

SCHWERPUNKTE UND IMPULSE FÜR DAS 7. ENERGIEFORSCHUNGSPROGRAMM

Ein Positionspapier des Forschungsbereichs Energie
der Helmholtz-Gemeinschaft

INHALT

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung..... | 3 |
| 2. Status Quo des Energieforschungsprogramms..... | 4 |
| 3. Trends und Herausforderungen..... | 5 |
| 3.1 Entwicklungstrends..... | 5 |
| 3.2 Herausforderungen..... | 6 |
| 4. Impulse für das 7. Energieforschungsprogramm..... | 8 |
| 4.1 Zukunftsthemen..... | 8 |
| 4.1.1 Digitalisierung..... | 8 |
| 4.1.2 Energiespeicher als Schlüsseltechnologie..... | 9 |
| 4.1.3 Sektorkopplung..... | 10 |
| 4.2 Strukturelle Impulse..... | 11 |
| 4.2.1 Zusammenhang institutionelle Förderung – Projektförderung..... | 11 |
| 4.2.2 Erweiterung der Systemgrenzen..... | 11 |
| 4.2.3 Europäische und internationale Einbettung..... | 12 |
| 4.2.4 Strategische Partnerschaften mit der Wirtschaft..... | 12 |
| 5. Fazit..... | 13 |
| 6. Impressum..... | 14 |

1. EINLEITUNG

Die Energiewende ist eines der größten Modernisierungs- und Infrastrukturprojekte der Gegenwart und Zukunft, dessen langfristiger Erfolg ein vertrauensvolles komplexes und dynamisches Zusammenwirken politischer, wissenschaftlicher, wirtschaftlicher und sozialer Stakeholder erfordert.

Große Dringlichkeit für den Umbau der Energieversorgung ergibt sich aus dem Klimawandel. Durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe und die weltweite Abholzung der Wälder hat die Menschheit den CO₂-Gehalt der Atmosphäre gegenüber dem vorindustriellen Niveau um 45 Prozent erhöht. Die globale Durchschnittstemperatur ist dadurch um 0,9°C angestiegen. Auf der UN-Klimakonferenz COP 21 im Jahr 2015 verpflichtete sich die Weltgemeinschaft zu dem Ziel, die globale Erwärmung auf maximal 2°C zu begrenzen. Dies kann nur gelingen, wenn weltweit abgestimmte Anstrengungen unternommen werden, den CO₂-Ausstoß deutlich zu senken. Gerade finanz- und forschungsstarke Länder wie Deutschland, können Energietechnologien mit weltweitem Anwendungspotenzial entwickeln, die auch global zur Senkung des CO₂-Ausstoßes beitragen.

In Deutschland ist eine Reduktion des CO₂-Ausstoßes in den energiepolitischen Zielen verankert. Tatsächlich nehmen jedoch die CO₂-Emissionen zu, obwohl die Reduktionspotenziale gerade im Verkehrssektor und Wärmesektor enorm sind. Während im Jahr 2015 der Anteil der Erneuerbaren Energien am Bruttostromverbrauch 32% betrug, lag der Anteil Erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Wärmesektor bei 13% und im Verkehrssektor lediglich bei 5%. Um eine signifikante Reduktion des Kohlendioxidausstoßes zu erreichen, müssen folglich erstens neue Energietechnologien entwickelt, zweitens das Energiesystem integrativ betrachtet, systemisch neu aufgestellt und optimiert werden sowie drittens Energieeinsparpotenziale konsequent gehoben werden.

Unter diesen Rahmenbedingungen gilt es einen Transformationsprozess hin zu einem umweltschonenden Energiesystem durchzuführen, der langfristig ausgelegt ist und Nachjustierungen flexibel integrieren lässt. Darüber hinaus muss dieser unter Bewahrung der Umweltverträglichkeit, Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und mit gesellschaftlicher Partizipation durchgeführt werden.

Das Energieforschungsprogramm der Bundesregierung ist ein wichtiger Wegbereiter für die Entwicklung eines sektorenübergreifenden klimaneutralen gesellschaftlichen Lebens und Wirtschaftens. Doch erfordert gerade eine systematische Weiterentwicklung des Energieforschungsprogramms eine Analyse und eventuelle Justierung der Forschungsbedarfe und Schlüsseltechnologien in einem Zusammenhang, in dem nicht nur Einzeltechnologien im Vordergrund stehen, sondern systemische Kopplungen unter Integration des Wärme- und Mobilitätsbereichs erkannt und Gesamtlösungen erarbeitet werden. Dieses Papier stellt das Ergebnis eines intensiven Analyseprozesses mit Fachexperten der Helmholtz-Gemeinschaft dar. Ausgehend vom Status Quo des aktuellen Energieforschungsprogramms werden aktuelle Trends und Herausforderungen beleuchtet und anschließend Impulse für das 7. Energieforschungsprogramm abgeleitet.

2. STATUS QUO DES ENERGIEFORSCHUNGSPROGRAMMS

Das 6. Energieforschungsprogramm ermöglicht F&E Aktivitäten im Rahmen von Projektförderung und institutioneller Förderung. Damit bietet es die Grundlage zur Erreichung von schnellen Erfolgen in kurzfristigen Projekten über die Planung von langfristigen strategisch aufgestellten Forschungsprogrammen bis hin zur nationalen Vorsorgeforschung.

Im Rahmen der Projektförderung adressiert das Energieforschungsprogramm umfassend Technologien insbesondere im Stromsektor entlang der Wertschöpfungskette von der Grundlagenforschung bis hin zu marktnahen Innovationen. Unter Wahrung der Technologieoffenheit werden neue Impulse durch geschickte Formate zur Kooperation von Universitäten, außeruniversitären Einrichtungen, NGOs und der Industrie gegeben. Neben einer Vielzahl von Einzelprojekten mit kurzfristiger Laufzeit adressieren langfristig angelegte Forschungsvorhaben wie z.B. die Kopernikus-Projekte und die SINTEG Projekte unter einem verlässlichen Planungshorizont große Forschungsbedarfe entlang der gesamten Wertschöpfungskette mit einer klaren „technology to market strategy“.

Die institutionelle Forschungsförderung, die sich im Jahr 2016 auf über 300 Mio. Euro belief, stellt den Großteil der Grundfinanzierung des Forschungsbereichs Energie der Helmholtz-Gemeinschaft dar und ist im Rahmen der sogenannten Programm-orientierten Förderung strategisch darauf ausgerichtet, sowohl die Herausforderungen der Energiewende in Deutschland in Forschung und Entwicklung anzugehen als auch globale und langfristige Entwicklungen mit voranzutreiben. Die Helmholtz-Gemeinschaft hat dabei den Anspruch, sich als ein wissenschaftlicher Architekt für die Energiewende zu positionieren und verfolgt ganzheitliche und systemische Ansätze, die sämtliche relevanten Energieketten einbeziehen und technologische Optionen für die Zukunft sichern. Von den insgesamt sieben Forschungsprogrammen im Forschungsbereich Energie liefern fünf unmittelbare technologische und systemische Lösungen für ein nachhaltiges Energiesystem in Deutschland. Weiterhin liefert ein Programm wichtige Beiträge zur Reaktorsicherheit deutscher und internationaler Kernkraftwerksanlagen sowie zur sicheren Zwischen- und Endlagerung radioaktiver Abfälle und stellt damit auch zukünftig den Kompetenzerhalt zu nuklearen Fragestellungen sicher. Zudem erforscht das Programm Kernfusion eine neue Primärenergiequelle als mögliche Zukunftsoption und entwickelt die dafür erforderlichen Technologien.

3. TRENDS UND HERAUSFORDERUNGEN

3.1 ENTWICKLUNGSTRENDS

Die Transformation des Energiesystems ist im Zieldreieck der Versorgungssicherheit, Umweltverträglichkeit und Wirtschaftlichkeit durch das Zusammenspiel der politischen, wirtschaftlichen, sozialen und wissenschaftlichen Erfolgsfaktoren geprägt. Im Rahmen eines Analyseprozesses von Fachexperten der Helmholtz-Gemeinschaft wurden Erfolgsfaktoren erarbeitet, auf deren Grundlage Herausforderungen abgeleitet wurden. In Tabelle 1 sind für jeden der vier Bereiche Faktoren zusammengefasst, die durch eine relativ gut vorhersehbare Entwicklung und durch eine relativ unsichere Entwicklung gekennzeichnet sind.

Tabelle 1: Erfolgsfaktoren für die Energiewende

| Erfolgsfaktoren | Relativ gut vorhersehbare Entwicklung | Relativ unsichere Entwicklung |
|--|---|---|
| Politisch | <ul style="list-style-type: none"> • Ausstieg aus der Kernenergie • Regulatorische Rahmenbedingungen & Anreizsysteme: Weiterentwicklung des EEG; Strommarktdesign; Ausbau der Elektromobilität • Erhöhung der Effizienz bei Energiewandlung; Reduktion des Energieverbrauchs | <ul style="list-style-type: none"> • Defossilisierung durch Reduktion von Kohlekraftwerken und im Wärme und Verkehrsbereich • Einführung von CO₂ Preisen • Erreichen der CO₂ Ziele • Wärmewende |
| Wirtschaftlich | <ul style="list-style-type: none"> • Dominanz dezentraler Energieeinheiten • Durchdringung des Markts mit neuen digitalen Geschäftsmodellen • Kostendegression der Erneuerbaren • More electric society | <ul style="list-style-type: none"> • Netzausbau (z.B. Reduktion des Redispatch) • Integration des Wärme-Markts • Umbau der Produktionsprozesse in der Industrie • Batterieproduktion in Europa |
| Wissenschaftlich, technologisch | <ul style="list-style-type: none"> • Systemdesign - Entwicklung von Systemlösungen zur Interaktion von dezentralen Energieeinheiten • Weiterentwicklung existierender Energietechnologien und Erforschung neuer Optionen • Fortschritte in der Batterieentwicklung • Digitalisierung und Kopplung der Sektoren Strom, Verkehr & Wärme | <ul style="list-style-type: none"> • Wege zur Reduzierung des Primärenergieverbrauchs • Gesamtoptimierung des nachhaltigen Energiesystems mit Integration von Verkehr, Wärme & Strom • Technologieoptionen für großskalige Mittel- und Langzeitspeicher • Realisierung der Einsparziele • Schließen von Stoffkreisläufen von energierelevanten Materialien |
| Gesellschaftlich | <ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung des Umwelt- und Energiebewusstseins • Bürger als Verbraucher und Erzeuger | <ul style="list-style-type: none"> • Akzeptanz für Infrastrukturausbau • Akzeptanz neuer Technologien • Stabile Energiekosten |

3.2 HERAUSFORDERUNGEN

Aus diesen Entwicklungstrends leiten sich prioritäre Herausforderungen für die Energieforschung in drei großen Feldern ab:

Defossilisierung des Energiesystems

Um einen deutlichen Rückgang des CO₂-Ausstoßes zu erreichen, müssen neben dem Stromsektor auch die Sektoren Wärme und Mobilität betrachtet werden. Dies bedarf eines innovativen integrierten Ansatzes, der alle drei Sektoren umfasst. Neben dem Ausbau der Elektromobilität sowie der Erhöhung der Energieeffizienz, der Energieeinsparung und dem Ausbau von Konzepten zur Kraft-Wärme-Kopplung im Wärmebereich, stehen die Nutzung von CO₂ und Entwicklung von Power-to-X Technologien im Vordergrund, um z.B. die Erzeugung von synthetischen Kraftstoffen voranzutreiben. Der Stromsektor wird im Rahmen der Sektorkopplung primär als Quelle der Kopplung fungieren. Um dies zu realisieren, ist es unabdingbar, innovative Technologien zur fluktuierenden Stromerzeugung aus Erneuerbaren Energien kostengünstiger und effizienter zu machen und mit den entsprechenden Speichertechnologien und Speicherkomponenten zu kombinieren. Letztendlich kann dies nur im Rahmen von strategischen Partnerschaften von Wissenschaft und Wirtschaft verwirklicht werden. Dabei ist insbesondere die energieintensive Produktion zu berücksichtigen.

Die zunehmende Zahl und Größe megaurbaner Räume (Megacities), energieintensive Industrien und der weltweit steigende Primärenergieverbrauch erfordern zudem die Entwicklung neuer Optionen. Eine solche langfristige und in internationaler Kooperation angelegte Option ist die Fusionsenergie, die bei geringem Brennstoffverbrauch und günstigen Sicherheits- und Umwelteigenschaften eine CO₂-freie Erzeugung elektrischer Energie und Wärme bei hohen Temperaturen erlauben würde.

Digitalisierung & Flexibilisierung

Ein nachhaltiges Energiesystem, das auf großen Teilen fluktuierender erneuerbarer Energien beruht, wird durch mehr Dezentralität, höhere Flexibilität sowie Sektorkopplung gekennzeichnet sein. Dies erfordert neuartige systemische Forschungsansätze, die technische und ökonomische Aspekte verbinden. Im Vordergrund steht dabei die Entwicklung eines digitalen Energiesystem-Designs, in dem dezentralere Energieeinheiten kommunizieren und interagieren, das sich durch eine intelligente Verbindung von Stadt und Umland auszeichnet und das Flexibilitäten bedarfsgerecht integriert. Die technologische Erforschung und Weiterentwicklung von Energiespeicheroptionen, die sich von kurzzeitigen Energiespeichern zur Netzstabilisierung bis hin zu saisonalen Langzeitspeichern erstrecken, ist dabei ebenso bedeutend. Während Optionen für Kurzzeitspeicher auf dem Markt sind und im Rahmen von Innovationszyklen weiterentwickelt werden müssen, legt die aktuelle Erforschung und Entwicklung von Konzepten für die Mittel- und Langzeitspeicherung erst den Grundstein für deren Markteinführung, die bei einem höheren Anteil von Erneuerbaren Energien im System zweifelsohne notwendig werden wird.

Verbrauchsseitig müssen Maßnahmen zur Realisierung der Energiesparziele verstärkt werden. In der Industrie, insbesondere den energieintensiven Branchen Chemie und Metallurgie, gilt es, die technologischen Prozesse soweit wie möglich zu flexibilisieren.

Partizipation

Die Energiewende kann nur gelingen, wenn sie durch die Partizipation der Gesellschaft aktiv gestützt und überzeugt mitgetragen wird. Eine solche Partizipation reicht von sozialen Aspekten der Akzeptanz z.B. im Rahmen des Netzausbaus und der Errichtung von Windkraftanlagen, über ökonomische Perspektiven im Rahmen der EEG-Umlage und der Netzentgelte bis hin zur Teilhabe der Bürgerinnen und Bürger als Anbieter am Strommarkt. Deshalb ist nicht nur eine Berücksichtigung sozio-ökonomischer Aspekte erforderlich, sondern eine aktive Partizipation der Gesellschaft für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende eine Grundvoraussetzung.

4. IMPULSE FÜR DAS 7. ENERGIEFORSCHUNGSPROGRAMM

4.1 ZUKUNFTSTHEMEN

Ein Energieforschungsprogramm mit dem Anspruch, sowohl bestehende Technologien zu optimieren als auch mit den Unwägbarkeiten zukünftiger Entwicklungen umgehen zu können, muss die volle Bandbreite von Grundlagenforschung über die anwendungsorientierte Forschung bis hin zur Markteinführung abdecken. Es muss einerseits offen für neue Impulse sein, andererseits gehören aber auch langfristige Forschungs- und Entwicklungsaufgaben in das Portfolio eines zukunftsfähigen Energieforschungsprogramms. Zu den Forschungsthemen, die bereits heute größere Beiträge zum Energiesystem liefern, gehört z.B. die Nutzung von Sonnen-, Wind-, Bioenergie oder Geothermie, sowie verschiedene Energiewandlungsprozesse, die für die Wandlung von Primärenergie in Nutzenergie notwendig sind. Mittelfristige Forschungsthemen sind die Entwicklung von Speichertechnologien, die es erlauben, große Teile des Energiebedarfs in unterschiedlichen Energieformen (Strom, Wärme, Gase, Kraftstoffe, chemische Grundstoffe) verlustarm und über unterschiedlichste Zeitskalen zu puffern. Ein wichtiges Thema, das mit einer Langfristperspektive verfolgt wird, ist die Fusionsenergie, die eine neue Form der Primärenergie darstellt. Allen Energietechnologien gemeinsam ist die Notwendigkeit, Materialien mit neuen Eigenschaften zu entwickeln und die Frage, wie ein möglichst geschlossener Materialkreislauf – vor allem bei Materialien, die auf seltenen und zukünftig potenziell kostenintensive Rohstoffen beruhen – sichergestellt werden kann. Die numerischen Werkzeuge für eine integrale Modellierung und Bewertung von Energie- und Stoffbilanzen sind dafür unabdingbar und mit verfügbaren und aktuell in der Entwicklung befindlichen Modellen und Simulationen auch zunehmend machbar. Zusätzlich zu diesem Themenportfolio werden wichtige Aspekte für die Weiterentwicklung des Energieforschungsprogramms näher erläutert.

4.1.1. Digitalisierung

Das Design, der Aufbau und die Optimierung des Energiesystems mit seinen Komponenten, speziell in seiner Veränderung hin zu dezentral organisierten und zeitlich variablen Erzeugungs- und Verbrauchsstrukturen sowie teilweise vielfachen Umwandlungs- und Speicherschritten, erfordern ein grundlegendes Verständnis der dynamischen und systemtechnischen Zusammenhänge aller Komponenten sowie der das Gesamtsystem beschreibenden Prozess- und Steuerungsvariablen. Die wesentlichen Komponenten eines zukünftigen Energiesystems müssen in ihren physikalischen, dynamischen, stochastischen und systemischen Eigenschaften sowie hinsichtlich ihrer Optimierung exakt beschrieben werden. Des Weiteren müssen die Wechselwirkungen der einzelnen Komponenten untereinander und deren Verhalten in einem übergeordneten Energiesystem definiert werden. Dazu bedarf es der Entwicklung von Teilmodellen für die einzelnen Komponenten (z.B. Erzeuger, Verbraucher, Verteil- und Übertragungselemente, Energiewandler, Speicher) sowie von Verbindungselementen (Wärme- und Kältenetze, Strom- und Gasnetze) im Gesamtsystem. Alle forschungsseitig aufeinander aufbauenden Aufgaben (Analyse, Entwicklung von Modellen sowie daraus abgeleitet die Bereitstellung intelligenter Steuer- und Regelungsinstrumente) zielen dabei auf die optimale Steuerung des Gesamtsystems ab.

Die Basis für die Erstellung dieser Teilmodelle und Verbindungselemente wird von einer umfangreichen Auswertung von Daten aus energietechnischen Systemen, die über eine ausreichend genaue Instrumentierung, eine Datenerfassung und eine Archivierung dieser Daten verfügen, gebildet.

Dabei soll eine Speicherung umfangreicher Datensätze, eine Echtzeitanalyse der Daten („Big Data“) sowie daraus resultierend eine Auslegung und eine modellgestützte Betriebsoptimierung und Regelung möglich sein. Zur Garantie der unter allen Betriebs- und Störfallszenarien zwingend erforderlichen Systemstabilität muss der Aufbau eines parallelen „Internet der Energie“ (IKT-Netz), für welches entsprechende Protokolle und Sicherheitsmechanismen erforderlich sind, entworfen werden.

Die Neugestaltung des Energiesystems ermöglicht einerseits die Gestaltung einer Vielzahl komplett neuer Geschäftsmodelle, erfordert aber andererseits, dass Begleitmaßnahmen zur Berücksichtigung vielschichtiger Sicherheits- und Stabilitätsaspekte definiert und umgesetzt werden müssen. Für eine Steuerung von Millionen Pro- und Consumern müssen zuverlässige Prognosetools für energetische, umwelttechnische und nutzeradressierte Aspekte, speziell im Hinblick auf „Safety“, „Security“ und „Reliability“ entwickelt werden.

4.1.2. Energiespeicher als Schlüsseltechnologie

Elektrochemische Speicher

Als Grundlage eines umfassenden Ausbaus von Elektromobilität und weiteren, insbesondere stationären, Batterieanwendungen muss Deutschland innerhalb der nächsten Jahre die bestehenden Lücken im Bereich der Entwicklung und Produktion von Batteriezellen und Materialien schließen. Vorrangiges Ziel ist die Absicherung von Schlüsseltechnologien der Wertschöpfung für die Elektromobilität und alle weiteren Batterieanwendungen in Deutschland.

Wesentlich zur langfristigen Sicherung der eingeleiteten Entwicklungen sind eine kreative und anwendungsinspirierte Grundlagenforschung an Materialsystemen für Lithium-Ionen-Batterien und alternative Zellkonzepte mit verbesserten Anwendungseigenschaften, sowie eine groß-skalige Zellfertigung (Hundertere Megawattstunden bis Gigawattstunden) und eine ganzheitliche großvolumige Materialproduktion. Letztere sollte die zügige Entwicklung von Batterie-Speichersystemen für alle Anwendungen vorantreiben, so dass speziell die Elektromobilität unter Verwendung von regenerativ erzeugter Elektrizität weitreichend umgesetzt werden kann.

Insbesondere bei der Entwicklung von elektrochemischen Speichern der nächsten Generation sind die Aspekte der Verfügbarkeit von (strategischen) Rohstoffen, wie zum Beispiel Kobalt und Lithium, zu berücksichtigen.

Thermische Großspeicher

Thermische Speicher sind im Vergleich zu anderen Technologien relativ kostengünstig und können große Mengen an Energie speichern. Neben der Optimierung von thermischen Kraftwerken und von industriellen Prozessen können thermische Speicher in einem CO₂-neutralen Energiesystem der Zukunft als Strom-Wärme-Strom-Speicher (sogenannte „Carnot-Batterien“) eine Schlüsselrolle einnehmen. So kann der Energiebedarf einer Großstadt für mehrere Tage gespeichert werden und damit die Lücke zwischen Kurzzeitspeichern (z.B. Batterien) und Langzeitspeichern (z.B. chemische Speicher oder saisonale Wärmespeicherung in wasserführenden Schichten des Untergrunds) geschlossen werden. Internationale Akteure beginnen mit konkreten Überlegungen zur Umsetzung. Somit entsteht das Risiko, dass eine Schlüsseltechnologie der Energiewende nicht in Deutschland, sondern in anderen Ländern entwickelt und zur Marktreife gebracht wird. Diesem Trend muss entgegengewirkt werden.

Chemische Speicher

Die Realisierung eines Energiesystems, das zu über 60% auf fluktuierenden erneuerbaren Energien basiert, erfordert die langfristige Speicherung von großen Energiemengen, um Kapazitäten zu puffern und sogenannte Dunkelflauten auszugleichen. Daher ist die Erforschung und Technologieentwicklung zur Umwandlung fluktuierender erneuerbarer Energiequellen – wie Sonnenlicht oder Wind – in chemische Energieträger – wie Wasserstoff oder gasförmige und flüssige Kohlenwasserstoffe – unabdingbar. Eine Verstärkung der Forschungsthemen im Bereich der Elektrolyse und der Katalyse entlang der gesamten Wertschöpfungskette bis hin zur Markteinführung von Technologien, die eine Umwandlung im TWh-Bereich erlauben, ist zwingend erforderlich.

Der geologische Untergrund bereitet derzeit die einzige bekannte Option zur Speicherung solch großer Mengen an Energie als Puffer für fluktuierende Energiequellen. Diese Umwandlungstechnologien könnten durch stoffliche Speicherung in unterirdischen Speichersystemen ergänzt werden und könnten sogar zu negativen CO₂-Emissionen beitragen. Die Erfahrung bei der Speicherung von Methan in porösen Medien und Salzkavernen des Untergrundes bietet eine solide Basis für die Erforschung entsprechender Konzepte.

4.1.3. Sektorkopplung

Unter Sektorkopplung wird die konsequente Vernetzung der Sektoren Strom, Wärme/Kälte, chemische Grundstoffe und Mobilität verstanden. Um die teilweise stark fluktuierenden erneuerbaren Energien (z.B. Wind und Sonne) optimal ernten zu können, müssen flexible erneuerbare Energien (z.B. Bioenergie) bedarfsgerecht und integriert eingesetzt werden. Mittelfristig soll der erzeugte Strom, der nicht unmittelbar genutzt oder elektrochemisch gespeichert werden kann, vom Sektor Strom in den Verkehrs- oder Wärmesektor übertragen werden. Die dafür geeigneten alternativen Energieträger Wärme/

Kälte, chemische Grundstoffe und Brennstoffe können mittel- bis langfristig gespeichert werden, einer anderweitigen Nutzung zugeführt werden oder, für den Fall eines Mangels an Wind und Sonne, wieder in Strom rückgewandelt werden.

Das Instrument der Sektorkopplung ist ein Schlüsselement für ein Energiesystem der Zukunft. Es bietet für die Ausgestaltung des Gesamtenergiesystems ein hohes gesamtheitliches Potenzial an Flexibilisierungsmöglichkeiten und damit einen unmittelbaren Gewinn an Effizienz, Versorgungssicherheit und Wirtschaftlichkeit, sofern die eingesetzten Energiewandlungstechnologien sowie die Infrastrukturen für Speicherung und Verteilung gesamtheitlich und systemisch betrachtet und optimiert werden.

Hierfür sind drei thematische Schwerpunkte zu verfolgen:

- Neue Wandlungs- und Speichertechnologien für die Energiewende: Entwicklung und Erprobung von bidirektionalen Wandlungs- und Speichertechnologien zwischen Strom und den Energieträgern Wärme/Kälte, chemische Grundstoffe und Kraft-/Brennstoffe im MW-Maßstab.
- Digitale Modellierung und Optimierung virtueller und realer Energiesystemdemonstratoren mit massiver Sektorkopplung unter besonderer Berücksichtigung der Netze.
- Modellstadt Energiewende: Entwicklung und Umsetzung einer realen Modellstadt in der Größenordnung von 50.000 bis 100.000 Einwohnern mit Schwerpunkt Sektorkopplung.

4.2 STRUKTURELLE IMPULSE

4.2.1 Zusammenhang institutionelle Förderung – Projektförderung

Eine institutionelle Förderung ist wichtig, um langfristige strategische Ziele zu verfolgen. Dazu muss die gesamte Innovationskette von der Grundlagenforschung bis hin zur Markteinführung angemessen abgedeckt werden. Die Stärken einer solchen verlässlichen Förderung zeigen sich in den großen deutschen Forschungsorganisationen. Mit Hilfe der Projektförderung und zeitlich befristeter Fördermechanismen können kurzfristige neue Ideen aufgegriffen werden. Einerseits können somit klar umrissene, zeitlich begrenzte Forschungsaufgaben bearbeitet werden, andererseits erlaubt es diese Art der Förderung auch neue längerfristig angelegte Themen anzugehen (z.B. Kopernikus-Projekte), die bei Erfolg in eine institutionelle Form der Förderung überführt und dort langfristig wissenschaftlich begleitet werden können. Eine weitere wichtige Aufgabe der Projektförderung ist es, internationale Zusammenarbeiten zu initiieren, neue interdisziplinäre Forschungsansätze aufzugreifen oder fokussierte Innovationen gemeinsam mit der Industrie anzustoßen.

4.2.2 Erweiterung der Systemgrenzen

Bisher ist die Energieforschung stark auf die Stromerzeugung fokussiert. Weitergehende Konzepte zur Integration aller Nutzungsformen (Strom, Wärme und Transport) sind unumgänglich. Notwendig sind

systemische Ansätze entlang der Wertschöpfung, die auch die Umwelt- und Gesellschaftsbedingungen umfassend einbeziehen.

Die Raumwirksamkeit neuer Energieinfrastrukturen und die Verteilungsfragen sowohl der Umweltlasten als auch der Versorgungskosten in Deutschland und darüber hinaus sind zentrale Aspekte einer systemischen Energieforschung. Sie erfordern räumlich aufgelöste Informationen, akteurspezifische Analysen und neue Optimierungsansätze in Energiesystemmodellen. Dabei ist die Rolle neuer Informations- und Kommunikationstechnologien besonders mitzudenken.

Ergänzend zu dieser interdisziplinären Energieforschung sind umfassende Schnittstellen und Austauschmechanismen mit der Geo-, Umwelt- und der sozialwissenschaftlichen Forschung notwendig, um z.B. globale Folgenforschung für Klima, Landnutzung etc. zu ermöglichen.

4.2.3 Europäische und internationale Einbettung

Die deutsche Energieforschung stellt sich den globalen Herausforderungen und Handlungsmöglichkeiten, wenngleich die unmittelbare Einflussnahme global gesehen begrenzt ist. Die Ansätze in anderen europäischen Ländern bergen ein großes Synergiepotenzial, so dass die Wechselwirkungen bei der Ausgestaltung des Forschungsprogramms berücksichtigt werden sollten. Internationale und insbesondere europäische Forschungsk Kooperationen sind hierfür unbedingt notwendig und sollten auch in nationalen Forschungsprogrammen unterstützt werden.

Darüber hinaus stellt die Heterogenität der europäischen und internationalen Energiepolitiken eine besondere Herausforderung für das Erreichen der übergeordneten Ziele (wie zum Beispiel der Defossilisierung) dar. Forschung ist notwendig, um die Ursachen für und Effekte der Heterogenität zu untersuchen und wissenschaftlich zu diskutieren, so dass Kohärenz und Synergien in Forschungsansätzen und Politik gestärkt werden können. Ein wichtiges Instrument in diesem Zusammenhang könnte die Erstellung gemeinsamer Roadmaps auf dem Gebiet der Energieforschung darstellen. Die entsprechende Förderung für solche intereuropäisch abgestimmten, transnationalen Projekte sollte aus nationalen Forschungsprogrammen ermöglicht werden (z.B. ERANET).

4.2.4 Strategische Partnerschaften mit der Wirtschaft

Die Etablierung von strategischen Partnerschaften zwischen Universitäten und Forschungsinstitutionen mit der Industrie in einem frühen Stadium der Entwicklungsphase beflügeln die fokussierte und marktorientierte Entwicklung von Technologien, ermöglichen eine Verkürzung von Innovationszyklen und fördern die Gründung von Start-ups und Spin-offs. Wettbewerbsorientierte Anreizsysteme zur Bindung der Industriepartner, die z.B. an die US-Variante „Advanced Research Project Agency – Energy“ angelehnt sind und mittels eines wissenschaftsgerechten Vergabeverfahrens der Förderung von Kooperation sowie dem Transfer dienen, könnten wichtige Bausteine für die weitere stetige Steigerung der Innovationskraft sein.

5. FAZIT

Ein starkes, auf die großen Herausforderungen der Energiewende ausgerichtetes Energieforschungsprogramm ist der Schlüssel für die erfolgreiche Umsetzung eines nachhaltigen integrierten Energiesystems. Um dabei sowohl bestehende Technologien zu optimieren als auch mit den Unwägbarkeiten zukünftiger Entwicklungen umgehen zu können, muss die volle Bandbreite von Grundlagenforschung über die anwendungsorientierte Forschung bis hin zur Markteinführung abdeckt und kurz-, mittel- und langfristiger Lösungen und Optionen eingebunden werden.

Basierend auf der Analyse und Erörterung der zukünftigen Herausforderungen für die Gestaltung des Energiesystems werden für die Weiterentwicklung des Energieforschungsprogramms folgende Impulse für zu stärkende Zukunftsthemen und strukturelle Empfehlungen in besonderem Maße hervorgehoben:

1. Die Entwicklung von digitalen Konzepten, die eine intelligente und sichere Steuerung des Energiesystems ermöglichen, wird ein Schlüsselement im nachhaltigen Energiesystem darstellen.
2. Forschung und Innovation für die Energiespeicherung im Kurzzeitbereich (Batterien) sowie für die Mittel- und Langfristspeicherung (thermische und chemische Speicher, synthetische Kraftstoffe) werden massiv zum Erfolg eines zukünftigen Energiesystems beitragen.
3. Sektorkopplung ist ein Schlüssel zum integrierten Energiesystem. Neben bidirektionalen Wandlungstechnologien und Modellierungsansätzen anhand von virtuellen und realen Laboren muss insbesondere eine reale Modellstadt Energiewende etabliert werden. Umfassende Möglichkeiten für vorlaufende Experimente im Technikums- und Demonstrationsmaßstab in Kombination mit darauf aufbauenden Reallaboren, für welche weitgefasste rechtliche Ausnahmemöglichkeiten (im Sinne von Experimentierklauseln) eingeräumt werden, sind unbedingt erforderlich.
4. Einen wesentlichen Querschnittscharakter für fast alle Aspekte eines zukünftigen Energiesystems haben die Materialforschung sowie die Energie- und Ressourceneffizienz.
5. Die sehr gute Abstimmung der institutionellen Förderung mit der Projektförderung sowie die komplementäre Aufstellung sind eine hervorragende Basis für eine punktuell stärkere Integration und Wechselwirkung. So sollten langfristige Projekte aus der Projektförderung als Inkubator fungieren und in institutionell geförderte Vorhaben übergehen.
6. Die Erweiterung der Systemgrenzen der Energieforschung bedarf eines systemischen Ansatzes, der Umwelt- und Gesellschaftsbedingungen umfassend miteinbezieht.
7. Synergiepotenziale mit europäischen und internationalen Partnern müssen genutzt werden, um kohärente Entwicklungen zu schärfen. Gemeinsame europäische Forschungsprogramme und Roadmaps sind anzustreben.
8. Anreizsysteme für strategische Partnerschaften, die eine Einbindung von Industriepartnern in einer frühen Phase des Innovationszyklus ermöglichen, beflügeln die fokussierte und marktorientierte Entwicklung von Technologien.

6. IMPRESSUM

Herausgeber

Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren e.V.

Sitz der Helmholtz-Gemeinschaft

Ahrstraße 45, 53175 Bonn
Telefon 0228-30818-0, Fax 0228-30818-30
E-Mail info@helmholtz.de, www.helmholtz.de

Forschungsbereich Energie

Geschäftsstelle Berlin
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2, 10178 Berlin
Telefon 030-206329-57, Fax 030-206329-60

Verantwortlich

Prof. Holger Hanselka (Vizepräsident Energie)

Projektleitung

Dr. Tobias Sontheimer (Forschungsbereichsbeauftragter Energie)

Expertengruppe

Dr. Tobias Sontheimer (Helmholtz-Geschäftsstelle),
Prof. Joachim Knebel (Karlsruher Institut für Technologie),
Prof. Rutger Schlatmann (Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie),
Prof. Ernst Huenges (Helmholtz-Zentrum Potsdam – Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ),
Dr. Gunter Gerbeth (Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf),
Dr. Isolde Arzberger (Forschungszentrum Jülich),
Prof. Robert Wolf (Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP)),
Bernhard Milow (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt),
Prof. Daniela Thrän (Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ),
Sylke Selzer (Helmholtz-Geschäftsstelle)

