente Betriebsführungskonzepte werden benötigt und die Systemintegration muss weiter vorangebracht werden.

Konzeptstudie einer direkt solarthermisch angetriebenen Kleinkälteanlage

Förderkennzeichen	0325965A
Laufzeit	01.06.2010 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	434.877 Euro
Projektpartner	Universität Stuttgart

Im Rahmen des Projektes wird ein neues, modulares Konzept zur dezentralen solaren Kühlung mit einer Kälteleistung von circa 400 Watt pro Modul erforscht. Grundlage ist der Diffusions-Absorptionskälteprozess: Der Lösungsmittelumlauf erfolgt durch das Thermosiphonprinzip, wodurch die Anlage verschleißfrei, strom- und geräuschlos arbeitet. Die Bauteile der Kälteanlage werden in den Solarkollektor integriert, ein zusätzlicher Standard-Warmwasserkreislauf ist vorgesehen. Die Anlage durchlief im Labor vielfältige Optimierungsmaßnahmen bezüglich der Rohrführung und der eingesetzten Wärmeübertrager. Auf Grundlage der umfangreichen Messtechnik wurden viele neue Erkenntnisse über den Diffusions-Absorptionskälteprozess gewonnen. Abschließend wurde eine solarbetriebene Demoanlage gebaut, die im Freiluftprüfstand und im Sonnensimulator des ITW erfolgreich vermessen wurde.

KollSorp – Entwicklung und Demonstration eines kollektorintegrierten Sorptionssystems zur solaren Kühlung und Heizungsunterstützung

Förderkennzeichen	0325979A; 0325979B
Laufzeit	01.09.2011 – 31.08.2015
Zuwendungssumme	1.415.139 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Vaillant GmbH

Im Fördervorhaben werden innovative Systemlösungen zur Einbindung solar erzeugter Wärme und Kälte untersucht. Ein Konzept basiert auf dem zyklischen Betrieb kollektorintegrierter Sorptionsmodule. Als Arbeitspaar kommen hier hygroskopische Salze in Betracht, die durch Wasserabsorption einen Wärmetransformationsprozess ermöglichen.

Ein im Projekt entwickeltes Funktionsmuster wurde auf dem Solar-simulator des Fraunhofer ISE getestet. Die technischen Ziele wurden erreicht: Vorteilhaft sind die geringe Systemkomplexität und die hohe elektrische Effizienz (Coefficient of Performance (COPel) > 12). Weitere im Projekt untersuchte Konzepte betreffen die Kopplung von Solarthermie, Backup (Gasbrenner) und Sorptionmodul zur effizienten Erzeugung von Heizwärme, Brauchwarmwasser und Nutzkälte.

Mitarbeit am IEA-Task 48 – Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling

Förderkennzeichen	0325982A
Laufzeit	01.10.2011 – 31.03.2015
Zuwendungssumme	52.125 Euro
Projektpartner	Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)

Das Ziel des TASK 48 – Quality Assurance and Support Measures for Solar Cooling innerhalb des „Solar Heating and Cooling Programme (SHC)“ der International Energy Agency (IEA) ist die Steigerung der Effizienz und Langlebigkeit sowie die Verringerung der Gesamtkosten solarthermischer Heiz- und Kühlsysteme. Durch die internationale Zusammenarbeit forschender Institute weltweit können Synergieeffekte zwischen nationaler und europäischer Förderpolitik realisiert werden. Zudem schafft der gezielte Wissenstransfer zwischen Forschung und Entwicklung und den Multiplikatoren und Nutzern in den Ländern mit großem solaren Klimatisierungspotenzial die Voraussetzung für eine schnelle Umsetzung der erzielten Forschungsergebnisse in die Praxis.

SolCoolSys – Solare Kühlung im kleinen Leistungsbereich: Demonstrationsvorhaben mit begleitender Systembewertung

Förderkennzeichen	0329605J; 0329605K; 0329605M
Laufzeit	01.06.2009 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	1.387.302 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); SorTech AG; Solvis GmbH & Co. KG

Im Rahmen des Verbundvorhabens der Projektpartner Fraunhofer ISE, SorTech AG und Solvis GmbH & Co. KG soll ein Komplettpaket zur solaren Kühlung für Wohn- und kleine Bürogebäude entwickelt und in realen Anwendungen getestet und optimiert werden. Die Pakete bestehen aus einer Solaranlage, einer Adsorptionskältemaschine und einer Rückkühlinheit, die so zusammengestellt sind, dass eine einfache Installation gewährleistet ist, und werden bei mehreren Endkunden installiert und mit Messtechnik versehen, um Erfahrungen im Feldversuch zu sammeln und reale Betriebszustände und -bedingungen kennenzulernen. Die Ergebnisse werden sowohl für die Betriebsbewertung der Komponenten, Anlagen und Systemkonzepte als auch für die primärenergetische Systemoptimierung verwendet.

Komponenten- und Systementwicklung – Solares Heizen und Kühlen mit Absorptionskälteanlage und Latentwärmespeicher

Förderkennzeichen	0329605O
Laufzeit	01.10.2009 – 30.09.2013
Zuwendungssumme	886.932 Euro
Projektpartner	Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)

In Systemen zum solaren Heizen und Kühlen mit Absorptionskälteanlagen werden meist Nasskühltürme genutzt, um die Abwärme an die Umgebung abzugeben. Anstelle ihres Einsatzes, der einen erheblichen Betriebsaufwand für Wasserverbrauch und Wartung zur Folge hat, soll ein patentiertes Rückkühlkonzept mit trockenem Luftkühler und

innovativem Latentwärmespeicher erprobt werden. Die Abwärmespeicherung im Kühlbetrieb und die zeitversetzte Rückkühlung während der Nachtstunden erlaubt eine konstant niedrige Rückkühltemperatur, auch bei hohen Außentemperaturen, und verringert sowohl den Spitzenlaststrombedarf als auch die Investitionskosten für das Rückkühlwerk. Zudem steigt in der Heizperiode der solare Ertrag für die Gebäudeheizung durch die Wärmespeicherung auf niedrigem Temperaturniveau.

Verbundvorhaben: SolarRück – Effiziente Rückkühlung für die solarthermisch angetriebene Kälteerzeugung

Förderkennzeichen	0325994A; 0325994B; 0325994C; 0325994D; 0325994E; 0325994F
Laufzeit	01.09.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	1.850.755 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH; Hochschule für Technik Stuttgart; EAW Energieanlagenbau GmbH Westenfeld; InvenSor GmbH; SorTech AG

Solarthermische Kühlung kann, im Vergleich zu Kompressionskälteanlagen, beträchtliche Emissionsreduktionen erreichen. In der Praxis jedoch bleibt die Systemperformance oft hinter den Erwartungen zurück. Häufige Ursachen sind falsche Dimensionierung, fehlende Regelung sowie geringe Effizienz der marktverfügbaren Rückkühltechniken. Um Optimierungsansätze für die Praxis zu entwickeln, werden in diesem Projekt relevante Wärme- und Stofftransportvorgänge untersucht und übliche Betriebsstrategien mit den Anforderungen von solarthermischen Systemen abgeglichen. Parallel verfolgen Industriepartner folgende Entwicklungsstränge für effiziente und kostenreduzierte Rückkühler: adiabate Vorkühlung der Luft, Hybridkühler im Kleinleistungsbereich, Rückkühler auf Kunststoffbasis.

Verbundprojekt: Entwicklung eines solarthermischen Wärmepumpenheiz- und -kühlsystems

Förderkennzeichen	0325997A; 0325997B; 0325997C
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	1.237.666 Euro
Projektpartner	Bayerisches Zentrum für angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern); SCHERDEL Energietechnik GmbH; Karl Lausser Heizungsbau- und Sanitär GmbH

Im Vorhaben soll ein solarthermisches Wärmepumpenheiz- und Kühlsystem mit folgenden Eigenschaften entwickelt werden: **1.** zwei-/einstufige Wasser/LiBr-Absorptionswärmepumpe mit circa 40 Kilowatt Kälteleistung und circa 60 Kilowatt Heizleistung; **2.** hocheffizientes fossiles, integriertes Hochtemperaturbackupsystem (direkte Feuerung der Abluft-Wärmepumpe); **3.** komplett vorkonfektionierte leistungskalierbare Hydraulik- und Steuerungseinheit. Die Neuerungen gegenüber dem Stand der Technik der solaren Klimatisierung sind folgende: **1.** stark verbesserte Primärenergiebilanz durch effizientes Backupsystem; **2.** stark vereinfachter Planungs- und Installationsaufwand durch die vorkonfektionierte Hydraulik- und Steuerungseinheit und Tools zum einfachen Systemdesign; **3.** stark verbesserte Wirtschaftlichkeit.



Wäscherei Laguna in Marburg (Lahn) mit Prozesswärme-Flachkollektoren.

6.4 Solare Prozesswärme

Um Niedertemperatur-Solarthermie verstärkt im Bereich der industriellen Prozesswärme nutzen zu können, bedarf es weiterer Forschung und Entwicklung dazu, wie sie sich einfacher und kostengünstiger in industrielle Prozesse einbinden lässt. Prinzipiell besteht für die solare Prozesswärme enormes Potenzial: Etwa ein Drittel des Gesamtprozesswärmebedarfes in Deutschland entfällt auf den Temperaturbereich bis 250 Grad Celsius, wäre also im Prinzip durch Solarkollektoren zu liefern. Ein Drittel davon liegt sogar im Bereich unter 100 Grad Celsius – ein Temperaturbereich, der für Solaranlagen besonders effizient ist. Bedingt durch die unterschiedlichen Prozessbedingungen, -temperaturen und -abläufe muss die Integration solarer Systeme individuell angepasst werden.

Zu einer Standortbestimmung des Zukunftsmarktes für solare Prozesswärme kamen im Juni 2013 auf Einladung des BMU 60 Experten in Berlin zusammen. Die bisherige Strategie, über Branchenkonzepte – also maßgeschneiderte Lösungen für konkrete Anwendungen – und Forschungs- und Demonstrationsprojekte neue Märkte zu erschließen, zeigte sich als Erfolg versprechend und soll weiter verfolgt werden. In der Folge wurden zwei neue Initiativen zum Einsatz der solaren Prozesswärme in Wäschereien und der Lebensmittelbranche gestartet. Ein weiterer Ansatz ist die Kombination konzentrierender Solartechnik mit Dampfkesseln zur Substitution fossiler Energieträger bei der Prozessdampfherstellung.

Verbundprojekt: Komponenten- und Systementwicklung für solar unterstützte dezentrale KWKK

Förderkennzeichen	0325963A; 0325963B
Laufzeit	01.07.2010 – 31.10.2013
Zuwendungssumme	1.076.724 Euro
Projektpartner	Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig; Institut für Luft- und Kältetechnik gGmbH

Das Gesamtziel des Vorhabens „Komponentenentwicklung für eine hocheffiziente dezentrale solar unterstützte Kraft-Wärme-Kälte-Kopplung“ ist die Entwicklung, Umsetzung und Erprobung einer Verbundanlage aus einem Parabolrinnenkollektor und einer hocheffizienten, thermisch angetriebenen Kälteanlage im kleinen Leistungsbereich. Im Rahmen des Verbundvorhabens werden die Voraussetzungen zum Aufbau einer modularen, dezentralen Energieverbundanlage zur solar unterstützten Bereitstellung von Wärme, Kälte und Strom im kleinen und mittleren Leistungsbereich geschaffen. Teilprojekt 1 hat die Entwicklung eines kostengünstigen Parabolrinnenkollektors zum Ziel, Teilprojekt 2 die einer zweistufigen Absorptionskältemaschine (Arbeitsstoffpaar $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$) mit hohem COP (Coefficient of Performance).

Verbundprojekt: Sol-Pro-St – Solare-Prozesswärme-Standards

Förderkennzeichen	0329609F; 0329609G
Laufzeit	01.07.2009 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	439.818 Euro
Projektpartner	Fachhochschule Düsseldorf; Fachhochschule Aachen

Projektbestandteil waren die Konzeptionierung einer solaren Prozesswärmeanlage, Energieeinsparmaßnahmen und die ökonomische und ökologische Bewertung von Konkurrenztechnologien für drei Galvanik- und ein Lebensmittelunternehmen. Integrationskonzepte, darunter ein neues Speicherkonzept für die schnelle Bereitstellung hochtemperierter Solarwärme, sind unter der Annahme verschiedener Randbedingungen bewertet und Ertragsprognosen erstellt worden. Ferner wurde der Betrieb von vier solaren Prozesswärmeanlagen analysiert. Die Systemintegration wies bei zwei Anlagen hohes Optimierungspotenzial auf, bei einem Industriepartner sind Optimierungsmaßnahmen umgesetzt und das neue Konzept zur Speicherintegration im Praxisbetrieb getestet worden.

Verbundvorhaben: Optimierte Erzeugung und Integration solarer Prozesswärme am Beispiel der Wäschereibranche

Förderkennzeichen	0325999A; 0325999D; 0325999C; 0325999B
Laufzeit	01.01.2013 – 30.06.2016
Zuwendungssumme	931.693 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Dr. Valentin EnergieSoftware GmbH; Hohenstein Institut für Textilinnovation gGmbH; Industrial Solar GmbH

Ziel ist es, nachhaltige Lösungen für die solarthermische Unterstützung von Wäschereien zu entwickeln, die auch auf andere Branchen in Industrie und Gewerbe übertragbar sein sollen. Dazu untersuchen Partner aus Solarforschung, Wäschereibranche, Solarthermieindustrie

und Softwareentwicklung gemeinsam in zehn ausgewählten Wäscherien Maßnahmen zur Verbesserung der Energieeffizienz und zur Einbindung von Solarwärme und entwickeln Lösungen für die solare Sanierung industrieller Dampfnetze mit konzentrierenden Kollektoren. Die Software T*SOL wird um allgemeingültige solarthermische Prozesswärme-Systemkonzepte erweitert, die in der Simulationsplattform ColSim des Fraunhofer ISE validiert werden. Schließlich werden drei Leuchtturmprojekte ausgelegt und ein Branchenkonzept mit einem Leitfaden für Planer erstellt.

SolFood – Solarwärme für die Ernährungsindustrie

Förderkennzeichen	0325541A
Laufzeit	01.04.2013 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	321.314 Euro
Projektpartner	IdE Institut dezentrale Energietechnologien gemeinnützige GmbH

Prozesswärme durch thermische Solaranlagen ist ein verhältnismäßig neues Gebiet mit großem Potenzial. Aufgrund des hohen Planungsaufwandes gestaltet sich die Markteinführung jedoch schleppend. Im Projekt werden Hilfsmittel erarbeitet, die die Vorplanung solarer Prozesswärmeanlagen vereinfachen. Zu ihrer Erprobung, und um die Markterschließung zu beschleunigen, werden in ausgewählten Branchen der Ernährungsindustrie Fallstudien durchgeführt und Best-Practice-Anlagen initiiert: Wärmebereitstellung und -verteilung sowie Wärmerückgewinnungspotenzial werden untersucht und Konzepte zur Einbindung von Solarwärme inklusive einer Wirtschaftlichkeitsabschätzung erarbeitet. Abschließend werden Leitfäden zur Nutzung solarer Prozesswärme erstellt, die wichtige Informationen und Integrationsmöglichkeiten beinhalten.

Verbundprojekt: SolSteam – Integriertes Standardsystem für solar-fossil erzeugten industriellen Prozessdampf

Förderkennzeichen	0325545A; 0325545C; 0325545B
Laufzeit	01.08.2013 – 31.07.2016
Zuwendungssumme	1.140.761 Euro
Projektpartner	Industrial Solar GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Viessmann Werke Berlin GmbH

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines technisch, wirtschaftlich optimierten und standardisierten solar-fossilen Hybridsystems. 2011 fielen etwa 30 Prozent des Endenergieverbrauchs in Deutschland auf die Industrie. Rund zwei Drittel des industriellen Endenergiebedarfs wird von thermischer Energie gedeckt, 73 Prozent dieser thermischen Energie wird aus fossilen Energieträgern erzeugt. Gemeinsam entwickeln Viessmann, Hersteller von Dampfkesseln, und Industrial Solar, Hersteller von Fresnelkollektoren, unter wissenschaftlicher Begleitung der Solarforschung des DLR ein solar-fossiles Hybridsystem. Es werden Konzepte zur Kombination des direkt verdampfenden Solarfeldes mit dem Dampfkessel entwickelt und untersucht.

7. Solarthermische Kraftwerke

Solarthermische Kraftwerke konzentrieren die Energie der Sonne, um hohe Temperaturen und damit Strom zu erzeugen. Dazu wird die Sonneneinstrahlung durch Spiegel auf einen Receiver konzentriert, wo sie ein Wärmeträgermedium (zum Beispiel Öl, Wasser, Salz oder Luft) erhitzt. Der weitere Kraftwerkprozess ist derselbe wie bei konventionellen Kraftwerken.

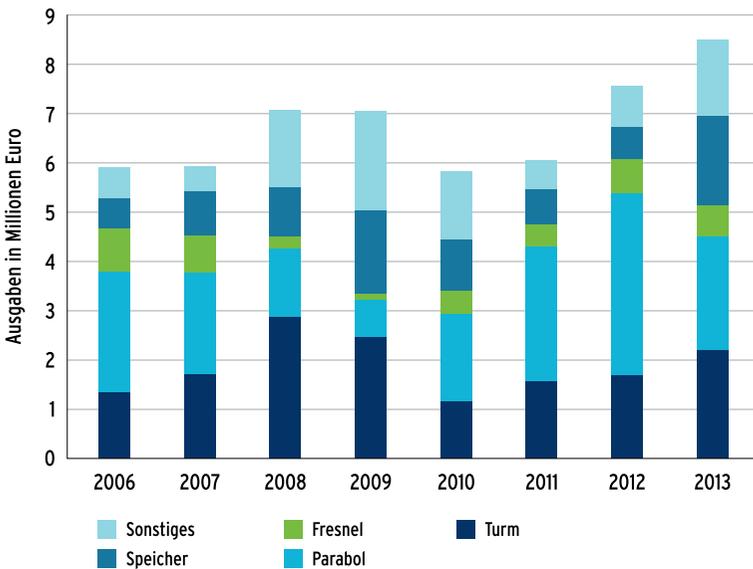
Aufgrund ihres technischen Grundprinzips werden die Technologien für solarthermische Kraftwerke (Concentrated Solar Power – CSP) für den Einsatz in Ländern mit hoher solarer Direkteinstrahlung entwickelt. In Spanien, Nordafrika, dem arabischen Raum sowie den USA hat diese Technologie eine hohe Bedeutung für den Wandel der Stromversorgung von einem fossil oder nuklear betriebenen hin zu einem regenerativ und klimaneutral betriebenen Kraftwerkspark. Durch die Möglichkeit, den solarthermischen Kraftwerksteil mit einem fossil befeuerten zu kombinieren, also sogenannte Hybridkraftwerke zu errichten, lässt sich die Solarisierung der Energieversorgung schrittweise gestalten. Darüber hinaus lassen sich in solarthermischen Kraftwerken thermische Energiespeicher integrieren, die einen wichtigen Beitrag zur Stabilisierung der Stromnetze, auch in Zeiten ohne Sonneneinstrahlung, leisten können.

Die klimatischen Bedingungen in Deutschland sind für diese Technologie zwar nicht geeignet, doch in Deutschland produzierte Komponenten solarthermischer Kraftwerke nehmen hinsichtlich Leistung und Qualität noch immer eine herausgehobene Stellung ein. In Deutschland hergestellte Schlüsselkomponenten wie Spiegel, Absorber und Kollektoren werden weltweit eingesetzt. Viele der Komponenten wurden im Rahmen von BMU-Forschungsprojekten entwickelt.

Die Technologie kann jedoch nur konkurrenzfähig werden, wenn die Stromgestehungskosten deutlich gesenkt werden können. Nur durch Kostenreduktion, Effizienzsteigerung und zuverlässigen Betrieb kann die Technologie konkurrenzfähig bleiben.

Mit der BMU/BMWi-Förderung anwendungsorientierter Forschungsprojekte soll die bisherige, gute deutsche Marktposition beibehalten werden. Im Fokus der Forschungsförderung stehen die Standardisierung und Qualifizierung aller Kraftwerkkomponenten, da sie dazu beitragen, die hohe Qualität deutscher Technik zu unterstreichen. Weiterhin ist Salz als Wärmeträgermedium für Parabolrinnen- und Fresnel-Systeme eines der Forschungsthemen mit Vorrang. Für Turmkraftwerke wird insbesondere die Technologie des druckbeaufschlagten und des volumetrischen Receivers verfolgt.

Für alle CSP-Technologien ist es zunehmend wichtig, diese in Kooperation mit den Anwendern in den Zielländern zu entwickeln. Vor diesem Hintergrund fand im November 2013, gefördert durch das BMU, ein deutsch-saudischer Workshop zu Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der konzentrierenden Solarthermie statt, der das Industrienetzwerk Deutsche CSP mit potenziellen saudi-arabischen Partnern zusammenbrachte. Knapp 100 Teilnehmer diskutierten die wichtigsten Entwicklungen der deutschen Technologiehersteller und ihre Anwendbarkeit im saudi-arabischen Umfeld.



Verteilung der Fördermittel im Bereich CSP zwischen 2006 und 2013.

Insgesamt hat das BMU 2013 im Bereich der solarthermischen Stromerzeugung 18 Projekte mit einem Fördervolumen von rund 8,7 Millionen Euro neu bewilligt. Beim Vergleich mit dem Vorjahreswert (2012: 32 Projekte mit 20,7 Millionen Euro Fördervolumen) muss beachtet werden, dass die Jahre 2011 und 2012 aufgrund eines Aufwuchses im Bundeshaushalt und erheblicher verfügbarer Mittel im Energie- und Klimafonds (EKF) gesondert zu betrachten sind.

7.1 Linienfokussierende Systeme (Parabolrinnen- und Fresnel-Kollektoren)

Die Parabolrinnentechnologie mit Thermoöl als Wärmeträgermedium ist aufgrund ihrer vergleichsweise hohen installierten Kraftwerkskapazität heutiger Stand der Technik bei den solarthermischen Kraftwerken. Hier liegt die meiste Erfahrung vor, sowohl bei Bau und Betrieb als auch bei der Finanzierung. Von Nachteil sind allerdings die mit 400 Grad Celsius relativ geringe Betriebstemperatur, der daraus resultierende geringere Kraftwerkwirkungsgrad und die damit erforderlichen höheren spezifischen Investitionskosten. Einer der Schwerpunkte der BMU/BMWi-Forschungsförderung liegt daher auf der Entwicklung alternativer Wärmeträgermedien, vor allem überhitzter Wasserdampf und Salzschnmelzen.

Erfahrungen mit der Direktverdampfung in Parabolrinnenversuchsanlagen liegen seit über 15 Jahren vor. In Fresnel- und Parabolrinnenanlagen kleiner Leistung wird sie bereits realisiert, allerdings bei moderaten Dampfparametern. Eine weitere Alternative zu Thermoöl und Wasserdampf ist Flüssigsalz, das einen druckarmen Betrieb erlaubt und vergleichsweise günstig erhältlich sowie direkt speicherbar ist. Die hohe Wärmekapazität der Salze erlaubt außerdem eine vergleichsweise geringe Speichergröße. Um das Betriebsverhalten von Salzschnmelzen zu untersuchen, soll mit Unterstützung des BMWi eine Großversuchsanlage von einem deutschen Konsortium aufgebaut und betrieben, von der in etwa zwei Jahren aussagekräftige Ergebnisse erwartet werden.



Das Solarkraftwerk Puerto Errado 1 in Spanien hat eine elektrische Leistung von 1,4 Megawatt und basiert auf der Linear-Fresnel-Kollektor-Technologie.

Eine Sonderform der Parabolrinnenkollektoren sind Fresnel-Kollektoren. Spiegel in Fresnel-Kollektoren konzentrieren ebenfalls das Sonnenlicht auf einen zentral positionierten Receiver. Während der Parabolspiegel jedoch um den Receiver herum gewölbt ist und sich beide als zusammenhängendes Element an der Sonne ausrichten, sind bei der Fresnel-Technologie einzelne, dünne Spiegelreihen nebeneinander unter einem feststehenden Receiver positioniert, die einzeln der Sonne nachgeführt werden. Die Bauweise ist einfacher als die der Parabolrinne, bringt aber auch weniger Leistung. Das BMU/BMWi fördert Projekte zur Fresnel-Technologie, die den Prozess verbessern und die Kraftwerkkomponenten weiterentwickeln.

Verbundprojekt: Optinel – Weiterentwicklung des linearen Fresnel-Kollektors: Optimierung von Komponenten und Betriebsführung sowie Erarbeitung von kostengünstigen Konstruktionsvarianten

Förderkennzeichen	0325144C; 0325144B; 0325144D; 0325144E
Laufzeit	01.10.2009 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	2.322.966 Euro
Projektpartner	SCHOTT Solar CSP GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Novatec Solar GmbH

Ziel des Kooperationsprojektes OPTINEL ist der Nachweis der Markt-reife für die Fresnel-Kollektor-Technologie: Erkannte Potenziale zur Steigerung von Ertrag und Effizienz werden in den Bereichen technische Komponenten und Betriebsweise untersucht, um die verbesserte Wettbewerbsfähigkeit der Technologie darzustellen. Im Verlauf des Projektes werden die potenziellen Varianten auf einem bestehenden Testkollektor installiert und während des realen Betriebes Vermessungen und Auswertungen vorgenommen. Betrachtet werden unter anderem Regelungskonzepte, Optimierung und Auslegung von Primär- und Sekundärreflektoren, Analyse und Monitoring von Dampftemperaturen, Entwicklung neuer Receiverkomponenten sowie die Herstellung von Prototypen.

Kontas-Pro – Maßnahmen zur Optimierung des Anlagenbetriebes des Prüfstandes KONTAS

Förderkennzeichen	0325214
Laufzeit	01.09.2010 – 30.04.2013
Zuwendungssumme	394.026 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Der Parabolrinnenkollektor-Prüfstand KONTAS wurde 2010 auf der Plataforma Solar de Almería (PSA) errichtet und besteht aus einer drehbaren Plattform, auf der ein Parabolrinnenkollektormodul von

einer Länge von bis zu 20 Metern installiert werden kann. Zur Bereitstellung von temperiertem Thermoöl verfügt er außerdem über eine Heiz-/Kühleinheit. Der Präzisionsprüfstand ist eine Erweiterung des Test- und Qualifizierungszentrums für konzentrierende Solartechnik QUARZ und kann zur Qualifizierung verschiedener Komponenten von Parabolrinnenkollektoren eingesetzt werden. Auch Komponenten und Kollektormodule solarthermischer Parabolrinnenkraftwerke können dort unter realistischen Bedingungen getestet und qualifiziert werden.

AReWa – Analyse und Reduktion der Wasserstoffbildung aus Wärmeträgern

Förderkennzeichen	0325288A; 0325288B
Laufzeit	01.04.2011 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	498.877 Euro
Projektpartner	SCHOTT Solar CSP GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Das in Parabolrinnenkraftwerken als Wärmeträger eingesetzte Thermoöl zersetzt sich bei Betriebstemperatur und setzt Wasserstoff frei, der in den Ringspalt eindringt und die thermische Effizienz des Receivers reduziert. Im Rahmen des Förderprojektes AReWa werden die Analyse-möglichkeiten für die Wasserstoffbildung verbessert und Maßnahmen entwickelt, um die Gasentstehung zu reduzieren. Es baut auf andere vom Bundesumweltministerium geförderte Projekte wie AGAVA und TEWA, die bereits die Ursachen des Entstehens von Wasserstoff untersuchten, auf. In AReWa sollen sowohl laborgestützte als auch Inline-Messverfahren entwickelt werden. Letztere erlauben es, den Wasserstoffgehalt an verschiedenen Orten in einer Anlage während des laufenden Betriebes zu bestimmen.

DUKE – Durchlaufkonzept: Entwicklung und Erprobung

Förderkennzeichen	0325293A
Laufzeit	01.05.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.763.338 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Bei Parabolrinnen-Kraftwerken mit solarer Direktverdampfung wird das Speisewasser aus dem Kraftwerksblock direkt im Solarfeld verdampft, überhitzt und wieder der Dampfturbine zugeführt. Bei kommerziellen Kraftwerken mit Direktverdampfung wird das Solarfeld bisher durch einen Dampfabscheider in Verdampfer- und Überhitzerbereich getrennt. Im Rahmen des Projektes wird ein Durchlaufkonzept entwickelt und bewertet, bei dem Verdampfung und Überhitzung im gleichen Kollektorstrang stattfinden. Dadurch werden die Solarfelder kosteneffizienter. Transiente Modelle des Solarfeldverhaltens konnten bereits an einer eigens dafür ausgebauten Direkt-Solar-Steam(DISS)-Versuchsanlage auf der Plataforma Solar de Almería validiert werden. Die Testphase für kommerziell einsetzbare, modellbasierte Regler hat begonnen.

Verbundprojekt: Staubfreie Parabolspiegel – Entwicklung einer Beschichtung zur Reduzierung der Anhaftung von Staub auf Parabolspiegeln, der Integration des Aufbringungsprozesses in die Spiegelfertigung sowie der Entwicklung einer Nachbeschichtung

Förderkennzeichen	0325410A; 0325410B
Laufzeit	01.11.2011 – 30.04.2015
Zuwendungssumme	700.935 Euro
Projektpartner	Flabeg GmbH; Ferro GmbH

Die kontinuierlich zunehmende Verschmutzung auf den Spiegeln von solarthermischen Kraftwerken hat direkten Einfluss auf die Kraftwerksleistung. Durch den Einsatz einer speziellen Beschichtung können die Staubanhaftung reduziert, die notwendigen Reinigungsintervalle verlängert und somit die Unterhaltskosten der Kraftwerke gesenkt werden.

Aufgrund des langjährigen Betriebs solcher Kraftwerke muss die zu entwickelnde Schicht den Umwelt- und Wetterbedingungen widerstehen, ohne dabei optische Eigenschaften des Spiegels zu mindern. Bei den optischen Eigenschaften ist ein hoher Reflexionsgrad des Gesamtsystems Spiegel notwendig. Die Aufbringung der Schicht soll sowohl in der Spiegelherstellung als auch vor Ort im Kraftwerk möglich sein.

PARESO – Qualifizierung von Parabolrinnen-Receivern im Solarfeld

Förderkennzeichen	0325412
Laufzeit	01.11.2011 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	454.737 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Die thermische Qualität von Receiverrohren solarthermischer Parabolrinnenkraftwerke hat großen Einfluss auf den Ertrag des Solarfeldes. Ziel des Projektes PARESO ist es, Messverfahren zu entwickeln, die mit einer hohen Genauigkeit die Qualität von im Solarfeld eingebauten Parabolrinnen-Receivern bestimmen und überwachen können (Monitoring). Zielgrößen sind, neben dem thermischen Wärmeverlust, die Qualität der selektiven Beschichtung (Emissivität) sowie die Qualität des Ringspaltvakuums (Konvektion). Das bedeutet, dass auch die Art des Degradationsmechanismus ermittelbar sein soll. Mit dem neuen Messverfahren an eingebauten Rohren wird ein objektives Entscheidungskriterium für einen eventuellen Austausch gealterter Receiver vorliegen.

Ultimate Trough plus – Beseitigung technischer Risiken des UT-Kollektors und Ertüchtigung für den Betrieb mit flüssigen Salzen

Förderkennzeichen	0325232A
Laufzeit	01.09.2012 – 30.06.2013
Zuwendungssumme	486.497 Euro
Projektpartner	Flabeg Holding GmbH

Ziel des Vorhabens ist es, den Ultimate-Trough-Kollektor für den Einsatz in kommerziellen Kraftwerken zu ertüchtigen. Während der

Entwicklung und des Baus des Prototypen zeigte sich, dass Anpassungen hinsichtlich der Langlebigkeit und Korrosionsbeständigkeit der Fügeverbindung (Clinchen), der Anbindung der Absorberstützen mittels Federblechen und der Anbindung der Spiegel an die Metallstruktur notwendig sind. Des Weiteren sollen neue Werkzeuge für den Aufbau der Kollektorelemente im Solarfeld, die wesentlich größer und schwerer sind als die bisherigen, entwickelt werden. Schließlich geht der Trend in der Concentrating-Solar-Power(CSP)-Technologie dahin, Anlagen mit Salzschnmelzen als Wärmeträgerfluid zu betreiben. Der „Ultimate Trough“ soll für diese zukunftssträchtige Entwicklung ausgerüstet werden.

SOLUT – Entwicklung und Erprobung eines optimierten Herstellungsverfahrens für stark vergrößerte Solarspiegel für den Einsatz in Parabolrinnenkollektoren

Förderkennzeichen	0325429
Laufzeit	01.03.2012 – 30.04.2013
Zuwendungssumme	337.992 Euro
Projektpartner	Flabeg GmbH

Der Kollektor „Ultimate Trough“ soll in großen solarthermischen Kraftwerken mit einer Leistung von 200 Megawatt und mehr zum Einsatz kommen und durch Leistungssteigerung und kostenoptimiertes Design die Kosten für das Solarfeld um 25 Prozent senken. So sinken die Stromgestehungskosten um ca. 10 Prozent und die Parabolrinnentechnologie wird gegenüber anderen Energieversorgungsformen, insbesondere den nicht erneuerbaren Energien, zügig konkurrenzfähig gemacht. Der neue Solarspiegel RP5, der für „Ultimate Trough“ entwickelt werden soll, verfügt über eine deutlich größere Dimension als üblich (circa 2.000 mal 2.000 mal 4 Millimeter – eine Vergrößerung von knapp 40 Prozent) sowie ein Gewicht von circa 40 Kilogramm und seine Performance-Zielwerte entsprechen denen des derzeitigen Standardspiegels RP3. Im Rahmen des Projektes sollen für RP5 die Herstellungsverfahren Biegen und Beschichten sowie das gesamte Handling während der Herstellung angepasst und optimiert werden.

Verbundvorhaben: Si-HTF – Entwicklung umweltfreundlicher Hochtemperatur-Wärmeträgerfluide für solarthermische Parabolrinnenkraftwerke auf Siliciumbasis

Förderkennzeichen	0325453A; 0325453C; 0325453D
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	1.877.038 Euro
Projektpartner	Wacker Chemie AG; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Technische Universität München

Die organischen Wärmeträgeröle, die gegenwärtig in Solarkraftwerken eingesetzt werden, sind auf Einsatztemperaturen unter 400 Grad Celsius begrenzt und limitieren so sowohl die Effizienz als auch die Speichermöglichkeiten der Solarthermie und damit deren Wirtschaftlichkeit. Im Rahmen des Projektes soll die Eignung siliciumorganischer Verbindungen als Hochtemperaturwärmeträger untersucht werden. Dazu werden das Alterungsverhalten modifizierter Siliconöle sowie von weiteren ausgewählten Siliciumverbindungen bei Temperaturen deutlich über 400 Grad Celsius bestimmt sowie wichtige wärmetechnische Kenndaten ermittelt. Die identifizierten Siliconöle können einen Beitrag zur Kostenreduktion und höheren Umweltfreundlichkeit solarthermischer Kraftwerke, insbesondere für Parabolrinnen- und Fresnel-Technologien, liefern.

Verbundvorhaben: KorPa – Entwicklung einer Pulverlackbeschichtung und ihres Applikationsprozesses zum Schutz vor Korrosion bei Parabolspiegeln solarthermischer Kraftwerke

Förderkennzeichen	0325523A; 0325523B; 0325523C
Laufzeit	01.09.2012 – 29.02.2016
Zuwendungssumme	719.230 Euro
Projektpartner	Flabeg GmbH; Emil Frei GmbH & Co. KG; Universität Stuttgart

Mit zunehmender Verbreitung solarthermischer Kraftwerke werden neben den ursprünglichen Wüstenstandorten auch Standorte mit

deutlich schwierigeren klimatischen Bedingungen in Betracht gezogen. Diese problematischen Standorte stellen bezüglich des Korrosionsschutzes deutlich höhere Anforderungen an die bisher üblichen Systeme. Im Rahmen des Projektes soll ein neues Lacksystem mit hoher Stabilität in Bezug auf Umwelteinflüsse sowie ein Verfahren zur optimalen Applikation des Lackes entwickelt werden. Das neue Lacksystem soll die Spiegel für solarthermische Kraftwerke auch bei Umgebungsbedingungen mit hohem Korrosionspotenzial besser schützen als die bisherigen Lacksysteme.

KanDis – Wissenschaftliche Begleitung der Direktverdampfung im Kanjanaburi-Kraftwerk

Förderkennzeichen	0325483A
Laufzeit	01.06.2013 – 30.04.2016
Zuwendungssumme	396.570 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Das Vorhaben dient dem Ziel, die Markteinführung der Direktverdampfung in Parabolrinnenkraftwerken zu beschleunigen. Dazu werden Daten des TSE1-Kraftwerks in Kanjanaburi, Thailand, dem ersten Parabolrinnenkraftwerk mit solarer Direktverdampfung und Überhitzung, ausgewertet. Die wissenschaftliche Begleitung des kommerziellen Anlagenbetriebs bietet erstmalig die Chance, entsprechende Betriebsdaten und Praxiserfahrungen auszuwerten und für wissenschaftliche Arbeiten zu nutzen. Im Rahmen des Projektes sollen die Auslegungsg Grundlagen und Betriebskonzepte verifiziert und im Hinblick auf weitere Anlagen abgesichert und optimiert werden. Im Fokus der Untersuchungen stehen das dynamische Verhalten paralleler Verdampferstränge und Überhitzerstränge eines Solarfeldes und ihre Interaktion mit einem Kraftwerksblock.

DMS-Fresnel – Demonstration von Flüssigsalz als Wärmeträger in einem linearen Fresnel-Kollektor

Förderkennzeichen	0325621
Laufzeit	01.04.2013 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.825.015 Euro
Projektpartner	Novatec Solar GmbH

Im Projekt wird Novatec Solar, die bereits eine kosteneffiziente Fresnel-Kollektor-Technik auf Direktverdampfungsbasis am Markt eingeführt haben, den experimentellen Nachweis erbringen, dass sich Salz als Wärmeträger in Fresnel-Kollektoren eignet und hohe Prozesstemperaturen von über 550 Grad Celsius erreicht werden können. Für Flüssigsalz stehen bereits konventionelle Speicherlösungen zur Verfügung und es kann seine Vorteile voll ausspielen, wenn es über die Wärmespeicherungsfunktion hinaus als Wärmeträger im Kollektor (Direct Molten Salt – DMS) eingesetzt wird. DMS-Kraftwerke sichern planbare Kraftwerksleistungen und senken durch mehr Jahresbetriebsstunden die Stromerzeugungskosten. Bei erfolgreichem Projektverlauf wird Novatec Kollektorfelder für Kraftwerke auf DMS-Basis anbieten.



Projekt Auto-R: erster Radkranz-Heliostat-Prototyp mit primärer Horizontalachse mit zunächst 8 m^2 Spiegelfläche.

7.2 Solarturmkraftwerke

Zusammen mit den linienfokussierenden Systemen sind Solarturm- kraftwerke die wichtigste Technologievariante der solarthermischen Kraftwerke. Bei diesem Kraftwerktyp werden viele Spiegel (Heliostate) in zwei möglichen Rotationsachsen dem Lauf der Sonne nachgeführt, um das Sonnenlicht auf einen Receiver zu konzentrieren, der sich in einiger Entfernung auf einem Turm befindet. Von dort wird die erzeugte Hitze in den Kraftwerkprozess eingeleitet.

Das BMU/BMWi fördert bei der Solarturmtechnologie Konzepte mit offenem und druckbelastetem volumetrischen Luftreceiver oder mit Rohrreceiver einschließlich notwendiger Kraftwerkkomponenten. Durch deren Einsatz können ebenfalls Temperaturen deutlich oberhalb des Temperaturniveaus von 400 Grad Celsius erreicht werden. Zu dieser Kraftwerkvariante haben sich deutsche Unternehmen einen Entwicklungsvorsprung erarbeitet. Auch der Einsatz als Hybridkraftwerk kann diese Technologien gerade für die MENA-Region (Middle East and North Africa) begünstigen.

Der zweite Schwerpunkt der geförderten Projekte bezieht sich auf die Heliostatenentwicklung sowie die Entwicklung von Heliostat- und Heliostatfeldsteuerung. Bei solarthermischen Turmkraftwerken macht das Heliostatenfeld den größten Anteil an den gesamten Investitionen eines Solarturmkraftwerkes aus. Entsprechend wirkt sich eine Kostenreduktion im Bereich Heliostate signifikant auf die Stromgestehungskosten aus.

HydroHelio™ – Entwicklung eines Heliostaten mit Hydraulikantrieb

Förderkennzeichen	0325123A; 0325123B; 0325123C
Laufzeit	01.08.2009 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	859.560 Euro
Projektpartner	CIRRIS Solutions GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Fachhochschule Aachen

Das Projekt HydroHelio dient der Entwicklung eines hydraulisch angetriebenen und gesteuerten Heliostaten. Die innovativen Merkmale sind: präzise, zweiachsige Nachführung mittels mikroventilgesteuertem Hydrauliksystem; stabile, spielfreie Positionseinnahme mit großen Stellkräften; kurzfristige Reaktion bei Stromausfall und Sturmaufkommen durch hydraulische Energiespeicher; geschlossener, geschützter Einbau von Elektronik und Hydraulik im Innern des Heliostaten; hochgenaue Kalibrierung der Nachführung durch kameragestützte Auswertung der Brennpunktposition; automatische Einstellung der idealen Facettenposition bei der Herstellung inklusive Abnahmeprotokoll.

SOLTREC II – Quarzglasfenster für Hochtemperatur-Druckreceiver in Solarturmkraftwerken

Förderkennzeichen	0325221A; 0325221B; 0325221C
Laufzeit	01.10.2010 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	981.203 Euro
Projektpartner	Heraeus Quarzglas GmbH & Co. KG; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Technische Universität Clausthal

Die Wirtschaftlichkeit von Solarthermie-Turmkraftwerken zur Stromerzeugung ist von der Effizienz ihres Solarreceivers abhängig. Mit höheren Betriebstemperaturen und -drücken kann der Wirkungsgrad des Receivers deutlich gesteigert werden. Das hochtransparente und hochtemperaturfeste Material Quarzglas ist optimal als Receiverfenster geeignet. Ein Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines wirtschaftlichen und großserientauglichen Herstellprozesses großer druckbelasteter Receiverfenster aus Quarzglas und deren Zertifizierung als Druckbehälterkomponente. Außerdem wird ein druckloses Quarzglasfenster zum Einsatz an Hochtemperatur-Rohrreceivern entwickelt und die Dauerbeständigkeit von Quarzglas im Hochtemperaturbetrieb unter dem Einfluss von Umweltbedingungen untersucht.

INDUSOL – Industrialisierung von keramischen Solarkomponenten

Förderkennzeichen	0325330A; 0325330B
Laufzeit	01.05.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.021.380 Euro
Projektpartner	SAINT-GOBAIN IndustrieKeramik Rödental GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Motivation des Projektes INDUSOL ist die Industrialisierung keramischer Komponenten für den Einsatz in Concentrating-Solar-Power(CSP)-Kraftwerken, konkretes Arbeitsziel ist die Entwicklung und Erprobung industrieller Fertigungsverfahren zur Herstellung von keramischen Solarabsorbern auf Siliciumcarbid(SiC)-Basis. Begleitet

wird die Prozessoptimierung durch Untersuchungen zu Lebensdauer bestimmenden Faktoren wie Korrosion und thermozyklische Beanspruchungen. Numerische Berechnungen der Strömungs- und Wärmeübertragungsvorgänge sowie der strukturmechanisch-thermischen Wechselwirkungen sollen eine zielgerichtete Entwicklung erleichtern. Ein weiteres Arbeitsziel ist die Ausarbeitung einer Qualitätssicherungsstrategie, die die Entwicklung einer Prüfvorrichtung für einen 100-Prozent-Prooftest der Serienfertigung implementiert.

Verbundvorhaben: HYGATE – Hybrid High Solar Share Gas Turbine Systems

Förderkennzeichen	0325382A; 0325382B
Laufzeit	01.11.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	1.337.622 Euro
Projektpartner	MAN Diesel & Turbo SE; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Ziel ist die Technologieentwicklung einer solar-hybriden Gasturbinenanlage (GTA) für eine künftige Demoanlage. Basis ist eine Gasturbine der 10-Megawatt-Klasse, im Auslegungspunkt soll ein rein solarthermischer Betrieb erfolgen. Hierzu wird die Prozesstemperatur auf 950 Grad Celsius gesenkt, was Herausforderungen für Solarwärmekopplung und Brennkammerdesign bedeutet. Große Solarfelder, effiziente Hochtemperaturwärmespeicher und eine geringere Turbinen Eintrittstemperatur reduzieren Kohlenstoffdioxid-Emissionen entscheidend. Neben der in der Vorstudie identifizierten Variante sollen Alternativen untersucht werden. Dabei bilden GTA mit Rekuperator sowie Verdichterzwischenkühlung einen Untersuchungsschwerpunkt. Eine weitere Richtung stellen alternative Prozesse auf Basis organischer Medien (ORC-Prozesse) dar.

Verbundvorhaben: HF-ISO – Entwicklung eines Hochflussdichte-Isoliersystems für Solarreceiver

Förderkennzeichen	0325392A; 0325392B
Laufzeit	01.10.2011 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	515.068 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Eugen Arnold GmbH

Ziel des Projektes ist es, ein verlustarmes und kostengünstiges Dämmsystem für solarhybride Gasturbinensysteme (für kleine und große Leistungen) zu entwickeln. Dazu wurde mit dem Industrieprojektpartner Arnold eine Dämmung entwickelt, die für die hohen solaren Strahlungsflussdichten und die hohen Betriebstemperaturen geeignet ist. Dieses Dämmsystem wurde anschließend als Receiver-Cavity (Hohlraum-Wand) in ein bestehendes System mit Rohrreceiver (Projekt SOLHYCO – Solar-Hybrid Power and Cogeneration Plants) auf der Plataforma Solar de Almería in Spanien integriert und erfolgreich getestet.

Verbundprojekt: KEST – Konzept zur Verbesserung solarthermischer Kraftwerke mit Erprobung am SVK Jülich

Förderkennzeichen	0325443A; 0325443B; 0325443C
Laufzeit	01.06.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	1.797.908 Euro
Projektpartner	Kraftanlagen München GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Fachhochschule Aachen

Mit dem Solarversuchskraftwerk (SVK) Jülich wurde erstmals ein solarthermisches Turmkraftwerk mit offenem volumetrischen Receiver als Gesamtsystem in Betrieb genommen. Um die Nutzung der Anlage als Forschungseinrichtung zu verbessern und erste Forschungsergebnisse im Praxisversuch umzusetzen, soll das Vorhaben KEST verschiedene Möglichkeiten zur Optimierung des Jahresertrages zukünftiger Kraftwerke durch Modellrechnungen untersuchen und am Beispiel des SVK

Jülich exemplarisch umsetzen und erproben. Wesentliche Ansatzpunkte sind: Reduzierung der Energieverluste im Anlagenstillstand; Verbesserung der Anlagenlebensdauer; Reduzierung der Verluste beim An- und Abfahren; Verbesserung des thermischen Receiverwirkungsgrades; Erhöhung von Leistung und Steuerbarkeit des Solarfeldes; Reduzierung des Eigenverbrauches; Identifikation von Maßnahmen zur weiteren Optimierung.

Verbundvorhaben: HelFer – Kostenoptimierte Heliostat-Fertigung für Solarturmkraftwerke

Förderkennzeichen	0325458A; 0325458B; 0325458C
Laufzeit	01.07.2012 – 30.06.2015
Zuwendungssumme	1.473.879 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Heidelberger Druckmaschinen AG; Kraftanlagen München GmbH

Das Heliostatfeld hat den größten Einzelanteil an den Investitionskosten für Solarturmkraftwerke. Ziel des Projektes ist die abgestimmte Entwicklung der Produktionsverfahren und des Heliostataufbaus, die eine signifikante Kostenreduktion bei der Großserienproduktion ermöglicht. Hierbei kooperieren ein Hersteller aus der Maschinenbauindustrie, ein Hersteller für solare Kraftwerke und eine Forschungseinrichtung. Unterschiedliche Konzepte werden untersucht und bewertet, eines ausgewählt und ausgearbeitet. Eine teilautomatisierte Produktionsanlage wird zum Bau von 40 bis 100 Versuchsmustern errichtet. Zur optischen und mechanischen Qualifizierung werden die Heliostate in das Heliostatfeld des Solarturmes Jülich integriert. Auf Basis der Erkenntnisse wird das Produktionskonzept überarbeitet.

Verbundvorhaben: RESOL – Retrofitting Solarthermal Power Plants

Förderkennzeichen	0325511A; 0325511B; 0325511C; 0325511D
Laufzeit	01.10.2012 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	1.359.222 Euro
Projektpartner	Hitachi Power Europe Service GmbH; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); MAN Diesel & Turbo SE; Fachhochschule Aachen

Der weltweite solarthermische Kraftwerkmarkt weist derzeit einen etwa 90-prozentigen Anteil von Parabolrinnenkraftwerken auf. Ihre schlechte Winterperformance (durch die ausschließlich einachsige Sonnennachführung) sowie ihre Temperaturlimitierung (durch das überwiegend eingesetzte Thermoöl) können aus Anlagenbetriebssicht nicht mit konventionellen Kraftwerken konkurrieren. Das RESOL-Projekt sieht die Nachrüstung (Retrofit) von Solartürmen bei bestehenden PTC-Anlagen (Parabolic Trough Collector) vor, um die Synergien beider Technologie zu nutzen und die Stromgestehungskosten auf ein konkurrenzfähiges Niveau zu senken.

ISAPt – Integrierte Software zur Auslegung und Optimierung von solaren Turmkraftwerken

Förderkennzeichen	0325655
Laufzeit	01.08.2013 – 31.01.2016
Zuwendungssumme	550.574 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Solkraftwerke können nicht für einen Betriebspunkt optimal ausgelegt werden, da sich ständig ändernde Betriebszustände nicht die Ausnahme, sondern der Normalfall sind. Zur optimalen Auslegung eines solaren Turmkraftwerkes ist die Berücksichtigung aller relevanten Betriebszustände nötig: die energetisch relevanten Zustände (und deren Häufigkeit für die effizienzoptimale Auslegung) sowie die kritischen Zustände (und deren Häufigkeit für ein sicheres und lang-

lebigen Anlagendesign). In diesem Projekt wird die Strahlverfolgungssoftware STRAL um die Funktionalität des Systemdesigns für Heliostatfelder sowie die detaillierte Auslegung von Receivern via Kopplung mit einer Computational Fluid Dynamic/Finite Element Method-Software erweitert. Dies ermöglicht eine gesamtheitliche Betrachtung bei Auslegung und Design von Heliostatfeldern und Receivern unter Berücksichtigung ihrer Abhängigkeiten.

Verbundvorhaben: CERREC – Entwicklung keramischer, druckaufgeladener Plattensolarreceiver für Hochtemperatur-Solarturmkraftwerke

Förderkennzeichen	0325617A; 0325617B
Laufzeit	01.05.2013 – 30.04.2015
Zuwendungssumme	647.526 Euro
Projektpartner	ESK Ceramics GmbH & Co. KG; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Im Receiver, der zentralen Baugruppe solarthermischer Turmkraftwerke, wird die Solarstrahlung in Wärme umgewandelt. Im Verbundprojekt CERREC wird ein druckbeaufschlagter Receiver aus Siliciumcarbid-(SiC)-Keramik entwickelt. SiC besitzt Vorzüge wie hohe Wärmeleitfähigkeit und hohe Temperaturstabilität. Eine neue Technologie ermöglicht jetzt ein nahtloses Verschweißen von Keramikplatten zu druckdichten Receivern. Der keramische Receiver benötigt kein druckbelastetes Glasfenster und kann ohne Sekundärkonzentrator eingesetzt werden. Somit bieten die keramischen Plattenreceiver das Potenzial, die Betriebssicherheit der Kraftwerke zu erhöhen und die Systemkomplexität zu reduzieren. Im Projekt werden Prototypen ausgelegt, gefertigt und analysiert. Es wird eine umfassende Preis-Leistungs-Bewertung vorgenommen.

Verbundvorhaben: HelioPack – Entwicklungspaket neuer Technologien für solarthermische Turmkraftwerke

Förderkennzeichen	0325659A; 0325659B
Laufzeit	01.09.2013 – 28.02.2017
Zuwendungssumme	2.019.800 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE); Solar Tower Technologies AG

Das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) entwickelt neue Technologien für effizientere und kostengünstigere solarthermische Turmkraftwerke. In diesem Projekt werden, gemeinsam mit dem Industriepartner Solar Tower Technologies AG (STT) aus Starnberg, Lösungen entwickelt, die deutliche Kostensenkungen im Bereich der solarthermischen Stromerzeugung bewirken sollen. Ziel der Projektpartner ist es, durch eine optimierte Konstruktion sowie eine verbesserte Nachführung und Regelung von Heliostaten die Solarstrahlung präziser auf einen neu entwickelten Receiver zu konzentrieren und so die Stromerzeugung solarthermischer Kraftwerke effizienter zu machen.

Verbundvorhaben: AutoR – Autonomer Leichtbau-Heliostat mit Radkranzantrieb

Förderkennzeichen	0325629B; 0325629C; 0325629D
Laufzeit	01.10.2013 – 30.06.2016
Zuwendungssumme	2.255.824 Euro
Projektpartner	TRINAMIC Motion Control GmbH & Co. KG; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR); Technische Universität Hamburg-Harburg

Übergeordnetes Ziel ist die Kostenreduktion solarthermischer Strom- und Energieerzeugung. Heliostate haben den größten Anteil an den Kosten eines Solarturmkraftwerks und verfügen über ein hohes Einsparpotenzial. Folgende, sich ergänzende Konzepte sollen die Reduktion der Heliostatkosten bzw. die Erhöhung des Heliostatwirkungsgrades ermöglichen: autonomer und energieautarker Heliostat, Radkranz-

Antriebe, Dimensionierung bei realistischer Windbelastung, effiziente Heliostatfeldsteuerung. Im Projekt werden die wissenschaftliche Untersuchung und die Umsetzung von neuen Fertigungskonzepten für Einzelkomponenten sowie für ein komplettes Heliostatspiegelsystem durchgeführt.

7.3 Integrierte Speicher

Um den Vorteil der bedarfsorientierten Stromproduktion durch den Einsatz von Speichern nutzen zu können, muss auch die Speichertechnologie verbessert werden. Das BMU/BMWi unterstützt die Entwicklung kostengünstiger Wärmespeicher, die auf das Wärmeträgermedium und den Temperaturbereich des jeweiligen Kraftwerktyps abgestimmt sind. Hierbei können auch Kombinationen verschiedener Speichertypen sinnvoll sein, um die effizienteste Lösung zu erzielen. Beispielsweise wird die Kombination aus Latentwärmespeicher und sensiblem Speicher genutzt, die getrennt eingesetzt werden, um zunächst Wasser zu verdampfen und im Anschluss den Dampf zu überhitzen. Latentwärmespeicher speichern die Wärme, indem das Speichermedium von einem Phasenzustand in einen anderen übergeht, zum Beispiel von fest zu flüssig. Bei sensiblen Speichern ändert sich hingegen die fühlbare Wärme des Speichermediums. Für Solarturmkraftwerke, die mit heißer Luft als Wärmeträgermedium arbeiten, könnten etwa keramische Formsteine oder Natursteinschüttungen als sensible Speichermedien genutzt werden.

HiTexStor II – Weiterentwicklung eines Hochtemperatur-Wanderbett-Wärmeübertrager zur Speicherung sensibler Wärme in Schüttgütern: Demonstratorbau und -test

Förderkennzeichen	0325119C; 0325119A; 0325119D
Laufzeit	01.09.2009 – 31.12.2015
Zuwendungssumme	2.899.107 Euro
Projektpartner	Fachhochschule Aachen; Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Ziel des Verbundprojektes ist die Optimierung und Planung eines innovativen Hochtemperatur-Wärmeübertragers im Technikumsmaßstab (150 Kilowatt Heizleistung), der Wärme aus einem Heißluftstrom auf ein Wanderbett überträgt. Im vorliegenden Verbundprojekt werden in Vorversuchen die Bedingungen für eine stabile Schüttgutströmung bestimmt sowie luftdurchlässige Schüttguttrennwände weiterentwickelt. Dabei werden verschiedene Schüttgutarten hinsichtlich ihrer Eignung als Wärmeübertrager-Medium untersucht. Im Anschluss wird eine 150-Kilowatt-Technikumsanlage konstruiert, detailliert geplant und vermessen.

Verbundvorhaben: DSG-Store – Weiterentwicklung und industrielle Umsetzung eines thermischen Speichersystems für solarthermische Kraftwerke mit Direktverdampfung: Phase 1

Förderkennzeichen	0325333A; 0325333D
Laufzeit	01.08.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	1.625.433 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Linde AG

Die solare Direktverdampfung hat das Potenzial zur Kostenreduktion gegenüber aktuellen solarthermischen Kraftwerken, wenn es gelingt, ein kostengünstiges Speicherkonzept zu entwickeln. Aufgrund der Verdampfung des Arbeitsmediums bei konstanter Temperatur ist der Einsatz von Phasenwechselmaterialien(PCM)-Speichern erforderlich. Bislang konnte der Betrieb geeigneter PCM-Speicher erfolgreich

demonstriert werden. Die Kostenoptimierung dieser Systeme steht noch aus. Im Rahmen von DSG-Store beabsichtigen die Konsortialpartner ein geschlossenes Speichersystem für die solare Direktverdampfung und Überhitzung zu entwickeln und zu demonstrieren, dass es im Vergleich zum aktuellen Entwicklungsstand eine deutliche Kostenreduktion aufweist.

Verbundvorhaben: MS-Store – Flüssigsalzspeicher-Testanlage und neue Fluide

Förderkennzeichen	0325497A; 0325497B
Laufzeit	01.12.2012 – 30.11.2016
Zuwendungssumme	5.837.722 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Universität Stuttgart

Im Fokus des Projektes steht der Aufbau einer in Deutschland einzigartigen Salzspeichertestanlage, die als Plattform zur Untersuchung von Speicherkonzepten und Flüssigsalzkomponenten bis 560 Grad Celsius geeignet ist. Die Größe der Anlage ist so dimensioniert, dass Versuche unter realistischen Betriebsbedingungen durchgeführt werden können. Im Einzelnen werden folgende Ziele verfolgt: Planung und Aufbau der Versuchsanlage; Synthese und Analyse neuer Salze zur Schmelzpunktabsenkung beziehungsweise Erhöhung der Einsatztemperatur; Untersuchungen zum Verständnis der Korrosionsmechanismen; Untersuchung innovativer Speichersysteme; Verfahrensentwicklung für den Einsatz von Flüssigsalz als Wärmeträgermedium; techno-ökonomische Analyse des Einsatzes von Flüssigsalz als Wärmeträgermedium.

Verbundvorhaben: nextPCM – Entwicklung eines PCM-Speichers der nächsten Generation

Förderkennzeichen	0325628A; 0325628B
Laufzeit	01.09.2013 – 31.08.2016
Zuwendungssumme	803.933 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Novatec Solar GmbH

Latentwärmespeicher nutzen die mit dem Phasenwechsel des Speichermediums verbundenen Energieänderungen zur Speicherung von Wärme innerhalb eines engen Temperaturintervalls und werden für Dampfprozesse in Kraftwerken und in der Industrie benötigt. Im Rahmen des Projektes wird ein neues Speicherkonzept entwickelt: Das Speichermedium soll durch ein innovatives Wärmeübertragungsverfahren von den wärmeübertragenden Flächen mechanisch entkoppelt und so eine Regelung der übertragenen Leistung sowie eine verbesserte Materialausnutzung ermöglicht werden. Das Konzept wird im Labormaßstab demonstriert, als Anwendungsfall wird sein Einsatz in einem solarthermischen Kraftwerk analysiert.



Foto des Prüfstandes ElliRec im Quarz-Zentrum®.

7.4 Übergreifende Fragestellungen

Zusätzlich zu den einzelnen Kraftwerkkonzepten und verschiedenen Speichertechnologien fördert das BMU/BMWi die Entwicklung von Mess- und Qualifizierungsmethoden. Denn die Präzision des Solarfeldes und die optischen Eigenschaften der Kollektorkomponenten spielen für die Leistungsfähigkeit eines Solarkraftwerkes eine entscheidende Rolle. Weicht zum Beispiel die Form der Spiegel vom Optimum ab, führt dies zu Defiziten bei der Konzentration der Sonnenstrahlung. Verluste von nur einem Prozent können bereits die Wirtschaftlichkeit des Kraftwerkes gefährden.

Es werden außerdem Standards und Normen benötigt, damit Kunden die Qualität von Bauteilen vergleichen und die Kosten im Verhältnis zur Lebensdauer und Leistungsfähigkeit des Kraftwerkes bewerten können. Die Erfahrung zeigt, dass insbesondere die deutsche Industrie von international anerkannten Qualitätsstandards profitiert, da ihre

qualitativ hochwertigen Produkte so besser vermarktet werden können. Darüber hinaus profitiert die Technologie insgesamt von den Qualifizierungs- und Standardisierungsmaßnahmen. Denn wenn aus Kostenspargründen nur die günstigsten Komponenten eingekauft werden und die Solarkraftwerke aufgrund dessen schlechter funktionieren, dann schadet dies der gesamten Branche. Das BMU/BMWi fördert Projekte, die Wartungskonzepte für einen effizienten und kostengünstigen Anlagenbetrieb entwickeln. Die Anpassung konventioneller Kraftwerkkomponenten an den Betrieb solarthermischer Kraftwerke kann ebenfalls gefördert werden.

Alumir – Entwicklung eines geeigneten Verfahrens zur künstlichen Alterung von Aluminiumreflektoren und zur frühzeitigen Beurteilung der Lebensdauer der Materialien

Förderkennzeichen	0325420
Laufzeit	01.11.2011 – 31.10.2014
Zuwendungssumme	772.981 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)

Im Rahmen des Alumir-Projektes werden neun unterschiedlich beschichtete Aluminiumreflektoren auf ihre Eignung für solarthermische Kraftwerke untersucht. Dazu werden Materialproben an sieben verschiedenen Standorten natürlich bewittert und die Degradationsmechanismen mikroskopisch analysiert. Die natürlich auftretende Degradation soll in beschleunigten Alterungsexperimenten nachgestellt werden. Um ein realistisches Degradationsverhalten zu erreichen, werden standardisierte Alterungstests modifiziert und Prüfabfolgen definiert. Das am besten geeignete Verfahren soll dokumentiert und mit den Außenbewitterungsstandorten korreliert werden. Zugleich wird die optische Messtechnik zur Vermessung der gerichteten Reflexionseigenschaften von Spiegelproben verbessert.

FreeGreenius – Entwicklung, Bereitstellung und Betreuung eines Softwarepaktes zum technisch-ökonomischen Vergleich verschiedener regenerativer Energieerzeugungsanlagen

Förderkennzeichen	0325427
Laufzeit	01.06.2012 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	304.656 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Die Stromerzeugung aus regenerativen Quellen ist starken Schwankungen unterworfen, weil das Angebot an Sonne und Wind ebenfalls schwankt. Um den Ertrag und die Erzeugungskosten unterschiedlicher Technologien zu ermitteln und zu vergleichen, sind Jahresertragsrechnungen notwendig. Greenius ist ein Programm für den technischen und ökonomischen Vergleich unterschiedlicher regenerativer Energieerzeugungsanlagen an beliebigen Standorten. Ziel des Vorhabens ist es, eine freie Version von Greenius im Internet anzubieten und ein kontinuierliche Betreuung und Pflege über zunächst drei Jahre sicherzustellen. Dadurch soll einem breiten Nutzerkreis Grundlagenwissen über Erneuerbare-Energie-Technologien und insbesondere über solarthermische Kraftwerkstechnik zugänglich gemacht werden.

Modularer Hochleistungsstrahler Jülich

Förderkennzeichen	0325455
Laufzeit	01.05.2014 – 30.04.2017
Zuwendungssumme	1.112.723 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Ziel des Projektes ist die strategische Verbesserung der Forschungs- und-Entwicklung-Infrastruktur für Tests und Qualifizierungen von Komponenten und Systemen der konzentrierenden Solartechnik, insbesondere von Komponenten und Prototypanlagen der solaren Turmtechnologie in einem Bereich von bis zu 200 Kilowatt Strahlungsleistung (Großtechnikumsmaßstab) und Bestrahlungsstärken von

einigen Megawatt pro Quadratmeter. Diese Leistungsgröße füllt die Lücke zwischen den am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) betriebenen Anlagen Hochflussdichte-Sonnenofen (bis zu 25 Kilowatt) sowie Hochleistungsstrahler (bis zu 20 Kilowatt) und den experimentellen Solarturmanlagen (größer als 100 Kilowatt), in der der Bedarf an systematischen Bestrahlungsexperimenten, unabhängig von meteorologischen Verhältnissen und unter exakt reproduzierbaren Bedingungen, gewachsen ist.

Verbundvorhaben: StaMep – Entwicklung von standardisierten Messmethoden und Prüfständen für den Leistungsnachweis von Bauteilen solarthermischer Kraftwerke

Förderkennzeichen	0325472A; 0325472B
Laufzeit	01.06.2012 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	2.006.019 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR); Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Obwohl der internationale Markt für solarthermische Kraftwerke wächst, gibt es keine einheitlichen Messmethoden und -kriterien für die Bewertung der Leistungsfähigkeit einzelner Komponenten oder ganzer Solarfelder. Die Partner Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt und Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme entwickeln im Rahmen des Projektes standardisierte Messmethoden und Prüfstände für Komponenten und Felder von Parabolrinnenkraftwerken. Bestehende Methoden werden analysiert, weiterentwickelt, validiert und harmonisiert. Im Fokus stehen unter anderem Reflektoren, zylindrische Vakuumreceiver und hochtemperaturbeständige flexible Rohrverbindungselemente sowie Leistungsmessungen an installierten Kollektoren und Abnahmetests für Solarfelder.

Durchführung eines deutsch-saudischen Forschungs- und Entwicklungs-Workshops auf dem Gebiet der konzentrierenden Solarthermie

Förderkennzeichen	0325674
Laufzeit	01.09.2013 – 31.12.2013
Zuwendungssumme	40.000 Euro
Projektpartner	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)

Deutsche und saudische Vertreter aus Concentrating-Solar-Power(CSP)-Forschung und -Industrie trafen sich am 19. und 20. November 2013 zum ersten CSP-Workshop in Riad. Im Fokus der Veranstaltung standen der Austausch und die Diskussion über die Möglichkeiten der Zusammenarbeit beim Bau von Solarkraftwerken in Saudi-Arabien. Zunächst stellten Wissenschaftler des DLR aktuelle Forschungsprojekte vor und präsentierten Ansätze für Forschungskooperationen in Saudi-Arabien. Dabei hatten die praktische Orientierung und Kooperationen mit saudischen und deutschen Industriepartnern höchste Priorität. Im Anschluss präsentierten sich rund 20 saudische Unternehmen und 40 Vertreter aus 15 Mitgliedsunternehmen des Verbands Deutsche CSP und knüpften Kontakte.

8. Querschnittsaktivitäten, Wasserkraft und Meeresenergie

8.1 Querschnittsaktivitäten und übergreifende Untersuchungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien

Die Energiewende hin zu einer Energieversorgung, die bis 2050 überwiegend auf erneuerbaren Energien basieren soll, bedeutet für den gesamten Energiesektor einer der größten Volkswirtschaften der Welt einen grundlegenden Systemwechsel zu einem neuen, flexiblen Zusammenspiel aller Akteure auf Angebots- und Nachfrageseite.

Dieser Prozess braucht einerseits klare Rahmenbedingungen und andererseits Investitionssignale und Investitionssicherheit, um Fehlentscheidungen und Fehlinvestitionen zu vermeiden. Dabei können aber nicht alle notwendigen Maßnahmen und Herausforderungen auf dem Weg bis 2050 bereits heute vorhergesagt werden. Politik, Wirtschaft und Gesellschaft müssen insofern nicht nur mit einer hochkomplexen Materie, sondern gleichzeitig auch mit den Herausforderungen eines lernenden Systems umgehen.

Die Forschungsförderung im Bereich der übergreifenden Fragen der Energieforschung lässt sich nicht direkt einem Marktgeschehen zuordnen, sondern trägt in einem umfassenden Sinn zur erfolgreichen Gestaltung der Energiewende als Ganzes bei. Das BMU/BMWi unterstützt dazu Forschungsvorhaben, deren Fokus auf der Entwicklung geeigneter politischer, rechtlicher, ökonomischer, sozialer und ökologischer Rahmenbedingungen liegt sowie auf der Ermittlung möglicher sinnvoller Anpassungen. Untersucht wird das Zusammenspiel aller gesellschaftlichen Kräfte, um die künftige Energieversorgung zu einem Energiesystem mit stetig wachsendem Anteil erneuerbarer Energien weiterzuentwickeln.

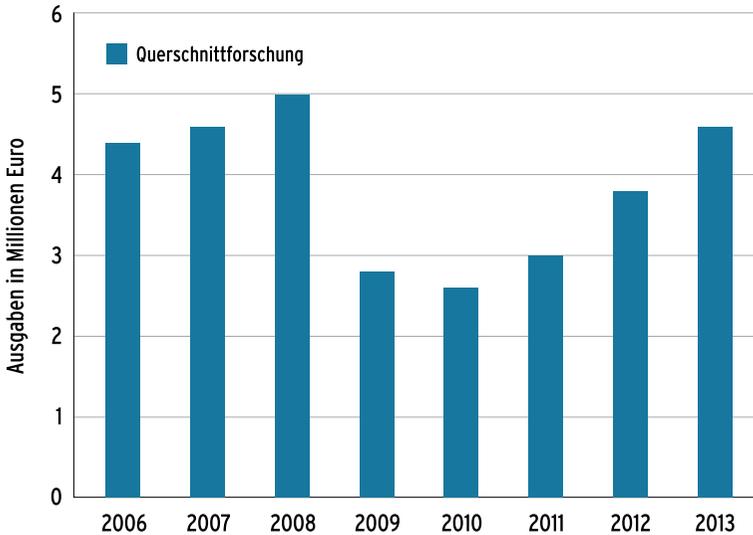


Photovoltaik, Windenergie und Biogas: Mit einer voranschreitenden Systemtransformation lösen sich die Grenzen zwischen den Sektoren Strom und Wärme zunehmend auf.

Mit der „Bekanntmachung zur Förderung von Untersuchungen zu übergreifenden Fragestellungen im Rahmen der Gesamtstrategie zum weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien“ vom 2. August 2013 hat das BMU diese Thematik erneut aufgegriffen und die Forschungsarbeiten im Bereich der übergreifenden Fragestellungen verstetigt.

Schwerpunkte der Bekanntmachung sind im Wesentlichen Fragen der Energiewende als lernendem System, sektorübergreifende Betrachtungen zur Erreichung der Ziele des Energiekonzeptes, Möglichkeiten der Flexibilisierung des Gesamtsystems sowie Untersuchungen von Herausforderungen beim Ausbau der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt. Durch diese Bekanntmachung konnten etwa 40 Projektvorschläge

eingeworben werden. 2013 wurden in diesem Bereich 16 Forschungsvorhaben im Umfang von rund 4 Millionen Euro neu bewilligt. Die Untersuchungen sozialer, ökologischer und ökonomischer Rahmenbedingungen im Rahmen der Förderung übergreifender Fragestellungen konnten 2013 mit einem Mittelabfluss von rund 4,6 Millionen Euro den Wert des Vorjahres übersteigen (2012: 3,8 Millionen Euro).



Verteilung der Fördermittel im Bereich Querschnittsforschung zwischen 2006 und 2013.

Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb – heute und morgen

Förderkennzeichen	0325042B
Laufzeit	07.07.2011 – 06.07.2014
Zuwendungssumme	1.163.028 Euro
Projektpartner	GWS Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforschung mbH

Das Bundesumweltministerium (BMU) hat die GWS mbH gemeinsam mit den Kooperationspartnern DIW, DLR, ZSW und Prognos beauftragt, folgende Arbeiten zum Thema „Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb – heute und morgen“ durchzuführen: Aufrechterhalten des Informationsstandes zur aktuellen Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien für die Jahre 2011, 2012 und 2013; Ergänzung und Vertiefung der Kenntnisse zur Beschäftigung bei der Herstellung von Produktionsanlagen; Ergänzung der Kenntnisse zu Betrieb und Wartung in Deutschland; Regionalisierung der Ergebnisse durch eine anspruchsvolle Regionalmodellierung; Aktualisierung der Datenbasis zur Herstellung von Erneuerbare-Energie-Anlagen durch eine neue Erhebung.

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 Euro
Projektpartner	Universität des Saarlandes

Das Energy-Sustainable-Community-Projekt (SEC) begleitet die regenerative Modellregion Harz (RegModHarz) auf dem Weg zur energienachhaltigen Gemeinschaft im Hinblick auf sozialwissenschaftliche Gesichtspunkte. RegModHarz hatte sich zum Ziel gesetzt, als Modellprojekt im Rahmen des Wettbewerbs E-Energy unter Beweis zu stellen, dass eine stabile, zuverlässige und verbrauchsnahe Energieversorgung

mit einem maximalen Anteil erneuerbarer Energieträger durch die Koordination von Erzeugung, Speicherung und Verbrauch möglich sei. Das Begleitprojekt bezieht erstmalig eine ganze Region partizipativ ein. Die Forschungsgruppe Umweltpsychologie will damit zur gesellschaftlichen Veränderung und zur Weiterentwicklung sozialwissenschaftlicher Forschungsmethoden beitragen.

Kombinierte Modellierung der Strom- und Wärmeversorgung

Förderkennzeichen	0325178
Laufzeit	01.06.2010 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	439.835 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Die Novelle des Kraft-Wärme-Kopplungsgesetzes (KWKG) definiert ein Ausbauziel für die Stromerzeugung aus Kraft-Wärme-Kopplungs(KWK)-Anlagen von 25 Prozent bis 2020. In derselben Zeit soll der Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien auf 35 Prozent steigen. Ziel des Projektes ist eine modellgestützte Analyse des bestehenden Systems und dessen Entwicklung im Strom- und Wärmemarkt bis zum Jahr 2030. Hierbei werden die Interaktionen von Strom- und Wärmesektor aufgezeigt und analysiert. Auf dieser Basis werden die möglichen Maßnahmen für eine verbesserte Zielerreichung und Systemintegration erneuerbarer Energien im Strom- und Wärmemarkt analysiert und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Investitionen in erneuerbare Energien – Wirkungen und Perspektiven

Förderkennzeichen	0325181A
Laufzeit	01.08.2010 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	129.951 Euro
Projektpartner	Deutsche Umwelthilfe e.V.

Die Projektpartner Deutsche Umwelthilfe e.V. (DUH) und Institut für angewandtes Stoffstrommanagement (IfaS) untersuchen im Rahmen

von Einzelfallstudien in elf Kommunen monetäre und andere Wertschöpfungseffekte, die durch den lokalen Ausbau erneuerbarer Energien (EE) erzielt werden können. Dabei werden die Bedeutung kommunaler Direktinvestitionen sowie unterstützender Maßnahmen ermittelt und Handlungsempfehlungen für kommunale Entscheidungsträger abgeleitet. Die Studie „Kommunale Investitionen in Erneuerbare Energien – Wirkungen und Perspektiven“ und der Handlungsleitfaden „Strategie: Erneuerbar! – Handlungsempfehlungen für Kommunen zur Optimierung der Wertschöpfung aus Erneuerbaren Energien“ wurden im April 2013 veröffentlicht.

BNEE – Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) und erneuerbare Energien (EE): Konzeption und Durchführung einer Tagungsreihe 2010/2011

Förderkennzeichen	0325197
Laufzeit	01.09.2010 – 28.02.2013
Zuwendungssumme	210.103 Euro
Projektpartner	Arbeitsgemeinschaft Natur- und Umweltbildung – Bundesverband e.V.

Die offene Zukunft der Energiewende erfordert mehr Wissen und Kompetenz, eine ehrliche Kommunikation und Mut. Bei Zukunftsfragen gilt es, die emotionale Ebene zu beachten und passende Bildungsmethoden wie Szenario-Ansätze, Planspiele oder Bürgerkonferenzen zu nutzen. Dies sind zentrale Thesen der Tagungsreihe „BNEE – Bildung für nachhaltige Entwicklung und Erneuerbare Energien.“ Vier Veranstaltungen griffen 2012 die Schnittstellenthemen Energiewende und Bildung, Energieinfrastruktur, Flächennutzung, globale und lokale Perspektiven der erneuerbaren Energien sowie Aus- und Weiterbildung auf. Sie gaben Multiplikatoren Orientierung und regten den Austausch unter Energie- und Bildungsexperten an. Eine 99-seitige Broschüre dokumentiert zahlreiche Bildungsprojekte und Materialempfehlungen.

Analyse der Vulnerabilität von Elektrizitätsversorgungssystemen mit unterschiedlich ausgeprägter Integration erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen	0325229
Laufzeit	01.09.2010 – 31.03.2013
Zuwendungssumme	349.956 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Für den künftigen wirtschaftlichen Erfolg in der EU ist die Stabilität der Energieversorgung ein kritischer Faktor. Komplexe Großsysteme wie die Elektrizitätsversorgung mit starker Vernetzung und vielschichtigen Interdependenzen sind auf unterschiedliche Weise – insbesondere durch Naturkatastrophen, Terror oder technisches Versagen – verletzbar. Es wird eine Vulnerabilitätsanalyse von unterschiedlichen energiewirtschaftlichen Szenarien durchgeführt, die sich hinsichtlich des Anteils erneuerbarer Energien und der Mischung zentraler und dezentraler Strukturen unterscheiden. Ziele sind die Beurteilung der Vulnerabilität des Gesamtsystems, die Abschätzung des Beitrags erneuerbarer Energien zur Reduktion der Vulnerabilität sowie Hinweise zur Ausgestaltung eines weniger anfälligen Systems.

StoRES – Stromspeicher als zentrales Element der Integration von Strom aus erneuerbaren Energien – Eine ökonomische Modellanalyse der Wechselwirkungen auf dem Strommarkt bei hohen Anteilen fluktuierender erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen	0325314
Laufzeit	01.08.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	237.488 Euro
Projektpartner	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW Berlin)

Ziel des Forschungsprojektes ist eine modellbasierte, ökonomische Analyse verschiedener Strategien zur Integration erneuerbarer Energien in den deutschen Strommarkt. Dabei stehen Stromspeichertechnologien im Zentrum der Untersuchung. Mit Hilfe quantitativer, numerischer

Strommarktmodelle wird der Bedarf an Speicherkapazitäten bei unterschiedlichen Rahmenbedingungen abgeschätzt. Untersucht werden außerdem die Wechselwirkungen zwischen Stromspeichern und dem europäischen Netzausbau, die Nutzung von Speichern in oligopolistischen Märkten, die Wechselwirkungen zwischen Speichernutzung und Strommarktergebnissen sowie die Notwendigkeit und mögliche Ausgestaltung von Förderinstrumenten.

Systemintegration, Ausbau und Vermarktungschancen erneuerbarer Energien im Bereich von Stadtwerken, unter Berücksichtigung technischer, wirtschaftlicher und organisatorischer Rahmenbedingungen – Fallstudie am Beispiel der Stadtwerke Trier

Förderkennzeichen	0325319
Laufzeit	01.09.2011 – 30.04.2014
Zuwendungssumme	308.615 Euro
Projektpartner	IZES gGmbH

Da die Potenziale von Biomasse und Laufwasser eingeschränkt sind, werden Windkraft und Photovoltaik die Stromerzeugung zukünftig maßgeblich prägen. Dementsprechend werden in der Region Trier Vermarktungsoptionen dezentraler erneuerbarer Energien heute und im Jahr 2020 untersucht und bewertet. Bei ihrer Betrachtung werden sowohl technische als auch wirtschaftliche und rechtliche Rahmenbedingungen berücksichtigt. Aus den Ergebnissen wird eine Strategie für die Stadtwerke Trier entwickelt, ihre Übertragbarkeit auf andere Stadtwerke hinterfragt und die daraus folgenden Auswirkungen auf das Gesamtsystem bewertet. Abschließend werden Vorschläge für eine Weiterentwicklung des Erneuerbare-Energien-Gesetzes und unter Umständen auch weiterer Rahmenbedingungen abgeleitet und dargestellt.

**E-Plan – Organisationsmodelle für die Planung des Infrastrukturausbaus bei der Transformation des Elektrizitätssektors:
Eine institutionenökonomische Analyse unter Berücksichtigung von Transparenz- und Akzeptanzaspekten**

Förderkennzeichen	0325323A; 0325323B
Laufzeit	01.12.2011 – 31.05.2014
Zuwendungssumme	336.974 Euro
Projektpartner	Technische Universität Berlin; BET Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH

Besonders in Infrastrukturektoren kann eine unzureichende Qualität der Bedarfsplanung, die Fehlentscheidungen in Form von unterlassenen Investitionen oder Fehlinvestitionen nach sich zieht, mit erheblichen negativen Konsequenzen einhergehen. Im Mittelpunkt des Forschungsvorhabens E-Plan stehen Organisationsmodelle für die Bedarfsplanung im Elektrizitätssektor: Ein Organisationsmodell umfasst die Zuordnung von Aufgaben und Rechten im Planungsprozess auf die verschiedenen Akteure (Übertragungsnetzbetreiber, Regulierer et cetera). Ziel ist es, eventuelle Defizite durch ein entsprechendes Organisationsmodell zu minimieren und einen Beitrag zur Transformation des Elektrizitätsversorgungssystems zu leisten.

Erneuerbare Energien in der Lehrerbildung verankern

Förderkennzeichen	0325325
Laufzeit	01.11.2011 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	333.856 Euro
Projektpartner	UfU – Unabhängiges Institut für Umweltfragen e.V.

Die Entwicklung neuer Ausbildungskonzepte für die Lehrerbildung und die Qualifizierung von Akteuren im Lehr- und Lernprozess für Energiefragen der Zukunft verfolgt das Ziel, erneuerbare Energien und andere Energiewendethemen in Curriculum und Unterrichtspraxis zu verankern. Außerdem werden Beratungs- und Vernetzungsangebote

erstellt und erprobt, die eine langfristige Integration der Themen in der Ausbildungspraxis gewährleisten sollen. Angehende Lehrkräfte werden in Fachseminaren für Zukunftsthemen sensibilisiert und aktiviert, diese an ihre Schulen und in den Unterricht zu tragen. Im Lehrjahr 2012 bis 2013 konnten sich Studienseminare bundesweit für 80 Veranstaltungen bewerben. Begleitend werden 2014 in allen Bundesländern Schulungen für Lehrende in der Lehrerbildung angeboten.

OptiKoBi2 – Erarbeitung optimaler Konzepte für die steuerbare Stromproduktion aus Biogas und Biomethan in Abhängigkeit der technischen und rechtlichen Möglichkeiten unter Berücksichtigung der Kosten und der bereitstehenden steuerbaren Strommengen

Förderkennzeichen	0325326
Laufzeit	01.08.2011 – 31.03.2014
Zuwendungssumme	389.581 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Das Vorhaben OptiKoBi2 hat die Untersuchung der Potenziale und die damit verbundene zukünftige Rolle einer bedarfsorientierten Stromerzeugung aus Biogas und Biomethan zum Inhalt. Die Analyse der Auswirkungen auf das Energiesystem soll in Abhängigkeit der technischen Möglichkeiten, der Gesamtkosten einer steuerbaren und am Bedarf orientierten Stromproduktion, der zukünftigen Strompotenziale aus Biogas und Biomethan und der rechtlichen Rahmenbedingungen vorgenommen werden. Dabei sollen der bestehende Kraftwerkspark, einschließlich der zusätzlichen nutzbaren Strommengen aus Photovoltaik- und Windenergieanlagen, mitberücksichtigt werden. Im Vordergrund steht die Entwicklung bis 2020 und 2030.

Bestimmung des Speicherbedarfs in Deutschland im europäischen Kontext und Ableitung von technisch-ökonomischen sowie rechtlichen Handlungsempfehlungen für die Speicherförderung

Förderkennzeichen	0325327A; 0325327B; 0325327C
Laufzeit	01.07.2011 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	798.920 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); Rheinisch- Westfälische Technische Hochschule Aachen; Stiftung Umweltenergierecht

Zukünftig wird ein deutlich steigender Anteil erneuerbarer Energien an der Stromversorgung prognostiziert. Die fluktuierende Charakteristik von Windenergie und Photovoltaik erfordert, dass der Verbrauch zunehmend der Verfügbarkeit regenerativer Einspeisungen folgt. Hierbei können Speicher durch eine zeitliche Entkopplung von Erzeugung und Verbrauch einen wichtigen Baustein zur Transformation des Energieversorgungssystems darstellen. Über den tatsächlichen Speicherbedarf, technische Anforderungen und die zeitliche Bedarfsentwicklung herrscht jedoch große Unsicherheit ebenso wie über die Weiterentwicklung des bestehenden Rechtsrahmens. Das Projekt entwickelt Handlungsempfehlungen für eine technisch-ökonomisch optimale Ausgestaltung und den künftigen rechtlichen Rahmen.

Weiterentwicklung des Marktdesigns und der Netzregulierung zur Transformation des Stromsystems

Förderkennzeichen	0325361A; 0325361B; 0325361C
Laufzeit	01.09.2011 – 31.10.2013
Zuwendungssumme	472.559 Euro
Projektpartner	IZES gGmbH; Öko-Institut. Institut für angewandte Ökologie e.V.; Technische Universität Berlin

Der Umbau des Stromsystems zu einem System, in dem insbesondere fluktuierende erneuerbare Energien (EE) den Grundpfeiler bilden,

erfordert ein Redesign beziehungsweise eine Weiterentwicklung der Elektrizitätsteilmärkte sowie der Netzregulierung, um die Ziele der Liberalisierung mit denen des Ausbaus der EE und der Sicherung der Versorgungssicherheit durch verschiedene technische und organisatorische Ausgleichsoptionen zu harmonisieren. Das Projekt, das das Institut für ZukunftsEnergieSysteme (IZES), das Öko-Institut e.V. und das Fachgebiet Wirtschafts- und Infrastrukturpolitik (WIP) der TU Berlin gemeinsam durchführen, fokussiert die Transformationsphase der Strommärkte, in der es um die evolutionäre Weiterentwicklung des bestehenden institutionellen und rechtlichen Regelwerkes geht.

Systematischer Vergleich von Flexibilitäts- und Speicheroptionen im deutschen Stromsystem zur Integration von erneuerbaren Energien und Analyse entsprechender Rahmenbedingungen

Förderkennzeichen	0325276
Laufzeit	01.03.2012 – 28.02.2014
Zuwendungssumme	534.646 Euro
Projektpartner	Öko-Institut, Institut für angewandte Ökologie e.V.

Beantwortet werden sollen folgende Leitfragen: Wie entwickelt sich der Flexibilitätsbedarf in verschiedenen Szenarien? Welchen Beitrag können die verschiedenen Flexibilitätsoptionen in einem Stromsystem mit einem steigenden Anteil erneuerbarer Energien leisten? Wie stellt sich die Wirtschaftlichkeit der einzelnen Optionen dar, ausgehend von ihren spezifischen Kosten und Erlösen, die sie erzielen können? Wie sollten die Rahmenbedingungen für Flexibilität gestaltet werden? Betrachtet werden folgende Flexibilitätsoptionen: thermische Kraftwerke, Speicher, verschiedene Formen des Lastmanagements, räumliche Flexibilität durch Netze.

Verbundvorhaben: Perspektiven für die langfristige Entwicklung der Strommärkte und der Förderung erneuerbarer Energien bei ambitionierten Ausbauzielen

Förderkennzeichen	0325322B; 0325322C
Laufzeit	01.04.2012 – 31.03.2015
Zuwendungssumme	640.098 Euro
Projektpartner	Karlsruher Institut für Technologie (KIT); Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI)

Das Vorhaben hat zum Ziel, Ansätze für die Ausgestaltung eines Strommarktes aufzuzeigen, der eine hohe Durchdringung von erneuerbaren Energien (EE) erlaubt und zugleich die notwendige Systemsicherheit garantiert, sowie einen wesentlichen Beitrag zur strukturierten Diskussion der künftigen Förderung von EE zu liefern. Dabei sollen insbesondere Aspekte des Marktwertes von EE unter Berücksichtigung sogenannter negativer Preise, der Investitionssicherheit für Erzeugungskapazitäten und die Bereitstellung von Systemdienstleistungen beleuchtet werden. Im Mittelpunkt der Untersuchung steht die Überprüfung des aktuellen sowie die Analyse alternativer Strommarktdesigns, um eine stärkere Integration der EE zu ermöglichen.

KRESSE – Kritische Ressourcen und Stoffströme bei der Transformation des deutschen Energieversorgungssystems

Förderkennzeichen	0325324
Laufzeit	01.02.2012 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	380.559 Euro
Projektpartner	Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH

Im Rahmen des Projektes KRESSE wird die Ressourcenintensität von Technologien zur Nutzung, Speicherung und Verteilung von Strom, Wärme und Kraftstoffen aus erneuerbaren Energien untersucht. Am Beispiel von Deutschland wird entlang von Langfristszenarien analysiert, welche Technologien derzeit und zukünftig relevant sind und welche

kritischen Materialien (etwa Metalle der seltenen Erde) sie beinhalten. Weiterhin werden Mengenentwicklungen, Verfügbarkeiten und Gefährdungspotenziale untersucht. Ziel ist es, für die wichtigsten Technologien drohende Versorgungsengpässe, Ressourcenkonflikte und Umweltgefährdungen zu identifizieren und wenn möglich zu quantifizieren. Abschließend werden Handlungsempfehlungen an Politik, Wirtschaft und Wissenschaft erstellt.

Marktdesign für zukunftsfähige Elektrizitätsmärkte unter besonderer Berücksichtigung der vermehrten Einspeisung von erneuerbaren Energien

Förderkennzeichen	0325357A; 0325357B; 0325357C
Laufzeit	01.01.2012 – 30.06.2014
Zuwendungssumme	604.432 Euro
Projektpartner	Universität Duisburg-Essen; BET Büro für Energiewirtschaft und technische Planung GmbH; Trianel GmbH

In der Studie soll untersucht werden, welche zusätzlichen oder alternativen Instrumente zu einem flexiblen Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage beitragen können. Konkret sind hier Kapazitätsmechanismen als ein mögliches Instrument zu diskutieren, aber auch die veränderte Ausgestaltung der Regelenergiemärkte und des Netzengpassmanagements könnte adäquate Anreize bieten. Schließlich ist zu untersuchen, ob auf der Ebene der Bilanzkreise die Flexibilität beziehungsweise die Verstetigung der Einspeisung durch Anreize gezielt beeinflusst werden können. Die ausgearbeiteten Vorschläge sollen auf Praktikabilität und Effizienz hin geprüft und die mittelbaren Wirkungen im Kontext der ökosozialen Marktwirtschaft im Hinblick auf soziale, ökonomische und ökologische Aspekte aufgezeigt werden.

100 Prozent Wärme aus erneuerbaren Energien? Auf dem Weg zum Niedrigenergiehaus im Gebäudebestand

Förderkennzeichen	0325358A
Laufzeit	01.03.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	450.295 Euro
Projektpartner	ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH

Dieses Projekt untersucht die architektonischen, sozialen, städtebaulichen, ökobilanziellen, immobilienwirtschaftlichen und versorgungstechnischen Realisierungsmöglichkeiten einer überwiegend auf erneuerbaren Energieträgern beruhenden Wärmeversorgung im Gebäudebestand. Schwerpunkt ist eine empirische Herangehensweise, die auf Basis einiger hundert realisierter Objekte, einer Befragung von 10.000 Heizungsmodernisierern und Effizienzhausbesitzern/-mietern und einer Tiefenanalyse von zehn Objekten strategische Schlussfolgerungen zieht. Mit Hilfe eines detaillierten Gebäudemodells werden die empirischen Ergebnisse auf ganz Deutschland transferiert sowie förder- und ordnungsrechtliche Instrumente für die langfristige Zielerreichung abgeleitet.

Verbundvorhaben: ImpRES: Impact of Renewable Energy Sources – Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien

Förderkennzeichen	0325414A; 0325414B
Laufzeit	01.02.2012 – 30.11.2015
Zuwendungssumme	1.242.853 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI); Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e.V. (DIW Berlin)

Das Projekt befasst sich mit den Wirkungen des Ausbaus erneuerbarer Energien: Diese umfassen a) positive Wirkungen auf Innovation und Versorgungssicherheit, b) Wechselwirkungen zwischen technischen, ökonomischen Entwicklungen und politischen Maßnahmen, c) die Verteilung der Mehrkosten und zusätzlichen Einnahmen oder Ent-

lastungen nach Akteuren und Regionen sowie d) gesamtwirtschaftliche Wirkungen (Arbeitsplätze). Ziel ist ein hohes Maß an Verwertbarkeit (anwendungsorientierte Forschung) als Grundlage für die politische Diskussion und zur Legitimation und Ausgestaltung der Förderpolitik. Die analytische Fragestellung ist weniger auf kurzfristigen Handlungsbedarf gerichtet, sondern auf die längerfristige Ausrichtung der Politik.

Verbundprojekt: Interaktion EE-Strom, Wärme und Verkehr – Analyse der Interaktion zwischen den Sektoren Strom, Wärme/Kälte und Verkehr in Deutschland in Hinblick auf steigende Anteile fluktuierender erneuerbarer Energien im Strombereich

Förderkennzeichen	0325444A; 0325444B; 0325444C
Laufzeit	01.06.2012 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	1.088.896 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES); ifeu – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH; Stiftung Umweltenergierecht

Um die Energiewende erfolgreich herbeizuführen, werden Konzepte benötigt, die dem Strom aus erneuerbaren Energien auch in anderen Energiesektoren (Wärme/Kälte) und im Verkehr eine führende Rolle zuweisen. Um zu untersuchen, welche neuen Verbindungen und Abhängigkeiten sich daraus ergäben, erarbeiten die Projektpartner langfristige wirtschaftlich und ökologisch optimierte Gesamtkonzepte in sektorübergreifenden Modellen. Dabei werden Umwelt-, Effizienz-, Kosten- und Umsetzungsaspekte berücksichtigt und nationale Roadmaps zur Weiterentwicklung des Verkehrs- und des Wärmesektors abgeleitet. Ziel ist es, konkrete Hinweise für die Gestaltung der politischen Rahmenbedingungen zu entwickeln. Das europäische Verbundnetz wird ebenso bedacht wie der Einfluss möglicher Exportregionen für erneuerbare Energien auf den Energiemix in Deutschland.

Wertschöpfung durch erneuerbare Energien – Ermittlung der Effekte auf Länder- und Bundesebene

Förderkennzeichen	0325463
Laufzeit	01.08.2012 – 31.10.2013
Zuwendungssumme	221.571 Euro
Projektpartner	Institut für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) gGmbH

Im Rahmen des Projektes wird das 2010 entwickelte Modell des Instituts für ökologische Wirtschaftsforschung (IÖW) zur Ermittlung von Wertschöpfungs- und Beschäftigungseffekten durch erneuerbare Energien (WEBEE-Modell) auf kommunaler Ebene erweitert, und zwar um weitere Wertschöpfungsketten, Steuern auf Bundes- und Landesebene und indirekte Effekte in den Vorleistungsindustrien. Auf Basis des vervollständigten Rechenmodells erfolgt die Anwendung in drei Bundesländer-Fallstudien (Berlin, Sachsen-Anhalt, Hessen) sowie die Hochrechnung der Effekte für Gesamtdeutschland für die Jahre 2012 und 2020. Darüber hinaus erfolgt ein Vergleich mit anderen, vergleichbaren Methodenansätzen und ein Fachgespräch zu diesem Thema.

Marktanalyse Ökostrom

Förderkennzeichen	0325567
Laufzeit	15.07.2012 – 31.07.2013
Zuwendungssumme	173.621 Euro
Projektpartner	Leipziger Institut für Energie GmbH

Für den zunehmenden Handel mit Ökostromprodukten wurden in einer Marktanalyse der Ist-Zustand des Ökostrommarktes (insbesondere unter dem Aspekt Import/Export) ermittelt sowie Potenziale, Hemmnisse, Struktureffekte und Entwicklungsperspektiven aufgezeigt. Die Methodik umfasst die Datenanalyse aus zahlreichen bestehenden Quellen, Vertiefung der Marktanalyse Deutschland durch umfangreiche Befragung von 137 Ökostromanbietern, ergänzende Befragung von Labels und Anlagenbetreibern, Betrachtung inklusive Datenanalyse des physischen Außenhandels und des Außenhandels mit Herkunftsnach-

weisen. Anschließend wurden Potenziale durch eine Befragung zu Konzepten des Börsenhandels, eine Auswertung bestehender Vermarktungsstatistiken sowie eine Analyse aktueller Qualitätskriterien ermittelt.

Verbundvorhaben: PuBVerteilung – Neue Planungs- und Betriebsgrundsätze für ländliche Verteilungsnetze als Rückgrat der Energiewende

Förderkennzeichen	0325606A; 0325606B
Laufzeit	01.04.2013 – 31.03.2016
Zuwendungssumme	864.232 Euro
Projektpartner	Bergische Universität Wuppertal; Siemens AG

Aufgrund der Transformationsprozesse im deutschen Energieversorgungssystem (Energiewende) ergeben sich neue Anforderungen an ländliche Verteilungsnetze, in die der überwiegende Teil der dezentralen Energiewandlungsanlagen integriert wird. Um den notwendigen Netzausbau bedarfsgerecht und kostenoptimal zu realisieren, sind neue Planungs- und Betriebsgrundsätze abzuleiten. In dem Projekt werden konkrete Ausbauplanungen für reale Verteilungsnetze sowohl mittels konventioneller Methoden als auch unter Berücksichtigung innovativer Betriebsmittel und Netzkonzepte durchgeführt. Auf dieser Basis werden allgemeine Grundsätze für den Netzausbau und -betrieb abgeleitet und als Leitfaden für Netzbetreiber in einem Planungs- und Betriebshandbuch zusammengefasst.

Verbundvorhaben: Die Energiewende im internationalen Kontext – Chancen und Herausforderungen für die deutsche Politik und Industrie

Förderkennzeichen	0325609A; 0325609B
Laufzeit	01.05.2013 – 30.04.2016
Zuwendungssumme	444.194 Euro
Projektpartner	adelphi research gGmbH; GWS Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung mbH

Bei der Entwicklung der Erneuerbare-Energien-Märkte spielen übergeordnete Rahmenbedingungen, technische Voraussetzungen sowie gesellschaftliche und politische Einflüsse eine wichtige Rolle. In dem Vorhaben werden die wesentlichen politischen Entwicklungen, die den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland und den deutschen Exportmärkten beeinflussen, untersucht. Ergänzend werden Auswirkungen des Ausbaus auf die Strompreise unter Berücksichtigung unterschiedlicher Regeln zur Lastenteilung herausgearbeitet, der Aufbau internationaler Wertschöpfungsketten analysiert und die gesamtwirtschaftlichen Auswirkungen, die durch den Ausbau entstehen, betrachtet. Auf Basis der Forschungsergebnisse werden Handlungsempfehlungen für Politik, Forschung und betriebswirtschaftliche Praxis formuliert.

Nutzungsmöglichkeiten, Wirtschaftlichkeit und rechtlich-regulatorische Rahmenbedingungen von Power-to-Heat-Systemen im Kontext der Energiewende

Förderkennzeichen	0325612
Laufzeit	01.09.2013 – 31.08.2015
Zuwendungssumme	223.510 Euro
Projektpartner	Brandenburgische Technische Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg

Der steigende Anteil von Strom aus erneuerbaren Energien führt zunehmend zu Phasen überschüssiger elektrischer Energie wie zu Perioden erhöhter Knappheit. Um Überlastungen der Stromnetze bzw. das Abregeln erneuerbarer Energien zu vermeiden und Preisdifferenzen

zu nutzen, sollte die Nachfrageseite flexibel reagieren. Bei Power-to-Heat wird (überschüssige) elektrische Energie in Wärme umgewandelt. In Kombination mit der Möglichkeit zur Zwischenspeicherung im Wärmespeicher führt dies zu einer Entkopplung von Energieproduktion und Energieverbrauch. In dem Projekt werden die technischen und wirtschaftlichen Potenziale von Power-to-Heat bis 2020 (mit Ausblick auf 2030) analysiert. Auch Wechselwirkungen zu Komplementär- und Konkurrenztechnologien sowie die Einordnung in die derzeitige Markt- und Förderstruktur werden untersucht.

Verbundvorhaben: Interkommunale Kooperation als Schlüssel zur Energiewende – Integration von räumlicher Planung, Anlagenbau und Netzmanagement auf regionaler Ebene

Förderkennzeichen	0325603A; 0325603B
Laufzeit	01.04.2013 – 30.09.2015
Zuwendungssumme	538.396 Euro
Projektpartner	Deutsche Umwelthilfe e.V.; Hochschule Trier – Trier University of Applied Sciences

Im Fokus stehen intra- und vor allem interkommunale Kooperationen, die die regionale Energiewende beziehungsweise den regionalen Ausbau der erneuerbaren Energien (EE) sowohl strategisch als auch operativ voranbringen. Hierbei wird untersucht, ob und wie es gelingt, neben der primären Zielsetzung des EE-Ausbaus die Netzintegration sowie die Minimierung der naturräumlichen Eingriffe durch den Ausbau im Rahmen der Planung positiv zu beeinflussen. Dazu werden sechs Kooperationen einer Gesamtanalyse, bestehend aus Akteurs-, Strategie- und Prozessanalysen, unterzogen. Darüber hinaus werden messbare Effekte der Kooperation in ökonomischer, ökologischer und sozialer Hinsicht erfasst und dargestellt. Das Erkenntnisinteresse ist auf die Frage ausgerichtet, ob und wie interkommunale Kooperationen wesentliche Anforderungen der Transformation des Energiesystems durch Zusammenarbeit und Abstimmung erfüllen.

Dynamische Bestimmung des Regelleistungsbedarfes

Förderkennzeichen	0325610
Laufzeit	01.03.2013 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	571.074 Euro
Projektpartner	Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES)

Zurzeit wird der Bedarf an vorzuhaltender Regelleistung von den Übertragungsnetzbetreibern jeweils konstant für ein Quartal bestimmt. Tatsächlich schwankt der Bedarf jedoch in Abhängigkeit von verschiedenen Faktoren wie beispielsweise der Tageszeit, der Last und insbesondere der Höhe der Einspeisung aus fluktuierenden Erzeugern. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Dimensionierung des Regelleistungsbedarfes, mit dessen Hilfe es möglich ist, den Bedarf an vorzuhaltender Sekundärregel- und Minutenreserveleistung jeweils am Vortag auf Basis der verfügbaren Informationen (zum Beispiel Einspeiseprognosen) zu ermitteln. Somit kann die Sicherheit des Netzbetriebs erhöht beziehungsweise die Menge der durchschnittlich vorgehaltenen Regelleistung bei gleicher Sicherheit reduziert werden.

Chancen und Herausforderungen bei der Umsetzung der Energiewende in den Regionen – Konkurrenzen und Synergien zwischen den Sektoren Strom und Wärme auf regionaler Ebene

Förderkennzeichen	0325611
Laufzeit	01.05.2013 – 30.04.2016
Zuwendungssumme	526.115 Euro
Projektpartner	IdE – Institut dezentrale Energietechnologien gGmbH

Das Projekt untersucht anhand der Landkreise Osnabrück und Marburg-Biedenkopf die Wechselwirkungen zwischen den Sektoren Wärme und Strom und entwickelt Szenarien, in denen Konkurrenz- und Synergiesituationen erfasst werden. Diese werden technisch, wirtschaftlich und ökologisch bewertet, um regionale Wertschöpfungseffekte zu ermitteln. Für verschiedene Nutzungspfade und Potenziale

wird analysiert, welche Synergien sich durch unterschiedliche Technologiekombinationen erreichen lassen. Realitätsnahe Modelle sollen anhand konkreter Daten belastbare Grundlagen für Planungsvorhaben in den Regionen liefern. Gleichzeitig liefern die Modelle Hinweise für die verbesserte Systemstruktur einer dezentralen Versorgung durch erneuerbare Energien. Die Ergebnisse werden auf andere Regionen übertragen.

Verbundvorhaben: IRSEE – Instrumente für eine verbesserte räumliche Steuerung der Energieerzeugung aus erneuerbaren Energien

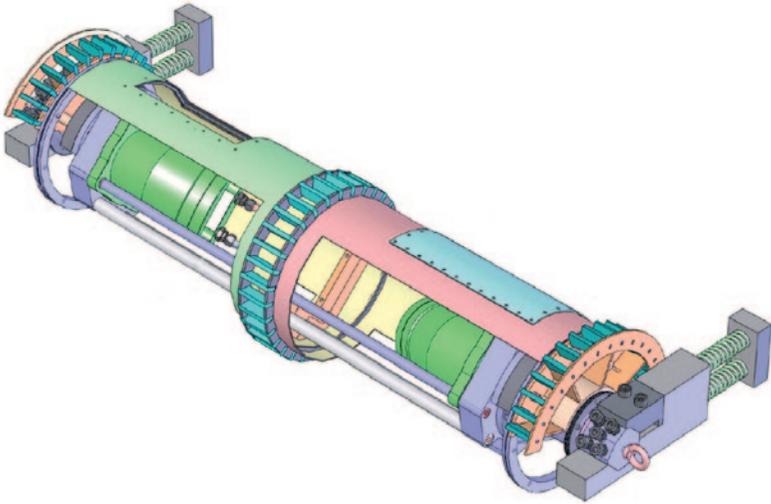
Förderkennzeichen	0325599A; 0325599B
Laufzeit	01.05.2013 – 31.03.2016
Zuwendungssumme	502.095 Euro
Projektpartner	INER e.V.; Stiftung Umweltenergierecht

Vor dem Hintergrund des Netzausbaus und einer kosten- und energie-technisch optimierten Energieversorgung mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien rückt die Frage der räumlichen Verteilung von Erzeugungsanlagen in den Fokus. Im Vorhaben werden die auf die räumliche Verteilung wirkenden Faktoren und die Auswirkungen der heutigen Steuerungsmechanismen ermittelt und bewertet sowie konkrete Lösungsansätze entwickelt, um eine energiewirtschaftlich sachgerechte räumliche Steuerung des Ausbaus erneuerbarer Energien zu ermöglichen. Dies sind die Voraussetzungen dafür, die Ausbaugeschwindigkeit und die regionale Verteilung der Stromerzeugung aus regenerativen Quellen an die Erfordernisse einer stabilen Stromversorgung anzupassen.

Verbundprojekt: EK-E4S – Effiziente Koordination in einem auf erneuerbaren Energien basierenden europäischen Elektrizitätsversorgungssystem: Eine institutionenökonomische Analyse unter Berücksichtigung technisch-systemischer und rechtlicher Aspekte

Förderkennzeichen	0325602A; 0325602B
Laufzeit	01.05.2013 – 30.04.2016
Zuwendungssumme	510.032 Euro
Projektpartner	Technische Universität Berlin; Institut für Klimaschutz, Energie und Mobilität – Recht, Ökonomie und Politik e.V. (IKEM)

In dem Forschungsprojekt werden, unter Rückgriff auf die Neue Institutionenökonomik und unter Einbezug rechtlicher Expertise, die nationalen Stromsektordesigns und die Frage der Koordination im europäischen Elektrizitätsversorgungssystem betrachtet. Ein Ziel der Analysen ist es, herauszustellen, wie eine effiziente Koordination in einem europäischen Stromsystem, das vor allem auf erneuerbaren Energien basiert, erfolgen kann. Dabei sind sowohl Fragen mit Bezug zur Produktionskostenoptimierung als auch zur Begrenzung von Transaktionskosten zu analysieren. Ziel des Projektes ist unter anderem die Ableitung von Empfehlungen zur optimierten Kompetenzzuordnung zwischen Europäischer Union und den Nationalstaaten im Bereich der Stromerzeugung (Investitionen und Betrieb).



Fischpopulationen an Großwasserkraftwerken schützen: Modell der Antriebsachse der Rechenanlage.

8.2 Wasserkraft und Meeresenergie

Die Wasserkraft im Binnenland ist eine bewährte Energiequelle, die Nutzung der Meeresenergie befindet sich dagegen weltweit noch im Demonstrationsstadium. Der Vorteil beider Energiequellen gegenüber Windenergie und Photovoltaik besteht darin, dass die Energie zeitlich konstant bereitgestellt beziehungsweise zuverlässig vorausgesagt werden kann. Da die Technik weitgehend ausgereift ist, wird bei der BMU/BMWi-Forschungsförderung der Schwerpunkt auf die ökologische Verträglichkeit der Anlagen gelegt. 2013 wurde ein neues Verbundprojekt bewilligt.

Im Bereich Meeresenergie bietet sich für deutsche Unternehmen vor allem die Möglichkeit zum Export, vor der eigenen, deutschen Küste kann die entsprechende Technologie nicht wirtschaftlich eingesetzt werden. Das Potenzial durch Strömungsgeschwindigkeit und Tidenhub ist relativ gering, die Küste wird wirtschaftlich stark genutzt, zudem sind diverse Naturschutzgebiete ausgewiesen. Geeignete Standorte in

Europa wären die Küsten Großbritanniens, Irlands, Norwegens, Spaniens, Frankreichs und Portugals. Die deutsche Industrie legt aktuell ihre Entwicklungsschwerpunkte auf Meeresströmungsturbinen. An Küsten, Buchten und Meerengen kann die Meeresströmung sehr stark sein. Die dort unter der Wasseroberfläche eingesetzten Rotoren wenden eine Technik an, die mit der in Windenergieanlagen vergleichbar ist.

Numerische Simulation und Formoptimierung der Gründungsstrukturen von Meeresströmungskraftwerken unter Berücksichtigung der Fluid-Struktur-Interaktion

Förderkennzeichen	0325222
Laufzeit	01.09.2010 – 31.01.2014
Zuwendungssumme	350.000 Euro
Projektpartner	Technische Universität München

Meeresströmungskraftwerke bedienen sich einer vielversprechenden Technologie, die in naher Zukunft auch in Großprojekten eingesetzt werden soll. Um dies zu ermöglichen, widmet sich der Lehrstuhl für Statik an der Technischen Universität München (TUM) in Zusammenarbeit mit der Ed. Züblin AG der Entwicklung und Optimierung der Gründungsstrukturen dieser Anlagen. Die Forschungsarbeit beinhaltet sowohl standortspezifische Modellierungsaspekte als auch die Umsetzung und Erweiterung numerischer Methoden, wodurch detaillierte Untersuchungen der Fluideinwirkung und des Strukturverhaltens ermöglicht werden. Hierdurch sollen die nötigen Rahmenbedingungen für den Entwurf einer effizienten Gesamtkonstruktion geschaffen werden.

Wellenenergiekraftwerk – Entwicklung einer bidirektionalen Luftturbine radialer Bauart (Wellenturbine)

Förderkennzeichen	0325396
Laufzeit	01.12.2011 – 30.11.2014
Zuwendungssumme	226.777 Euro
Projektpartner	Universität Siegen

In Wellenkraftwerken, die dem Prinzip der oszillierenden Wassersäule (OWC) folgen, erzeugen maritime Oberflächenwellen in einem Luftspeicher ein zyklisches Druckpotenzial, das mit bidirektional durchströmbareren Luftturbinen zur Stromgewinnung genutzt wird. Dabei werden meist axiale Turbinen (auch Wells-Turbinen) eingesetzt. Diese weisen allerdings prinzipbedingt entscheidende Nachteile hinsichtlich Wirkungsgrad und Geräuschemission auf, die sich auf Wirtschaftlichkeit und Akzeptanz künftiger Wellenkraftwerke auswirken könnte. Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Optimierung einer radialen Luftturbine. Mittels analytischer, numerischer und experimenteller Methoden wird untersucht, ob und wie diese Bauart die Schwächen der axialen Turbine vermindern kann.

Mini-Hydro – Entwicklung eines innovativen Laufwasserkraftwerkes

Förderkennzeichen	0325411
Laufzeit	01.01.2012 – 31.12.2014
Zuwendungssumme	805.250 Euro
Projektpartner	Voith Hydro Holding GmbH & Co. KG

Im Rahmen des Vorhabens Mini-Hydro wird ein kosteneffizientes, ökologisches Kraftwerk entwickelt, um ungenutztes Wasserkraftpotenzial an existierenden Querbauwerken (Hochwasserwehre, Raue Rampen, Sohlstabilisierungsbauwerke, Dämme) zu erschließen. Die Technologie soll dazu beitragen, den von der Bundesregierung angestrebten Anteil erneuerbarer Energien für die Primärbedarfsdeckung zu erhöhen und Kohlenstoffdioxid-Emissionen zu reduzieren. Basis der Entwicklung ist ein neues Turbinenkonzept: Als ölfreie Tauchturbine benötigt der StreamDiver im Vergleich zu konventionellen Turbinen kein Krafthaus und ermöglicht damit neue naturnahe,

standardisierte und kosteneffiziente Kraftwerkskonzepte. Am Entwicklungsende wird das Mini-Hydro-Kraftwerk an einem Pilotstandort umgesetzt.

Entwicklung und Optimierung eines Antriebsstrangs für Gezeitenströmungsturbinen

Förderkennzeichen	0325432
Laufzeit	01.06.2012 – 28.02.2015
Zuwendungssumme	956.370 Euro
Projektpartner	ANDRITZ Hydro GmbH

Turbinen, die einem ähnlichen Prinzip wie Windenergieanlagen folgen und an geeigneten Standorten deutlich unterhalb der Wasseroberfläche installiert werden, eignen sich für die Nutzung der Gezeitenströmung im Meer. Bisher wurden Gezeitenströmungskraftwerke lediglich gebaut, um die Funktionalität ihrer Technik nachzuweisen. Für einen wirtschaftlichen Einsatz waren sie nicht ausgelegt. In diesem Projekt geht es darum, alle rotierenden Komponenten dieser Kraftwerke, also den gesamten Antriebsstrang, wirtschaftlich und technisch zu optimieren. Die Komponenten sollen so konstruiert sein, dass sie einfach an variierende Umgebungsbedingungen angepasst werden können. Der Fokus liegt auf dem Mechanismus der Schaufelblattverstellung und Schaufelanbindung.

Verbundvorhaben: Entwicklung eines ökologisch verträglichen, modularen Systems zur Nutzung kleiner Wasserkräfte mit sehr niedrigen Fallhöhen

Förderkennzeichen	0325531A; 0325531B; 0325531C
Laufzeit	01.11.2012 – 31.10.2015
Zuwendungssumme	891.522 Euro
Projektpartner	Hochschule Darmstadt; Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig; Forschungsverbund Berlin e.V.

Die Wasserkraftnutzung bei niedrigen Fallhöhen gilt bislang als unrentabel und ökologisch ungünstig. Ziel ist es, ein ökologisch verträgliches und wirtschaftliches System auf Basis der Wasserdruckmaschine (WDM)

für Fallhöhen größer als zwei Meter und Leistungen bis 50 Kilowatt zu entwickeln: **1.** Entwicklung ökologisch durchgängiger Anlagen mit integrierten, standardisierten Fischwegen für niedrige Fallhöhen und Reduzierung der Feinstsedimentablagerung in den Stauräumen; **2.** Erarbeitung eines vereinheitlichten Genehmigungsverfahrens; **3.** Verbesserung von Geometrie, Leistungsfähigkeit und ökologischen Eigenschaften der WDM, die Entwicklung flexibler, fisch- und sedimentfreundlicher Schaufeln und Optimierung der Hochwasserträglichkeit; **4.** Erarbeitung von Standardlösungen für die WDM; **5.** Verifizierung an bestehenden Anlagen.

Verbundvorhaben: Entwicklung einer Rechenanlage zum Schutz der Ichthyofauna an Großwasserkraftwerken

Förderkennzeichen	0325514; 0325514A
Laufzeit	01.04.2013 – 31.05.2015
Zuwendungssumme	710.511 Euro
Projektpartner	IFPS Intelligent Fish Protection System UG (haftungsbeschränkt)

Die Machbarkeitsstudie zum „Intelligenten Rechen“ hat gezeigt, dass die Durchführbarkeit durch Modell- und Tierversuche weiter überprüft werden muss – unter der Voraussetzung der grundsätzlichen Machbarkeit. Ziel der hydraulisch-technischen und biologischen Versuche, im Labor sowie im Freiland, ist das genaue Abklären vieler Details, zum Beispiel auf den Gebieten Wasser- und Maschinenbau, Hydraulik, Ökologie und Betrieb. Die Laborversuche untergliedern sich in das Detailmodell Stabform, das Bandmodell und die Modulentwicklung. Bei den biologischen Laborversuchen wird das Verhalten von unterschiedlichen Fischarten situationsabhängig beobachtet.

9. Organisation/Ansprechpartner

Liste der Telefondurchwahlen

Falls nicht anders angegeben, Standort Jülich (02461) 61-

Geschäftsbereichsleitung Dr. Frank Stubenrauch 3172

Fachbereich

Photovoltaik/Solarthermie Dr. Christoph Hünnekes 2227

Niedertemperatur-Solarthermie Dr. Peter Donat 030 20199 427

Solarthermische Kraftwerke Dr. Hermann Bastek 4849

Fachbereich

Windenergie Dr. Klaus Korfhage 4589

Ökologische Begleitforschung Tobias Verfuß 3620

Fachbereich

Geothermie/

Übergreifende Fragestellungen Dr. Volker Monser 2808

Wasserkraft, Meeresenergie Dr. Hermann Bastek 4849

Öffentlichkeitsarbeit Stephanie Epler 9057

Fachbereich

Integration

erneuerbarer Energien Dr. Wolfgang Rolshofen 4877

Administrative

Projektbearbeitung Manfred Altmann 3246

Kontakt

Forschungszentrum Jülich GmbH

Projektträger Jülich

Geschäftsbereich EEN

52425 Jülich

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

Internet: http://www.ptj.de/erneuerbare_energien

Stand: 10.08.2014

