

TECHNOLOGIEBRIEF

Der Technologiebrief informiert über die aktuellen einschlägigen Förderprogramme, benennt Ansatzpunkte und Perspektiven für (neue) Forschung und Entwicklung und präsentiert Gründungsfälle im Bereich der Wissenschaft. Informationen zum Projekt siehe Seite 6 unten.

Energiespeicher – Herausforderungen an Forschung und Entwicklung

Stark steigende Anteile fluktuierender regenerativer Energieerzeugung und zunehmende Dezentralisierung stellen neue Anforderungen an unser Energiesystem. Wie viel Energie zu welchem Zeitpunkt eingespeist wird, hängt künftig nicht mehr nur von der Nachfrage, sondern zunehmend auch von meteorologischen Faktoren ab. Die Versorgung mit Energie soll trotzdem jederzeit gewährleistet sein. Dies ist nur durch eine Flexibilisierung des Energiesystems und den zunehmenden Einsatz von Energiespeichern zu erreichen, da sie Erzeugung und Verbrauch zeitlich entkoppeln können. Energiespeicher sind daher ein maßgeblicher Faktor, um die gesteckten Klimaschutzziele zu erreichen. Deswegen wird sowohl die Grundlagenforschung als auch die Weiterentwicklung von Speichertechnologien (siehe Abbildung 1) stark gefördert.

Die strategische Bedeutung von Energiespeichern wird weltweit gesehen und durch FuE-Programme unterstrichen. Im Europäischen Strategieplan Energietechnologie (SET) gelten sie als langfristig unentbehrliche Technologie, um die für 2050 gesteckten Ziele der EU hinsichtlich Versorgungssicherheit und Klimaschutz zu erreichen. Im Fokus stehen elektrische Speicher, aber auch thermische Speicher für konzentrierende Solarkraftwerke, in die erhebliche Investitionen fließen sollen.

Neben der EU nimmt auch Japan eine führende Position in der Forschungsförderung für Energiespeicher ein. Die japanische NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organisation) treibt Projekte zur Speicherentwicklung massiv voran – allein im Jahr 2008 flossen über 17 Milliarden Yen (> 145 Millionen Euro) in verschiedene Projekte wie Wasserstoff-Gewinnung und Speicherung, innovative Batteriesysteme, Supraleiter für SMES und elektrische Speicher zur Integration hoher Anteile stark schwankender Energiequellen.

Die Forschungs- und Entwicklungs-Investitionen der USA liegen in der gleichen Größenordnung. Die Finanzplanung des Department of Energy (DoE) sieht vor, im Jahr 2010 insgesamt 188 Millionen Dollar (ca. 150 Millionen Euro) in Energiespeicher zu investieren, davon über 90 % in die Wasserstoffforschung. Im Jahr 2011 sollen etwa 140 Millionen Dollar (ca. 115 Millionen Euro) in Wasserstoff und Brennstoffzellen und weitere 40 Millionen Dollar (ca. 30 Millionen Euro) in andere Energiespeicher fließen.

Zu den Herausforderungen an neue Speicher für Wärmeanwendungen gehören die Langzeitspeicherung (Saisonspeicher) und die Nutzung hoher Temperaturen. Die Einsatzgebiete von zukünftigen Speichern für elektrische Anwendungen liegen in mobilen Anwendungen und im Netzausgleich, hier besonders im Bereich der Sekunden- bis Stundenreserve. Die Anforderungen an die Entwicklung neuer Speicher sind höchst anspruchsvoll und zum Teil diametral: Zum Beispiel sollen Speicher für mobile Anwendungen möglichst leicht sein und trotzdem große Reichweiten ermöglichen, für Netzanwendungen besteht sowohl Bedarf an hoher, kurzzeitig verfügbarer Leistung als auch an längerfristiger Energiespeicherung und -entladung. Bei allen Techniken sollen die Produktionskosten noch erheblich gesenkt werden.

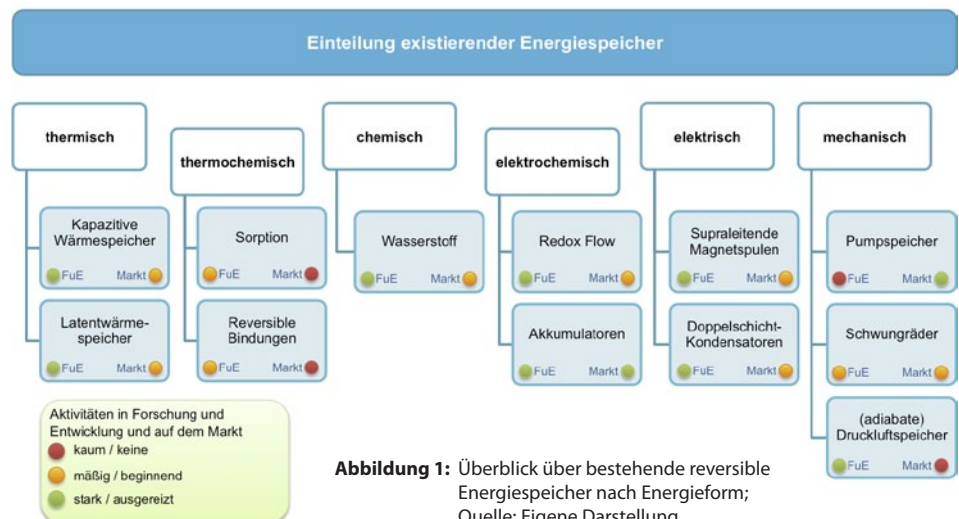


Abbildung 1: Überblick über bestehende reversible Energiespeicher nach Energieform; Quelle: Eigene Darstellung

Die deutsche Energieforschung wird zurzeit durch das 5. Energieforschungsprogramm (EFP) des Bundes mit dem Titel „Innovation und neue Energietechnologien“ koordiniert. Die Federführung dafür liegt beim Bundeswirtschaftsministerium (BMWi). Die Forschungsgelder (insg. 2,2 Mrd. Euro) werden über verschiedene Ministerien auf verschiedene Forschungsschwerpunkte und eine Laufzeit von 2008-2011 verteilt.

Das übergeordnete Ziel des 5. EFP ist der Übergang zu einer nachhaltigen Energieversorgung. Neben der Weiterentwicklung regenerativer Energienutzung und moderner Kraftwerkstechnik wird speziell auch die Forschung im Themenkomplex „Energiespeicher“ gefördert (siehe Abbildung 2).

Das BMU ist zuständig für die Projektförderung im Bereich Erneuerbare Energien. Hier bestehen neben dem großen Themenkomplex „Optimierung des Stromversorgungssystems“ auch zu den konkreten Technologien „solarthermische Kraftwerke“ und „Niedertemperatur-Solarthermie“ Förderbereiche für Energiespeicher an.

Das BMWi fördert im Themenschwerpunkt „Stromspeicher“ bereits Projekte zur Entwicklung adiabater Druckluftspeicher, außerdem wird gerade auch im Kontext der Elektromobilität* die Forschung an Lithium-Ionen-Batterien weitergeführt sowie die Grundlagenforschung in allen Bereichen des Themenkomplexes gefördert.

Grundlagenforschung kann auch über das BMBF gefördert werden: Im Programm „Grundlagenforschung Energie 2020+“ ist die Entwicklung von Speichertechnologien explizit festgeschrieben.

Forschung im Bereich Wasserstoff als Energiespeicher wird für stationäre Anwendungen durch das BMWi, für mobile Anwendungen durch das BMVBS gefördert. Anknüpfungsbereiche ergeben sich zudem durch das Nationale Innovationsprogramm Wasserstoff (NIP).

Die Forschungsförderung im Bereich Energiespeicher wird voraussichtlich auch nach Ablauf des aktuellen Forschungsprogramms Ende 2010 fortgesetzt und eher noch verstärkt werden. Zum Beispiel sollen nach den „Eckpunkten und Leitlinien zur Weiterentwicklung der Energieforschungspolitik der Bundesregierung“ der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentrum Speicher sowohl in der kurz- als auch in der langfristigen Perspektive eine wichtige Rolle spielen. Auch die Deutsche Akademie der Technikwissenschaften geht in ihrem „Konzept für ein integriertes Energieforschungsprogramm für Deutschland“ davon aus, dass die Speichertechnologien deutlich weiterentwickelt werden müssen.

* Energiespeicherforschung für Elektromobilitäts-Anwendungen wird durch den Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität (NEP) unterstützt, nähere Informationen hierzu finden Sie im Technologiebrief zum Thema Elektromobilität.

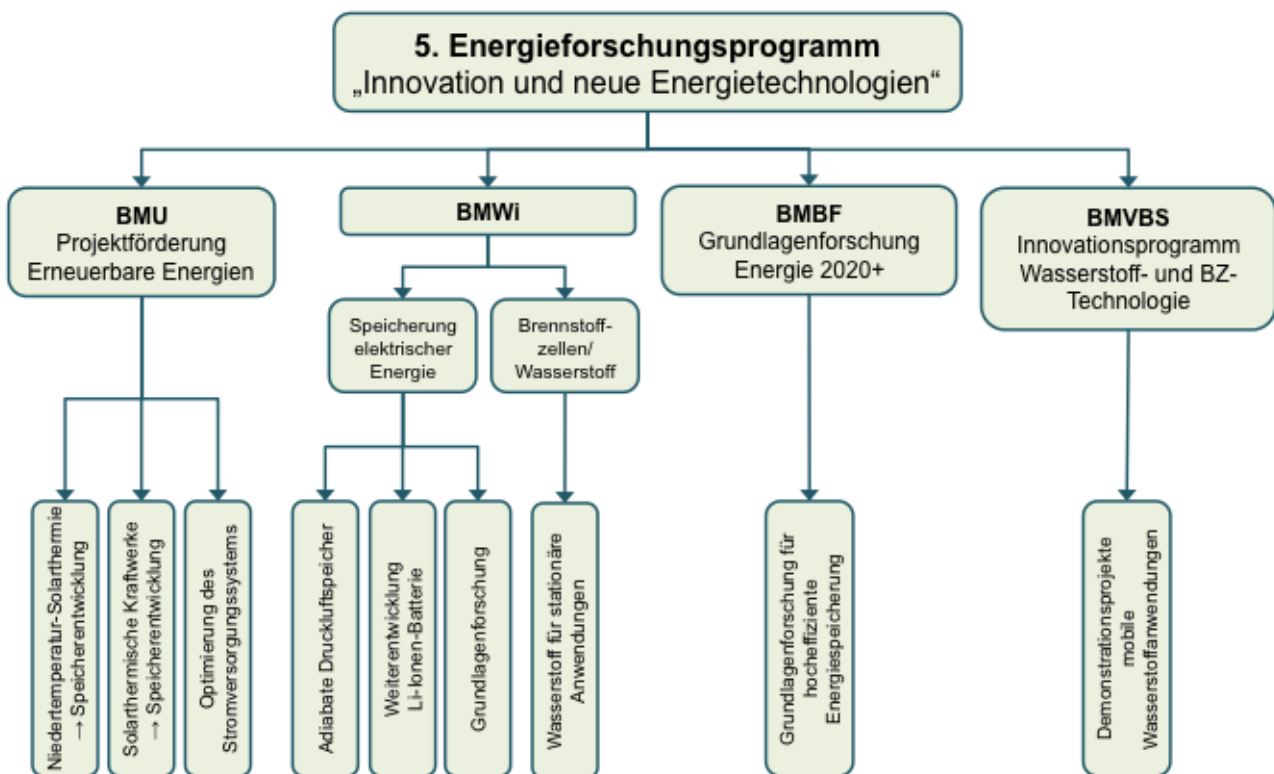


Abbildung 2: Überblick über nationale FuE-Programme zu Energiespeichern;
Quelle: Eigene Darstellung

Auf Landesebene wird die Forschung besonders durch Wettbewerbe gefördert, die jährlich vom Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen ausgeschrieben werden. Neben den Wettbewerben Hightech.NRW und Energie.NRW sind Bewerbungen zur Energiespeicher-Forschung auch in den Wettbewerben ElektroMobil.NRW und CheK.NRW (Chemie- und Kunststoffindustrie) möglich.

Der Wettbewerb Transfer.NRW richtet sich mit dem Programm „Science-to-Business-PreSeed“ explizit an Hochschulen, um aus Forschungsergebnissen Prototypen zu entwickeln und durch Unternehmensgründungen oder Industriekooperationen umzusetzen. Der Wettbewerb wird seit 2008 jährlich durch den

Projekträger Jülich durchgeführt. Auch in diesem Jahr werden anwendungsorientierte und interdisziplinäre Teams aufgerufen, bis zum 28.6.2010 Projektskizzen einzureichen. Die Gewinner des Wettbewerbs werden mit Personal, Sach- und Investitionskosten darin unterstützt, die Marktreife ihrer Innovationskonzepte vorzubereiten.

Spezifische FuE-Perspektiven für die Erschließung des Zukunftsmarktes Energiespeicher

So vielfältig wie die unterschiedlichen Speicherarten sind auch die Forschungsperspektiven in diesem Themenbereich. Besonderes Forschungspotenzial bieten adiabate Druckluftspeicher, Redox-Flow-Batterien und die Nutzung von Wasserstoff als Energiespeicher. Diese Technologien stehen noch am Anfang ihres Innovationszyklus.

Für einen effizienten und somit großtechnisch sinnvollen Einsatz von Wasserstoff als Energiespeicher müssen die Wirkungsgrade von Elektrolyse und Rückverstromung deutlich erhöht werden. Dazu sind beispielsweise Weiterentwicklungen der Elektrolyseure, der Elektrolyse-Verfahren und der Membranen und Elektroden der verschiedenen Brennstoffzellentypen notwendig. Ein weiterer Ansatzpunkt ist die Kombination von Elektrolyseur und Brennstoffzellen in der RFC („Regenerative Fuel Cell“) nach dem Prinzip einer wieder aufladbaren Batterie.

Außer in der Gewinnung von Wasserstoff gibt es Forschungsbedarf zur Aufbewahrung und Verteilung des Energieträgers. Neben den kryogenen Speichern und Druckspeichern bietet die Speicherung in chemischen Bindungen eine hohe Energiedichte. Zurzeit sind Metallhydridspeicher und Sorptionsspeicher mit Nanocubes in Entwicklung.

Der Energiespeicher Wasserstoff ist durch die vielseitigen Speicherungs- und Verteilungsoptionen äußerst flexibel einsetzbar, deshalb liegt auch weiterer Forschungsbedarf in der Entwicklung der notwendigen Infrastruktur für eine optimale Wasserstoffnutzung.

An Redox-Flow-Batterien wird bereits seit den siebziger Jahren geforscht. Diese Batterien unterscheiden sich von herkömmlichen Batterien dadurch, dass die Reaktionsmedien in externen Tanks gelagert werden. Dadurch sind die Energieumwandlung und die chemische Energiespeicherung räumlich getrennt und der Energiespeicher kann nahezu beliebig skaliert werden. Systeme auf der Basis von Vanadium in der Größenordnung bis

5 MWh sind bereits im Einsatz. Man verspricht sich Wirkungsgradsteigerungen bei Vanadium-Redox-Batterien durch verbesserte Membranen und Elektroden, zum Beispiel durch den Einsatz von Kohlenstofffasern. Statt Vanadium in beiden Halbzellen lassen sich an der positiven Halbzelle auch Brom und Bromid als Redoxpaar einsetzen. Der Einsatz von Vanadium-Bromid-Batterien soll höhere Energiedichten ermöglichen, diese Systeme befinden sich noch in der Entwicklung.

Die Speicherung von Energie durch Druckluft wird bereits seit längerem in zwei kommerziellen Anlagen betrieben. Allerdings muss man hier von Druckluftkraftwerken anstelle von Speichern sprechen. Die Wärme, die beim Komprimieren der Luft entsteht, wird abgeführt, beim Entladen wird die verdichtete Luft für den Betrieb einer Gasturbine genutzt. Um ein solches System als reinen Speicher zu betreiben, muss die bei der Komprimierung entstehende Wärme gespeichert und bei der Entladung der Turbine zugeführt werden. Solche adiabate Druckluftspeicher befinden sich an der Schwelle zur Umsetzung. Für die Verwirklichung werden effiziente und äußerst belastbare Hochtemperaturwärmespeicher für den Temperaturbereich um 600 °C benötigt. Diese hohen Betriebstemperaturen beanspruchen alle Bauteile stark und stellen besondere Herausforderungen an den Bau geeigneter Kompressoren.

Auch bei Systemen, die eigentlich als ausgereift betrachtet werden, bietet sich noch Innovationspotenzial. Beispielsweise sind Pumpspeicherkraftwerke schon lange etabliert, doch durch die Idee, Pumpspeicherreservoirs unterirdisch anzulegen, bieten sich hier neue Forschungs- und Entwicklungsmöglichkeiten.

Alle Speichertechnologien profitieren von Entwicklungen, die ihre Effizienz, Lebensdauer, Energiedichte und Zyklfestigkeit erhöhen. Außerdem bietet die Ansteuerung und Regelung Potenzial für die Optimierung des Speicherbetriebs unter verschiedenen Gesichtspunkten.

Vor dem Hintergrund des zuvor genannten Forschungsbedarfs bestehen Ansatzpunkte für Entwicklungen aus den Fachbereichen C, D und E der Bergischen Universität. In Fachbereich C (Mathematik und Naturwissenschaften) sind besonders Forschungsergebnisse der Fachgruppe Chemie gefragt hinsichtlich der Entwicklung neuer Speichermedien für thermische und chemische Speicher. Für den konstruktiven Aufbau verschiedenster Technologien bieten sich insbesondere bei mechanischen Speichern Anknüpfungspunkte für den Fachbereich D (Bauingenieurwesen und Maschinenbau). In Fachbereich E finden sich mit Elektro- und Informationstechnik Kompetenzen für die Ansteuerung und Regelung neuer Speicherkonzepte und für die Weiterentwicklung elektrischer

Energiespeicher. Die Nutzung von Wasserstoff als Energiespeicher bedarf wegen der Komplexität des Themas Forschungsarbeit unterschiedlicher Disziplinen und ist somit ein geeignetes Thema für das Interdisziplinäre Zentrum III der Bergischen Universität.

Auch abseits der rein technischen Entwicklung gibt es Forschungsbedarf: Mit der fortschreitenden Weiterentwicklung der Energiespeicher werden auch neue Konzepte für ihren Einsatz notwendig. Hierzu liegen Kompetenzen in den Fachbereichen B und E und im Interdisziplinären Zentrum III.

Energiespeicher-Technologie	Technologiebezogener Forschungs- und Entwicklungsbedarf	Anknüpfungspunkt Uni Wuppertal
Wasserstoff	Weiterentwicklung Elektrolyseure und Brennstoffzellen; Speicher für Wasserstoff (kryogen, chemisch, ...) Verteilung von Wasserstoff Entwicklung möglicher Anwendungsfelder	Fachbereiche C, D, E IZ III
Redox-Flow Batterien	Weiterentwicklung von Elektroden und Membranen; Speichermedien mit höheren Energie- & Leistungsdichten	Fachbereiche C, D
Adiabate Druckluftspeicher	geeignete Kompressoren; Wärmespeicher; Ansätze für isotherme Druckluftspeicherung	Fachbereich D
Latentwärmespeicher	Speichermedien für verschiedene Temperaturbereiche: z.B. Zuckeralkohole, Salze, Verbundmaterialien...	Fachbereich C
Wärmespeicherung durch reversiblen Bindungen	Entwicklung von marktfähigen Produkten aus Grundlagenforschung	Fachbereich C
Schwungräder	Verbundwerkstoffe für High-Speed Flywheels Supraleitende Magnetlager	Fachbereiche C, D, E
Weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf		Anknüpfungspunkt Uni Wuppertal
Entwicklung von neuen Konzepten zur Nutzung gespeicherter Energie, z.B. Transport von gespeicherter Wärme, mobile SMES-Stationen ¹ , Verkauf von Regelleistung ...		Fachbereiche B, E IZ III
Steuerung und Regelung des Speichereinsatzes unter verschiedenen Optimierungsgesichtspunkten		Fachbereich E
Bauliche Architekturen der Speicher		Fachbereich D
1 Mobile SMES-Systeme (z.B. in Lastwagen), die abhängig von den Lastverhältnissen an wichtigen Netzpunkten Sekundenreserve bereitstellen können		

Die Entwicklung neuer Energiespeichertechnologien ist selten in etablierten Unternehmen verankert, typische Akteure auf diesem Feld sind Universitäten und Forschungseinrichtungen und daraus hervorgegangene Spin-Off-Unternehmen.

Im Folgenden werden einige Beispiele für solche jungen Unternehmen vorgestellt, die einen Eindruck von der enormen Vielseitigkeit der Gründungsmöglichkeiten im Themenbereiches Energiespeicher vermitteln.

etonomy – Die Unternehmensidee von etonomy ist die wirtschaftliche Gestaltung und Umsetzung dezentraler Energiespeichersysteme. Geplant ist, Dienstleistungen im Bereich des Speichersystemmanagements anzubieten. Diese umfassen das Management von Akkumulatoren, vorerst auf Blei-Säure-Basis, im Zusammenhang mit dezentralen Generatoren und Verbrauchern. Die dafür benötigten Infrastrukturkomponenten (Batteriespeichersysteme, soft- und hardwarebasierte Kommunikationslösungen) werden von etonomy entwickelt und vertrieben.

Das Konzept wurde von einem Studententeam der RWTH Aachen entwickelt. Die Studenten nahmen mit dieser Geschäftsidee am Businessplanwettbewerb AC² der Gründerregion Aachen teil und erhielten eine Prämierung erster Stufe. Anschließend folgte die Antragstellung zum EXIST-Gründerstipendium, für das Professor Sauer (RWTH Aachen) als Mentor gewonnen werden konnte. Derzeit wird die Gründung einer Unternehmergeellschaft umgesetzt.

H₂Hydrid – Die Geschäftsidee von H₂Hydrid beruht auf einer Innovation von Professor Hans-Jörg Himmel (Universität Heidelberg). Es handelt sich dabei um einen Metallhydridspeicher, mit dem es möglich ist, Wasserstoff reversibel, sicher und mit bisher unerreichtem Masseanteil bei praktikablen Bedingungen (insbesondere

Temperatur und Druck) molekular zu speichern. Das Anwendungspotenzial liegt im Bereich einer möglichen Wasserstoffwirtschaft, künftiger Elektromobilität sowie als sicherer Energiespeicher in privaten Haushalten. Das interdisziplinäre Gründerteam fand sich während der Ausbildung an der Bayerischen EliteAkademie zusammen und entdeckte die Produktidee von Herrn Professor Himmel. Auf Basis eines Patents wird nun die Business Idee weiterentwickelt, ein detaillierter Geschäftsplan erstellt und parallel die technische Entwicklung des Produkts weiter vorangetrieben.

ZBT Duisburg – Das Ende 2001 gegründete Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH, kurz ZBT, betätigt sich als Dienstleister im Bereich anwendungsorientierter Forschung, Entwicklung und Innovation.

Die Wasserstofferzeugung durch Elektrolyse und die Wasserstoffspeicherung sowie die Schaffung von Infrastruktureinrichtungen zur Wasserstoffverteilung sind wichtige Schwerpunkte der Abteilung Wasserstoff und Batterien. Zudem gewinnt im Umfeld von Brennstoffzellensystemen die Hybridisierung, d. h. die Kopplung mit anderen Energiesystemen wie z. B. Batterien oder SuperCaps, immer weiter an Bedeutung. Folgerichtig ist die Entwicklung innovativer Li-Batterie-Zellen, die insbesondere den Anforderungen in Elektrofahrzeugen genügen und für die Kombination mit Brennstoffzellensystemen geeignet sind, Schwerpunkt des Bereichs „Batterien“ in der Abteilung.

Das ZBT wurde auf Initiative der damaligen Universität Duisburg, hier insbesondere der Fachgebiete Energietechnik (Maschinenbau) und Elektrische Anlagen und Netze sowie mit Unterstützung des damaligen Ministeriums für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen gegründet. Das ZBT ist als gemeinnützige GmbH organisiert, alleiniger Gesellschafter ist die Universität Duisburg-Essen.

Wissenschaftliche Einrichtungen und Ansprechpartner *

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH;
Abt. Wasserstoff und Batterien; Bernd Oberschachtsiek
Carl-Benz-Straße 201; D-47057 Duisburg
Tel: 0203-379-3020; www.zbt-duisburg.de;
b.oberschachtsiek@zbt-duisburg.de

Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA)
an der RWTH Aachen: Prof. Uwe Sauer;
Jägerstr. 17/19; 52066 Aachen
Tel: 0241-8096977; www.isea.rwth-aachen.de;
sr@isea.rwth-aachen.de

Solites – Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige
thermische Energiesysteme;
Nobelstrasse 15; 70569 Stuttgart
Tel: 0711-6732000-0;
www.solites.de/; info@solites.de

* ohne Anspruch auf Vollständigkeit

MEET Batterieforschungszentrum: Westfälische
Wilhelms-Universität, Institut für Physikalische Chemie;
Prof. Dr. Martin Winter
Corrensstr. 28/30; 48149 Münster;
Tel: 0251-8336033; www.uni-muenster.de/MEET/;
martin.winter@uni-muenster.de

Cluster Energieregion.NRW; EnergieAgentur.NRW
c/o Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des
Landes Nordrhein-Westfalen; Dr. Frank-Michael Baumann
Haroldstraße 4; 40213 Düsseldorf;
Tel.: 0211-86642-0; www.energieregion.nrw.de;
baumann@energieregion.nrw.de

Fraunhofer Allianz Energie – Fraunhofer ISE;
Dr. Christopher Hebling
Heidenhofstr. 2; 79110 Freiburg;
Tel: 0761-4588-0; <http://www.energie.fraunhofer.de/>;
info@mikroenergie technik.de

Weiterführende Internetseiten

Bundesregierung:
www.foerderinfo.bund.de

Bundeswirtschaftsministerium (BMWi):
<http://www.bmwi.de/BMWi/Navigation/Energie/Energieforschung/foerderschwerpunkte.html>

Bundesumweltministerium (BMU):
<http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/36374/4595/>

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF):
<http://www.ngee.de/energiespeicher>
http://www.bmbf.de/pub/grundlagenforschung_energie.pdf

Bundesverkehrsministerium (BMVBS):
<http://www.bmvbs.de/dokumente/,-302.959574/Artikel/dokument.htm>

Ansprechpartner:
<http://www.fz-juelich.de/ptj/energie/>
<http://www.now-gmbh.de/>

Wettbewerbe NRW:
http://www.ziel2-nrw.de/2_Wettbewerbe_und_weitere_Foerdermoeglichkeiten

Europäischer Strategieplan Energietechnologie (SET):
<http://setis.ec.europa.eu/>

Quellen:
Fraunhofer INT 2009: Energiespeicher – Technische Grundlagen und energiewirtschaftliches Potenzial; U. Neupert et. al.; Fraunhofer Institut für Naturwissenschaftlich-Technische Trendanalysen, Stuttgart, 2009

UBA/BMU 2007: Zukunftsmarkt elektrische Energiespeicherung; Fallstudie im Auftrag des Umweltbundesamtes; P. Radgen, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung; Karlsruhe, 2007

Projekt-Ansprechpartner und Projekt-Informationen

Projektleitungsteam:
Prof. Dr. C. Volkmann (volkmann@wiwi.uni-wuppertal.de)
Prof. Dr. M. Fishedick (manfred.fishedick@wupperinst.org)
Prof. Dr. U. Braukmann (braukmann@wiwi.uni-wuppertal.de)

Energiespeicher / Entrepreneurial Technology Scouting
Prof. Dr. M. Fishedick; manfred.fishedick@wupperinst.org
C. Krüger; christine.krueger@wupperinst.org
F. Merten; frank.merten@wupperinst.org

Entrepreneurial Discovery Project
Prof. Dr. U. Braukmann; braukmann@wiwi.uni-wuppertal.de
T. Böth; boeth@wiwi.uni-wuppertal.de

Entrepreneurial Business Laboratorium
P. Saßmannshausen; sassmannshausen@wiwi.uni-wuppertal.de
D. Bohlmann; bohlmann@wiwi.uni-wuppertal.de

Projektunterstützung
I. Wüster; bizeps@uni-wuppertal.de

Projektinformationen:

Der Technologiebrief ist ein Produkt im Rahmen des EXIST-Forschungsprojekts bizeps gazelles, welches das Ziel verfolgt, universitäre Gründungschancen im wissenschaftlichen Mittelbau und der Professorenschaft im Bereich von Clean Tech zu ermitteln, und der durch das BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie) und den ESF (Europäischer Sozialfonds) gefördert wird. Im Internet: www.bizeps.de

Herausgeber:

Institut für Gründungs- und Innovationsforschung / Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH (Wuppertal)
Autor: M.Sc. Christine Krüger (christine.krueger@wupperinst.org)
Satz: VisLab Wuppertal Institut
Gedruckt auf Recyclingpapier ÖkoArt
Wuppertal, Juni 2010