

Energiespeicher – Innovative Technologien aus Nordrhein-Westfalen

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Landesregierung Nordrhein-Westfalen herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern und -werberinnen oder Wahlhelfern und -helferinnen während eines Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt auch für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen sowie auch für die Wahl der Mitglieder des Europäischen Parlaments. Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbe-

mittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Eine Verwendung dieser Druckschrift durch Parteien oder sie unterstützende Organisationen ausschließlich zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder bleibt davon unberührt. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin oder dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Liebe Leserin, lieber Leser,

die Landesregierung hat sich ein ehrgeiziges Ziel gesetzt: Wir werden Nordrhein-Westfalen zum führenden Energie- und Klimaschutzland in Europa machen. Umwelt und Ökonomie sind dabei keine Gegensätze. Nachhaltigkeit wird zu einem zentralen Wirtschaftsfaktor. Um dieses ambitionierte Ziel zu erreichen, ist ein tiefgreifender technologischer und struktureller Wandel in unserem Umgang mit Energie notwendig. Neben Steigerungen bei Energieeffizienz und Energieeinsparung sowie einem verstärkten Einsatz der Kraft-Wärme-Kopplung setzen wir dabei vor allem auf den Ausbau der erneuerbaren Energien.

Der Umbau unseres Energiesystems hin zu einer weitgehend CO₂-freien Energieversorgung erfordert Maßnahmen zur Sicherung des elektrischen Versorgungsnetzes. Dabei sind neben einem Mix sich wechselseitig ergänzender regenerativer Energiequellen auch eine Neuausrichtung der Versorgungsnetze und deren Management notwendig. Von großer Bedeutung ist hierbei die Speicherung von Strom und Wärme für verschiedene Anwendungen, Leistungsbereiche und Zeiträume. Um den erneuerbaren Energien den Weg in die Anwendung zu ebnen, werden wir die Entwicklung von Energiespeichern mit Nachdruck vorantreiben.

Nordrhein-Westfalen ist mit seinen leistungsstarken Hochschulen, zahlreichen Forschungseinrichtungen und seinen innovativen Unternehmen der ideale Standort für die Entwicklung neuartiger Speicherlösungen und ihre Integration in ein nachhaltiges Versorgungssystem. Wichtige Treiber für derartige Innovationen sind die Zusammenarbeit über Fachgrenzen hinweg sowie der Austausch zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und den Verbrauche-



rinnen und Verbrauchern. Denn technologische Entwicklungen sind allein noch kein Fortschritt. Den gibt es erst dann, wenn die Innovationen auch bei den Menschen ankommen und ihr Leben verbessern. Hier setzt unsere Forschungsstrategie Fortschritt.NRW an, die den Fokus auf Forschung für eine nachhaltige Entwicklung auf den Feldern der großen gesellschaftlichen Herausforderungen richtet.

Speicherforschung aus Nordrhein-Westfalen kann durch neue Materialien und neue Technologien entscheidende Antworten für die Umsetzung der Energiewende liefern. Wie vielfältig und innovativ die entsprechenden Akteure und Aktivitäten sind, verdeutlicht diese Broschüre. Die Publikation gibt Ihnen einen eindrucksvollen Einblick in das Innovationspotenzial unseres Landes. Ich wünsche Ihnen eine interessante Lektüre.

A handwritten signature in black ink that reads "Svenja Schulze".

Svenja Schulze

Ministerin für Innovation, Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen

I. Forschungscluster und Netzwerk für die Branche

Cluster EnergieForschung.NRW

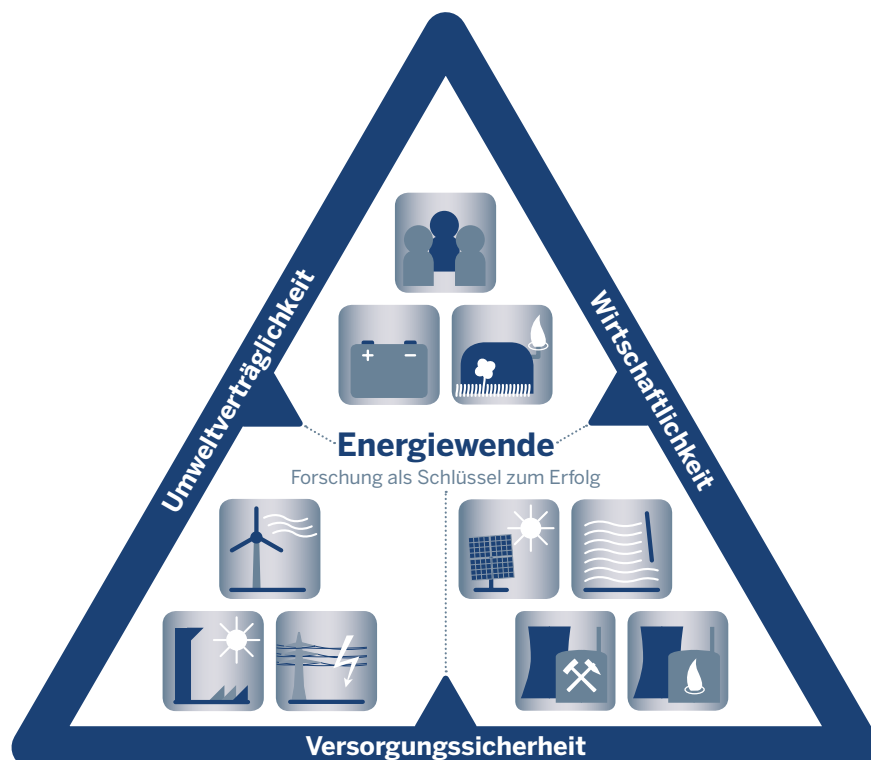
Der Cluster EnergieForschung.NRW (CEF.NRW) arbeitet im Auftrag des Ministeriums für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen an der Umsetzung der energiewirtschaftlichen und klimapolitischen Zielvorgaben der Landesregierung im Bereich der Energieforschung.

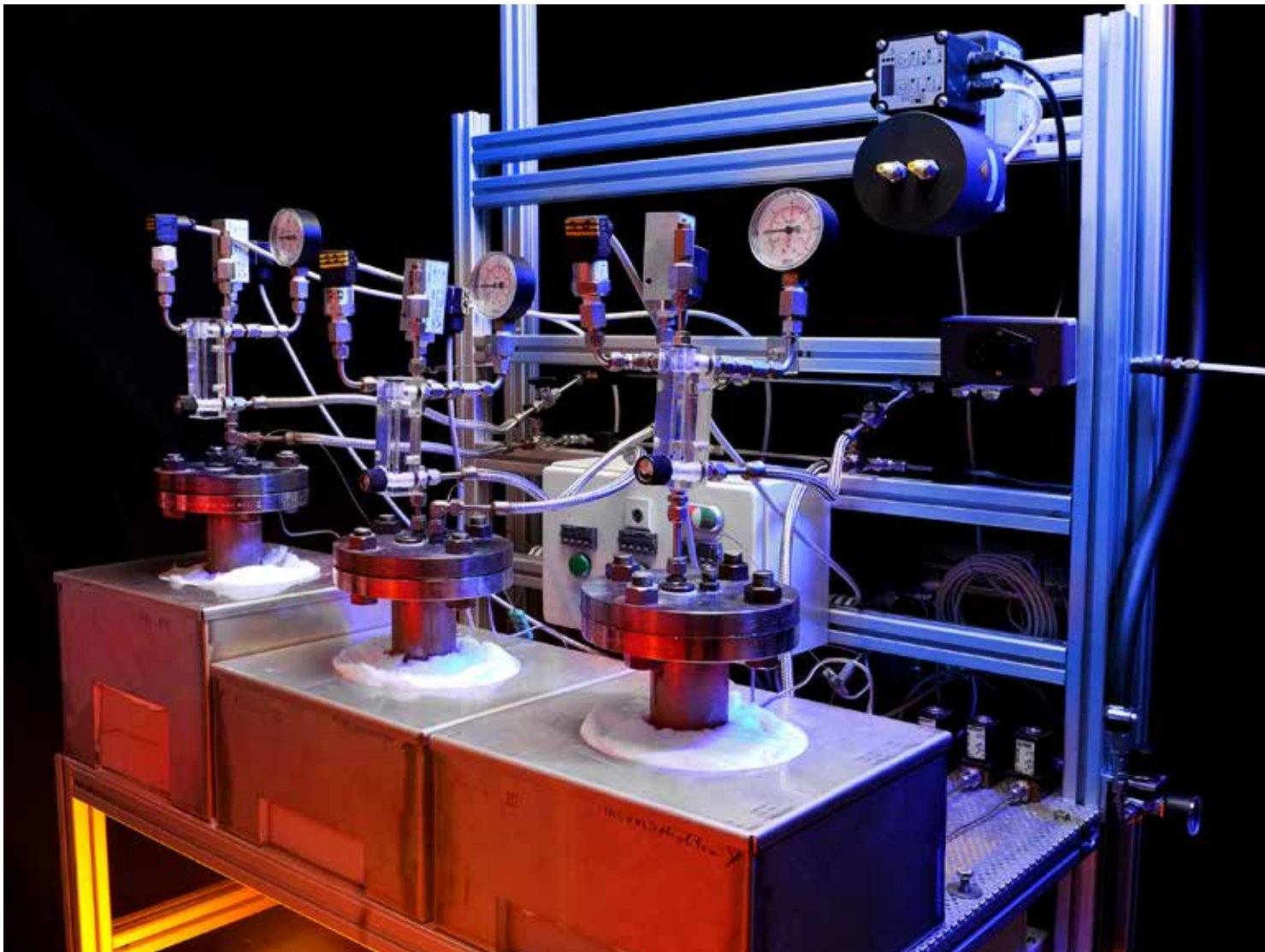
CEF.NRW stellt das komplexe Energieversorgungssystem als Ganzes in den Fokus seiner inter- und transdisziplinären Aktivitäten. Aufbauend auf den für die Energiewende relevanten Prozessen der Primärenergiekonversion im erneuerbaren und fossilen Bereich werden die Netze von Strom, Wärme, Gas sowie die entsprechenden Speichertechnologien als Tätigkeitsfeld gesehen.

Neben der rein technologischen Transformation stellt die Energiewende eine neuartige Herausforderung für die Gestaltung des Partizipationsprozesses der Öffentlichkeit dar. Ihn gilt es wissenschaftlich zu begleiten und spezifische Lösungsstrategien zu entwickeln. Auch hier sieht der Cluster Handlungsbedarf.

CEF.NRW zielt darauf ab, dass technologische und sozioökonomische Erkenntnisfortschritte schneller als bisher ihren Weg in die Anwendung finden. Dazu initiiert der Cluster Forschungs- und Entwicklungsprojekte in der koordinierten Zusammenarbeit von Forschungseinrichtungen mit der Wirtschaft. Gemanagt wird CEF.NRW von der EnergieAgentur.NRW.

www.cef.nrw.de





Netzwerk Speicher und Netze NRW

Das Netzwerk Speicher und Netze wurde im Auftrag der Landesregierung mit dem Ziel gegründet, die Vielzahl der bereits heute in den bestehenden Strukturen der EnergieAgentur.NRW beteiligten Partner und Akteure noch effizienter zu vernetzen. Aufbauend auf die Aktivitäten des Netzwerks Kraftwerkstechnik sowie des Netzwerks Brennstoffzelle und Wasserstoff gilt es, die Stärken und anstehenden Herausforderungen im Bereich der Speicher- und Netztechnologien sowie des Netzmanagements in Nordrhein-Westfalen zu analysieren sowie wichtige Schwerpunktthemen zu identifizieren.

Das Netzwerk stellt sich die Aufgabe, den Aus- und Umbauebedarf der elektrischen Netz- und Strommarktstruktur in Nordrhein-Westfalen zu identifizieren. Entlang der daraus resultierenden Ergebnisse werden die Handlungsfelder des Netzwerks definiert. Desweiteren sind die Initiierung von Netzwerkprojekten, die Bereitstellung der vorliegenden Internetplattform, sowie die Organisation zielgruppenorientierter Veranstaltungen Bestandteile der Netzwerk-Aktivitäten. Die Begleitung von Akteuren und Entscheidungsträgern auf der Grundlage fachlich fundierter und neutraler Informationen rundet das Portfolio ab.

www.speicher-netze.nrw.de

Einleitung

Die Energiewende hat längst begonnen. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Versorgung mit Strom und Wärme ist in Deutschland deutlich angestiegen. Im Jahr 2013 haben regenerative Energiequellen rund 25 Prozent zur Brutto-Stromerzeugung beigetragen. Nach den Vorgaben der Bundesregierung soll der Anteil auf mindestens 35 Prozent im Jahr 2020 steigen. Bis 2050 strebt die Bundesregierung einen Anteil von 80 Prozent an.

Der Klimaschutz und die Energiewende sind eine zentrale gesellschaftliche Aufgabe. Es gilt, eine weitgehende Dekarbonisierung zu erreichen und somit eine weitere Belastung des Weltklimas und der Umwelt zu vermeiden. Auch im Hinblick auf Verknappung besteht die Notwendigkeit, fossile Ressourcen zu schonen. Gefordert ist daher eine konsequente Neuausrichtung der Energieversorgung. Das Ziel ist der verstärkte Ausbau der erneuerbaren Energien und langfristig eine vollständige Umstellung auf diese klimafreundlichen, emissionsfreien Energieträger.

Eine der größten technischen Herausforderungen ist, die Verfügbarkeit der fluktuierenden erneuerbaren Energien

mit dem Bedarf der Verbraucher in Einklang zu bringen und eine wirtschaftliche und sichere Versorgung mit Strom und Wärme sicherzustellen. Leistungsstarke, flexible und effiziente Energiespeicher spielen dabei eine entscheidende Rolle. Eine enorme Bandbreite an Technologien ist bereits verfügbar, an Verbesserungen und neuen Konzepten wird intensiv gearbeitet.

Die vorliegende Broschüre stellt die unterschiedlichen Speichertechnologien vor und informiert über den aktuellen Stand sowie den Forschungsbedarf. Wichtige Forschungsgruppen aus Nordrhein-Westfalen werden ebenfalls präsentiert. Denn das Bundesland an Rhein und Ruhr verfügt über eine starke Forschungslandschaft, in der die erneuerbaren Energien sowie die Speichertechnologien einen Themenschwerpunkt bilden. Wichtige Impulse und Hilfestellungen für die Player in diesem Bereich geben der Cluster EnergieForschung.NRW (CEF.NRW) und das Netzwerk Speicher und Netze NRW. Beide werden von der EnergieAgentur.NRW gemanagt.



| Stromspeichertechnologie | Sekundenreserve | USV* | Tageslastausgleich | Wochen-/Jahreslastausgleich |
|--|------------------------|-------------|---------------------------|------------------------------------|
| Elektrochemische Kondensatoren | geeignet | geeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Supraleitende Magnetische Energiespeicher (SMES) | geeignet | geeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Schwungräder | geeignet | geeignet | ungeeignet | ungeeignet |
| Akkumulatoren | ungeeignet | geeignet | geeignet | ungeeignet |
| Wasserstoff | ungeeignet | ungeeignet | geeignet | geeignet |
| (adiabate) Druckluftspeicher | ungeeignet | ungeeignet | geeignet | geeignet |
| Pumpspeicherkraftwerke | ungeeignet | ungeeignet | geeignet | geeignet |

Fraunhofer UMSICHT 2013: Speicher für die Energiewende.

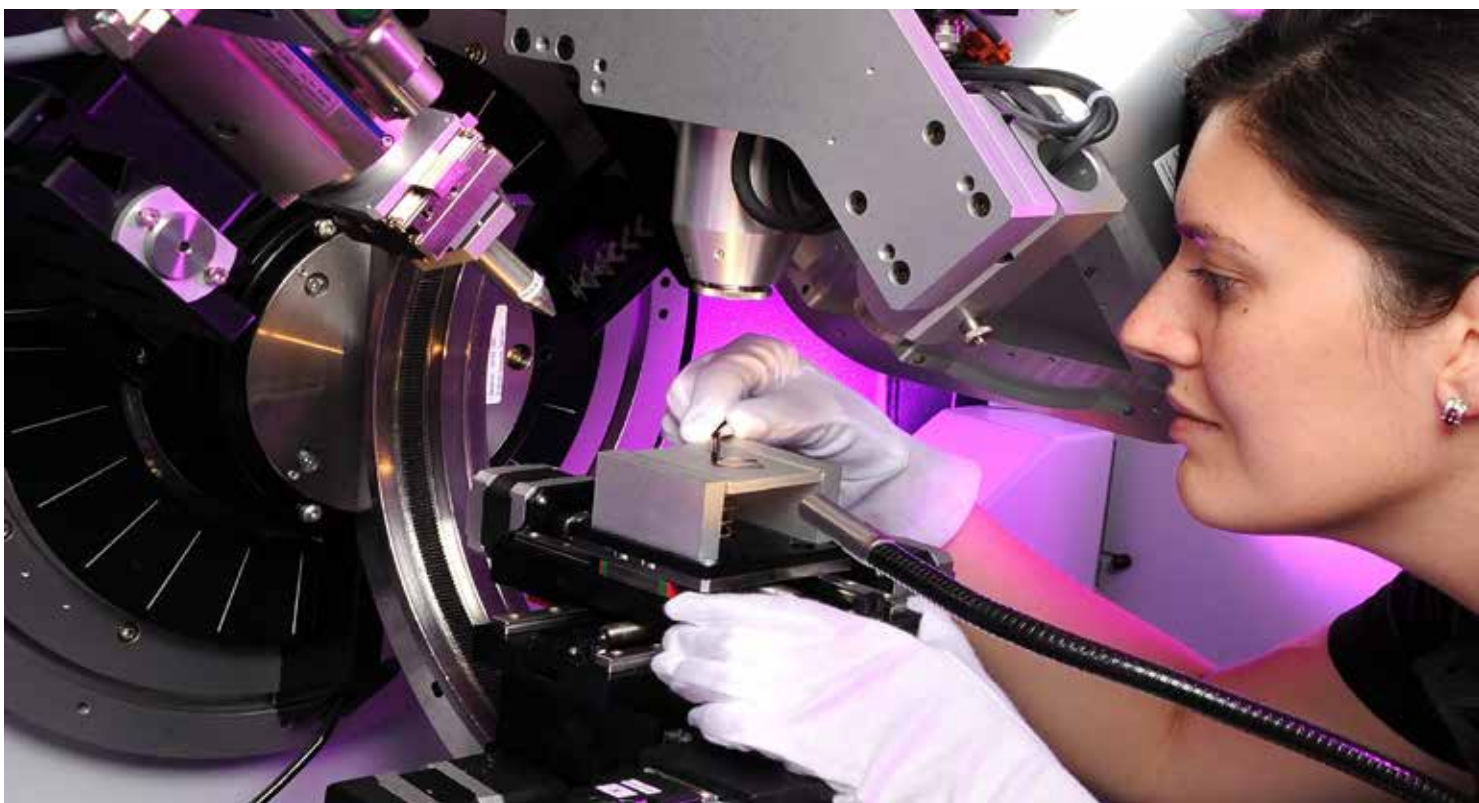
*USV: Unterbrechungsfreie Stromversorgung

Die Speicherung von elektrischer Energie wird sowohl für die zukünftige Energieversorgung als auch für die Mobilität immer wichtiger. Angesichts der notwendigen Energiewende gilt dies mehr als je zuvor.

Die Anwendungen von Energiespeichern sind vielfältig. So können sie als Sekundenreserve oder zur Absicherung der Stromversorgung bei Störungen des elektrischen Versorgungsnetzes eingesetzt werden (unterbrechungsfreie Stromversorgung, USV). Andere mögliche Anwendungen sind die Erbringung von Dienstleistungen für das elektrische Netz, wie z.B. des Tageslastausgleich oder der Wochen- / Jahreslastausgleich. Auch thermische Speichertechnologien können zur Flexibilisierung des

Energiesystems beitragen (Power-to-Heat-Konzepte). In Nordrhein-Westfalen wird zu fast allen Speichertechnologien geforscht und entwickelt.

Zusammenfassend wird die Nutzung einzelner Stromspeichertechnologien in den einzelnen Leistungsbereichen in der obigen Tabelle dargestellt.





II. Speichertechnologien

Energiespeicher sind stets präzente Begleiter im Alltag. In Form von Batterien sind sie in Fahrzeugen im Einsatz sowie in Handys und Laptops. Großspeicher wie Pumpspeicherkraftwerke sind ebenfalls eine seit mehr als hundert Jahren bekannte, bewährte und weltweit verbreitete Technik. Daneben gibt es zahlreiche weitere Techniken, neue Konzepte und Entwicklungen zur Speicherung von Energie. Ganz unterschiedliche Methoden und Materialien werden dafür eingesetzt. Das folgende Kapitel gibt einen Überblick über die wichtigsten Technologien, den Stand der Entwicklung und der Einsatzgebiete.

Mechanische Speicher

Pumpspeicherkraftwerke

Pumpspeicherkraftwerke sind weltweit die am meisten verbreiteten großtechnisch angelegten Speichersysteme. Die Technologie ist schon seit mehr als hundert Jahren bekannt und gilt als technologisch ausgereift. Das Funktionsprinzip ist simpel. Pumpspeicherkraftwerke benötigen ein Ober- und ein Unterbecken. Ist die Stromnachfrage niedrig, werden große Mengen Wasser von dem niedrigen in das höher gelegene Becken gepumpt. So kann elektrische Energie in Form von potenzieller Energie gespeichert

werden. Wenn in Spitzenzeiten des Verbrauchs zusätzliche Energie bereitgestellt werden muss, wird das Wasser durch einen Druckschacht vom oberen Speichersee zum Unterbecken geleitet und dadurch Turbinen angetrieben, an die Generatoren angeschlossen sind. So kann bei Bedarf Strom zurückgewonnen werden.

Pumpspeicherkraftwerke sind klassische Langzeitspeicher. Sie können aus dem Stillstand innerhalb von wenigen Minuten Strom erzeugen, daher dienen diese vor allem zur Bereitstellung von Spitzenlaststrom und für den Ausgleich von unerwarteten Schwankungen im Stromverbrauch. Da sie keine externe Stromquelle zum Start benötigen, eignen sie sich auch, um bei Stromausfällen das Stromnetz wieder aufzubauen und andere Kraftwerke anzufahren.

Der Wirkungsgrad von Pumpspeicherkraftwerken beträgt zwischen 75 und 85 Prozent. Die Leistungskapazität der in Deutschland aktiven Pumpspeicherkraftwerke liegt derzeit bei rund 7 GW. Aufgrund des Standortmangels und der in Zukunft ungewissen Wirtschaftlichkeit dieser Art von Kraftwerken ist in Deutschland kein starker Ausbau zu erwarten. In begrenztem Maße kann bei bestehenden Anlagen ein Ausbau durch den Bau zusätzlicher Turbinen und Röhren erreicht werden.

Druckluftspeicherkraftwerke

Eine weitere Möglichkeit zur mechanischen Speicherung von Strom sind Druckluftspeicherkraftwerke (auch CAES-Kraftwerke für Compressed Air Energy Storage). Diese Technologie wird bisher jedoch kaum genutzt. Weltweit sind nur zwei im Einsatz, eins davon in Deutschland. Druckluftspeicherkraftwerke nutzen überschüssige elektrische Energie, um Luft mithilfe eines Kompressors bei starker Kühlung zu verdichten und dann in unterirdischen Hohlräumen zu lagern. Wird zu einem anderen Zeitpunkt zusätzlicher Strom benötigt, kann die expandierende Luft Turbinen antreiben, die Strom erzeugen. Durch die unterirdische Lagerung sind die sichtbaren Auswirkungen auf die Landschaft sehr gering, im Vergleich vor allem zu Pumpspeicherkraftwerken.

Der Wirkungsgrad der bestehenden Druckluftspeicherkraftwerke ist mit 40 beziehungsweise 54 Prozent relativ niedrig. Das liegt daran, dass die komprimierte Luft vor ihrer Einlagerung gekühlt und bei ihrer Expansion wieder erwärmt werden muss. Im Zentrum von Forschung und Entwicklung steht daher die Weiterentwicklung zu adiabaten CAES-Kraftwerken. Diese sorgen dafür, dass die bei der Verdichtung der Luft entstehende Wärme zwischengespeichert wird. Dann lässt diese sich für den Expansionsprozess wieder einsetzen. Das Ziel ist, damit einen Wirkungsgrad von 62 bis 70 Prozent zu erreichen. Druckluftspeicherkraftwerke sind wie Pumpspeicherkraftwerke sehr flexibel und können daher kurzfristig einen Re-

servebedarf an Energie bereitstellen. Daher lassen sie sich vor allem zur Bereitstellung von Spitzenlaststrom und den Ausgleich von Schwankungen im Stromverbrauch nutzen.

Schwungmassespeicher

Schwungmassespeicher speichern Strom in Form von kinetischer Energie. Mithilfe eines Elektromotors wird ein Rotor beschleunigt. Durch die Verbindung mit einem Generator wird die Masse zu einem gewünschten Zeitpunkt abgebremst und gibt dabei Energie ab. Unter optimalen Einsatzbedingungen können Schwungmassespeicher einen Wirkungsgrad von bis zu 95 Prozent erreichen. Die leistungsstärksten Schwungräder erreichen heute Leistungen von bis zu 3 MW. Verglichen mit anderen Speichertechnologien entladen sich Schwungmassespeicher deutlich schneller, was ihren Einsatz auf den Sekunden- und Minutenbereich beschränkt. Da sie kurzfristig sehr hohe Leistungen bereitstellen können, werden sie für den Ausgleich von Spannungsschwankungen im Sekundenbereich herangezogen. Zudem werden sie auch für die Realisierung einer unterbrechungsfreien Stromversorgung eingesetzt.

Gegenwärtige Forschungen konzentrieren sich vor allem auf die Erhöhung der Drehzahl, weil sich darüber die Speicherkapazität effektiver erhöhen lässt als über Gewicht und Größe der Rotoren. Dafür werden zunehmend faserverstärkte Verbundmaterialien wie zum Beispiel Kohlenfasern und Fiberglas eingesetzt.





Thermische Speicher

Sensible Wärmespeicher

Die am häufigsten eingesetzten Wärmespeicher sind sensible oder kapazitive Speicher. Sensible Wärmespeicher verändern bei der Be- und Entladung ihre fühlbare Temperatur. Bei der Beladung wird einem Speichermedium Wärme zugeführt und es somit auf ein höheres Temperaturniveau gebracht. Bei der Entladung wird der Prozess umgekehrt und dem Speichermedium Energie entzogen. Aufgrund der Temperaturdifferenz zwischen Speicher und Umgebung entstehen Wärmeverluste. Eine gute Isolierung des Speichers ist also entscheidend, ebenso wie ein optimales Verhältnis aus Oberfläche und Volumen.

Die am meisten eingesetzten sensiblen Speicher sind Warmwasserspeicher, die vor allem im Gebäudebereich Anwendung finden. Dampfspeicher werden häufig als Kurzzeitspeicher für Prozesswärme in der Industrie genutzt.

Bei Warmwasserspeichern ist der Betrieb nur bei Temperaturen von unter 100 °C möglich. Bei höheren Temperaturen werden andere Flüssigkeiten wie beispielsweise flüssige Salze oder Feststoffe verwendet. Nach der Art des eingesetzten Mediums werden die sensiblen Speicher in Fluid- oder Feststoffspeicher sowie in Kurz- oder Lang-

zeitspeicher untergliedert. Zudem existieren sogenannte Hybridspeicher, die Verfahrenskombinationen umsetzen. Eine Form von Hybridspeicher ist beispielsweise der Kies-Wasser-Speicher.

Latente Wärmespeicher

In Latentwärmespeichern wird die Wärme von einem Material dadurch aufgenommen, dass es seinen Aggregatzustand verändert. Dieses als Phasenwechselmaterial (Phase Change Material, PCM) bezeichnete Speichermedium ermöglicht die Aufnahme von relativ großen Wärmemengen sowie hohen Energiedichten, und das bei einer weitgehend konstanten Betriebstemperatur. Im Vergleich zu sensiblen Speichern sind damit 10- bis 20-fach höhere Wärmespeicherdichten zu erreichen. Einen Nachteil bilden allerdings die höheren Kosten im Vergleich zu den sensiblen Speichern.

Mit Latentwärmespeichern können Temperaturschwankungen innerhalb eines Systems geglättet, Temperaturspitzen verhindert und industrielle Prozesswärme bereitgestellt werden. In den vergangenen Jahren haben zahlreiche PCM-Produkte ihre Marktreife erreicht. Zukünftig werden Phasenwechselfluide einsetzbar sein, die noch weitaus größere Energiemengen speichern können und damit kompaktere Speicher ermöglichen. In diesem Bereich besteht noch weiteres Entwicklungspotenzial.

Thermochemische Systeme

Thermochemische Speichersysteme wandeln Wärme durch eine sogenannte endotherme chemische Reaktion in chemische Energie um. Die bei der Reaktion entstehenden Produkte (und die darin enthaltene chemische Energie) können problemlos über längere Zeiträume gespeichert werden. Durch die Umkehrung der chemischen Reaktion (exotherme Reaktion) kann die Wärme bei Bedarf wieder frei gesetzt werden.

Ein Beispiel ist der Sorptionsspeicher: Ein Tank enthält ein Silicagel, das stark porös ist und somit eine große Oberfläche hat. Silicagele haben die Eigenschaft, Wasserdampf anzuziehen und an ihrer Oberfläche anzulagern (Adsorption), wobei Wärme frei wird. Zum Trocknen von Silicagel (Desorption) muss hingegen Wärmeenergie aufgewendet werden. Das Silicagel lagert in Granulatform in einem Kessel, in dem sich ein Wärmeübertrager befindet. Soll überschüssige Energie gespeichert werden, wird das Material mit entsprechendem Energieaufwand getrocknet und steht dann unter hoher innerer Spannung. Bei Bedarf wird es gezielt belüftet, sodass es Wasserdampf aus der Umgebung aufnimmt. Daraufhin gibt das Silicagel die gespeicherte Wärme wieder ab.

Die Speichersysteme werden untergliedert in Speicher mit reversiblen chemischen Bindungen sowie in Sorptionsspeicher, die wiederum in Adsorptions- und Absorptionsspeicher unterteilt werden. Die Auswahl des Speichermaterials ist von mehreren Faktoren abhängig, wie zum Beispiel von der gewünschten Speicherkapazität, der Lade- und Entladeleistung sowie dem Temperaturniveau des Speichers. Aktuell werden in Pilotanlagen überwiegend Zeolithe, Silicagele und Metalhydride eingesetzt. Die verwendeten Materialien werden bei der Be- und Entladung nicht verbraucht.

Erhebliche Vorteile der thermochemischen Speicherung gegenüber den sensiblen Speichern oder Latentwärmespeichern sind die hohen Speicherkapazitäten, der große Temperatureinsatzbereich und die geringen Wärmeverluste. Das macht die Methode vor allem für die Langzeitspeicherung interessant. Das Verfahren ist noch recht neu und weist daher noch Möglichkeiten zur Optimierung auf, insbesondere bei den verwendeten Materialien.

Elektrochemische und chemische Speicher

Mit elektrochemischen Speichern sind Akkumulatoren beziehungsweise Batterien gemeint. Der Begriff umfasst eine sehr große Bandbreite an Technologien. Stellvertretend seien hier drei gängige Batterietypen vorgestellt.

Blei-Säure-Batterien

Das Prinzip von Blei-Säure-Akkumulatoren beziehungsweise Batterien ist schon seit mehr als hundert Jahren bekannt. Aufgrund der hohen Anzahl von Installationen gehören sie weltweit zu den erprobten und weit verbreiteten Speichertechnologien mit vergleichsweise niedrigen Investitionskosten.

Blei-Säure-Batterien wandeln Strom elektrochemisch um, bevor sie ihn speichern. Die Energiespeicherung findet mithilfe von Elektroden aus Blei und Schwefelsäure statt, die als Elektrolyt genutzt wird. Deshalb müssen die Batterien in einem säurefesten Gehäuse untergebracht werden, um ein Austreten der Schwefelsäure zu verhindern. Aufgrund der spezifischen chemischen Prozesse kann bei einer langsamen Entladung mehr Strom entnommen werden als bei einer schnellen Entladung. Das bedeutet, dass die Leistungskapazität von der Entnahmegeschwindigkeit abhängt. Aufgrund von Sulfatierung nimmt die Kapazität mit jedem Zyklus ab. Je stärker die Entladung ausfällt, desto stärker ist der Kapazitätsverlust. Entladetiefe und Nutzungsart bestimmen also die Lebensdauer des Speichers.



Es ist zu erwarten, dass Lithium-Ionen-Akkumulatoren zukünftig in vielen Bereichen die Blei-Säure-Batterien ablösen werden. Dennoch findet auch bei den Blei-Batterien eine technologische Weiterentwicklung statt, die vor allem die Nutzungsdauer erhöhen soll. Blei-Säure-Batterien eignen sich ebenso wie die im folgenden beschriebenen Lithium-Ionen-Akkumulatoren zur stationären sowie zur mobilen Speicherung, insbesondere von selbsterzeugtem Strom beispielsweise durch Photovoltaik-Anlagen. Die Batterien lassen sich zur Sicherung der unterbrechungsfreien Stromversorgung und zur Netzstabilisierung nutzen.

Lithium-Ionen-Akkumulatoren

Im Gegensatz zu Blei-Säure-Batterien stellen Lithium-Ionen-Akkumulatoren keinen einheitlichen Batterietypus dar. Vielmehr werden vor allem für die Elektrode verschiedene Lithium-Metalloxide verwendet. Derzeit werden acht verschiedene Varianten von Lithium-Akkus hergestellt. Ein Vorteil der Variationsmöglichkeiten ist, dass sich je nach Materialkombination die Eigenschaften der Batterien wie Spannung oder Lebensdauer nach Bedarf optimieren lassen.

In Laptops und Handys kommen Lithium-Batterien schon lange erfolgreich zum Einsatz. Ihr Vorteil liegt neben einer geringen Selbstentladerate in ihrer hohen Energiedichte. Der Sicherheitsaspekt muss dabei allerdings besonders berücksichtigt werden. Je höher die Energiedichte, desto größer werden die Anforderungen an die Überwachungs-

elektronik beziehungsweise an die Kühlung. Dennoch sind Lithium-Ionen-Batterien mit ihrer hohen Energiedichte bei geringem Gewicht entscheidend für den Durchbruch der Elektromobilität.

Redox-Flow-Batterien

Der Vorteil von Redox-Flow-Batterien liegt darin, dass das energiespeichernde Material außerhalb der Zelle gelagert wird. Die speicherbare Energiemenge lässt sich damit flexibel dimensionieren, weil Energieumwandlungseinheit und Speichermedium voneinander getrennt sind. Als Energielieferanten dienen zwei verschiedene Elektrolyte, in denen Metallsalze gelöst sind. Während des Lade- und Entladevorgangs fließen die energiespeichernden Elektrolyte in getrennten Kreisläufen aus den Tanks durch die Zelle, wo der Ionenaustausch mithilfe einer Membran stattfindet. Dabei erfolgt die Speicherung in den Elektrolyten.

Je nach Auslegung der Batteriezelle können für sehr kurze Zeit sehr große Leistungen erzeugt werden oder aber eine geringe Leistung bei insgesamt längerer Laufzeit. Redox-Flow-Batterien bieten den weiteren Vorteil, dass sie keine nennenswerte Selbstentladung aufweisen und deshalb die Energie auch sehr lange speichern können. Sie lassen sich gut zur Sicherung der unterbrechungsfreien Stromversorgung und zur Netzstabilisierung nutzen.

Die verschiedenen Redox-Flow-Systeme befinden sich in unterschiedlichen Entwicklungsstadien. Zink-Brom-Sys-



teme und Vanadium-Redox-Batterien sind am weitesten ausgereift und bereits im kommerziellen Einsatz, Eisen-Chrom-Systeme haben das Demonstrationsstadium erreicht.

Chemische Speicher für Wasserstoff

Eine weitere Möglichkeit zur elektrochemischen Speicherung von Strom ist die Verwendung von Wasserstoff. Mittels Elektrolyse wird die elektrische Energie genutzt, um Wasser in Wasser- und Sauerstoff zu zerlegen. Diese Anwendung wird auch als Power to Gas bezeichnet. Wasserstoff lässt sich in gasförmigem oder flüssigem Zustand sowie in chemisch gebundener Form oder in porösen Medien speichern. Die Aufbewahrung von Wasserstoff stellt jedoch hohe sicherheitstechnische Anforderungen, da Wasserstoff in Kontakt mit Luft ein hochexplosives Knallgas bildet.

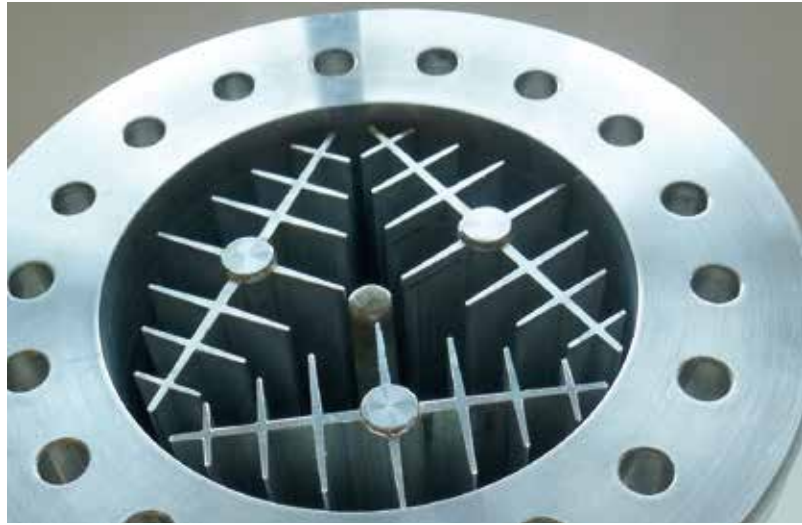
Neben der Speicherung in Tanks kann Wasserstoff oder auch zu Methan weiter umgewandelter Wasserstoff ins Erdgasnetz eingespeist und dort gespeichert werden. Die Rückverstromung erfolgt in Gaskraftwerken, Anlagen der Kraft-Wärme-Kopplung, Brennstoffzellen oder auch Verbrennungsmotoren. Derzeit liegt der Wirkungsgrad der Elektrolyse zwischen 70 und 80 Prozent und ist stark von der Größe der jeweiligen Anlage abhängig. Die Technologie bildet eine wichtige Option für die Langzeitspeicherung.

Elektrische Speicher

Doppelschichtkondensatoren

Kondensatoren bestehen aus elektrisch leitenden Schichten, also aus Elektroden, die durch nichtleitende Schichten voneinander getrennt sind. Die Speicherung der elektrischen Energie folgt ohne einen weiteren Umwandlungsschritt innerhalb eines elektrischen Feldes, das erzeugt wird, indem an die Elektroden eine Spannung angelegt wird. Kondensatoren gehören zu den Stromspeichern, die in kurzer Zeit sehr viel Energie aufnehmen und abgeben, insgesamt aber nur wenig Energie über längere Zeit speichern können.

Eine besonders interessante Weiterentwicklung der Technologie besteht mit den Doppelschichtkondensatoren, die auch als SuperCaps bezeichnet werden. Sie können im gleichen Volumen sehr viel mehr Strom speichern. Mit dieser Eigenschaft vereinen die SuperCaps den Vorteil herkömmlicher Kondensatoren als schnelle Energielieferanten mit dem Vorteil einer höheren Speicherkapazität, wie sie sonst nur Batterien bieten. Ihr Wirkungsgrad liegt teilweise über 98 Prozent. Weil ihre Ladezeit sehr kurz und ihr Abnutzungsgrad äußerst gering ist, werden SuperCaps



vor allem dort eingesetzt, wo häufiges Laden und Entladen notwendig ist.

Die Forschungen in diesem Bereich konzentrieren sich derzeit auf die Verbesserung der Elektroden. Je größer deren Oberfläche ist, desto mehr Energie können die SuperCaps speichern. Daher wird verstärkt mit Nanomaterialien experimentiert.

Supraleitende magnetische Energiespeicher

Neben Kondensatoren bieten Spulen eine weitere Möglichkeit, elektrische Energie ohne weiteren Umwandlungsschritt zu speichern. Die Energie wird dabei in einem Magnetfeld gespeichert, das mithilfe von Gleichstrom erzeugt wird, der durch eine Spule kreist. Besonders geeignet sind sogenannte supraleitende Spulen, die in der Lage sind, unterhalb einer bestimmten vom Material abhängigen kritischen Temperatur Strom ohne messbaren Widerstand zu leiten. So kann der Strom im elektromagnetischen Feld nahezu beliebig lange gespeichert werden.

Zum Erreichen der kritischen Temperatur von weit unter -200 °C ist jedoch eine Kühlung erforderlich, die derzeit nur mithilfe von flüssigem Stickstoff oder flüssigem Helium und damit auf sehr energieintensive Weise zu erreichen ist. Der sonst sehr gute Wirkungsgrad der Speicher von 90 bis 95 Prozent wird dadurch erheblich geschmälert. Die Forschungsbemühungen konzentrieren sich deshalb auf die Entwicklung neuer supraleitender Materialien, deren kritische Temperatur über der bisher verwendeten liegt. Bislang werden supraleitende Spulen vor allem als Kurzschluss-Stromquelle eingesetzt. Sie liefern bei Fehlern im Netz die nötige Energie zum Auslösen von Sicherungen.

III. Player in Nordrhein-Westfalen

Das Bundesland Nordrhein-Westfalen verfügt über eine starke Forschungslandschaft, in der die nachhaltige Energieversorgung der Zukunft inkl. innovativer Speichertechnologien einen bedeutenden Themenschwerpunkt bilden. Das folgende Kapitel stellt einige der nordrhein-westfälischen Entwickler und Forschungsgruppen vor und gibt damit einen ersten Überblick über die Themenvielfalt und die breit gefächerten technischen und wissenschaftlichen Kompetenzen. In diesem Rahmen können längst nicht alle, sondern nur einige wichtige Player beispielhaft genannt werden.

CeraStorE am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Im CeraStorE, dem Kompetenzzentrum für keramische Werkstoffe und thermische Speichertechnologien am DLR in Köln, arbeiten WissenschaftlerInnen aus den drei DLR-Instituten für Werkstoff-Forschung, Solarforschung und Technische Thermodynamik. Thematische Schwerpunkte sind die Entwicklung von langfaserverstärkten Oxidkeramikwerkstoffen für stationäre Gasturbinen, Prozesse und Materialien für die (solar)thermische Gewinnung synthetischer Brennstoffe sowie thermische beziehungsweise thermochemische Speicherkonzepte und -demonstratoren. Die WissenschaftlerInnen erforschen innovative Speichertechnologien für Strom und Wärme aus regenerativen Energiequellen und überprüfen neue Konzepte zur solaren Erzeugung von Brennstoffen auf ihre Machbarkeit. www.dlr.de

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Das DLR in Köln ist das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Ein Themenbereich innerhalb des Fachbereichs Energieforschung bildet die thermische, elektrochemische und chemische Energiespeicherung.

Die Speicherung von Wärme kann rein physikalisch in Form von sensibler oder latenter Wärme erfolgen oder auch reversible chemische Reaktionen nutzen. Das DLR widmet sich allen drei Ansätzen. Aufgrund der engen technischen Verwandtschaft setzt das Institut zudem seine elektrochemischen Kompetenzen zur Weiterentwicklung von Brennstoffzellen und Elektrolyseuren ein. In beiden Systemen geht es darum, effiziente, robuste und kostengünstige Lösungen für die Praxis zu entwickeln. Die Arbeiten des DLR zu Batterien widmen sich sowohl der Weiterentwicklung der Lithium-Ionen-Technik als auch der Entwicklung von Batterien der nächsten und übernächsten Generation wie Lithium-Schwefel- und Metall-Luft-Batterien. www.dlr.de



„Für die Energiewende sind Hochtemperaturspeicher unverzichtbar. In solarthermischen Kraftwerken können sie die Stromproduktion effektiv vom Tag in die Abendstunden verschieben, in der industriellen Produktion ermöglichen sie die Entkopplung von Strom- und Wärmebedarf und erhöhen so deutlich die Effizienz vom KWK-System.“

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Pitz-Paal
Co-Direktor Institut für Solarforschung, DLR

Forschungszentrum Jülich Institut für Energie- und Klimaforschung, Grundlagen der Elektrochemie (IEK-9)

Das IEK-9 am Forschungszentrum Jülich beschäftigt sich mit den wissenschaftlichen Grundlagen der Entwicklung leistungsstarker und ressourceneffizienter Materialien und Komponenten zur elektrochemischen Energiespeicherung und Energiewandlung. Ziel der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind kostengünstige Batterien, Brennstoffzellen und Elektrolyseure mit verbesserter Energie- und Leistungsdichte, längerer Lebensdauer und maximaler Sicherheit.

www.fz-juelich.de/iek/iek-9/DE

Institut für Energie- und Klimaforschung, Elektrochemische Verfahrenstechnik (IEK-3)

Das IEK-3 entwickelt Technologien, Verfahrenskonzepte, Modelle und Studien für zukünftige Energiesysteme mit Brennstoffzellen sowie zur Erzeugung und Verteilung von Wasserstoff. Kernkompetenzfelder sind Brennstoffzellen Reformer und die Dekarbonisierung fossiler Kraftwerke. Ein Projekt befasst sich beispielsweise mit der Polymer-elektrolytmembran-Elektrolyse, eine kompakte Wasserstoffherstellung, die in Verbindung mit geeigneten Speichersystemen eine Schlüsseltechnologie auf dem Weg zu einer umweltschonenden Energieversorgung der Zukunft darstellt.

www.fz-juelich.de/iek/iek-3/DE



„Wasserstoff ist eine geeigneter Langzeitspeicher, der bereits mit heutiger Technik im Verkehr bei großen Stückzahlen kosteneffizient wäre.“

Prof. Dr. Detlef Stolten
Institut für Energie- und Klimaforschung, Forschungszentrum Jülich

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT

Das Forscherteam am Fraunhofer UMSICHT in Oberhausen entwickelt und optimiert Energieanlagen, Energiesysteme und entsprechende Versorgungssysteme. Es erarbeitet zudem Lösungen für die Speicherung von Strom und Wärme.

Im Bereich elektrochemische Speicher bildet die Redox-Flow-Batterie einen Schwerpunkt der Forschung. Entwickelt werden neben Batteriesystem und Stackdesign auch optimierte Materialien. Die ForscherInnen testen sowohl Redox-Flow also auch Lithium-Batterie-Systeme. In weiteren Projekten geht es um thermische Energiespeicher auf Basis von Phase-Change-Slurries für stationäre und mobile Anwendungen. Für thermochemische Speicher identifizieren die ForscherInnen geeignete Reaktionssysteme, charakterisieren neue Materialien und entwerfen Anwendungskonzepte. Zudem werden heterogen-katalysierte Verfahren entwickelt zur Speicherung von Energie in Form chemischer Bindungen. Ein Forschungsthema ist auch die Nutzung von Biogas innerhalb von Strom- und Wärmespeicherkonzepten.

www.umsicht.fraunhofer.de

Gas- und Wärme-Institut Essen e.V. (GWI)

Das GWI in Essen forscht, entwickelt, prüft und berät zu den Technologien der Gase für die öffentliche Gasversorgung, das heißt Erdgas aus den verschiedenen Bezugsquellen und zunehmend regenerativ erzeugte Gase, beispielsweise Biogas, Synthetic Natural Gas (SNG) und Wasserstoff. Auch Liquefied Natural Gas (LNG) bekommt eine immer größere Bedeutung.

Die Forschungsschwerpunkte des GWI fokussieren die Themen Gas-Beschaffenheit, Versorgungssicherheit und Gas-Anwendungstechnologien, die vom Maßstab der Haushaltsebene bis hin zum groß-industriellen Maßstab reichen. Forschungsthemen wie systemübergreifende Energieeffizienzbetrachtung sowie die Entwicklung hochflexibler Energietechnologien sind zunehmend in den Fokus des Interesses gerückt. Im Hinblick auf die Energiewende werden aktuell Forschungsvorhaben zu den Themen Speichertechnologien in der Erdgasinfrastruktur sowie Konvergenz der Strom- und Gasnetze und damit der Bereich Power to Gas bearbeitet.

www.gwi-essen.de

Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)

Das IUTA in Duisburg hat eine verfahrenstechnische Ausrichtung. Den Arbeitsschwerpunkt bilden anwendungsorientierte Forschungs- und Entwicklungsprojekte gemeinsam mit Industriepartnern. In Kooperation mit

Universitäten und Hochschulen befassen sich die ForscherInnen zudem mit grundlegenden wissenschaftlichen Fragestellungen in den Kernarbeitsgebieten des Instituts. Diese Arbeitsgebiete lassen sich den folgenden fünf Leitthemen zuordnen: Feinstaub, Nanotechnologie, funktionale Oberflächen, zukünftige Energieversorgung, hochtoxische Substanzen.

Die Projektgruppe Energiewandlung und Energiespeicherung widmet sich Entwicklungen im Bereich wasserstoffbasierter Energiesysteme. In der Brennstoffzellentechnologie liegt ein potenzielles Marktsegment bei Systemen zur orts- und netzunabhängigen Stromversorgung. Ihre Realisierung steht und fällt mit dem Aufwand für die Bereitstellung des benötigten Wasserstoffs. Je nach Anwendung ist dafür ein Speicher notwendig oder der Wasserstoff muss vor Ort erzeugt werden. Daher sind die Erzeugung und Speicherung von Wasserstoff weitere Kernthemen. Für die Speicherung werden natriumalanatbasierte Speicherbehälter mit integrierter Wärmeein- und auskopplung entwickelt.

www.iuta.de



„Energiespeicherung ist eine entscheidende Zukunftstechnologie mit großen wissenschaftlichen Herausforderungen schon heute.“

Prof. Dr. Robert Schlögl
Max-Planck-Institut für
Chemische Energiekonversion

Max-Planck-Institut für chemische Energiekonversion (MPI CEC)

Das MPI CEC in Mülheim an der Ruhr ist ein noch junges Institut, es wurde 2013 gegründet. Die WissenschaftlerInnen erforschen verschiedene Methoden, Energie in chemischen Verbindungen zu speichern. Sie ermitteln, wie sich Energie effizient in speicherbare und in nutzbare Formen umwandeln lässt und suchen dabei vor allem nach geeigneten Katalysatoren für die dazu notwendigen chemischen Reaktionen. Zu diesem Zweck nimmt das Forscherteam sich unter anderem Pflanzen zum Vorbild, die mit der Energie des Lichts direkt Zucker aufbauen. Es will aber auch Techniken wie etwa die Elektrolyse von Wasser verbessern, mit denen sich überschüssige elektrische Energie speichern lässt.

www.cec.mpg.de

„Effiziente Speicher werden in regenerativen Energiesystemen für alle Größen- und Zeitskalen benötigt, von kleinen, portablen Batteriespeichern für Handys und Laptops bis zu riesigen, vermutlich chemischen Speichern zur Deckung saisonaler Defizite.“

Prof. Dr. Ferdi Schüth,
Max-Planck-Institut für Kohlenforschung



Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (MPI KOFO)

Das MPI KOFO in Mülheim an der Ruhr betreibt Grundlagenforschung auf allen Gebieten der Katalyse. Das zentrale Thema ist die katalysierte Umwandlung von Verbindungen und Materialien unter Bedingungen, in denen sich die effiziente Nutzung natürlicher Ressourcen maximieren lassen.

Eine Abteilung des Instituts befasst sich mit dem Thema Wasserstoffspeicherung. Die Forschungsschwerpunkte sind die Synthese und Charakterisierung von neuen Materialien für die Speicherung von Wasserstoff und Wärme. Dabei liegt der Fokus auf komplexen Aluminiumhydridverbindungen, da diese Materialien hohe Speicherkapazitäten für Wasserstoff besitzen. Das Ziel ist die Optimierung von entsprechenden Systemen für Brennstoffzellenanwendungen und die Suche nach neuen Materialien zur Verwendung als potenzielle Wasserstoffspeicher. Metallhydride können nicht nur Wasserstoff, sondern auch erhebliche Mengen Wärme speichern. In diesem Fall wird Wasserstoff als Arbeitsgas verwendet und während der Aufnahme oder Abgabe von Wärme nicht verbraucht.

www.kofo.mpg.de

Münster Electrochemical Energy Technology (MEET)

Das MEET ist ein Batterieforschungszentrum der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster. Dort arbeitet ein internationales Team an der Forschung und Entwicklung

„Der Schlüssel zu leistungsfähigen Batterien sind die Materialien. Sie sind entscheidend für Energie, Sicherheit, Zuverlässigkeit und Lebensdauer.“

Prof. Dr. Martin Winter
MEET Batterieforschungszentrum,
WWU Münster



elektrochemischer Energiespeicher mit höherer Energiedichte, längerer Haltbarkeit und maximaler Sicherheit. Ziel ist, die Batterie für den Einsatz in Elektroautos und stationären Energiespeicher-Systemen zu verbessern und dabei möglichst eine Kostensenkung zu erreichen. Einen besonderen Schwerpunkt bildet dabei die Lithium-Ionen-Technologie.

Darüber hinaus beschäftigt sich das MEET auch mit Batterie-Systemen der nächsten Generation, etwa mit Lithium-Schwefel- oder Metall-Luft-Systemen. Eine weitere Forschungsgruppe konzentriert sich auf Superkondensatoren, da diese ebenfalls eine vielversprechende Speichertechnologie bedeuten.

www.uni-muenster.de/MEET

Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Energiesysteme und -wirtschaft (LEE)

Das Team am LEE der Ruhr-Universität Bochum arbeitet an energietechnischen und energiewirtschaftlichen Themen. Schwerpunkte sind kumulierte Energieaufwendungen und Ökobilanzen von erneuerbaren Energien, Niedrigenergiegebäuden und -siedlungen, neue Energiesysteme sowie Analysen und Simulationen zur Technik von Energieversorgungssystemen.

Im Bereich der Speichertechnologie beschäftigen sich die WissenschaftlerInnen mit der Entwicklung eines Realisierungskonzeptes für die Nutzung von Anlagen des Steinkohlebergbaus als unterirdische Pumpspeicherkraftwerke. In Zusammenarbeit unter anderem mit einem Forscherteam der Universität Duisburg-Essen wird untersucht, in wie weit Schächte und Stollen des aufgegebenen untertägigen Steinkohlenbergbaus zur Aufnahme von Speicherräumen genutzt werden können. Die geologischen und technischen Randbedingungen potenzieller Standorte, die erforderlichen technischen Einrichtungen und deren Bau und Betrieb werden analysiert. Der LEE führt die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit vor dem Hintergrund der Marktdynamik im Energiesektor sowie vorbereitende Arbeiten zur ökobilanziellen Bewertung der Anlage durch.

www.lee.ruhr-uni-bochum.de

RWTH Aachen, Institut für Stromrichtertechnik und Elektrische Antriebe (ISEA)

Das ISEA an der RWTH Aachen behandelt die Forschungsthemen Leistungselektronik, Leistungselektronische Bauelemente, Elektrische Antriebe sowie Elektrochemische Energiewandlung und Speichersystemtechnik.

Die Forschungsgruppe Elektrische Speichersysteme arbeitet mit und an Bleibatterien aller Technologien,

Lithium-Ionen und Lithium-Polymer-Batterien, Nickel-Cadmium- und Nickel-Metalhydrid-Batterien sowie Doppelschichtkondensatoren. Daneben geht es auch um Systeme mit externem Speicher, bei denen der Energiespeicher unabhängig von der Leistungseinheit dimensioniert werden kann. Dabei stehen Wasserstoffspeichersysteme mit Elektrolyseur und Brennstoffzelle sowie Redox-Flow-Batteriesysteme im Vordergrund.

Schwerpunkt der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind systemtechnische Fragestellung, die zum Ziel haben, Speicher für elektrische Energie optimal in ihre jeweilige Anwendung zu integrieren.

www.isea.rwth-aachen.de

Solar-Institut Jülich (SIJ)

Das SIJ ist eine zentrale wissenschaftliche Einrichtung der Fachhochschule Aachen. Seine Aufgabe ist die Entwicklung anwendungsorientierter technischer Lösungen in den Bereichen der regenerativen und effizienten Energienutzung. Die Arbeiten liegen auf den Gebieten der solaren Niedertemperatur- und Prozesswärmekollektoren sowie Hochtemperaturabsorbern für Solarthermische Kraftwerke.

Durch den exklusiven Zugang zum Solarthermischen Demonstrations- und Versuchskraftwerk Jülich verfügt das SIJ innerhalb der deutschen und internationalen Hochschullandschaft über ein ausgeprägtes Alleinstellungsmerkmal. Darüber hinaus werden Komponenten für die Meerwasserentsalzung, für thermische Speicher und für die moderne Solararchitektur entwickelt.

www.sij.fh-aachen.de

Zentrum für BrennstoffzellenTechnik ZBT GmbH

Das ZBT in Duisburg ist ein anwendungsorientiertes,



„Die Transformation unseres Energieversorgungssystems hin zu einer im Wesentlichen auf erneuerbaren Energien beruhenden Versorgung ist ohne effiziente Energiespeichertechnologien nicht denkbar.“

Dr. Frank-Michael Baumann
Geschäftsführer EnergieAgentur.NRW

unabhängiges Entwicklungsinstitut. Es unterstützt die Brennstoffzellenindustrie mit dem Ziel, den Markteintritt von Brennstoffzellen zu erreichen. Dazu werden marktnahe Arbeiten zum Beispiel im Bereich der Fertigungstechnik und der Zertifizierung durchgeführt. In Verbänden und Kooperationen steht die Entwicklung von Komponenten und Systemen bis hin zu Demonstratoren und Funktionsmustern im Fokus. Weitere Projekte erstellen grundlegende Untersuchungen zu Materialien, Komponenten und Verfahren.

Daneben bilden die Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse und die Speicherung sowie die Schaffung von Infrastruktureinrichtungen zur Wasserstoffverteilung wichtige Themenschwerpunkte. Zudem gewinnt im Umfeld von Brennstoffzellensystemen die Hybridisierung, das heißt die Kopplung mit anderen Energiesystemen wie beispielsweise Batterien oder SuperCaps, immer weiter an Bedeutung. Daher ist die Entwicklung von Li-Batterie-Zellen, die den Anforderungen in Elektrofahrzeugen genügen und für die Kombination mit Brennstoffzellensystemen geeignet sind, ein weiterer Schwerpunkt.

www.zbt-duisburg.de





IV. Projektbeispiele

Im Anschluss an die nordrhein-westfälischen Player stellt dieses Kapitel einige konkrete Entwicklungs- und Forschungsprojekte aus Nordrhein-Westfalen vor. Auch diese Zusammenstellung ist lediglich als eine Auswahl aus der großen Vielfalt zu verstehen. Die Projekte sind hier nach den jeweils zugrundeliegenden Speicherkonzepten eingeordnet. Vorgestellt werden Beispiele zu stationären, zentralen und dezentralen Speichern, Technologien für den mobilen Einsatz, insbesondere für die Elektromobilität, zudem ein Beispiel für die Methode Power to Gas sowie ein alternatives Konzept.

Stationäre, zentrale, netzgebundene Speicher

HYPOS am Forschungszentrum Jülich

Das Projekt HYPOS soll überschüssigen, regenerativ erzeugten Strom durch eine innovative Verknüpfung der elektrochemischen Wasserstoffherzeugung mit der vorhandenen Infrastruktur von Gaspipelines und Gasspeichern nutzbar machen. Der sogenannte grüne Wasserstoff soll sowohl für die Stoffwandlung in der chemischen Industrie als auch als Energiequelle für den Bedarf der Elektromobilität zur Verfügung gestellt werden. Das Forscherteam führt grundlegende Studien zur Konzeptionierung einer Elektrolyse-Pilotanlage durch. Die besonderen Merkmale dieser Pilotanlage liegen einerseits in der Energiebereitstellung aus regenerativ erzeugter elektrischer Energie und andererseits in der Verknüpfung der Anlage mit einem Wasserstoffspeicher in großtechnischem Maßstab.

Redox-Flow-Batterien am Fraunhofer UMSICHT

Am Fraunhofer UMSICHT ist ein Projektteam damit beschäftigt, Vanadium-Redox-Flow-Batterien zu entwickeln und zu testen. Es stehen große Teststand-Kapazitäten zur Verfügung. Diese ermöglichen es, Testzellen im Leistungsbereich von 10 kW bis hin zu Leistungsmodulen bis 80

kW und 100 Volt zu charakterisieren. Es können Testzyklen automatisiert durchgeführt werden, um Lebensdauer und Zyklenstabilität zu untersuchen. Zudem analysieren die ForscherInnen mithilfe der elektrochemischen Impedanzspektroskopie das Zellverhalten. Ziel der Forschungsarbeiten ist, Stromspeicher auf Basis einer Redox-Flow-Batterie zu entwickeln, um eine Leistungsgröße von 10 kW bis 10 MW zu erreichen, Kosten zu senken und die Wirkungsgrade zu steigern.

Stationäre dezentrale Speicher

WMEP PV-Speicher – Wissenschaftliches Mess- und Evaluierungsprogramm Solarstromspeicher

Seit dem 1. Mai 2013 fördert die Bundesregierung dezentrale Solarstromspeicher durch ein Marktanreizprogramm in Form von zinsgünstigen KfW-Krediten und Tilgungszuschüssen von bis zu 30 Prozent auf die Investitionskosten der Speichersysteme.

In dem durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) geförderte Projekt WMEP PV-Speicher werden die Kenndaten aller geförderten Speichersysteme statistisch erfasst und wissenschaftlich ausgewertet. Die zusätzliche monatliche Analyse der Stromzählerstände von bis zu 2000 geförderten Anlagen gibt Aufschluss über die Wirkung der Speicher auf die Erhöhung des Eigenverbrauchs, vermiedene Abregelung und den Wirkungsgrad der Gesamtsysteme. In einem Intensiv-Monitoring werden darüber hinaus sekundengenaue Analysen von 20 ausgewählten Speichersystemen durchgeführt. Die ausgewerteten Daten können ein tiefgehendes Verständnis von den Potentialen, Schwierigkeiten und Wirkungsweisen von PV-Speichersystemen im realen Betriebsumfeld erzeugen und Optimierungspotenziale der Speichersysteme und -betriebsweisen aufzeigen.

HiTexStor am Solar-Institut Jülich

HiTexStor ist ein Projekt aus dem Bereich Thermochemische Speicher. Das Forscherteam am Solar-Institut Jülich (SIJ) befasst sich mit dem Konzept des Hochtemperatur-Wanderbett-Wärmeübertragers zur Speicherung sensibler Wärme in Schüttgütern. Bei einem solchen wird die Wärme aus einem Heißluftstrom in einem Wanderbett auf Quarzsand übertragen.

Die Basis für HiTexStor bildet das Vorlaufprojekt Sandspeicher, das unter Federführung des SIJ in Zusammenarbeit mit dem DLR durchgeführt wurde und das Verfahren mittels Laborversuch bestätigt hat. Bei HiTexStor bestimmt das Projektteam zunächst die Bedingungen einer stabilen Schüttgutströmung und nimmt dann eine Weiterentwicklung der luftdurchlässigen Schüttguttrennwände vor. Dabei untersuchen die ForscherInnen verschiedene Schüttgutarten hinsichtlich ihrer Eignung als Wärmeträgermedium. Im Anschluss daran wird eine 150 kW Technikumsanlage konstruiert und geplant, damit diese in einem Folgeprojekt gebaut und vermessen werden kann.

Speicher für Elektromobilität

Neuartige Separatorfolien für Lithium-Ionen-Batterien am MEET

Separatoren in Lithium-Ionen-Batterien sind poröse Folien zur Trennung der chemischen Reaktionen von Anode und Kathode und somit ein wesentliches Sicherheitselement, um einen Kurzschluss in der Batterie zu verhindern. In diesem Projekt ermittelt das MEET Batterieforschungszentrum der Universität Münster ein neues Konzept zum chemischen und strukturellen Aufbau von Separatoren. Denn Separatoren mit einer hohen Stabilität auch bei Temperaturen bis zu 200 °C können verhindern, dass es im Extremfall bei elektrischem Kontakt der Elektrodenmaterialien zu einem explosionsartigen Durchbrennen der Batterie kommt. Damit soll die Sicherheit der Batterien für die Elektromobilität bedeutend erhöht werden.

Li-Mobility an der RWTH Aachen

Im Projekt Li-Mobility entwickelt das Forscherteam an der RWTH Aachen ein Batterie-Managementsystem für Lithium-Ionen-Batterien, das in der Lage ist, neben der reinen Diagnose im Fahrbetrieb vorherzusagen, wie sich zusätzliche Zyklisierungen durch Netzregelaufgaben auf die Alterung der Batterie auswirken. Die Grundlagen dafür werden an konventionellen Lithium-Ionen-Zellen sowie an Lithium-Eisenphosphat-Zellen erforscht.

Die Information über die vorhergesagte Alterung ist die Basis für das Optimierungsmodell, in das weitere

Angaben über die Anzahl verfügbarer Fahrzeuge, deren Konfiguration, die Batterie-Eigenschaften sowie die für die Netzdienstleistung erzielbaren Preise einfließen. Davon ausgehend wird die Bereitstellung von Regelleistung ermittelt. Dadurch wird es möglich, realistischere Kostenschätzungen für Vehicle-to-Grid-Szenarien zu treffen und zu bestimmen.

Power to Gas

H2Herten: Wasserstoffversorgungs- und Energiekomplementärsystem

Eine bedeutende Technologie für den Transport und die Speicherung von erneuerbaren Energien ist die Speicherung von Energie in Form von Wasserstoff und deren Rückgewinnung durch Brennstoffzellen. Wegweisend ist dabei die Gewinnung von sogenannten grünem Wasserstoff, also solchem, der auf der Elektrolyse von Windstrom basiert. Am Wasserstoffkompetenzzentrum H2Herten arbeiten ForscherInnen an einem Power-to-Gas-Projekt zur Bereitstellung von Regel- und Reserveleistung sowie zur Erzeugung von Kraftstoff für den Betrieb von Wasserstoff-Fahrzeugen.

Auf dem ehemaligen Zechengelände Ewald haben sich in den vergangenen Jahren zahlreiche Unternehmen und Institutionen angesiedelt, die sich für erneuerbare Energien und insbesondere für das Technologiefeld Wasserstoff und Brennstoffzelle stark machen. Zusammen bilden sie das Wasserstoff-Kompetenzzentrum Herten.

Alternative Speicherkonzepte

Hybrider Stadtspeicher am Fraunhofer UMSICHT

Städte verfügen über ein enormes, indirektes Potenzial zur Speicherung von Energie und damit zum direkten Ausgleich zwischen Energieangebot und -nachfrage im lokalen Netz. Das Projekt „Der hybride Stadtspeicher“ am Fraunhofer UMSICHT will dieses Potenzial nutzbar machen. Ziel ist die Integration erneuerbarer Energien durch zentrale und dezentrale elektrische Speicher sowie die Einbindung von dezentralen Erzeugern und Lasten, die durch zusätzliche thermische Speicher erschlossen werden.

Strom könnte zukünftig also nicht nur in Großspeichern, sondern auch dezentral gespeichert werden, nämlich bei den Verbrauchern zuhause. Dies kann direkt in Lithium-Batterien geschehen oder indirekt durch intelligente Stromerzeuger und -verbraucher. Regeln soll dies eine Kombination aus intelligenter und flexibler Soft- und Hardware, die von dem Projektteam entwickelt wird.

Cluster EnergieForschung.NRW

Völklinger Straße 4 (rwi4)
40219 Düsseldorf
www.cef.nrw.de

**Ministerium für Innovation,
Wissenschaft und Forschung
des Landes Nordrhein-Westfalen**

Völklinger Straße 49, 40221 Düsseldorf
www.wissenschaft.nrw.de

Text:

Meike Nordmeyer

Gestaltung:

Wiedemeier Kommunikation GmbH, Düsseldorf

Bildnachweis:

BMW (S. 8), Christoph Kniel (S. 17), DLR (Titel, S. 5, S. 6, S. 7, S. 10, S. 18), EON (S. 9), EWE Pressebilder (S. 12), Fraunhofer UMSICHT (S. 11), Max-Planck-Institut für Kohlenforschung (S. 13), privat (S. 14, S. 16)

Exzellenz NRW

Exzellenz NRW steht für die Clusterstrategie am Wirtschafts- und Innovationsstandort Nordrhein-Westfalen. Die Landesregierung will Stärken stärken und die Exzellenzen in Nordrhein-Westfalen systematisch ausbauen. Ziel der Clusterpolitik ist es, ein günstiges Umfeld für Innovationen zu schaffen, das die Wettbewerbsfähigkeit der Wirtschaft stärkt und Wachstum und Beschäftigung stimuliert. Mehr zur Clusterstrategie des Landes und den 16 Clustern in Nordrhein Westfalen finden Sie unter www.exzellenz.nrw.de.

© EnergieAgentur.NRW/EA283



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung