

Große Anfrage

der Fraktion der SPD

und

Antwort

der Landesregierung

Energiespeichertechnologie und Stromnetzentwicklung in Baden-Württemberg

Große Anfrage

Wir fragen die Landesregierung:

I. Wasserstofftechnologie

1. Welche Forschungsprojekte und welche Projekte zur Entwicklung und Markteinführung sind ihr im Bereich der Wasserstofftechnologie im Land bekannt?
2. Inwieweit findet zurzeit eine Förderung der Wasserstofftechnologie im Land statt?
3. Inwieweit ist es derzeit juristisch möglich, Wasserstoff ins bestehende Erdgasnetz einzuspeisen und welche Maßnahmen sind notwendig, um diese Grenze stärker an die technischen Einspeisemöglichkeiten anzunähern?
4. Welcher weitere Ausbau von Wasserstofftankstellen in Baden-Württemberg ist nach ihrer Ansicht sinnvoll?
5. Wie bewertet sie die Perspektive der weiteren Entwicklung der Wasserstofftechnologie als Energiespeichertechnik, insbesondere im Bereich der Fahrzeugantriebe?

II. Lithium-Ionen-Batterien

1. Welche Forschungsprojekte und welche Projekte zur Entwicklung und Markteinführung sind ihr im Bereich der Lithium-Ionen-Batterietechnologie in Baden-Württemberg bekannt?
2. Inwieweit findet zurzeit eine Förderung der Forschung und Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien im Land statt?
3. Wie bewertet sie die Perspektive der weiteren Entwicklung der Lithium-Ionen-Technologie als Energiespeichertechnik, insbesondere im Bereich der Fahrzeugantriebe und als Kurzzeitspeicher in Kopplung mit Mikro-Kraftwärmekopplungsanlagen sowie Kleinwind- und Photovoltaikanlagen?

III. Gasspeicherung/Methanisierung von Strom

1. Welche Möglichkeiten der Energiespeicherung durch Erzeugung von Methan mit Hilfe von Strom (Methanisierung) sieht sie?
2. Welche diesbezüglichen Forschungs- und Pilotprojekte sind im Land vorhanden und geplant?
3. Welche Kapazitäten zur Speicherung von Erdgas sind im Land derzeit vorhanden (nach Möglichkeit mit Angabe der einzelnen Standorte)?
4. Welchen Wert misst sie dieser Technologie für klimafreundliche Fahrzeugantriebe neben der Wasserstoff- und der Batterietechnologie für Elektromobile bei?

IV. Pumpspeicherkraftwerke

1. Welchen Stellenwert misst sie den bestehenden und zukünftigen Pumpspeicherkraftwerken bei der künftigen Stromerzeugung bei?
2. Ist ihr bekannt, wie hoch (unter Einbezug der geplanten Projekte) die möglichen Kraftwerksleistungen und Speicherkapazitäten von Pumpspeicherkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland sind (nach Möglichkeit mit Angabe der einzelnen Standorte)?
3. Hält sie auch über die Standorte Forbach und Atdorf hinaus weitere Planungen und Vorhaben im Land für sinnvoll und wünschenswert?

V. Weitere Speichertechniken

1. Welche Einsatzmöglichkeiten und welches Entwicklungspotenzial sieht sie für die Technik der Redox-Flow-Batterie?
2. Welche weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind im Land vorhanden und wie werden diese bislang (bis 2011) von Bund und Land gefördert?
3. Wie viel überschüssige Stromleistung und Strommenge können die in Baden-Württemberg installierten Stromheizungen derzeit aufnehmen?
4. Welche Projekte zur Erforschung und Entwicklung von Wärmespeichern (auch zur indirekten Stromspeicherung) sind im Land vorhanden (auf Basis von z. B. Salz oder Beton) und wie werden diese finanziert?

VI. Leitungsnetze

1. Welche Auswirkungen kann der Ausbau von Energiespeichern insbesondere auf die Erfordernisse des Leitungsnetzes haben?
2. Welche Projekte zur Glättung und Regulierung von Lastspitzen und zur Optimierung des Stromtransportes werden im Land zurzeit durchgeführt und gefördert (inklusive Smart Grids und Hochspannungsgleichstromübertragung)?
3. Inwieweit hält sie die bestehenden Leitungsnetze insbesondere für die Integration dezentral erzeugter erneuerbarer Energie und den weiteren Ausbau der Elektromobilität geeignet?

VII. Förderinstrumente

1. Welche Förderprogramme sind bislang (inklusive 2011) im Land vorhanden, um die Forschung und Entwicklung sowie Markteinführung von Energiespeichertechnologien zu fördern und welchen Umfang haben diese?
2. Welche Förderprogramme sind auf EU- und Bundesebene vorhanden, um die Forschung und Entwicklung sowie Markteinführung von Energiespeichertechnologien zu fördern und in welchem Umfang?

22. 11. 2011

Schmiedel, Stober
und Fraktion

Begründung

Die Entwicklung von effizienten und ökonomisch attraktiven Speichertechnologien ist neben dem Ausbau der Erneuerbaren Energien und der Energieeinsparung der wichtigste Pfeiler der Energiewende. Nur hinreichend preiswerte und technisch geeignete Speicher können die Leistungs- und Nachfragespitzen in der Energieerzeugung und bei Energieverbrauch glätten und als Kurzzeit- wie Langzeitspeicher für eine langfristig vollständige Versorgung aus Erneuerbaren Energien sorgen.

Vor diesem Hintergrund wurde im Koalitionsvertrag der Landesregierung der Ausbau von Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet neuer Speichertechnologien vereinbart, mit dem Ziel, Baden-Württemberg zum führenden Forschungsstandort ausbauen.

Hierzu sind sowohl weitere Forschungsbemühungen wichtig als auch die Entwicklung vorhandener Technologien zur Marktreife zu entwickeln, wie dies z. B. bei der Redox-Flow-Technologie für Großbatterien zurzeit in Angriff genommen wird.

Zugleich wird die zunehmende Dezentralisierung der Stromerzeugung auch andere Steuerungsmechanismen und Erfordernisse bei den Leitungsnetzen nach sich ziehen. Sowohl die Speicherung von Strom dezentral bei den Erzeugern von Solar- und Windstrom sowie Kleinst-Blockheizkraftwerken als auch die Anforderungen an das Netz durch die Aufladung von Elektromobilen wird eine Veränderung auch des Netzes und seiner Regulierung nötig machen.

Antwort

Schreiben des Staatsministeriums vom 28. Februar 2012 Nr. III-4580:

In der Anlage übersende ich unter Bezugnahme auf § 63 der Geschäftsordnung des Landtags von Baden-Württemberg die von der Landesregierung beschlossene Antwort auf die Große Anfrage.

Silke Krebs

Ministerin im Staatsministerium

Anlage: Schreiben des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft

Mit Schreiben vom 23. Februar 2012 Nr. 24-4580/232 beantwortet das Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft im Einvernehmen mit dem Ministerium für Finanzen und Wirtschaft, dem Ministerium für Verkehr und Infrastruktur und dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst im Namen der Landesregierung die Große Anfrage wie folgt:

Wir fragen die Landesregierung:

I. Wasserstofftechnologie**1. Welche Forschungsprojekte und welche Projekte zur Entwicklung und Markteinführung sind ihr im Bereich der Wasserstofftechnologie im Land bekannt?**

In Baden-Württemberg gibt es eine Vielzahl von Einrichtungen, die sich mit der Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie befassen. In der aktuellen Übersicht der Brennstoffzellen- und Batterie-Allianz Baden-Württemberg (BBA-BW) sind 27 Forschungseinrichtungen ausgewiesen. Das im Jahr 2009 im Auftrag des Umweltministeriums vom Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoffforschung Baden-Württemberg (ZSW), Weiterbildungszentrum Brennstoffzelle Ulm e. V. (WBZU), Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) und vom Karlsruher Institut für Technologie KIT erstellte Diskussionspapier (http://www.e-mobilbw.de/Resources/H2_Strategiepapier_BW_November2009_final.pdf) gibt einen Überblick über die in Baden-Württemberg bearbeiteten Themenfelder. Mit der Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet der Wasserstoffherzeugung beschäftigen sich aktuell 10 Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen im Land. Weitere Ergebnisse sind von einer für Frühjahr 2012 angekündigten Studie der e-mobil BW zu erwarten. Erste Ergebnisse der Studie zeigen, dass eine beachtliche Anzahl von Unternehmen in Baden-Württemberg mit anwendungsnaher Forschung, Produktentwicklung und Herstellung von Kernkomponenten und Teilsystemen (z. B. Dichtungen, Druckbehälter, Sicherheitsventile, Explosionsschutzausstattung) befasst sind.

- Am Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt (DLR), Stuttgart und Lampoldshausen, laufen Untersuchungen zur Verbrennung von Wasserstoff bzw. wasserstoffreichen Synthesegasen in Gasturbinenbrennkammern (Prof. Aigner, Stuttgart), zu Brennstoffzellen und Elektrolyseuren sowie zu Flüssigwasserstoff in Raketentriebwerken.
- Am ZSW, Stuttgart und Ulm, laufen verschiedene Projekte zur Herstellung von Wasserstoff über Elektrolyse und zu Brennstoffzellen.
- Das WBZU unterstützt die Markteinführung mit Aus- und Weiterbildungsangeboten sowie Öffentlichkeitsarbeit für erneuerbare und innovative Energietechnologien. Schwerpunkte sind die Themen Brennstoffzellen, Wasserstoff, Batterien und Mini-Blockheizkraftwerke (BHKW).
- Auch das ISE, Freiburg, forscht und entwickelt im Bereich Elektrolyseure und Brennstoffzellen.
- Das Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal, forscht und entwickelt unter anderem in den Bereichen Brennstoffzellen (Bipolarplatten) und Wasserstoffsicherheit.
- Am KIT gibt es diverse Forschungsprojekte zu Brennstoffzellen, zur klein- und großskaligen Produktion, zur Verteilungsinfrastruktur, zu Speichertechnologien sowie zu Verbrennung und Sicherheit.
- Weitere Forschungsprojekte zur Hochtemperatur-Wasserelektrolyse, Reduzierung der Zelloxidation, Verbesserung der Zuverlässigkeit der Stacks, Elektrolyse-Anwendungen (Wasserstoff aus erneuerbaren Energien, stationäre Wasserstoffproduktion für Fahrzeugflotten, etc.) gibt es am European Institute for Energy Research (EIFER), einem gemeinsamen Forschungsinstitut von KIT und EDF in Karlsruhe.

- Am Institut für Anorganische Chemie der Universität Heidelberg konnten Erkenntnisse zu molekularen Wasserstoffspeichern und einer neuen Klasse molekularer Wasserstoffspeicher und Wasserstofftransferreagenzien für Hydrierungsreaktionen gewonnen werden, die im Jahr 2007 patentrechtlich angemeldet wurden.
- An der Universität Konstanz werden im Bereich Wasserstofftechnologie das Projekt: „Deposition and Characterization of Size Selected ClusterMaterials: Toward the Development of New Materials for Hydrogen Storage“ im Fachbereich Physik und das Projekt „Effizientere Photosensibilisatoren durch kovalente Anbindung von Farbstoffen und deren Anwendung in der Photokatalyse“ im Fachbereich Chemie von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Ein weiteres Projekt im Fachbereich Chemie zur fotokatalytischen Wasserspaltung wird durch Forschungsmittel der Universität Konstanz finanziert.
- Am Institut für Physikalische Chemie (IPC) der Universität Stuttgart wurden mehrere Dissertationen zu alternativen Methoden der Wasserstoffspeicherung auf elektrochemischer Grundlage und zum Thema der Wasserstoffspeicherung durch Adsorption sowie zur Entwicklung von Polymermembranen in PEM-Brennstoffzellen und deren Degradationsverhalten im Betrieb angefertigt.
- An der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung (HTWG) Konstanz wird der Aufbau einer „Wasserstoff-Energiekette“ mit dem Ziel erforscht, ein mit H₂-betriebenes Boot auf dem Bodensee einzusetzen.
- An der Hochschule Ravensburg/Weingarten wurde kürzlich das mit Mitteln des Landes (Innovative Projekte) geförderte Projekt „Kopplung Brennstoffzelle und Wärmepumpe für die Hausenergieversorgung“ abgeschlossen.
- Im Mittelpunkt des Leuchtturmprojekts Bodensee der Nationalen Organisation Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NOW) stehen Freizeitfahrzeuge mit Brennstoffzellenantrieb, die auf und am Bodensee zum Einsatz kommen: Boote, Campingfahrzeuge sowie Fahrräder, Scooter und andere Leichtfahrzeuge, die weiterentwickelt und im Alltagsbetrieb getestet werden. Dieses Projekt wurde in der Aufbauphase seitens des Umweltministeriums unterstützt.
- Neben der seit 2009 bestehenden Wasserstofftankstelle am Flughafen Stuttgart gibt es mittlerweile weitere Wasserstoffinfrastrukturprojekte im Land. Die EnBW AG hat im Dezember 2011 eine öffentlich zugängliche Wasserstofftankstelle in Karlsruhe in Betrieb genommen. Am Gaskessel in Stuttgart will die EnBW AG dieses Jahr eine weitere Wasserstofftankstelle eröffnen, bei der Wasserstoff über eine Onsite-Elektrolyse aus erneuerbarer Energie hergestellt wird. Zusammen mit den beiden vom Land geförderten Projekten am KIT in Karlsruhe und am ISE in Freiburg (s. I. 2.), werden somit ab Sommer dieses Jahres fünf Wasserstofftankstellen im Land in Betrieb sein.

2. Inwieweit findet zurzeit eine Förderung der Wasserstofftechnologie im Land statt?

Das Umweltministerium hat im Jahr 2011 im Rahmen des Landesinfrastrukturprogramms vier Millionen Euro in den Aufbau einer Wasserstoff-Infrastruktur investiert. Am KIT wurde hieraus mit 3,2 Mio. € der Aufbau einer Wasserstofftankstelle und die Anschaffung von zwei Bussen mit Brennstoffzellenantrieb für den Shuttlebetrieb zwischen Campus Nord, ehemals Forschungszentrum in Leopoldshafen, und Campus Süd, ehemals Universität Karlsruhe, unterstützt. Ziele sind u. a. die Demonstration der Alltagstauglichkeit der Wasserstofftechnologie. Die Wasserstofftankstelle soll ferner als Technologieplattform für weitere Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, wie beispielsweise die Einbindung der Wasserstoffherstellung aus Biomasse, dienen. Am ISE in Freiburg wurde außerdem der Aufbau einer Wasserstoff-Energiekette bestehend aus Fotovoltaikanlage, Elektrolyseur, Speichereinheit und Tankstelle mit 0,8 Mio. € unterstützt. Auch hier sollen in der Folge weitere Forschungs- und Entwicklungsprojekte angekoppelt werden, die sich z. B. mit der Speicherung fluktuierender erneuerbarer Energien befassen.

Die Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie e-mobil BW GmbH wurde im April 2010 als zentrale Anlauf-, Beratungs- und Service-stelle im Rahmen der Landesinitiative Elektromobilität gegründet. Mit der Landesinitiative Elektromobilität II vom Dezember 2011 will die Landesregierung bis 2014 insgesamt 50 Millionen Euro in Forschungs- und Transferförderung sowie für die Beschaffung von Elektrofahrzeugen, den Aufbau von Infrastruktur und Demonstrationsprojekte investieren. Einen Schwerpunkt bildet die erfolgreiche Bewerbung im Spitzenclusterwettbewerb des Bundes mit dem von der e-mobil BW GmbH koordinierten Cluster „Elektromobilität Süd-West“ sowie die Bewerbung beim Wettbewerb des Bundes „Schaufenster der Elektromobilität“, die ein Gesamtvolumen von 153 Mio. Euro umfasst.

Einen weiteren Schwerpunkt im Bereich der Brennstoffzellentechnologie bildet das Leuchtturmprojekt Callux, das im Rahmen des Nationalen Innovationsprogramms Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) der NOW unter anderem mit Beteiligung des Landes Baden-Württemberg gefördert wird. Darin werden stationäre Brennstoffzellen-Heizgeräte (heute noch mit Erdgas o. ä. und nicht mit Wasserstoff betrieben) im Feld getestet. Dieses Projekt trägt zur Weiterentwicklung auch von Wasserstoff-Brennstoffzellen bei.

Das Wissenschaftsministerium hat außerdem in den letzten Jahren die BBA-BW (s. I. 1.) gefördert.

Folgende Förderprogramme spielen in diesem Bereich außerdem eine bedeutende Rolle:

- europäische Programme, insbesondere FCH-JU (Fuel Cell Hydrogen – Joint Undertaking) und COST (Europäische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der wissenschaftlichen und technischen Forschung),
- der European Strategic Energy Technology Plan (SET-Plan),
- das sog. „EWI-Programm“ (Energiespeicher- und Wasserstoffinitiative) im Rahmen der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren (KIT),
- Programme der Baden-Württemberg Stiftung.

3. Inwieweit ist es derzeit juristisch möglich, Wasserstoff ins bestehende Erdgasnetz einzuspeisen und welche Maßnahmen sind notwendig, um diese Grenze stärker an die technischen Einspeisemöglichkeiten anzunähern?

Durch das Gesetz zur Neuregelung energiewirtschaftsrechtlicher Vorschriften vom 26. Juli 2011 sind für die Einspeisung von Wasserstoff in Erdgasnetze wesentliche rechtliche Voraussetzungen geschaffen worden. Wasserelektrolytisch erzeugter Wasserstoff, der in ein Gasversorgungsnetz eingespeist worden ist, fällt nach § 3 Nr. 19 a des Energiewirtschaftsgesetzes (EnWG) unter den gesetzlichen Gasbegriff, sodass grundsätzlich die allgemeinen gesetzlichen Bestimmungen zur Netznutzung greifen. Nach § 3 Nr. 10 c EnWG handelt es sich bei wasserelektrolytisch erzeugtem Wasserstoff ferner um Biogas, wenn der zur Elektrolyse eingesetzte Strom weit überwiegend – d. h. zu mindestens 80 Prozent – aus erneuerbaren Energiequellen stammt. Für Wasserstoff, der im Sinne des Gesetzes als Biogas einzustufen ist, gelten die Privilegierungen für Biogas nach der Gasnetzanschlussverordnung (GasNZV). Dazu gehört der vorrangige Anschluss für Betreiber entsprechender Elektrolyseanlagen (§ 33 GasNZV). Netzbetreiber sind ferner nach § 34 GasNEV grundsätzlich verpflichtet, Ein- und Ausspeiseverträge vorrangig mit Transportkunden von Biogas abzuschließen und Biogas vorrangig zu transportieren. Allerdings gilt die Einschränkung, dass das Biogas netzkompatibel i. S. v. § 36 GasNZV sein muss. § 36 Abs. 1 GasNZV setzt für Gase am Einspeisepunkt voraus, dass sie den Arbeitsblättern G 260 und G 262 des Deutschen Verein des Gas- und Wasserfachs (DVGW) Stand 2007 entsprechen. Diese sehen einen maximalen Wert von 5 Volumenprozent Wasserstoff nach der Zumischstelle vor. Damit soll die einwandfreie Funktionsfähigkeit der Gasverbrauchseinrichtungen sichergestellt werden.

Aus technischer Sicht können je nach Netzstruktur aber auch andere Gesichtspunkte Beschränkungen erfordern, z. B. ist beim vorhandenen Anschluss von Erdgastankstellen zu beachten, dass insoweit maximal 2 Prozent Wasserstoff im Gas

zulässig sind. Auch die Wasserstoffverträglichkeit z. B. von Gasturbinen kann sich unterhalb des Maximalwertes von 5 Prozent bewegen. Zu beachten sind auch mögliche Ungenauigkeiten bei der energetischen Gasabrechnung. Die Neufassungen der genannten technischen Regelwerke berücksichtigen solche Einschränkungen bereits. Es wird derzeit geprüft, ob die GasNZV insoweit fortgeschrieben wird.

Die Einschränkungen des Wasserstoffgehalts und Möglichkeiten zu deren Lockerung sind weiter Gegenstand von Forschungstätigkeiten. Nach Einschätzung des DVGW ist für die Zukunft davon auszugehen, dass – abgesehen von den beschriebenen Einschränkungen – bei einem Wasserstoffanteil von bis zu 10 Prozent nicht mit gerätetechnischen Problemen zu rechnen ist. Insoweit werden die technischen Regelwerke und die Rechtsvorschriften zur Biogaseinspeisung regelmäßig an die gewonnenen Erkenntnisse anzupassen sein.

4. Welcher weitere Ausbau von Wasserstofftankstellen in Baden-Württemberg ist nach ihrer Ansicht sinnvoll?

Zusätzlich zu den unter I.2. genannten Maßnahmen soll in Abstimmung mit der NOW als koordinierende Stelle des Bundes und der H₂Mobility-Initiative als Industriekonsortium der Aufbau einer Infrastruktur zur Versorgung mit Wasserstoff in Baden-Württemberg realisiert werden. Die Unternehmen Daimler und Linde möchten bis 2015 innerhalb von H₂Mobility 20 Tankstellen in Deutschland errichten. Davon soll auch eine größere Anzahl in Baden-Württemberg entstehen.

Durch die Unterstützung des Landes in der initialen Phase des Aufbaus der Infrastruktur sollen die Voraussetzungen geschaffen werden, dass Baden-Württemberg im Bereich Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie weiterhin eine führende Rolle einnehmen kann. Für 6 bis 7 geplante weitere Wasserstofftankstellen und Infrastrukturelemente zur Wasserstoffherstellung und Speicherung in Baden-Württemberg sind für 2012 bis 2015 im Rahmen der Landesinitiative Elektromobilität II Mittel in Höhe von insgesamt 4 Mio. Euro vorgesehen. Das Aufbaukonzept und ein entsprechendes Förderprogramm werden z. Z. in Abstimmung mit den Akteuren konkretisiert. Das Umweltministerium hat hierzu u. a. Vertreter der Fahrzeug-, Mineralöl-, Gas- und Energiewirtschaft im Rahmen eines Fachgesprächs am 7. Februar 2012 beteiligt. Nach diesem Ausbau ist unter Berücksichtigung der aktuell möglichen Reichweite von Brennstoffzellenfahrzeugen theoretisch eine flächendeckende Grundversorgung mit Wasserstoff in Baden-Württemberg möglich. Der kommerzielle Ausbau eines engmaschigen Tankstellennetzes ist über H₂Mobility angekündigt. Der zeitliche Verlauf dieses weiteren Ausbaus ist noch offen. Nach Serienstart der ersten Großserienbrennstoffzellenfahrzeuge und deren Marktdurchdringung wird von einem kommerziell getragenen weiteren Ausbau der Infrastruktur ab 2014/15 ausgegangen.

5. Wie bewertet sie die Perspektive der weiteren Entwicklung der Wasserstofftechnologie als Energiespeichertechnik, insbesondere im Bereich der Fahrzeugantriebe?

Wasserstoff als Energieträger und Brennstoffzellen als Energiewandler werden von Industrie und Wissenschaft insbesondere in den Einsatzgebieten Verkehr und Stromversorgung als sehr aussichtsreich angesehen. Brennstoffzellen können ihren Dienst direkt im Fahrzeug sowie indirekt in der Stromversorgung für Elektro- und Plug-In-Hybridfahrzeuge leisten.

Wasserstoff wird wegen seiner emissionsfreien Umwandlung „on Board“ und der Möglichkeit, große Energiemengen im Fahrzeug bei gleichzeitiger schneller Bepfischung mitführen zu können (Reichweite), aller Voraussicht nach eine große Bedeutung im nicht-schienegebundenen Verkehr entfalten. Langfristig kann Wasserstoff hier fossile Energieträger ersetzen. Kurzfristig können lokale Emissionen vermieden werden. Außerdem werden Brennstoffzellen zur Bordstromversorgung als hocheffizienter Lichtmaschinenersatz für Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor aber auch zur Bordstromversorgung von Flugzeugen entwickelt, um den steigenden Strombedarf abzusichern.

Bei großmaßstäblicher Erzeugung von Strom auf Basis zeitlich variierender erneuerbarer Energiequellen gewinnt die Pufferung von Energieüberschüssen durch Umwandlung von Strom mittels Elektrolyse in Wasserstoff an Bedeutung.

Der zukünftige Speicherbedarf von Strom wird die heute vorhandene Speicherkapazität um ein Vielfaches übersteigen. Insbesondere für den Ausgleich saisonaler Schwankungen stellen Wasserstoff und wasserstoffbasierte Energieträger wie Methan (siehe Antwort III) aktuell die einzige realistische Option dar. Gerade der Wasserstoffherstellung aus Wind- und Solarstrom über Elektrolyse wird daher im Energiesystem der Zukunft eine bedeutende Rolle zukommen. Darüber hinaus ist der Wasserstoff flexibel in der Erzeugung, hinsichtlich der Rohstoffquellen (Strom, Biomasse etc.), des Erzeugungsortes (zentral/dezentral) und er ist multi-sektoral verwendbar: zur Rückverstromung, im Verkehr als Brennstoff in Brennstoffzellenfahrzeugen ebenso wie in der Raumheizung in Form von Brennstoffzellenheizgeräten.

Durch die Erhöhung der maximalen Drücke von 350 auf 700 bar in Wasserstoffdrucktanks in Kraftfahrzeugen konnte ein wesentlicher Fortschritt erzielt werden.

II. Lithium-Ionen-Batterien

1. Welche Forschungsprojekte und welche Projekte zur Entwicklung und Markteinführung sind ihr im Bereich der Lithium-Ionen-Batterietechnologie in Baden-Württemberg bekannt?

Seit 2007 wird am KIT an Lithium-Ionen-Batterien (LIB) geforscht. Über gezielte Synthese, Charakterisierung und Funktionalisierung von nanoskaligen Elektrodenmaterialien, neuartigen flüssigen und festen Elektrolyten sowie durch den Aufbau und die Anwendung entsprechender Prozesstechnik werden die Grundlagen für verbesserte großformatige LIB, insbesondere hinsichtlich ihrer Energie- und Leistungsdichte sowie ihrer Zuverlässigkeit erarbeitet. Es steht ein umfassendes Portfolio an Charakterisierungsmethoden zur Verfügung, welche z. T. durch eigenständige Aufbau- und Methodenentwicklung für die LIB-Forschung zugänglich gemacht wurden, insbesondere in situ-Techniken. Sowohl auf Material- als auch auf Zellebene vertiefen diese Untersuchungen das Verständnis von Degradationsprozessen zur Optimierung von Lebensdauer und Zyklierbarkeit. Mit Arbeiten zum Zell- und Batteriemangement wird der Bogen von der Material- bis hin zur Forschung auf Zellsystemebene gespannt. Zusätzlich wurde mit der Einrichtung einer sogenannten New Field Group (NFG) aus Mitteln der Exzellenzinitiative eine neue Batterieprofessur am KIT eingerichtet.

Am KIT Universitätsteil liegen die Forschungsschwerpunkte bei der elektrochemischen Charakterisierung und Modellierung von Elektrodenstrukturen und Zellen (Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik, IWE) und der experimentellen Untersuchung und Modellierung des thermischen Verhaltens von Lithium-Ionen-Batterien (Institut für thermische Verfahrenstechnik, TVT). Der neu gegründete Lehrstuhl für Hybridelektrische Fahrzeuge beschäftigt sich mit Fragen der Integration von LIB in Fahrzeugen. Am Institut für Angewandte Materialien, Abt. Keramik im Maschinenbau, wird an Lithium-Schwefel-Systemen geforscht.

Das im Januar 2011 neu gegründete Helmholtz-Institut Ulm (HIU), eine Außenstelle des KIT, führt zu einer zusätzlichen Verzahnung der Untersuchung grundlegender elektrochemischer Vorgänge mit theoretischen Ansätzen sowie der Material- als auch der Systemforschung an den Standorten Ulm und Karlsruhe. Zielsetzung ist die Erforschung der Grundlagen für leistungsfähige Batterien für die Elektromobilität der Zukunft. Darüber hinaus werden Analysemethoden zur Erforschung der Prozesse während des Lade- und Entladevorgangs entwickelt. Die Themen des HIU sind für Elektrochemie und Elektromobilität hoch aktuell. Als Helmholtz-Einrichtung wird das HIU über das KIT zu 90 Prozent vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und zu zehn Prozent vom Land Baden-Württemberg finanziert. Das Wissenschaftsministerium unterstützt den Aufbau des HIU auch über die anteilige Grundfinanzierung hinaus mit sieben Mio. € über zehn Jahre.

Partner sind neben dem KIT und der Universität Ulm das ZSW Ulm sowie das DLR Stuttgart, das eine Professur für Theorie mit Ausstattung am HIU finanziert.

Wesentliche Projekte zur Entwicklung der Batterietechnologie am KIT sind:

- Der BMBF Verbund Süd „Elektrochemie für Elektromobilität“, der vom KIT koordiniert wird.
- Das BMBF-Projekt „Lithium-Ionen-Batteriezellen auf Basis von neuartigen Nanokomposit-Materialien“. Die Zusammenarbeit mit den beteiligten Firmen koordiniert das KIT. Ziel ist die Förderung des Aufbaus einer Pilotfertigung für Lithium-Ionen-Batterien in Ulm. Im Rahmen des auf Initiative des ZSW gegründeten Kompetenznetzwerks Lithium-Ionen-Batterien e.V. (KLiB) soll unter Beteiligung von vielen Unternehmen, darunter BASF, VARTA, Evonik, IoLiTec, Li-Tec und Forschungsinstitutionen die Anlage am ZSW als Erweiterung des kürzlich fertig gestellten ZSW-Labors für Batterietechnologie (eLaB) aufgebaut werden. Ziel ist es unter anderem, neu entwickelte Produktionsverfahren, Materialien, Komponenten und Anlagenteile in die industrielle Serienfertigung zu übertragen.
- Ein DFG-Schwerpunktprogramm, das sich mit Werkstoffen mit neuem Design für verbesserte Lithium-Ionen-Batterien befasst.
- Das DFG Center for Functional Nanostructures.
- Die Kooperation mit der Daimler AG im e-drive-Projekthaus. Dabei werden zwei Forschungsprojekte über Landesmittel finanziert:
 - „Entwicklung von 4V/5V-Nanokompositen basierend auf Interkalationsmaterialien für Lithium-Ionen Batterien“.
 - „Evaluierung und Entwicklung neuartiger Batterien auf Basis von Metallen/Metall-Fluoriden“.

Von der Daimler-AG finanziert wird:

- „Neuartige Gel-Polymer-Elektrolyte für Lithium-Ionen Batterien auf Basis von Ionic Liquids (IL-GPE)“.
- Die Kooperation mit BASF SE im Gemeinschaftslabor BELLA („Batteries and Electrochemistry Laboratory“)

Das KIT hat zum 1. Januar 2011 seine gesamten Aktivitäten zu elektrischen Energiespeichern und elektrischen Antriebssystemen in einem Dachprojekt „Competence E“ gebündelt. Derzeit arbeiten an ca. 25 Instituten rund 250 Wissenschaftler an aktuellen Forschungsprojekten aus diesen Bereichen. Competence E will der deutschen (insbesondere der baden-württembergischen) Wirtschaft eine Technologieplattform für stationäre und mobile Anwendungen elektrischer Energiespeicher zur Verfügung stellen und unter Nutzung dieser Plattform selbst anwendungsreife Lösungen auf Systemebene entwickeln und prototypisch demonstrieren.

Batterieforschung ist auch eines der zentralen Themen der Wissenschaftsstadt Ulm. Im Zentrum der Forschungsaktivitäten stehen die Universität Ulm mit dem fakultätsübergreifenden Forschungsbereich „Energieerzeugung und -speicherung“, in dem sowohl Grundlagen- als auch anwendungsorientierte Forschung betrieben wird. Hinzu kommt die industrienaher Forschung des ZSW, Mitglied der vom Ministerium für Finanzen und Wirtschaft grundfinanzierten Innovationsallianz BW. Das ZSW forscht entlang des gesamten Wertschöpfungsspektrums (von Materialien bis zu kompletten Systemen) von LIB und kooperiert mit fast allen Unternehmen in Deutschland, die auf diesem Gebiet aktiv sind.

In Ulm arbeiten Theoretiker und Experimentatoren zusammen, um herauszufinden, wie Prozesse im Nanobereich die Batterie als Ganzes beeinflussen. Um auch kleinste Defekte im Material aufzuspüren, wird in Ulm zurzeit gemeinsam mit dem Industriepartner Zeiss ein besonderes Mikroskop (ein Niederspannungs-Transmissionselektronen-Mikroskop) entwickelt. Damit lassen sich Strukturen erfassen, deren Größe im atomaren Bereich unter 0,2 Nanometer liegen.

Zu nennen sind folgende wesentliche Projekte in der Batterietechnologie in Ulm:

- BMBF-Projekt „Multiskalen-Modellierung von Lithium-Batterien“,
- Emmy-Noether-Gruppe: „Theoretische Modellierung elektrochemischer Systeme“,

- „Dynamik von Oberflächenstrukturen auf Goldelektroden“,
- „Elektrochemische Untersuchungen zur potenzial-induzierten Oberflächenfacettierung“,
- Forschergruppe FOR-1376: „Structure of the electrochemical solid-liquid interface“,
- DFG-Schwerpunktprogramm: WeNDeLIB – Werkstoffe mit neuem Design für verbesserte Lithium-Ionen-Batterien: „Lithium-Schwefel-Hochenergie Akkumulatoren mit reversiblen Matrix-interkalierten Schwefelkathoden“,
- DFG-Antrag: „Grundlegende Studien zur Metallabscheidung aus Raumtemperaturschmelzen“,
- Marie-Curie Initial Training Network: „Surface Electrochemical Reactivity in Electrocatalysis: A combined Theoretical and Experimental Approach“,
- ERC Starting Grant: „Theoretical studies on the functionalisation of metal surfaces with organic and biological complexes under electrochemical conditions“,
- „Modellbasierte Alterungsdiagnose von Li-Ionen-Batterien“ im Auftrag der Deutschen ACCUmotive GmbH & Co. KG, Kirchheim/Teck-Nabern,
- „Kompetenznetz Funktionelle Nanostrukturen: Skalendefekte in der Oberflächenchemie nanoporöser Materialien“, gefördert durch die BW-Stiftung,
- „Novel Nanostructure Catalysts for the High-temperature Electro-oxidation of Small Organic Molecules“, gefördert von der DFG,
- DFG-Forschergruppe 1376: „Elementary Reaction Steps in Electro-catalysis: Theory Meets Experiment“, 8 Teilprojekte,
- DFG-Schwerpunktprogramm „Nanomaterialien“: Mesoskopisch organisierte Nanopartikel: Synthese – Charakterisierung – Funktion (5 Teilprojekte [Themen: Elektrochemische Energiespeicherung in nanoskaligen Oxiden; Nanostrukturierte Goldkatalysatoren für die CO-Oxidation]).

An der Universität Heidelberg (Kirchhof-Institut für Physik) wird zu LIB das von der DFG geförderte Projekt „Crystal growth and electrochemistry of Lithium-based materials: Investigation of model systems for Li-ion batteries“ durchgeführt. Die Laufzeit geht noch bis Juni 2013.

An der Universität Konstanz wird im Fachbereich Chemie das Thema „Poröse Nickeloxid- und Manganoxidmaterialien“ (Forschungsmittel bereitgestellt durch die Universität Konstanz) bearbeitet und im Fachbereich Mathematik und Statistik die Themen „Numerical and Analytical Methods for Elliptic-Parabolic Systems appearing in the Modeling of Lithium-Ion Batteries“ (Projektförderung: 3. Förderlinie Exzellenzinitiative), „Reduced Basis Methods for Model Reduction and Sensitivity Analysis of Complex Partial Differential Equations with Applications to Lithium-Ion Batteries“ (Projektförderung: Adam Opel AG), „Methodenentwicklung zur Optimierung von Batteriemodellen (elektrochemisch und thermisch) unter Verwendung von Modellreduktion und Space-Mapping-Techniken“ (Projektförderung: Klima- und Energiefonds Neue Energien 2020 der Österreichischen Forschungsgesellschaft FFG) und ein „Prognosesicheres Batteriemodell für Elektro- und Hybridfahrzeuge“ (Projektförderung: Zukunftsfonds Steiermark, Österreich).

An der Universität Stuttgart bearbeitet das Institut für Maschinenelemente gemeinsam mit der Daimler AG ein Forschungsprojekt „Zuverlässigkeitsanalyse und -optimierung einer Lithium-Ionen-Fahrzeuggatterie mit den Methoden QUARTZ (abgeschlossen) und TRUST (noch in Bearbeitung)“.

An der Hochschule Aalen wird ein Projekt der BMBF-Verbundforschung mit dem Titel „Lebensdauer und Zuverlässigkeit von Lithium-Ionen-Akkumulatoren – Degradationsmechanismen, beschleunigte Erprobung, treffsichere Lebensdauerprognosen (ReLion)“ bearbeitet.

Weitere Aktivitäten zu Lithium-Ionen-Batterien im Land laufen in den Fraunhofer-Instituten ICT und ISE.

2. Inwieweit findet zurzeit eine Förderung der Forschung und Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien im Land statt?

Das Helmholtz-Institut in Ulm (KIT, ZSW, Universität Ulm, DLR) erhält eine zehnpromtente Förderung des Grundhaushaltes von 5 Mio. pro Jahr vom Land. Die verbleibenden 90 Prozent werden vom BMBF übernommen.

Neben der jährlichen institutionellen Grundförderung des ZSW hat das Ministerium für Finanzen und Wirtschaft mit 1,7 Mio. € einen erheblichen Beitrag beim Aufbau des im Jahr 2011 fertig gestellten Labors für Batterietechnologie (eLab) geleistet. Für den Aufbau der geplanten Pilotfertigung ist eine Förderung in Höhe von 6 Mio. € durch das Ministerium für Finanzen und Wirtschaft in Aussicht gestellt. Darüber hinaus werden weitere Forschungsaktivitäten zur Produktionstechnologie von Lithium-Ionen-Zellen vom Land gefördert.

Am KIT werden im Rahmen des Projekthauses „e-drive“ zwei Forschungsprojekte aus Landesmitteln finanziert:

- „Entwicklung von 4V/5V-Nanokompositen basierend auf Interkalationsmaterialien für Lithium-Ionen-Batterien“ und
- „Evaluierung und Entwicklung neuartiger Batterien auf Basis von Metallen/Metallfluoriden“.

Das Entwicklungsprojekt „Neuartige Gel-Polymer-Elektrolyte für Lithium-Ionen-Batterien auf Basis von Ionic Liquids (IL-GPE)“ am KIT wird direkt von der Daimler AG finanziert.

Im Übrigen wird auf die Ausführungen zu Frage II.1 verwiesen.

3. Wie bewertet sie die Perspektive der weiteren Entwicklung der Lithium-Ionen-Technologie als Energiespeichertechnik, insbesondere im Bereich der Fahrzeugantriebe und als Kurzzeitspeicher in Kopplung mit Mikro-Kraftwärmekopplungsanlagen sowie Kleinwind- und Photovoltaikanlagen?

Die Verfügbarkeit leistungsfähiger Speicher ist eine wesentliche Voraussetzung sowohl für den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien als auch für die Vernetzung mit neuen Konzepten nachhaltiger Mobilität. Aufgrund ihrer hohen Energiedichte sind Lithium-Ionen-Batteriesysteme sehr attraktiv. Obwohl die Lithium-Ionen-Technologie im Bereich der Verbraucher-Elektronik für den mobilen Bereich in Telefonen und Rechnern schon verstärkt im Einsatz ist, besteht bezüglich Sicherheit, Herstellungskosten und Energiedichte ein erhöhter Entwicklungsbedarf. Vor allem im Bereich Produktionstechnik gibt es hier erhebliche Defizite in Deutschland, um zukünftig mit den zumeist asiatischen Wettbewerbern konkurrieren zu können.

Die Herstellung von Elektrodenfolien für LIB basiert auf einer komplexen Prozesskette mit zahlreichen Einflussgrößen. Wichtige Prozessschritte sind die Partikelvorbehandlung, Pastenentwicklung, Beschichtung und Schichtverdichtung. Die massentaugliche Produktionstechnik für die Herstellung hochqualitativer Elektroden mit sehr kleinen Fehlertoleranzen stellt eine Schlüsseltechnologie für die industrielle Fertigung von Lithium-Ionen-Zellen dar.

Die LIB-Technologie ist eine Schlüsseltechnologie für künftige Fahrzeugantriebe: In allen Varianten von Hybridfahrzeugen, in Elektro- und Brennstoffzellenfahrzeugen kommen Batterien zum Einsatz. Dabei sind Hybridantriebe bereits in Serie und die Marktdurchdringung schreitet schnell voran.

Für das Automobil land Baden-Württemberg ist es unabdingbar, hier über eine breite Kompetenz und entsprechende Anteile der Wertschöpfung im Land zu verfügen. Im Antriebsstrang gibt es derzeit keine Alternativen zur LIB.

Für die stationäre Speicherung steht die LIB in Konkurrenz zur etablierten Bleibatterie, die deutlich kostengünstiger ist, aber keine vergleichbare Standfestigkeit (Zykluslebensdauer) besitzt. Mit dem Ausbau der Stromerzeugung aus fluktuierend einspeisenden erneuerbaren Energien steigt die Notwendigkeit der Zwischenspeicherung von Stromüberschüssen, sowohl kurzfristig als auch saisonal deutlich an. LIB sind insbesondere im Bereich der Kurzzeitspeicherung viel-

seitig einsetzbar. Während die Kombination von LIB und wärmegeführt betriebenen Mikro-Kraftwärmekopplungsanlagen heute noch kein ökonomisch tragfähiges Konzept darstellt, ist die Kombination von LIB, Fotovoltaikanlage und intelligentem Lastmanagement schon heute eine aussichtsreiche Option zur Erhöhung des Eigenverbrauchs von Fotovoltaikstrom. Mit sinkender Einspeisevergütung und steigenden Haushaltsstromkundenpreisen wird diese Option für viele Fotovoltaikanlagenbetreiber zunehmend attraktiv werden, zumal die sogenannte Netzparität noch in diesem Jahr erreicht werden wird. Ähnliche Konzepte sind auch in Kombination mit Kleinwindanlagen denkbar, wenngleich deren Marktdurchdringung noch nicht mit der Fotovoltaik vergleichbar ist.

Die LIB-Technologie ist derzeit eine der wichtigsten Speichertechnologien im Kraftfahrzeugbereich. Die konkrete Wahl des jeweiligen Speichers für ein Fahrzeug hängt jedoch von einer Reihe von Faktoren wie Kosten, Gewicht, Speichervolumen und individuelle Fahrzeugkonzeption ab. Zu den aktuellen Forschungsprojekten in Baden-Württemberg zur Lithium-Ionen-Technologie wird auch auf den Antrag der Abg. Peter Hofelich u. a. SPD Drs. 15/936 vom 25. November 2011, „Gewerbliche Ausbildung und Forschung auf dem Gebiet der Elektromobilität“, verwiesen.

III. Gasspeicherung/Methanisierung von Strom

1. Welche Möglichkeiten der Energiespeicherung durch Erzeugung von Methan mit Hilfe von Strom (Methanisierung) sieht sie?

Das aus (Überschuss-)Elektrizität mittels Elektrolysewasserstoff und CO₂ erzeugte Methan kann im Erdgasnetz ohne zeitliche Beschränkungen gespeichert werden. Die Rückverstromung dieses Erdgassubstituts in Gas- und Dampf-Kraftwerken und/oder dezentralen Blockheizkraftwerken ist bedarfsgerecht zu jeder Zeit möglich. Somit kann diese Speichertechnologie theoretisch sowohl zur kurzfristigen Speicherung (Stunden- bis Tagesausgleich) als auch als Langzeitspeicher (saisonaler Ausgleich über Wochen bis Monate) eingesetzt werden. Als Kurzzeitspeicher ist die Methanisierung jedoch aufgrund der relativ niedrigen Wirkungsgrade anderen Speicheroptionen ökonomisch unterlegen. Als saisonaler Speicher ist sie dagegen bis auf die Erzeugung und Speicherung von reinem Wasserstoff die einzige heute bekannte Möglichkeit. Dem Wasserstoff gegenüber hat das aus erneuerbarem Strom erzeugte Methan die Vorteile der (Mit)nutzung der bereits vorhandenen Erdgasinfrastruktur, einer höheren Energiedichte und einer deutlich geringeren Flüchtigkeit der Moleküle, was wiederum die Diffusionsverluste während der Speicherung erheblich reduziert.

Die Methanisierung ist dabei flexibel hinsichtlich der verwendeten CO₂-Quellen. Es kann biogenes CO₂ beispielsweise aus Biogasanlagen oder Ethanolabriken verwendet werden ebenso wie CO₂ aus Produktionsprozessen (Brauereigewerbe, Zementherstellung etc.) oder CO₂, das in fossilen Kraftwerken abgetrennt wurde. Die Wahl der CO₂-Quelle hängt nicht zuletzt von der angestrebten Anlagenleistung der Methanisierungseinheit ab. Sowohl technisch als auch ökonomisch sinnvoll sind nach heutigem Kenntnisstand dezentrale Methanisierungseinheiten mit Leistungen zwischen 2 und 20 MW. Je nach Einsatzbereich, müssen dabei bestimmte Mindestleistungen erreicht werden: Beispielsweise ist für die Teilnahme am Regelenergiemarkt – eine weitere Dienstleistung im Rahmen der Systemstabilisierung, die die Methanisierungseinheit im Erzeugungsprozess unabhängig von der Art der Rückverstromung erbringen kann – aktuell eine Leistung von 10 MW erforderlich.

2. Welche diesbezüglichen Forschungs- und Pilotprojekte sind im Land vorhanden und geplant?

An vorhandenen oder geplanten Projekten in Baden-Württemberg sind folgende bekannt:

- Am Engler-Bunte-Institut des KIT werden im Labormaßstab im Rahmen von verschiedenen Forschungsvorhaben alternative Methanisierungsverfahren un-

tersucht (Wabenreaktor, Flüssigphasen-Methanisierung). Diese sollen im weiteren Verlauf auch in größerem Maßstab ausgeführt und weiterentwickelt werden.

- In dem von der Forschungsstelle des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches (DVGW) am Engler-Bunte-Institut des KIT koordinierten BMBF-Verbundvorhaben SEE wird die gesamte Power-to-Gas-Prozesskette vom Stromnetz über die Elektrolyse bis hin zur Brennstoffsynthese und Einspeisung in das Gasnetz untersucht. Hierbei sind 9 Projektpartner aus Wissenschaft (z. B. ISE) und Industrie (z. B. EnBW) beteiligt.
- Das KIT koordiniert auch den Forschungs- und Innovationsschwerpunkt „Energy from chemical fuels“ der vom European Institute for Innovation and Technology (EIT) geförderten Knowledge & Innovation Community KIC InnoEnergy. In dieser europäischen Initiative, die 2011 mit insgesamt 24 Mio. € und 2012 mit 31 Mio. € gefördert wird, haben sich unter Koordination des KIT insgesamt 30 europäische Partner aus Forschung, Universitäten und Industrie zusammengeschlossen, um den europäischen Energieraum 2050 zu gestalten. Im thematischen Schwerpunkt „Energy from chemical fuels“ werden verschiedene Projekte gefördert, die auf die Nutzung chemischer Energieträger als Energiespeicher abzielen, darunter auch konkrete Aufgaben zur Methanisierung.
- An der Universität Stuttgart (Institut für Feuerungs- und Kraftwerkstechnik, Abteilung Dezentrale Energieumwandlung) wurden diverse Projekte kürzlich abgeschlossen, wie beispielsweise zur Brennstoffflexibilisierung für Kombi-Kraftwerke mit der Option eines CO₂-freien Betriebs (Erzeugung wasserstoffreicher Gase aus festen Brennstoffen in einem kommunizierenden Wirbelschichtreaktor – Absorptionsgestützte Reformierung von Biomasse und Braunkohle – Erzeugung von Gasen für Methanisierung), zur energetischen Nutzung biogener Reststoffe mit der AER-Technologie und eine Systemanalyse zur Erzeugung und Nutzung biogener Gase in Baden-Württemberg. Das derzeit laufende BMBF-geförderte Projekt „Bioenergie 2021“ befasst sich mit der innovativen Erzeugung von gasförmigen Brennstoffen aus Biomasse. Geplant sind Projekte zu flüssigen Kohlenwasserstoffen als Speicher mit höchster Energiedichte, zur Regelfähigkeit von Bioenergieanlagen zur Integration hoher Anteile erneuerbarer Energien in das Energiesystem Deutschlands und zur Speicherung von Biomasse und regenerativem Strom durch eine Kombination von Biomasse-Vergasung mit dem Power-to-Gas-Konzept.
- An der Universität Konstanz gibt es im Fachbereich Chemie das Projekt „Adsorption von CO₂ in porösen Organosilikaten“ im Bereich Gasspeicherung/Methanisierung von Strom. Die Förderung erfolgt durch Forschungsmittel, die von der Universität Konstanz bereitgestellt werden.
- Im Fachbereich Geowissenschaften der Universität Tübingen wird in einem Industrieprojekt eine etwaige Grundwassergefährdung bei der unterirdischen Erdgasspeicherung untersucht.
- Beim ZSW wurde eine 25 kW (elektrisch)-Anlage im Auftrag der Firma SolarFuel GmbH (Sitz in Stuttgart) aufgebaut und 2009 fertiggestellt. Die containerintegrierte Anlage wurde bei mehreren Energieversorgern im realen Einsatz getestet.
- Beim ZSW befindet sich eine 250 kW (elektrisch)-Anlage in Stuttgart im Aufbau. Projektpartner sind das ZSW, die Firma SolarFuel GmbH und das Fraunhofer-Institut für Windenergie und Systemtechnik IWES. Finanziert wird das Projekt vom BMU.
- Für Audi befindet sich eine 6.000 kW (elektrisch)-Anlage in der Planungsphase. Der Auftrag erging an die SolarFuel GmbH in Stuttgart. Standort der Anlage ist der Ort Werlte im Emsland. Im Rahmen des Monitorings ist das ZSW an einem BMU-geförderten Projekt beteiligt (momentan Bewilligungsphase).

3. *Welche Kapazitäten zur Speicherung von Erdgas sind im Land derzeit vorhanden (nach Möglichkeit mit Angabe der einzelnen Standorte)?*

In Baden-Württemberg werden derzeit zwei Untertage-Gasspeicher in Sandhausen (Rhein-Neckar-Kreis) mit einem Fassungsvermögen von insgesamt 60 Mio. m³ in 600 m Tiefe und Fronhofen-Ilmensee (Oberschwaben) mit einem Fassungsvermögen von insgesamt 153 Mio. m³ in knapp 1.800 m Tiefe betrieben. Dabei werden mikroskopische Hohlräume (Porosität) von Gesteinsschichten im Untergrund genutzt, um Erdgas in der Tiefe anstatt in Gaskesseln an der Erdoberfläche zwischen zu speichern.

Ob es im Land weitere Kapazitäten im Sinne von vorhandenen, bekannten oder abschätzbaren Speichermöglichkeiten unter Tage gibt, ist derzeit nicht bekannt. Dazu fehlen die erforderlichen Informationen aus Tiefbohrungen oder Analog-Studien.

Das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau hat zusammen mit den anderen staatlichen geologischen Diensten im Projekt Speicher-Kataster versucht abzuschätzen, wo es im Land Sinn machen könnte, weitere Untersuchungen anzustellen. Das Ergebnis ist keine Bewertung in Zahlen, sondern eine Bewertung im Sinne einer Ampelkarte. Die Ergebnisse sind im Internet unter [http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/CO₂.Speicherung/Projekte/Laufend/speicherkataster.html](http://www.bgr.bund.de/DE/Themen/CO2.Speicherung/Projekte/Laufend/speicherkataster.html) eingestellt.

4. *Welchen Wert misst sie dieser Technologie für klimafreundliche Fahrzeugantriebe neben der Wasserstoff- und der Batterietechnologie für Elektromobile bei?*

Die Etablierung von Erdgas als Kraftstoff ist hauptsächlich aus den Aspekten Klimaschutz, Luftreinhaltung und Diversifizierung der Rohstoffbasis sinnvoll. Aus Sicht des Nutzers kommen Vorteile durch günstigere Betriebskosten hinzu. Erdgas bzw. Methan ist die einfachste Kohlenwasserstoffverbindung. Das Molekül verbrennt an der Luft mit bläulicher, nicht rußender Flamme zu Wasser und CO₂. Durch das Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnis von 1:4 entsteht dabei weniger CO₂ als bei der Verbrennung von beispielsweise Benzin. Durch eine intelligente Hybridisierung kann der CO₂-Ausstoß noch weiter reduziert werden. Erste Prototypen und Erprobungsfahrzeuge sind hierzu ebenfalls bereits realisiert.

Alternativ zur Speicherung erneuerbarer Energie in Wasserstoff, lässt sich dieser durch Methanisierung im Erdgasnetz speichern und über das flächendeckend vorhandene Erdgastankstellennetz der Mobilitätskette zuführen.

Rund 900 öffentliche Tankstellen stehen bereits heute zur Verfügung und das Netz wächst kontinuierlich. Erdgas als Kraftstoff wird seit vielen Jahren in zahlreichen Unternehmensflotten eingesetzt. Erdgasfahrzeuge sind bereits heute Stand der Technik und werden von vielen Herstellern sowohl im Personenkraftwagenbereich, als auch im Nutzfahrzeugsegment in Serie angeboten. Weiter kann grundsätzlich jedes konventionelle Fahrzeug mit Otto-Motor (es gibt Ausnahmen bei Benzindirekteinspritzung) umgerüstet werden.

Regenerativ erzeugtes Methan ist ein nachhaltiger Treibstoff, der den hohen Anforderungen an zukunftssträchtige Alternativen zu konventionellen Kraftstoffen gerecht wird. Weiter wird durch die Beimischung von regenerativ erzeugtem Methan die ohnehin schon sehr gute CO₂-Bilanz von Erdgasfahrzeugen noch weiter verbessert.

Zudem sind erdgasbetriebene Fahrzeuge schon heute so sauber wie es zukünftige Umweltstandards fordern und erreichen beispielsweise bereits heute Anforderungen der kommenden Euro-6-Norm. Diese schreibt scharfe Grenzwerte insbesondere bei den umwelt- und gesundheitsschädlichen Emissionen von Stickoxiden und Feinstaub vor und wird insbesondere von Dieselfahrzeugen nur mit spürbaren Mehrkosten für aufwändige Abgasreinigungsanlagen einzuhalten sein. Insbesondere gasbetriebene Nutzfahrzeuge mit Ottomotoren weisen im Vergleich zu Dieselfahrzeugen eine verringerte Lärmemission auf. Eine Vergleichsmessung von Müllsammelfahrzeugen ergab beim Gasantrieb Lärmemissionen von 66 dB(A) im Vergleich zu 71 dB(A) beim Dieselantrieb. Dies entspricht einer Reduzierung der Lärmbelastung um 25 Prozent.

Ein weiterer interessanter Aspekt von regenerativem Methan im Umfeld der Mobilität ist der Einsatz von Erdgas-/Methan-Verbrennungsmotoren als Range-Extender im Elektrofahrzeug. Aufgrund vieler gleicher bzw. ähnlicher Komponenten und Anforderungen (gasförmiger Kraftstoff, Bauraum für Drucktank, gasführende Leitungen usw.) ließe sich innerhalb einer Fahrzeugstruktur, bzw. eines Fahrzeugkonzeptes ein Elektrofahrzeug realisieren, in welchem in Serie als Range-Extender alternativ ein Erdgasmotor-System oder eine Brennstoffzellen-System verbaut werden könnte.

Über das Konzept der Methanisierung, die mit vergleichsweise hohen Wirkungsgradverlusten verbunden ist, hinaus hält die Landesregierung allerdings längerfristig den Weg in die Wasserstoffwirtschaft – mit regenerativ erzeugtem Wasserstoff – für aussichtsreich, um kohlenstofffreie Energieträger zu nutzen (Siehe Ausführungen zu I).

IV. Pumpspeicherkraftwerke

1. Welchen Stellenwert misst sie den bestehenden und zukünftigen Pumpspeicherkraftwerken bei der künftigen Stromerzeugung bei?

Entsprechend den ambitionierten Ausbauzielen wird unsere künftige Stromversorgung von der stark fluktuierenden Einspeisung aus erneuerbaren Energien, insbesondere aus Windenergie- und Fotovoltaik-Anlagen, geprägt sein. Zur Integration der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien in das Energieversorgungssystem und zum Ausgleich des immer größer werdenden Ungleichgewichts zwischen Erzeugung und Verbrauch sind zusätzliche Energiespeicher erforderlich.

Vorliegende Prognosen über den künftigen Speicherbedarf differieren je nach den zugrunde gelegten Szenarien stark, weisen aber insgesamt einen enormen Ausbaubedarf aus. Pumpspeicherkraftwerke stellen derzeit die einzige ausgereifte, verfügbare Technologie und die auf absehbare Zeit wirtschaftlichste Option zur Speicherung von Energie im großtechnischen Maßstab und für die Leistungsregelung der Stromnetze dar. Sie werden weltweit in großem Umfang seit Jahrzehnten eingesetzt und erreichen einen hohen Wirkungsgrad von bis zu 80 Prozent. Auch wenn der längerfristig erwartete Speicherbedarf nicht allein durch Pumpspeicherkraftwerke gedeckt werden kann, so werden diese auch künftig einen wichtigen und unverzichtbaren Beitrag beim Umbau unserer Energieversorgung leisten.

2. Ist ihr bekannt, wie hoch (unter Einbezug der geplanten Projekte) die möglichen Kraftwerksleistungen und Speicherkapazitäten von Pumpspeicherkraftwerken in der Bundesrepublik Deutschland sind (nach Möglichkeit mit Angabe der einzelnen Standorte)?

Wie in der nachfolgenden Tabelle dargestellt, stehen in Deutschland 30 Pumpspeicherkraftwerke mit einer Pumpleistung von insgesamt rd. 6.190 MW und einer Turbinenleistung von insgesamt rd. 6.580 MW zur Verfügung. Davon befinden sich in Baden-Württemberg acht Pumpspeicherkraftwerke mit einer Pumpleistung von insgesamt rd. 1.690 MW und einer Turbinenleistung von insgesamt rd. 1.809 MW. Weiterhin sind in das deutsche Stromnetz fünf Pumpspeicherkraftwerke in Österreich und ein Pumpspeicherkraftwerk in Luxemburg eingebunden.

Pumpspeicherwerk Standort	Land	Turbinenleistung [MW]	Pumpleistung [MW]	nutzbare Kapazität [MWh]
Einsiedel	Baden-Württemberg	1,3	1,1	23
Glems	Baden-Württemberg	90	68	560
Häusern	Baden-Württemberg	144	104	46.330
Säckingen	Baden-Württemberg	353	301	2.064
Schwarzenbachwerk	Baden-Württemberg	45	20	198
Waldshut	Baden-Württemberg	176	80	40.237
Wehr	Baden-Württemberg	980	990	6.073
Witznau	Baden-Württemberg	220	128	7.506
Happurg	Bayern	160	126	900
Höllbach 3	Bayern	1,5	0,8	

Pumpspeicherwerk Standort	Land	Turbinenleistung [MW]	Pumpleistung [MW]	nutzbare Kapazität [MWh]
Langenprozelten	Bayern	168	154	950
Leitzachwerk 1	Bayern	49	45,4	550
Leitzachwerk 2	Bayern	49,2	36,8	550
Maxhofen-Oberberg	Bayern	10,4	10,8	
Reisach Rabenleite	Bayern	105	81	630
Tanzmühle Rabenl.	Bayern	35	24,5	404
Waldeck 1	Hessen	140	96	478
Waldeck 2	Hessen	440	476	3.428
Erzhausen	Niedersachsen	220	230	940
Koepchenwerk Herd.	Nordrhein-Westfalen	153	153,6	590
Rönkhausen	Nordrhein-Westfalen	140	140	690
Sorpetalsperre	Nordrhein-Westfalen	9,9	7,3	7.120
Geesthacht	Schleswig-Holstein	120	96	600
Markersbach	Sachsen	1.050	1.140	4.018
Niederwartha	Sachsen	120	120	591
Wendefurth	Sachsen-Anhalt	80	72	523
Goldisthal	Thüringen	1.060	1.140	8.480
Bleiloch	Thüringen	80	32	753
Hohenwarte 1	Thüringen	62,7	34	795
Hohenwarte 2	Thüringen	320	310	2.087
Kopswerk II	Vorarlberg (A)	450	450	
Lünersee	Vorarlberg (A)	232	224	262.160
Rifa	Vorarlberg (A)	7	8	1.000
Rondund I	Vorarlberg (A)	198	41	
Rondund II	Vorarlberg (A)	276	260	
Vianden	Luxemburg	1.100	836	4.675

Quelle: Dena Abschlussbericht PSW-Integration EE

In Baden-Württemberg gibt es drei konkrete Planungen für die Neuerrichtung von Pumpspeicherkraftwerken in Atdorf (1.400 MW), Forbach (Erweiterung um 200 MW) und Blautal (45 MW). Darüber hinaus sind in Deutschland Planungen in Waldeck II (300 MW), Jochenstein-Riedl (300 MW), Schamalwasser (400 MW), Simmerath/Rur (640 MW), Heimbach (600 MW), Nethe (390 MW) und der Stadtwerke Trier (300 MW) bekannt.

3. Hält sie auch über die Standorte Forbach und Atdorf hinaus weitere Planungen und Vorhaben im Land für sinnvoll und wünschenswert?

Die beschlossene Energiewende erfordert neben einem umfassenden Netzausbau zusätzliche Speicherkapazitäten. Die Landesregierung setzt sich mit Nachdruck für den notwendigen Aus- und Umbau der erforderlichen Infrastruktur ein. Hierbei sind weitere Pumpspeicherkraftwerke eine wichtige Option. Die EnBW hat eine PSW-Potenzialanalyse in Auftrag gegeben, um die theoretischen Ausbaumöglichkeiten für neue Pumpspeicherkraftwerke im Land zu eruieren. Mit Ergebnissen der Studie ist im 2. Quartal dieses Jahres zu rechnen.

V. Weitere Speichertechniken

1. Welche Einsatzmöglichkeiten und welches Entwicklungspotenzial sieht sie für die Technik der Redox-Flow-Batterie?

In Zukunft werden verstärkt skalierbare Stromspeicher im Leistungsbereich von 100 kW bis maximal 5 MW benötigt, um durch dezentrale, netzintegrierte Stromspeicher die Netzkapazitäten besser auszunutzen und Engpässe zu vermeiden. Im angestrebten Leistungsbereich bieten Redox-Flow-Batterien ein aussichtsreiches Entwicklungspotenzial im Hinblick auf die Zielkosten und eines skalierbaren Aufbaus.

Das Verfahren der Redox-Flow-Batterien beruht auf dem Prinzip der Speicherung von chemischer Energie in Form von gelösten Redox-Paaren in externen Tanks.

Die Stromerzeugung erfolgt in einem getrennten Leistungsmodul. Den Elektroden wird während der Entladung kontinuierlich der umzusetzende gelöste Stoff aus den Vorratsstanks zugeführt und das entstehende Produkt ebenfalls in einen Vorratsbehälter abgeführt. Zum Laden wird die Pumprichtung des Elektrolyten umgekehrt. Da die Speicherkapazität im Wesentlichen von der Tankgröße für die Elektrolytlösung bestimmt wird und der Wirkungsgrad bei bis zu 80 % liegt, ist dieser Speichertyp interessant für die Großanwendung.

2. Welche weiteren Forschungs- und Entwicklungsprojekte sind im Land vorhanden und wie werden diese bislang (bis 2011) von Bund und Land gefördert?

Am ICT in Pfinztal wurde der Prototyp einer Redox-Flow-Batterie entwickelt, mit dem verschiedene Elektrodenmaterialien, Membranen und Elektrolyte möglichst flexibel getestet werden können. Damit lassen sich unterschiedliche Redox-Systeme in einem Testaufbau vergleichen, um so die Vor- und Nachteile der jeweiligen Systeme herausarbeiten zu können.

Erreichte Fortschritte gegenüber dem Stand der Technik:

- modularer Aufbau aus einem marktreifen und entwicklungsfähigen Kurz- sowie einem neu entwickelten Langzeitspeicher,
- Leistung und Energiemenge sind unabhängig skalierbar,
- optimaler Betrieb durch vorausschauende Regelung und Lastmanagement,
- energetisch- und kostenoptimierte Energiewandlung.

Bis heute ist die Hauptentwicklungsrichtung für die Redox-Flow-Batterie eine kostengünstige Speicherung großer Energiemengen mit möglichst geringem Wartungsaufwand und einer hohen Lebensdauer. Die Leistungs- und Energiedichte standen bisher nicht im Fokus.

Zur Entwicklung der Redox-Flow-Technologie werden in Baden-Württemberg aktuell die folgenden Projekte durch das Ministerium für Finanzen und Wirtschaft gefördert:

- **RedoxWind:** Der Schwerpunkt des am ICT angesiedelten Projektes liegt in der Entwicklung und dem Aufbau eines getriebelosen Windrades in Kombination mit einer Redox-Flow-Batterie mit dem Fokus auf der Anpassung der Windkraftanlage an den Betrieb der Batterie. Es sollen dabei möglichst Synergien und gemeinsame Komponenten beider Anlagenteile für eine Vereinfachung bzw. Optimierung des Gesamtaufbaus genutzt werden. Der Finanzierungsanteil des Landes beträgt 8,0 Mio. €.
- **Mobile Redox-Flow-Batterie:** Im Rahmen eines Forschungsprojektes am ICT mit Mitteln aus der Landesinitiative Elektromobilität I in Höhe von 1,5 Mio. € werden Redox-Flow-Batterien hinsichtlich ihrer Leistungs- und Energiedichte für die mobile Anwendung weiter entwickelt. Damit soll ein Energiespeicher (elektrische Energie) für mobile Anwendungen zur Verfügung stehen, der durch Austausch des entladenen gegen den geladenen Elektrolyten wieder „gefüllt“ werden kann, aber ebenso im Fahrzeug oder an einer Ladestation wieder aufgeladen werden kann. Dieses weiterentwickelte Redox-Flow-System kann dann zum einen direkt in der mobilen Anwendung und zum anderen stationär, z. B. als „Stromtankstelle“ mit gespeicherter regenerativer Energie eingesetzt werden. Am Fraunhofer ICT werden im Rahmen dieses Projektes alternative Elektrolyte und Elektrodenmaterialien untersucht. Als Demonstrator wird ein Redox-Flow-System auf der Basis von Vanadium-Sauerstoff aufgebaut.

3. Wie viel überschüssige Stromleistung und Strommenge können die in Baden-Württemberg installierten Stromheizungen derzeit aufnehmen?

Zu Stromheizungen gehören Stromdirektheizungen ebenso wie Wärmepumpen und die am weitesten verbreitete Form der Stromspeicherheizungen. Mit letzteren werden in Baden-Württemberg aktuell etwa 310.000 Wohnungen beheizt. Stromspeicherheizungen können potenziell als kurzfristig verschiebbare Lasten im

Stromsystem eingesetzt werden, sofern der Wärmebedarf flexibel genug ist dies zuzulassen.

Nachtstromspeicherheizungen sind generell so konzipiert, dass sie zwischen 22:00 Uhr und 6:00 Uhr Strom abnehmen, um den Wärmespeicher aufzuladen, wobei die Ladung in der Regel in 6 Stunden innerhalb des genannten Zeitfensters erfolgt, was die Zeit der Stromaufnahme durch die Heizungen entsprechend zeitlich begrenzt. Der Gesamtstrombedarf für Nachtstromspeicherheizungen in Baden-Württemberg liegt aktuell bei etwa 2,8 TWh/a. Verlässliche Daten über die tatsächlich installierte Leistung existieren nicht, sodass hierzu keine Aussagen möglich sind. Die Aufnahme von Stromüberschüssen ist zwar theoretisch möglich, diese müssten jedoch dann mit dem Nutzungs- bzw. Lastprofil der Nachtstromspeicherheizungen insofern übereinstimmen, als dass sie sowohl jahreszeitlich innerhalb der Heizperiode als auch tageszeitlich innerhalb des Ladezyklus der Speicherheizungen anfallen müssten. In Baden-Württemberg sind am ehesten Überschüsse aus der Stromerzeugung aus Photovoltaik zu erwarten. Diese fallen jedoch in den Sommermonaten insbesondere in der Mittagszeit an. Nachtstromspeicherheizungen stehen zu dieser Zeit als Last nicht zur Verfügung. Bei einem zunehmenden Anteil der Windenergie an der Stromerzeugung können ggf. Erzeugungsspitzen der Windenergie nachts und in den Wintermonaten anfallen, sodass die Nachtstromspeicherheizungen diesen Strom theoretisch aufnehmen könnten. Für in Baden-Württemberg erzeugten Windstrom dürfte diese sehr ineffiziente Art der Nutzung jedoch absehbar nicht erforderlich sein. Um Windstromüberschüsse aus anderen Regionen Deutschlands auf diese Weise zu nutzen, fehlen zum einen die Leitungskapazitäten und zum anderen wäre die abnehmbare Strommenge aller Wahrscheinlichkeit nach deutlich zu gering um eine spürbare Entlastung zu bewirken.

Insgesamt sind Stromheizungen daher kein zukunftsfähiges Konzept für die Beheizung, was jedoch die Entwicklung einzelner Nutzungen zum Übergang Strom – Gas – Wärme nicht ausschließen soll.

4. Welche Projekte zur Erforschung und Entwicklung von Wärmespeichern (auch zur indirekten Stromspeicherung) sind im Land vorhanden (auf Basis von z. B. Salz oder Beton) und wie werden diese finanziert?

Grundsätzlich ist zwischen Wärmespeichern (z. B. Aquiferspeicher, Latentspeicher) und Speichern für elektrische Energie (z. B. Druckluftspeicher-Kraftwerke und Pumpspeicherkraftwerke) zu unterscheiden.

Im Rahmen der Wärmespeicherung und speziell zum Thema Aquiferspeicher laufen derzeit zwei Promotionsvorhaben am Institut für Angewandte Geowissenschaften am KIT zum Thema nachhaltige thermische Nutzung des Untergrunds in urbanen Räumen. Die Arbeiten werden vom BMBF und der Deutschen Bundesstiftung Umwelt im Rahmen von Promotionsstipendien gefördert.

Folgende Forschungsvorhaben Thema „Thermische Energiespeicher“ wurden und werden im Rahmen des Umweltforschungsprogramms BWPLUS vom Umweltministerium gefördert:

- „Ganzheitliche Bewertung innovativer mobiler thermischer Energiespeicherkonzepte für Baden-Württemberg“, Universität Stuttgart,
- „Stabilitätsuntersuchungen an Sorptionsmaterialien und Kompositen“, ISE, Freiburg,
- „Neuartiges Schichtspeichersystem zur Effizienzsteigerung von Adsorptionswärmepumpen und -kältemaschinen“, KIT,
- „Thermische Energiespeicher zur Verstromung diskontinuierlicher Abwärme“, Stadtwerke Esslingen und DLR, Stuttgart,
- „Warmwasser-Sorptionswärmespeicher für thermische Solaranlagen“, Universität Stuttgart,
- „Entwicklung eines modularen Speichersystems für kostengünstige solarthermische Kombianlagen“, Fa. Consolar, Lörrach und Universität Stuttgart,

- „Schichtspeicher-Adsorptionswärmepumpe für Heiz- und Kühlanwendungen in Gebäuden“, KIT.

Die Ergebnisse der kürzlich abgeschlossenen und noch laufenden Projekte werden im Statuskolloquium Umweltforschung Baden-Württemberg 2012 am 29. Februar 2012 in Karlsruhe (KIT-Campus Nord) vorgestellt.

Aktuell entwickelt das Umweltministerium ein Forschungsprogramm Energie, Energiespeichertechnologien. Vor dem Hintergrund, dass die Energiewende neue wirtschaftliche, umwelt- und sozialverträgliche Lösungen des Energiesparens, der Energiewandlung und der Energieverteilung erfordert, sollen in dem Programm technisch-/naturwissenschaftliche sowie gesellschafts- und kulturwissenschaftliche Grundlagen mit besonderer Relevanz für Baden-Württemberg erarbeitet werden. Im Fokus stehen integrierte Speicherlösungen. Das Programm soll im Rahmen von BWPLUS, betreut durch den Projektträger Karlsruhe am KIT, aus Haushaltsmitteln des Landes finanziert werden.

An Hochtemperatur-Wärmespeichern wird am DLR Institut für Technische Thermodynamik in Stuttgart geforscht. Die grundlegenden Entwicklungsarbeiten und Vorlaufforschung werden/wurden aus der Grundfinanzierung des DLR (HGF-Mittel) finanziert.

Übergeordnete Forschungs- und Entwicklungsthemen sind

- verschiedene Wärmespeicher-Materialien und -Typen für Solarthermische Kraftwerke,
- Hochtemperatur-Feststoffspeicher für Kraftwerke und Adiabate Druckluftspeicherkraftwerke sowie für Kraft-Wärme-Kopplung und industrielle Abwärmenutzung,
- Latentwärmespeicher für industrielle Prozesstechnik, Kraftwerksprozesse und solare Prozesswärme,
- Thermochemische Wärmespeicher mit höchster Speicher- und Leistungsdichte.

Ziel der Arbeiten ist es, für unterschiedliche Anwendungsgebiete und Betriebsbedingungen (Temperatur/Prozessparameter/Leistung/Kapazität) effiziente und wirtschaftliche Wärmespeicher zu entwickeln und industrielle Partner bei der kommerziellen Umsetzung zu unterstützen. Oberstes Ziel sind Kostensenkungen, da die bisher verfügbaren Wärmespeicher für eine breite Anwendung noch deutlich zu teuer sind.

Speichertechnik	Projekt	Projektpartner	Finanzierung
Betonspeicher für 100 bis 450 °C	WESPE, WANDA	Züblin	BMU
Regenerator-Speicher bis 1.000 °C für Solarkraftwerke	HOTSPOT	KBA-Metallprint	BMU
Feststoffschüttpeicher für adiabates Druckspeicherkraftwerk	ADELE	Firmenkonsortium Leitung RWE	BMW i
Wärmespeicher für flexibles GuD KWK Kraftwerk	FLEGS	Firmenkonsortium Leitung RWE	BMW i
Latentwärmespeicher für solare Direktverdampfung	DISTOR, ITES	Europ. Konsortium Siemens, Flagsol	EU FP6, BMU
Latentwärmespeicher für industrielle Prozessdampf Speicherung	PROSPER, ProsperPLUS	SGL und weitere	BMW i
Wärmespeicher für KWK	EVA	Stadtwerke Esslingen	BaWü
Abwärmenutzung in der Gießerei-industrie	REGIE	Simpelkamp	BMW i
Wärmespeicher mit Fließbett-speicher-Konzept (Sandspeicher)	HITEXSTOR	SIJ-FH Aachen	BMU
Kombination aus Beton- und Regeneratorspeichertechnik für Solarkraftwerke	CellFLUX		E.ON
Technologieentwicklung für Thermochemischer Speicher	TCS	Universität Stuttgart	BMW i
Speicherung industrieller Abwärme mit Thermochemischen Speichern	SIT	EVONIK und Forschungspartner	BMBF
Thermochemischer Speicher für solare Kraftwerkstechnik	TCSPower	Europ. Industrie- und Forschungskonsortium	EU FP7

Im Rahmen eines aus Mitteln des Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung EFRE geförderten und vom Umweltministerium kofinanzierten Förderprogramms RWB-EFRE Umwelttechnik wird mit der Entwicklung und Erprobung eines auf Metallschaum basierenden Systems (Demonstrator) zur regenerativen Nutzung und Speicherung von Abwärme aus Energiegewinnungsprozessen die Entwicklung von thermischen Speicherlösungen unterstützt.

Im Projekt „Energieeffizientes textiles Bauen mit transparenter Wärmedämmung für die solarthermische Nutzung nach dem Vorbild des Eisbärfells“ wird am Institut für Textil- und Verfahrenstechnik Denkendorf (ITV) in einem Konsortium mit fünf weiteren Partnern aus Baden-Württemberg ein saisonaler Wärmespeicher für neuartige textile Gebäudekonzepte entwickelt und beispielhaft umgesetzt.

Im Projektkonsortium „MStor Entwicklung und Erprobung eines auf Metallschaum basierenden Systems zur regenerativen Nutzung und Speicherung von Abwärme aus Energiegewinnungsprozessen“ wird ein neuartiger Latentwärmespeicher entwickelt und mit Hilfe von softwaregestützten Simulationswerkzeugen in Hinblick auf eine effektive Be- und Entladung des Speichers optimiert. Konsortialpartner sind neben der Hochschule für Technik und Wirtschaft Karlsruhe drei Unternehmen aus Baden-Württemberg.

Das Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik ITW der Universität Stuttgart sowie das Steinbeis-Forschungsinstitut für solare und zukunftsfähige thermische Energiesysteme SOLITES untersuchen verschiedene Typen von Wärmespeichern wie Erdsonden-Wärmespeicher, Kies/Wasser-Wärmespeicher und Aquifer-Wärmespeicher. Im Bereich der Heißwasser-Wärmespeicher ist ferner auch das Institut für Leichtbau, Entwerfen und Konstruieren der Universität Stuttgart aktiv.

Darüber hinaus beschäftigt sich die Hochschule Mannheim im Rahmen eines AiF-Projektes zusammen mit einem Unternehmen aus Braunschweig mit Latentwärmespeichern für thermische Solaranlagen.

Im Fachbereich Geowissenschaften der Universität Tübingen wird die Frage der Saisonalen Wärmespeicherung im Untergrund im Rahmen von Master- und Diplomarbeiten untersucht.

Die Hochschule Biberach plant Untersuchungen zu elektrischen Infrarot-Strahlungsheizern und inwieweit diese hoch-dynamisch in ein Energie- und Lastmanagement eines Smart Grids eingebunden werden können. Bereits abgeschlossen ist ein Projekt gemeinsam mit Erdgas Südwest über die Speicherung von Biogas durch Verflüssigung bzw. Hochdruck-Biogas und die bedarfsgerechte Verwendung des gespeicherten Gases.

An der Hochschule Reutlingen wurde ein Forschungsprojekt für die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz LUBW zur „Anwendung von Latentwärmespeichern als Pufferspeicher für Mikro-KWK-Anlagen“ abgeschlossen, ein weiteres zur „Entwicklung eines Hybridwärmespeichers mit latenten und sensiblen Speichermedien“ ist in Vorbereitung.

An der Hochschule Aalen wurde im Rahmen der Zukunftsoffensive III des Landes Baden-Württemberg das Projekt „Kohlendioxid als Baustein für Energieträger: Die Speicherung von Sonnenenergie mit Hilfe von Kohlendioxid – Kopplung von Photovoltaik und Elektrochemie als Alternative zur Photosynthese in der Natur“ gefördert. Die Hochschule beabsichtigt, das Projekt im Rahmen eines anderen Förderprogramms fortzuführen.

Die Hochschule Karlsruhe beschäftigt sich in einem vom BMBF geförderten Projekt mit Metallschäumen als effiziente Energiewandler und der Entwicklung praxisrelevanter Verfahren zur rechnergestützten Optimierung der Wärmeübertragung.

VI. Leitungsnetze

1. Welche Auswirkungen kann der Ausbau von Energiespeichern insbesondere auf die Erfordernisse des Leitungsnetzes haben?

Insbesondere im Zusammenhang mit dem geplanten Ausbau der Windkraft müssen große Strommengen von Nord- und Ostdeutschland in die Lastzentren nach West- und Süddeutschland transportiert werden. Ein zügiger und umfassender Ausbau des deutschen Übertragungsnetzes ist daher unerlässlich. Die Realisierung der Leitungsbaumaßnahmen in Deutschland hat im Hinblick auf die künftige Stromerzeugungsstruktur für die Versorgungssicherheit im Südwesten große Bedeutung. Nach Studien der Deutschen Energieagentur (Dena) besteht beim deutschen Übertragungsnetz zur Integration der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien, insbesondere der On- und Off-Shore-Windenergie vornehmlich aus dem Norden und Osten Deutschlands, bis 2020 ein Ausbaubedarf von bis zu 4.500 km neuen Höchstspannungsleitungen. Die Dena kam bei ihren Untersuchungen auch zu dem Ergebnis, dass Speicher nur unwesentlich dazu beitragen, beim Übertragungsnetz den Ausbaubedarf im Betrachtungszeitraum zu reduzieren.

Die Verteilernetze müssen so ausgebaut werden, dass sie in der Lage sind, die Spitzenbelastung von Energieverbrauch oder auch Einspeisung zu übernehmen. Dies wird von den Netzbetreibern nach den anerkannten Regeln der Technik im Rahmen von Netzplanungsrechnungen mit den jeweiligen Lastfällen überprüft und die Netze entsprechend der Anforderungen ausgebaut. Speichersysteme, die Energie direkt am Erzeugungsort aufnehmen bzw. auch dort wieder an den Verbraucher abgeben, können die Spitzenbelastung für das Netz lokal an ihrem Einbauort abhängig von ihrer Kapazität reduzieren. Im Verteilernetz könnten daher Speicher bei ausreichender Dimensionierung und geeignetem Einbauort im Netz, z. B. bei Photovoltaik-Anlagen, den Netzausbaubedarf verringern.

2. Welche Projekte zur Glättung und Regulierung von Lastspitzen und zur Optimierung des Stromtransportes werden im Land zurzeit durchgeführt und gefördert (inklusive Smart Grids und Hochspannungsgleichstromübertragung)?

Das bestehende Übertragungsnetz der EnBW-Regelzone wird derzeit zur Bewältigung der zunehmenden Lastflüsse aufgrund der steigenden Windeinspeisungen in Nord- und Ostdeutschland und der verstärkten Handelstätigkeiten optimiert und umstrukturiert. Hierzu zählt auch die Umrüstung der Höchstspannungsleitungen von 220 kV auf 380 kV. Der weitere Ausbaubedarf des Übertragungsnetzes in Baden-Württemberg wird in einem jährlich zu erstellenden nationalen Netzentwicklungsplan aufgezeigt, den die vier deutschen Transportnetzbetreiber erstmals im Juni 2012 der Bundesnetzagentur vorzulegen haben. Der Netzentwicklungsplan wird auch Vorschläge für Pilotprojekte im Bereich der Hochspannungsgleichstromübertragung und Hochtemperaturleiterseile enthalten.

Neben der Energiespeicherung sind zur Lastglättung auch Maßnahmen der Lastverlagerung auf der Nachfrageseite durch die Anpassung bestimmter industrieller Prozesse oder bei Anwendungen von privaten Verbrauchern denkbar. Dabei wird der Stromverbrauch bei knappem Stromangebot reduziert und in Zeiträume mit Stromüberangebot verschoben. Die Erschließung entsprechender Potenziale in Privathaushalten sind durch intelligente Netze, so genannte Smart Grids, in Verbindung mit Last- und zeitvariablen Tarifen und intelligenten Zählern möglich. Ein weiterer Ansatz, den Strom aus erneuerbaren Energien zu verstetigen, ist die Kombination verschiedener, räumlich verteilter Erzeugungsanlagen. Hierbei werden Schwankungen durch Vernetzung von fluktuierenden Quellen z. B. mit Wasser- oder Gaskraftwerken ggf. im Verbund mit Stromspeichern ausgeglichen.

Die Netzbetreiber im Land haben verschiedene Forschungsprojekte aufgesetzt oder sind an Verbundvorhaben beteiligt, um die Möglichkeiten zur Optimierung des Betriebs der Stromnetze und der Stromverteilung weiter zu entwickeln. Das Spektrum reicht hier von Einspeisemanagement und Smart Grids bis zum Einsatz von geregelten Ortsnetztransformatoren bis hin zum Einsatz von Batteriespeichern. So sind sie beispielsweise auch an dem vom Bundeswirtschaftsminis-

terium geförderten Projekt E-Energy bei den Modellregionen „MeRegio“ und „Modellstadt Mannheim“ beteiligt.

3. Inwieweit hält sie die bestehenden Leitungsnetze insbesondere für die Integration dezentral erzeugter erneuerbarer Energie und den weiteren Ausbau der Elektromobilität geeignet?

Der Ausbau der dezentralen Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien bedeutet eine große Herausforderung für das bestehende Leitungsnetz. Dies gilt sowohl für das Netz auf Hochspannungsebene, auf der in der Regel Windstrom eingespeist wird, auf Mittelspannungsebene, auf der vor allem Biomasseanlagen einspeisen, als auch und in besonderem Maße für die Niederspannungsebene. Auf dieser untersten Spannungsebene speist vor allem die Fotovoltaik ein, was bereits heute immer häufiger zu einer Umkehr der Lastflüsse führt. Während ohne die Einspeisung aus erneuerbaren Energien der Stromfluss stets in einer Richtung von der Höchst- zur Hoch- und über die Mittel- zur Niederspannungsebene erfolgte, führt die Fotovoltaikeinspeisung in Gebieten mit hoher Fotovoltaikdurchdringung zu einem Stromüberschuss im Niederspannungsnetz, der dann über die Trafostationen über das Mittelspannungsnetz abgeführt werden muss. Die Netze werden sich daher von ihrer jetzigen Funktion als Verteilernetze auch zu Einspeisernetzen entwickeln. Das Verteilernetz ist bereits heute durch die dezentrale Einspeisung von Energie sehr stark belastet. Insbesondere für den Anschluss von Fotovoltaik-Anlagen wurden bereits bisher vielfach Netzausbaumaßnahmen vorgenommen. Hierzu müssen viele Trafostationen noch für den bidirektionalen Lastfluss ertüchtigt werden. Zur Integration der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energieträgern im Land selbst sind vor dem Hintergrund der Ausbauziele weitere, umfangreiche Verstärkungs- und Ausbaumaßnahmen im Niederspannungs- und Mittelspannungsnetz sowie im 110 kV-Hochspannungsnetz erforderlich. Künftig werden im Verteilernetz verstärkt intelligente Lösungen umzusetzen sein, die neben der Verteilung und Einspeisung von Strom auch weitere Aufgaben, wie den Ausgleich von Angebot und Nachfrage, die Stromspeicherung und Lastmanagement-Funktionen bewerkstelligen. Allerdings sind über die Lastflüsse im Niederspannungsnetz nur sehr wenige Daten vorhanden, weil kaum Messungen durchgeführt wurden. Hier müssen die Zusammenhänge noch deutlich stärker erforscht werden, nicht zuletzt mit Blick auf die Integration der Elektromobilität. Die Netzinfrastruktur muss teilweise verstärkt bzw. ausgebaut, zusätzliche Netzbetriebsmittel installiert und eine intelligente Steuerung ermöglicht werden. Das Energiesystem der Zukunft basiert auf einem intelligenten Netz, dessen Auf- und Ausbau jetzt begonnen werden muss. Erste Ansätze sind auf der Ebene der Energieversorger beispielsweise mit dem MeRegio-Projekt (smart metering) der EnBW oder dem Netzlabor (Analyse der Auswirkungen hoher dezentraler Einspeisung bei geringer Last im Niederspannungsnetz) der EnBW vorhanden. Bei der flächendeckenden Verbreitung kann das Land eine aktive Rolle übernehmen, indem diesbezüglich planerische Mittel ausgeschöpft werden und diese ggf. durch finanzielle Förderung flankiert werden.

Die Auswirkungen eines möglichen Anschlusses von Elektromobilen sind stark von der notwendigen Ladeleistung und der Häufung von Fahrzeugen in Ortsteilen oder Straßenzügen abhängig. Zusätzlich ist davon auszugehen, dass für den Ladevorgang im Netz ein intelligentes Lademanagement entwickelt werden muss, um die Auswirkungen auf die Netze besser steuern zu können.

Der Strombedarf von Elektrofahrzeugen ist auf absehbare Zeit im Vergleich zu den sonstigen Abnehmern aus Industrie, Gewerbe und Haushalten sehr gering. Die Auswirkungen des mittelfristigen Bedarfs auf die Stromnetze hängen in hohem Maß vom Ladeverhalten ab. Im Idealfall werden Elektrofahrzeuge über Nacht mit dem dort vorhandenen Stromüberangebot geladen. Dezentral erzeugte Energie ist für die Belastung der Netze von Vorteil, da bei ebenfalls dezentraler Abnahme über flächig verteilte Elektromobile keine (Fern-)Leitungsnetze belastet werden. Eine dezentrale Stromerzeugung trägt damit zur Entlastung der Fernnetze bei. Probleme können eher im Nahverteilungsnetz entstehen, falls eine sehr hohe Zahl von Elektromobilen gleichzeitig über Schnellladestationen geladen werden soll. Hier ist es wichtig, den Strombedarf von Haushalten und Gewerbe durch Effizienzsteigerungen zu senken, um die bestehenden Netze in Wohn- und Gewerbegebieten zu entlasten.

Insgesamt ist die Diskussion hierfür noch in einem sehr frühen Stadium, sodass präzise Aussagen über die Netzbelastung bzw. Eignung der Verteilernetze zum Ausbau der Elektromobilität kaum getroffen werden können.

VII. Förderinstrumente

1. Welche Förderprogramme sind bislang (inklusive 2011) im Land vorhanden, um die Forschung und Entwicklung sowie Markteinführung von Energiespeichertechnologien zu fördern und welchen Umfang haben diese?

Die allgemeinen Programme der Technologie- und Innovationsförderung des Ministeriums für Finanzen und Wirtschaft und der Forschungsförderung des Wissenschaftsministeriums sind auch für die Forschung und Entwicklung sowie Markteinführung von Energiespeichertechnologien anwendbar. Beispiele hierfür sind die vom Ministerium für Finanzen und Wirtschaft geförderten Modellprojekte im Zusammenhang mit der Redox-Flow-Technologie (vgl. Abschn. V 1 und 2), Pilotprojekte beim ZSW für die Lithium-Ionen-Batterietechnologie sowie der Aufbau des neuen Helmholtz-Instituts Ulm (HIU).

Im Rahmen des Demonstrationsanlagenprogramms des Umweltministeriums wird die erstmalige Anwendung neuer Technologien aus dem Bereich der erneuerbaren Energien und der rationellen Energieverwendung gefördert, soweit die Phase der Forschung und Entwicklung abgeschlossen ist und sich die Technologie im Bereich des Übergangs hin zur konkreten Anwendung befindet. Auf dieser Grundlage wäre auch eine Förderung von Technologien zur Energiespeicherung möglich. Antragsberechtigt sind dabei natürliche und juristische Personen mit Sitz in Baden-Württemberg. Juristische Personen mit mehr als 500 Beschäftigten und mehr als 100 Mio. € Jahresumsatz sind dabei nicht mehr antragsberechtigt.

Die Höhe der Einzelförderung in diesem Programm ist grundsätzlich nicht begrenzt, jedoch besteht bei Förderhöhen oberhalb von 500.000 € ein Zustimmungsvorbehalt durch den Finanzausschuss und den Umweltausschuss des Landtags.

Innerhalb des Förderschwerpunkts „Thermische Energiespeicher“ des Umweltforschungsprogramms BWPLUS wurden und werden seit 2007 bisher insgesamt sieben Projekte mit einem Gesamtvolumen von rd. 1,9 Mio. € gefördert.

Hinzu tritt das unter I.4. erwähnte Forschungsprogramm Energie; Energiespeichertechnologien im Rahmen von BWPLUS.

2. Welche Förderprogramme sind auf EU- und Bundesebene vorhanden, um die Forschung und Entwicklung sowie Markteinführung von Energiespeichertechnologien zu fördern und in welchem Umfang?

- Innerhalb des 7. Forschungsrahmenprogramms der EU werden zwar im spezifischen Programm „Zusammenarbeit“, Themenbereich „Energie“, für den insgesamt 2,35 Mrd. € budgetiert sind, auch Energiespeicher gefördert, sie werden dort aber nicht explizit als Thema oder Forschungsschwerpunkt genannt.
- Das spezifische Programm „Intelligente Energie – Europa II“ innerhalb des Rahmenprogramms für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (CIP) der EU ist auf Marktverbreitung (Promotion, Best Practice Maßnahmen) und Durchsetzung von bereits marktfähigen und erprobten Techniken ausgerichtet, denen zur Marktakzeptanz und Marktdurchdringung noch wesentliche Barrieren im Weg stehen. Das Programm gliedert sich in drei Teilbereiche:
 - Energieeffizienz und rationelle Nutzung von Energie (SAVE): Förderung der Energieeffizienz und der rationellen Nutzung von Energie, insbesondere im Bauwesen und in der Industrie.
 - Neue und erneuerbare Energiequellen (ALTENER): Förderung von erneuerbaren Energiequellen für die zentrale und die dezentrale Erzeugung von Strom, Wärme und Kälte. Integration neuer und erneuerbarer Energiequellen in das lokale Umfeld und in die Energiesysteme.

- Energie im Verkehrswesen (STEER): Förderung von Initiativen zu allen energiespezifischen Aspekten des Verkehrswesens und zur Diversifizierung der Kraftstoffe.

Gefördert werden auch integrierte Aktionen, die mehrere Teilbereiche berühren.

- Das 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung beschreibt die Förderungen der Ressorts BMWi, BMU und BMBF zur Forschung und Entwicklung im Bereich Energie in ihren jeweils unterschiedlichen Ausrichtungen. Von 2011 bis 2014 stehen rund 3,4 Milliarden Euro für die Förderung der Energieforschung zur Verfügung. Das 6. Energieforschungsprogramm konzentriert die Forschungsförderung auf die Technologien, die für den Ausbau einer nachhaltigen Energieversorgung wichtig sind. Schwerpunkte der Forschungsförderung des Bundesumweltministeriums sind anwendungsnahe Forschungen und Entwicklungen im Bereich der erneuerbaren Energien, die Integration der erneuerbaren Energien in die Energieversorgung sowie regenerative Energieversorgungssysteme (Intelligente Netze, Energiespeicher, regenerative Kombikraftwerke).

Die Förderbekanntmachung des Bundesumweltministeriums beschreibt die Förderschwerpunkte in den Bereichen Photovoltaik, Windkraft, Geothermie, Niedertemperatur-Solarthermie, Solarthermische Kraftwerke sowie Integration erneuerbarer Energien und regenerative Energieversorgungssysteme näher. Sie wurde im Bundesanzeiger Nummer 9, Amtlicher Teil, Seite 214 bis 220 vom 17. Januar 2012 veröffentlicht. Sie ersetzt die bisherige Förderbekanntmachung vom 20. November 2008.

- Die Ressorts BMU und BMBF haben eine gemeinsame Initiative zur Förderung von Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet von Energiespeichertechnologien gestartet, die auch dazu beitragen soll, eine schnelle Markteinführung zu erreichen. Die Bekanntmachung im Bundesanzeiger rief ab dem 17. Mai 2011 dazu auf, Projektvorschläge einzureichen. Die Ressorts stellen dafür in einer ersten Phase bis 2014 insgesamt bis zu 200 Mio. € zur Verfügung, finanziert vorwiegend aus Mitteln des Sondervermögens „Energie- und Klimafonds“ (Gesetz zur Einrichtung eines Sondervermögens „Energie und Klimafonds“ – EKFG – vom 8. Dezember 2010). Hintergrund der Förderinitiative ist das Ziel, den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland zu beschleunigen und die Energiesysteme für einen Hauptanteil erneuerbarer Energien zu optimieren. Der zu erwartende Strombedarf in Deutschland soll im Jahr 2050 zu 80 Prozent aus regenerativen Quellen gedeckt werden. Vom Ausgleich kurzfristiger Fluktuationen bis hin zur Langfristspeicherung über mehrere Monate hinweg gilt es, das Stromangebot jederzeit in Einklang mit der Stromnachfrage zu bringen. Mittel- bis langfristig ist daher neben intelligentem Lastmanagement und neuen Netzstrukturen der verstärkte Einsatz von Speichern wichtig, um die Versorgungssicherheit und Zuverlässigkeit der elektrischen Energieversorgung auch künftig zu gewährleisten.

Unterstützt werden Forschungsvorhaben zur Entwicklung einer großen Bandbreite von Speichertechnologien für Strom, Wärme und andere Energieträger.

- Das BMBF wirbt mit seiner Bekanntmachung vom 21. Dezember 2011 bis 15. März 2012 Sozial-ökologische Forschung zum Themenschwerpunkt „Umwelt- und gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems“ innerhalb des Rahmenprogramms „Forschung für Nachhaltige Entwicklungen“ (FONA) um Vorschläge. Das BMBF beabsichtigt Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Begleitung und Unterstützung einer umwelt- und gesellschaftsverträglichen Transformation des Energiesystems zu fördern. Die bisherige Förderung der „Sozial-ökologischen Forschung“ (SÖF) und der „Grundlagen der Energieforschung“ wird um diesen neuen Schwerpunkt ergänzt.

Ein Austausch der Informationen zwischen den Landes- und Bundesministerien über die Förderangebote und die Abstimmung sind sichergestellt.

Untersteller

Minister für Umwelt,
Klima und Energiewirtschaft